

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra geoinformatiky

HODNOCENÍ PŘESNOSTI SPORTOVNÍCH GPS POMŮCEK

Bakalářská práce

David ŠULC

Vedoucí práce: RNDr. Jakub Miřijovský, Ph.D.

Olomouc 2016
Geoinformatika a geografie

ANOTACE

Bakalářská práce se zaměřuje na hodnocení polohových a délkových přesností sportovních GPS pomůcek. Do souboru vybraných pomůcek jsou zahrnuty takzvané sportovní tracker (záznamové) aplikace, GPS hodinky a turistické GPS.

Cílem práce je otestování přesnosti výstupů, které sportovní pomůcky poskytují v jednotlivých provozních režimech (chůze, běh, jízda na kole) a v různém prostředí (trasy s dobrými a špatnými observačními podmínkami) s přihlédnutím k vnějším vlivům, kterými je myšleno zejména počet družic a Kp-index. Výstupem práce je slovní i statistický popis přesnosti v závislosti na různých faktorech a v programovacím jazyce python vytvořený skript pro výpočet polohových odchylek.

Analýzy naměřených dat porovnávají zaznamenané vzdálenosti z hlediska zjištění přesnosti jednotlivých pomůcek, chování přístrojů, vlivu vybrané sportovní činnosti i lokality a Kp-indexu. Ke srovnání naměřených délek a poloh jsou použity přesně zjištěné referenční hodnoty s přesností kolem deseti centimetrů.

KLÍČOVÁ SLOVA

GPS, délková přesnost, polohová přesnost, aplikace, Garmin

Počet stran práce: 59

Počet příloh: 5 (z toho 2 volné a 1 elektronická)

ANOTATION

The bachelor thesis is concentrating on assessment of position and length accuracy of sport GPS equipments. The set of chosen equipments contains sport trackers applications, GPS watches and tourist GPS.

The aim of the thesis is testing of accuracy of outputs which are provided with sport equipments in individual regimes (walking, running, cycling) and in various surroundings (routes with good and bad observational conditions) in consideration of external influences, especially the number of satellites and Kp-index. The results of the thesis are verbal and static description of accuracy depending on various factors and created script (in programming language python) for calculation of positional deviation.

Analysis of measured dates compare recorded distances from standpoint of finding accuracy of particular equipment, the behaviour of devices, influence of chosen sport activity, locality and Kp-index. For comparison of measured lengths and positions are used ascertained accurate values with closeness around ten centimetres.

KEYWORDS

GPS, length accuracy, position accuracy, Android application, Garmin

Number of pages: 59

Number of appendixes: 5

PROHLAŠUJI, ŽE

- bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

- jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo,

- beru na vědomí, že Univerzita Palackého v Olomouci (dále UP Olomouc) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou/diplomovou práci užívat (§ 35 odst. 3),

- souhlasím, aby jeden výtisk bakalářské práce byl uložen v Knihovně UP k prezenčnímu nahlédnutí,

- souhlasím, že údaje o mé bakalářské práci budou zveřejněny ve Studijním informačním systému UP,

- v případě zájmu UP Olomouc uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít výsledky a výstupy mé bakalářské práce v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,

- použít výsledky a výstupy mé bakalářské práce nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem UP Olomouc, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly UP Olomouc na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Děkuji mému vedoucímu práce RNDr. Jakubu Miřijovskému, Ph.D. za cenné rady v průběhu tvorby mé bakalářské práce a zejména za udávání směru, jakým se ubírat při řešení zadaných cílů, postupů a vyskytnutých problémů.

Dále děkuji všem osobám za zapůjčení přístrojů, které byly součástí testování. Rád bych speciálně vyzdvihl obrovskou pomoc mého spolužáka Miloše Nekuži, bez kterého bych nebyl schopný měření včas dokončit.

Za konzultaci při tvorbě skriptu pro výpočet polohové odchylky děkuji také Romanu Hittlovi.

Vevázaný originál **zadání** bakalářské práce (s podpisem vedoucího katedry a razítkem katedry). Ve druhém výtisku práce je vevázána fotokopie zadání.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 CÍLE PRÁCE.....	11
2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ.....	12
2.1 Výběr lokalit měření.....	12
2.2 Postup zpracování.....	14
2.3 Hodnocení přesnosti GPS pomůcek	18
2.4 Použité programy, přístroje a aplikace	18
2.4.1 Programy	19
2.4.2 Přístroje	20
2.4.3 Aplikace.....	24
3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	29
3.1 Navigace	29
3.2 NAVSTAR GPS	29
3.4 Studie tématu.....	30
3.1.1 Studie prováděné v ČR	30
3.1.2 Zahraniční studie.....	31
4 DÉLKOVÉ HODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT	32
4.1 Charakteristika přesností pomůcek.....	34
4.1.1 Endomondo Běh Cyklistika Chůze	34
4.1.2 Sports Tracker Running Cycling	35
4.1.3 Runtastic Běh a fitness, Mountain Bike GPS.....	36
4.1.4 Runkeeper - GPS Track Run Walk	37
4.1.5 Strava Running and Cycling GPS.....	38
4.1.6 Nike+ Running.....	39
4.1.7 adidas train & run	39
4.1.8 SportyPal	40
4.1.9 Moje trasy (My Tracks)	41
4.1.10 Locus Map Free - Outdoor GPS.....	42
4.1.11 Garmin GPSmap 60CSx	42
4.1.12 Garmin Fenix 2	43
4.1.13 Garmin Forerunner 110 Black.....	44
4.2 Srovnání výsledků tras	44
4.2.1 Hejčínské louky.....	45
4.2.2 Bezručovy sady	46
4.3 Vliv sportovní aktivity na přesnost.....	47
4.4 Přístroje.....	47
4.5 Vliv Kp-indexu	48
5 HODNOCENÍ DAT Z HLEDISKA POLOHOVÉ PŘESNOSTI.....	50
5.1 Skript.....	50

5.2	Polohové hodnocení	51
5.2.1	Zařízení	51
5.2.2	Aplikace	52
5.2.3	Aktivita	52
6	VÝSLEDKY	53
6.1	Závěrečné výsledky testování pomůcek.....	54
6.2	Polohová přesnost.....	55
6.3	Doplňující dotazník.....	56
7	DISKUZE	57
8	ZÁVĚR	59
	POUŽITÁ LITERATURA A INFORMAČNÍ ZDROJE	
	PŘÍLOHY	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratka	Význam
GIS	geografický informační systém
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
DOP	Dilution of precision
HDOP	horizontal dilution of precision
TFT	Thin film transistor
3D	Three dimensional
UX	User experience
CPU	Central processing unit
RAM	Random access memory
POI	Point of interest
WMS	Web Map Service
SHP	Shapefile
GNSS	Global navigation satellite system
FTP	File Transfer Protocol
ČÚZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service

ÚVOD

Sportovní GPS pomůcky (tzn. tracker aplikace, hodinky s GPS, turistické GPS a další) je okruh softwaru a zařízení, která jsou lidmi po celém světě široce používána. Navíc se zdokonalováním družicového systému GPS se, nejen jejich využívání, ještě více prohlubuje. Přes rozsáhlou implementaci do našich životů, se jimi v České republice dosud mnoho prací na vědecké úrovni nezabývalo. Jedná se o zajímavé téma, kterému na atraktivnosti přidává zejména to, že výsledky testování mohou být užitečné i pro běžného uživatele bez nutnosti oborových znalostí.

Tato práce se zaměřuje na postupné testování jednotlivých pomůcek v terénu a následné analyzování získaných dat. Analýzy zkoumají délkovou a polohovou přesnost GPS záznamů pro dvě definované trasy, které byly zvoleny podle parametrů zadání bakalářské práce. První z nich prochází Bezručovými sady v Olomouci a končí v zastavěném území historického centra. Splňuje tedy podmínku zhoršených observačních vlivů. Druhá trasa vede okruhem pro inline bruslení zvaným Hejčinské louky, které se nacházejí uprostřed polí nedaleko města Olomouc. V blízkém okolí okruhu je málo vegetace a žádná zástavba, tedy opak Bezručových sadů. Tímto se odhalí vliv vnějších podmínek (vegetace a zejména zástavba). Dalším zkoumaným vlivem je sportovní činnost, při které je GPS záznam prováděn – chůze, běh a cyklistika.

Komunikaci mezi GPS přijímačem a družicemi na oběžné dráze Země je zajištěna pomocí signálu. Přesnost signálu je, kromě výše zmíněných podmínek, dále ovlivňována zejména počtem viditelných družic, DOP (chyba přesnosti) a geomagnetickou aktivitou planety. Tyto tři faktory jsou hlavními plánovacími pilíři časových intervalů, ve kterých byly záznamy aktivit prováděny. Kp-index je následně zahrnut i v závěrečném vyhodnocení získaných hodnot.

1 CÍLE PRÁCE

Cílem bakalářské práce je ověření přesnosti GPS pomůcek v reálném prostředí včetně doporučených aplikací pro zpracování dat. Řešitel práce se zaměří zejména na přesnost výstupů, které sportovní pomůcky poskytují v jednotlivých provozních režimech, v různém prostředí a za různého rozmístění družic. Výstupem práce bude slovní i statistický popis přesnosti v závislosti na různých faktorech. Jde především o posouzení:

- 1. Jaký vliv má na výslednou přesnost typ zařízení,
- 2. typu aktivity na výslednou přesnost,
- 3. vlivu překážek a morfologie terénu na výsledek,
- 4. ověřit další, výše nespécifikované, faktory ovlivňující přesnost.

Student vyplní údaje o všech datových sadách, které vytvořil nebo získal v rámci práce, do Metainformačního systému katedry Geoinformatiky a současně vytvoří zálohu údajů ve formě validovaného XML souboru. Celá práce (text, přílohy, výstupy, zdrojová a vytvořená data, XML soubor) se odevzdá v digitální podobě na CD (DVD) a text práce s vybranými přílohami bude odevzdán ve dvou svázaných výtiscích na sekretariát katedry. O diplomové práci student vytvoří webovou stránku v souladu s pravidly dostupnými na stránkách katedry. Práce bude zpracována podle zásad dle Voženílek (2002) a závazné šablony pro diplomové práce na KGI.

2 METODY A POSTUPY ZPRACOVÁNÍ

2.1 Výběr lokalit měření

Pro měření s GPS pomůckami byly zvoleny dvě základní trasy – jedna se zhoršenými observačními podmínkami (i patrným převýšením – morfologie terénu) a druhá téměř s ideálními. Observačními podmínkami jsou zde myšleny situace, kdy dochází ke zhoršení přesnosti GPS signálů z důvodu zakrytí části oblohy hustou zástavbou nebo vzrostlou vegetací, tím dochází ke stínění a refrakcím (větvení) signálů, což způsobuje v konečném důsledku jistou nepřesnost měření.

Trasa se zhoršenými observačními podmínkami

Za trasu se zhoršenými observačními podmínkami byla vybrána kombinace městského parku a historického jádra s hustou mírou vysoké zástavby. Konkrétně byly vybrány Bezručovy sady v Olomouci, které plynule přecházejí v historické centrum města zahrnující Dolní náměstí a přilehlé lokality.



Obr. 1: Trasa se zhoršenými observačními podmínkami (zdroj: www.google.cz/maps).

K tomu, aby opakovaná měření probíhala vždy ve stejných průchozích bodech, a měření tím byla co nejpřesnější, byla navrhnutá trasa, po které bylo možno měření snadno a opakovaně provádět. V potaz byl vzatý pohyb osob a automobilů v parku, potažmo v zastavěné oblasti.

Počátek trasy se nacházel v místech severního okraje parku, v prostoru vyústění lávky přes Mlýnský potok. Měření probíhalo přesně od začátku bílé stopy, která v půlce odděluje cyklistickou a pěší část cesty a pokračovalo nábřežím Přemyslovců po stopě skrze celý park až k odbočce, která spojuje nábřeží a Aksamitovu ulici. V polovině této ulice se odbočilo na Kateřinskou, dále po přibližně 100 metrech do uličky Krivá a následně do Šemberovy. Ulicí Lafayetteova, kolmo přes Dolní náměstí a dále ulicemi Kapucínská a Purkrabská bylo dosaženo cíle měření, který se nacházel nad schody vedoucími z hradeb dolů do Bezručových sadů, v místech, kde se mění dlažba stezky.

Tab. 1: Tabulka detailně popisuje průběh trasy. Místa průchodů mezi jednotlivými úseky byly lineární spojnice mezi signalizacemi tras (mezi bílou stopou uprostřed cesty a řadou dlaždic chodníku).

Úsek	Signalizace trasy
Bezručovy sady	bílá stopa uprostřed cesty
spojnice Bezručovy sady – Aksamitova ul.	bílá stopa uprostřed cesty; prostředek cesty
Aksamitova ul.	pravý chodník ve směru měření, nejprve druhá, poté třetí řada dlaždic
Kateřinská ul.	okraj pravého chodníku
Křivá ul.	prostředek cesty signalizovaný dlažebními kostkami
Šemberova ul.	prostředek cesty signalizovaný dlažebními kostkami
Lafayettova ul.	okraj pravého chodníku
Dolní náměstí	kolmo z ul. Lafayettova na linii utvořenou dlažebními kostkami v horní části náměstí, linie vede až k ulici Kapucínská
Kapucínská ul.	okraj pravého chodníku
Purkrabská ul.	prostředek cesty

Při podzimním cyklu měření se na Dolním náměstí nacházely stánky Vánočních trhů s bruslařskou plochou, tudíž trasa v těchto místech kopírovala obvod staveb. Po jejich odstranění byly křídou signalizovány významné průchozí body tak, aby byla trasa i nadále zachována a nedošlo tak k chybě měření.

Trasa s téměř ideálními observačními podmínkami

Druhá lokalita byla vybrána tak, aby byla trasa co nejméně kryta vegetací, žádnou zástavbou a měla co nejmenší převýšení. Těmto specifikacím odpovídá tzv. Hejčínský okruh, inline okruh vystavěný na severozápadě od města Olomouc v roce 2011. Souvislejší a hustěji vzrostlý vegetační zákryt se nachází pouze na jižní části trasy, na západní straně se vyskytují sady, které ale nejsou jednolitě a tudíž by měly mít minimální vliv na signál GPS.

Zvolení průchozích bodů s přesným průběhem trasy pro opakovaná měření bylo v tomto případě mnohem snazší, než v Bezručových sadech a následně v historickém centru města, jelikož se zde nevyskytuje žádná doprava. Proto bylo měření prováděno vždy při pravém okraji stezky ve směru pohybu, na hranici asfaltu. Trasa začínala v severním rohu pomyslného čtverce (Obr. 2) několik desítek metrů od háje. Začátek byl symbolizován značkou na stromě při okraji cesty. Konec se nacházel z druhé strany háje, u patníku, opět v dostatečné vzdálenosti od stromů, aby nedošlo ke stínění.



Obr. 2: Trasa s téměř ideálními observačními podmínkami, souvislá vegetace se vyskytuje pouze v jižní části (zdroj: www.google.cz/maps).

2.2 Postup zpracování

Prvním krokem při plánování měření přesnosti GPS pomůcek bylo stanovení faktorů, které ovlivňují GPS signály a tím výslednou přesnost. Jedná se zejména o vliv překážek (vegetace a zástavba), počet i konstelaci družic GPS a geomagnetickou aktivitu Země. Je důležité zmínit, že testovaná přesnost bude horizontální, nikoliv vertikální (nadmořská výška).

Pro zjištění míry vlivu překážek a terénu byly stanoveny dvě výchozí trasy, na kterých bylo měření prováděno – téměř ideální trasa a trasa se značným výskytem překážek.

Před samotným výkonem měření bylo potřeba navrhnout časové úseky, v kterých bylo možno testování provádět. Pro zjištění množství viditelných družic a jejich rozmístění byl použit program Trimble Planning (zde používaná online verze dostupná na [HTTP://WWW.GNSSPLANNINGONLINE.COM/](http://WWW.GNSSPLANNINGONLINE.COM/)).

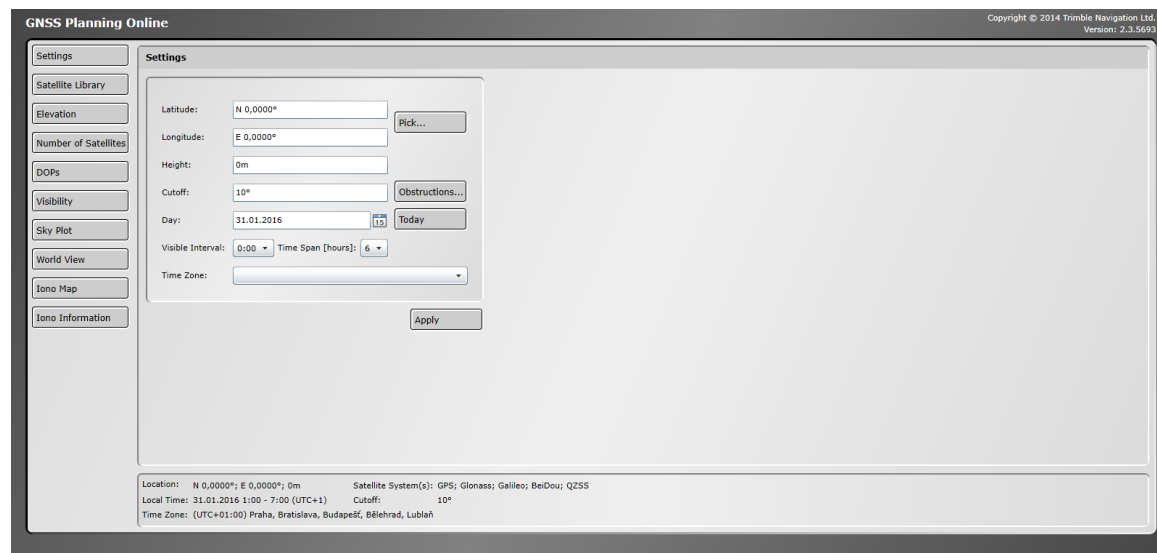
Data geomagnetické aktivity Země jsou dostupná vždy zpětně v tříhodinových intervalech, tudíž po každém měření musela být tato hodnota zjištěna a pečlivě zaznamenána kvůli pozdějšímu vyhodnocování. Sledováním aktivity se zabývá NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Hodnoty jsou dostupné v grafu na webových stránkách [HTTP://WWW.SWPC.NOAA.GOV/PRODUCTS/PLANETARY-K-INDEX](http://WWW.SWPC.NOAA.GOV/PRODUCTS/PLANETARY-K-INDEX).

Závěrečným úkolem příprav na měření bylo zajištění dostatečného množství přístrojů, které by vhodně reprezentovaly zařízení, jež jsou používána při sportu a rekreaci (mobilní telefony, tablety, GPS hodinky a turistické GPS). Na těchto přístrojích, pokud to systém umožňoval, byly nainstalovány sportovní GPS aplikace. Pod pojmem sportovní pomůcky, který je součástí názvu této bakalářské práce, je tedy myšleno soubor GPS hodinek, turistických GPS a jednotlivých mobilních aplikací, které jsou nainstalované na mobilních telefonech a tabletech. Tudíž v hodnocení přesnosti budou hodinky, turistické GPS a aplikace postaveny na stejnou úroveň. Každé zařízení

či aplikace bylo/a testováno/a při třech vybraných činnostech a to chůzi, běhu a jízdě na kole (ne všechny aplikace umožňují měření všech tří aktivit, některé aplikace jsou výrobcem určené pouze pro běh nebo pro běh a jízdu na kole).

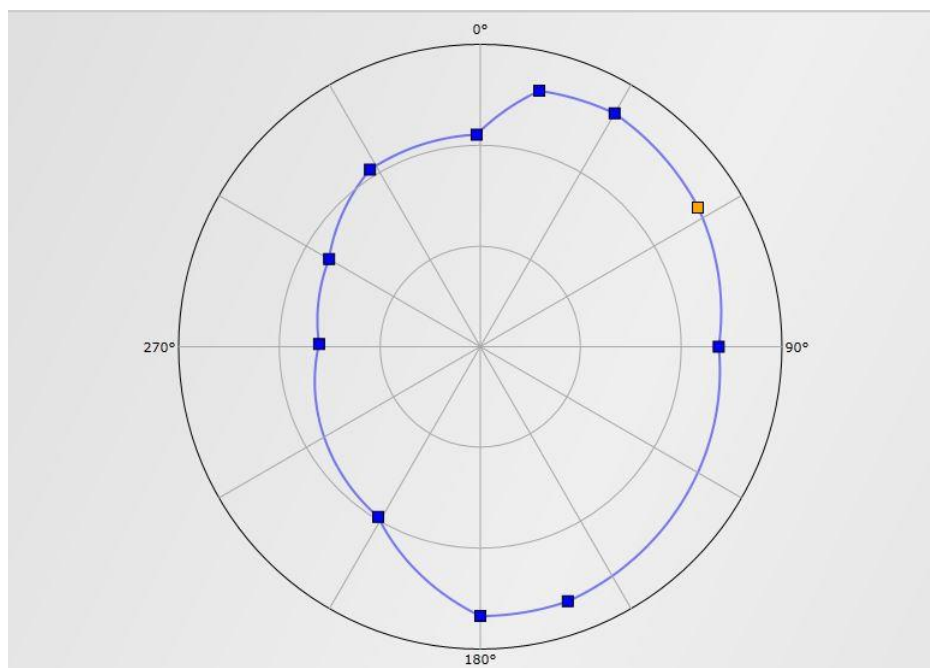
GNSS Planning Online

Pro používání tohoto nástroje ve webovém prohlížeči je nutné mít nainstalovaný doplněk Microsoft Silverlight. Po nainstalování se uživateli zobrazí následující úvodní stránka (Obr. 3).



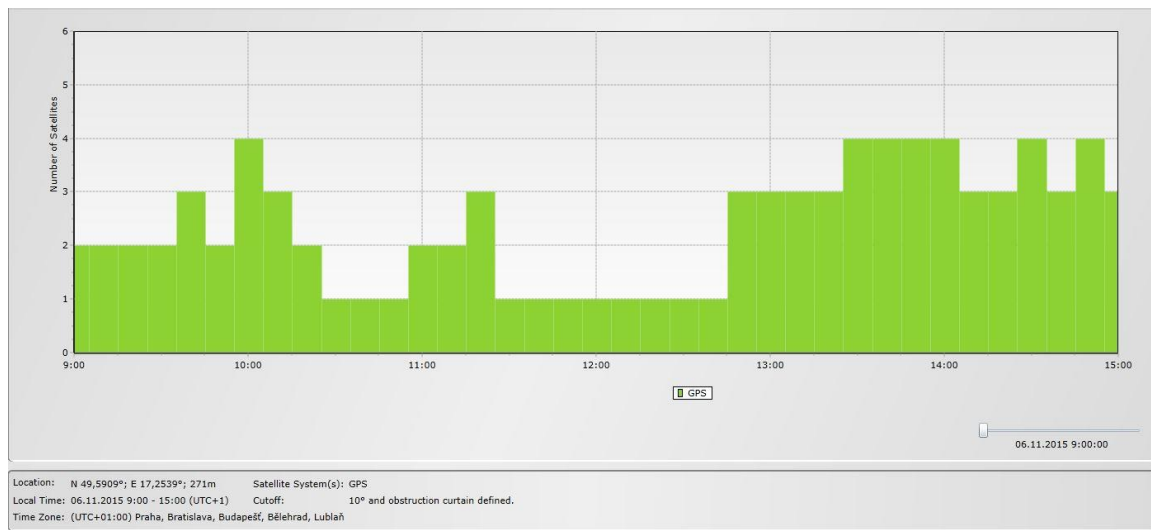
Obr. 3: GNSS Planning Online

Na úvodní stránce, v záložce Settings, se definují parametry místa, nad kterým chce uživatel znát počet a konstelaci družic. Proto je zde důležité nastavení souřadnic bodu, jeho nadmořskou výšku, data a času, pro které má být výsledek zobrazen. Pomocí tlačítka Pick je možné umístění bodu v interaktivní mapě, čímž je poloha automaticky vyplněna. Dále je velmi důležité nastavení viditelnosti oblohy (Obstructions), tedy překážek, které stíní signálům GPS a způsobují tak zhoršení přesnosti (Obr. 4).

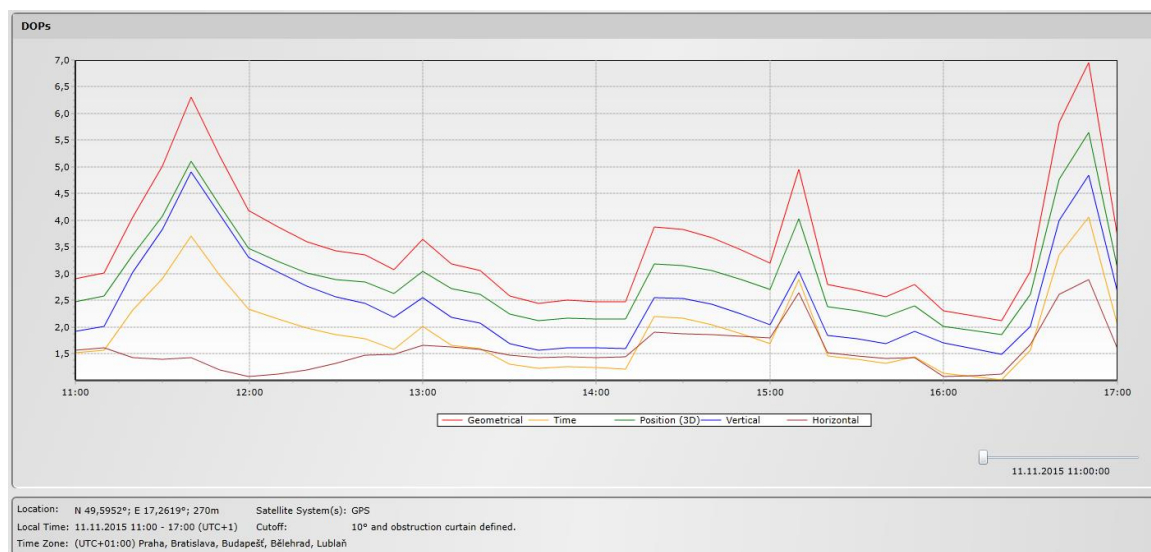


Obr. 4: Obstructions použité pro počáteční bod trasy v Bezučových sadech

Po aplikování všech parametrů výchozího bodu (Apply), bylo pro náš účel měření nutné v záložce Satellite Library vybrat pouze družice systému GPS. Poté již uživatel mohl přistoupit k samotné problematice rozmístění družic. Důležité jsou Number of Satellites (Obr. 5) a DOPs (Obr. 6) v levém menu. DOP – Dilution of precision, neboli rozptyl přesnosti, je chyba měření způsobená geometrickým uspořádáním družic (Wikipedie, 2015). Pro měření polohové přesnosti GPS pomůcek je nejvíce určující HDOP (Horizontal DOP) – horizontální rozptyl přesnosti.



Obr. 5: Počet viditelných GPS družic 6. 11. 2015 v historickém centru města Olomouc po definování Obstructions.

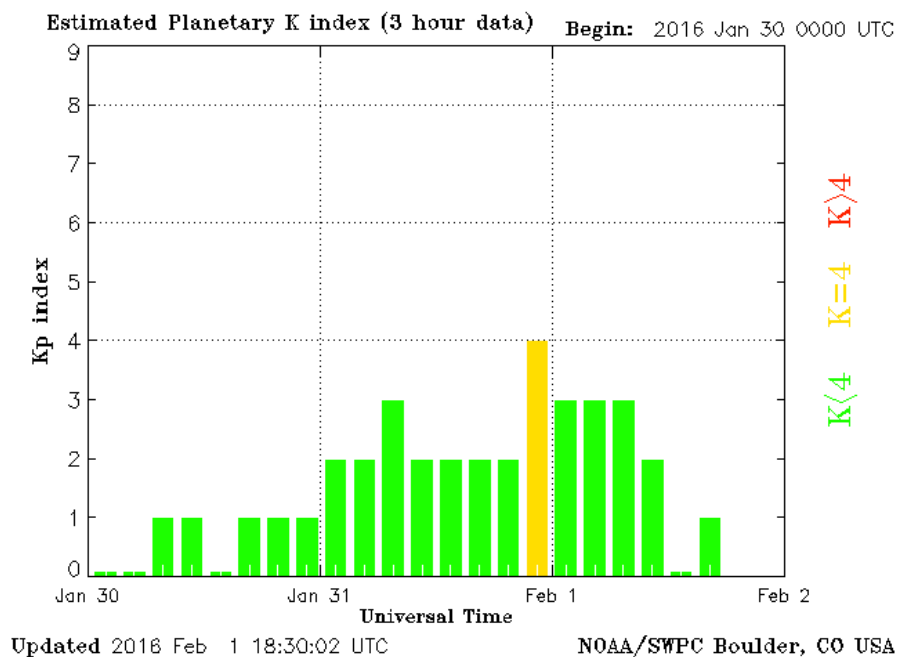


Obr. 6: DOPs v Bezručových sadech mezi 11:00 a 17:00 11. listopadu 2015 (včetně Obstructions).

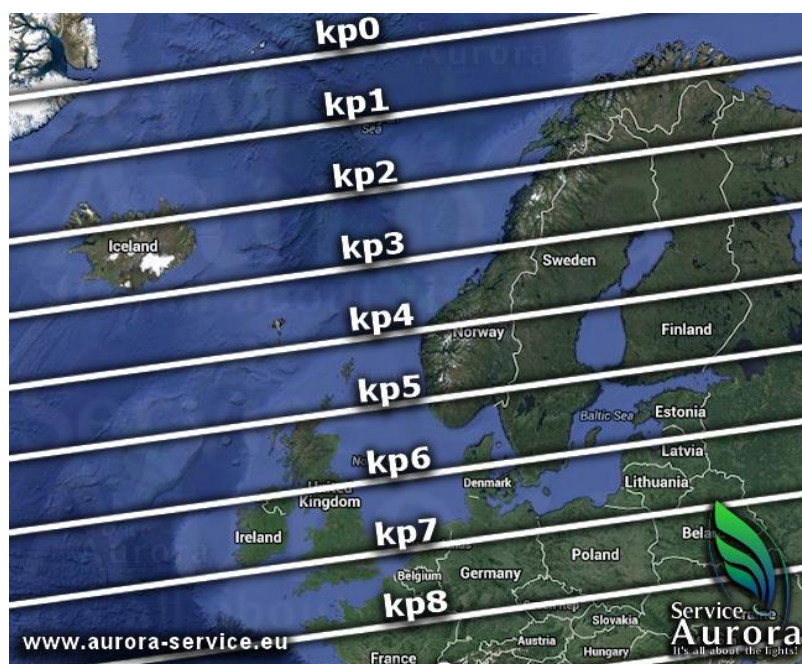
Geomagnetická aktivita Země

Geomagnetická aktivita Země je ovlivňována sluneční aktivitou, nikoliv počasím, a je charakterizována K-indexem a Kp-indexem. Lokální K-index je zaznamenáván na observatořích po celé planetě. Ve tříhodinových intervalech udává míru změny geomagnetické aktivity od předpokládané klidové hodnoty na určitém místě. Jedná se o bezrozměrné číslo, dosahujících hodnot 0–9, kdy 0 je klidový stav (Poole, 2002).

Kp index (Planetary K index) je globální index vycházející z lokálních K-indexů. Je stanoven pomocí algoritmu, který počítá s průměry K-indexů z jednotlivých lokálních observatoří. Kp má také devíti stupnicovou škálu, index v intervalu 0–3 značí klid (Quiet), hodnota 4 znamená neklid (Unsettled) a vyšší 5–9 (Storm!) vykazuje poruchy magnetického pole Země zapříčiněné sluneční erupcí (KP Index Tutorial, 2016). Tyto vyšší hodnoty indikují sníženou přesnost GPS signálu, tudíž v těchto mezích Kp-indexu nebylo měření přesnosti GPS pomůcek prováděno ani hodnoceno. Planetární K index se také používá pro předpověď polárních zář. Při hodnotách kolem osmé škály se záře objevuje i v České republice (Obr. 8).



Obr. 7: Planetární K-index od 30. ledna 2016 do 1. února 2016.



Obr. 8: Kp-index a jemu odpovídající zeměpisné šířky výskytu polární záře (zdroj: <http://www.aurora-service.eu/aurora-school/all-about-the-kp-index/>).

2.3 Hodnocení přesnosti GPS pomůcek

Bakalářská práce je zaměřena na zjištění přesnosti GPS pomůcek a na ověření vnějších vlivů na přesnost signálu. Bylo de facto nemožné provést měření všech aplikací jedné aktivity naráz. Buď z hardwarového omezení přístrojů (spuštění osmi až deseti aplikací naráz, podle zvolené činnosti, neúměrně zatěžovalo chod systému a některá zařízení toho jednoduše nebyla schopna – byla nestabilní a velmi pomalá, což prodlužovalo počáteční spouštění aplikací a vznikala tak potenciální možnost pro chybu měření, nehledě na to, že mohlo docházet ke zpoždění záznamu GPS signálu a tudíž k dalšímu zdroji nepřesností) nebo ze sociálního hlediska. Zařízení byla zapůjčena od většího počtu osob, které je používají v běžném životě. Nebylo tedy téměř možné sladit časové požadavky všech a dohodnout se intervalu měření, proto probíhalo po částech. Z tohoto důvodu bylo potřeba navrhnout situaci stejných podmínek (počet viditelných družic na obloze, HDOP a Kp-index), aby měla jednotlivá měření identickou výchozí pozici a nedocházelo k záznamu různých výsledků.

Nejdůležitějším faktorem byl počet družic, jelikož odvozuje i HDOP. Více družic ve většině případů znamenalo i menší horizontální chybu. Nejedná se sice o pravidlo, ale při plánování měření se tímto faktem dalo řídit. **Výchozí počet viditelných družic v souřadnicích začátku tras (v Bezručových sadech po definování Obstructions) byl zvolen 8. Při tomto nastavení hodnota HDOP většinou nepřesahovala 1,5.** Pokud ano, tak nebyla měření prováděna. Jednalo se ale o výjimečnou situaci. Kp-index byl kontrolován až po naměření dat, jelikož se vypočítává zpětně v tříhodinových intervalech. Limitní hranice indexu, kdy byla zaznamenaná data použita, byla rovna stupni 4. Vyšší hodnoty značí poruchy magnetického pole Země (popsáno výše) a tudíž horší přesnost GPS signálu. Všechny tyto tři faktory byly použity v konstantních podobách v obou trasách (Bezručovy sady i Hejčínské louky) a při všech měřeních (na podzim i na jaře).

Pro shrnutí. Před každým měřením byla pomocí nástroje GNSS Planning Online navržena pro daný den časová „okna“. V těchto intervalech bylo na obloze vždy osm viditelných družic (ani více, ani méně) a HDOP nepřesahoval hranici 1,5. Po naměření dat byl následně zjištěn Kp-index a data buď přijata, nebo zamítnuta. K zamítnutí naštěstí nedošlo ani jednou, jelikož se do jisté míry dala intenzita geomagnetického pole odhadnout podle předchozích hodnot. Pokud byl stupeň indexu v předchozím tříhodinovém intervalu na nule nebo jedničce, dalo se předpokládat, že v intervalu následujícím nepřesáhne povolenou mez.

2.4 Použité programy, přístroje a aplikace

Do kategorie programů jsou řazeny programy fungující na počítačových platformách. Pojem aplikace zahrnuje mobilní aplikace, které lze spustit na celosvětově nejrozšířenější platformě Android (část z nich lze samozřejmě použít i na jiných systémech iOS, Windows Mobile a Blackberry, nicméně při této práci byla využita zařízení pouze s Androidem, jelikož je nejběžnější). Přístroje již zahrnují jednotlivá zařízení použitá pro záznam GPS signálu.

2.4.1 Programy

ArcGIS for Desktop 10.1, licence ArcInfo

V tomto balíku programů byl konkrétně používán ArcMap 10.1 a to pro práci s daty naměřenými jednotlivými GPS pomůckami. Prvotní využití bylo pro konverzi z formátu GPX, který je hojně používán jako datový formát pro záznam tras a bodů GPS nástroji, do SHP (shapefile). Dále byla nad shapefile prováděny analýzy délkové a polohové.

Microsoft Excel 2016

V MS Excel bylo vytvářeno statistické hodnocení naměřených údajů, dále pak tabulky a grafy.

Opera 35.0

Pod tímto webovým prohlížečem byla prováděna důležitá část práce s naměřenými daty. Většina mobilních aplikací, které byly pro měření používány, fungují na online principu, kdy veškeré zaznamenané hodnoty ze sportovních aktivit jsou odesílány do webové aplikace. Proto pro využívání těchto aplikací musí mít uživatel vytvořený účet, na jehož principu jsou data sdílena mezi přístrojem (např. telefonem) a internetovým rozhraním, ve kterém jsou shromažďována data ze všech měření. Odtud je následovně může uživatel stáhnout ve formátu GPX. Každá mobilní aplikace má svůj vlastní uživatelský účet.

AnTuTu Benchmark 6.0.1

AnTuTu je v dnešní době nejpoužívanější metoda benchmarků (neboli srovnávání hodnot testovaných prvků). Jedná se o aplikaci od tvůrců z Hong Kongu, která testuje procesor, paměť, grafiku a další komponenty. Může testovat každou komponentu zvlášť nebo dohromady, kdy vyhodnotí celý přístroj jako celek. Aplikace přináší objektivní výsledky, jelikož není upravena pro žádnou platformu (AnTuTu Benchmark, 2014)

Výsledné skóre je do jisté míry orientační, jelikož je ovlivňováno každou aplikací, která běží na pozadí přístroje, tudíž se výsledek testování vždy mírně liší. Při praktické zkoušce aplikace na zařízení Lenovo Tab S8-50L bylo zjištěno, že aktivní Wi-fi přístup k internetu snižuje hodnotu výsledného benchmarku ze 46 891 na 45 358 bodů. Z tohoto důvodu byly veškeré přístroje testovány v režimu s vypnutím veškerých aktivit, které by mohly výsledek snížit, včetně aplikací běžících na pozadí.

Pro představu, nejvýkonnějším zařízením, na kterém kdy bylo testování prováděno, je, podle dostupných statistik v aplikaci, telefon Huawei Mate 8 se skóre 92 746.

PSPad 4.6.0

Freeware editor použitý při vytváření HTML kódu webových stránek, na kterých bude umístěna tato bakalářská práce.

JetBrains PyCharm Community Edition 2016.1.2

Software určený pro tvorbu v jazyce python, kterým byl vytvářen skript pro výpočet polohových odchylek naměřených dat od referenční vrstvy. Pro vývoj kódu musel být doinstalován modul gpxpy verze 0.9.8, který umožňuje práci se soubory ve formátu GPX.

2.4.2 Přístroje

Soubor GPS pomůcek lze rozdělit do dvou skupin – přístroje, které primárně slouží pro práci s globálním navigačním systémem a přístroje, z kterých se záznamové médium stane až po nainstalování příslušné aplikace. Do první skupiny patří dvě turistické GPS **Garmin** GPSmap 60CSx, hodinky **Garmin Fenix 2** a **Garmin Forerunner 110 Black**. Do druhé dva tablety **Lenovo Tab S-8 50L** a **Asus Eee Pad Transformer TF101**, dále pak mobilní telefony **Samsung Galaxy S3 Neo**, **HTC Desire C**, **LG F60 D390N** a **LG Optimus L9 II (D605)**. Celkem tedy deset zařízení. Do telefonů, fungujících pod systémem Android, bylo dále nainstalováno jedenáct aplikací od různých společností.

Garmin Fenix 2

První z GPS hodinek ve výběru je zařízení Garmin, typ Fenix 2, jejichž prodej odstartoval na počátku roku 2014. Garmin je renomovaná společnost zabývající se vývojem a prodejem leteckých, námořních, outdoorových a automobilových navigačních přístrojů již od roku 1989.

Model Fenix se řadí mezi univerzálnější hodinky od tohoto výrobce. Jedná se o vylepšenou verzi Fenix 1, která je již v současnosti nahrazena typem Fenix 3. Konstrukce Fenix 2 je navržena tak, aby hodinky mohly být používány nejen v terénu za jakýchkoliv okolností – jsou pevné a vodotěsné s ochranným rámečkem kolem displeje. Displej je bezbarvý, což umožňuje dobrou čitelnost za slunečního počasí. Při zhoršených světelných podmínkách lze aktivovat podsvícení. Ovládání je uzpůsobeno pomocí pěti tlačítek na boku přístroje (Polesný, 2014).

Hodinky dovedou kromě polohy měřit i tlak pomocí vestavěného čidla, které zpřesňuje určování nadmořské výšky. Dále zařízení obsahuje zabudovaný kompas, senzor pohybu a teploměr. Další čidla mohou být připojena bezdrátově (hrudní pás, externí teploměr nebo snímač rychlosti). Samozřejmostí je připojení hodinek k mobilnímu telefonu pomocí technologie bluetooth (Polesný, 2014).

Garmin Fenix 2 použitý při tomto měření obsahuje firmware verze 4. 4. Vyšší verze způsobovala nestabilitu výsledků. Na výběr bylo z devíti aktivit.

Garmin Forerunner 110 Black

Tréninkové hodinky Forerunner 110 s integrovaným GPS přijímačem byly v nabídce společnosti Garmin od roku 2010. Zaměřují se na snímání rychlosti (aktuální i průměrná), zdolanou vzdálenost, čas a volitelně i tep (pokud je připojen snímač tepové frekvence). Veškeré naměřené údaje jsou ukládány do paměti přístroje, odkud je lze datovým kabelem přenést do počítače (Forerunner 110 Black, 2013). Firmware použitých hodinek je ve verzi 2.70.

Displej hodinek je pomyslně rozdělen na tři sekce a nabízí tři základní verze zobrazení. Při první možnosti zabírá hlavní část displeje čas spolu s datem a hodinky jsou tak uzpůsobené k běžnému nošení. Druhé a třetí jsou již zaměřené čistě ke sportovním účelům. Horní sekce v režimu sporttester zobrazuje celkovou dosaženou vzdálenost a ve spodní se nachází ukazatel tempa. Středový segment s největšími číslicemi je vyhrazen době trvání a tepové frekvenci. Podrobnější statistiky jsou dostupné v počítačovém prostředí (Prokop, 2010).

Ovládání zařízení zajišťují čtyři tlačítka. Jedno ovládá podsvícení displeje, druhé zapíná a ukončuje záznam trasy, třetím lze ručně zvolit start a cíl okruhu (úseku trasy). Přidržením tohoto tlačítka dojde k vynulování měření a k přípravě na další záznam. Data jsou ponechána v paměti (až 1000 okruhů), dokud nejsou ručně smazána nebo

přesunuta do paměti počítače. Čtvrté tlačítko spouští GPS senzor, přepíná mezi výše popsanými verzemi zobrazení a umožňuje vstup do menu.

Garmin GPSmap 60CSx

Dalšími dvěma přístroji ve výběru jsou dvě turistické GPS opět od společnosti Garmin. Jedná se o něco starší typ z roku 2006. Dva kusy byly zvoleny proto, aby bylo testovaných přístrojů co nejvíce. Obě navigace jsou vybaveny softwarem verze 4.00 z roku 2009 a GPS softwarem 3.00s. Zařízení neumí zaznamenávat trasu podle zvolené sportovní aktivity (chůze, běh nebo jízda na kole). Proto byly tyto aktivity změřeny ve stejném režimu zaznamenávání, ale při různém druhu pohybu měřitele.

GPSmap obsahuje zabudovaný GPS přijímač SiRF III, Mediatec. Spolu s tyčkovou anténou je konstruován pro co nejvyšší přesnost i v méně přístupných místech (uvnitř budov, poblíž hustá vegetace). Ovládání zajišťuje osm tlačítek a jedno čtyř směrové, která se nacházejí pod TFT (thin-film transistor) displejem o velikosti 56 x 38 mm. Doplnkovými senzory přístroje jsou elektromagnetický kompas, barometrický výškoměr a sonar, pokud je připojen. Komunikace s počítačem je prováděna pomocí USB a RS 232 rozhraní. Pro načtení mapových podkladů je zařízení vybaveno slotem pro microSD paměťové karty. Základní podkladová mapa (basemap) v navigaci obsahuje vrstvy sídel, hranic, letišť, vodních ploch a komunikací na územích Evropy, Afriky a části Asie. Tato basemap lze doplnit o další podrobnější mapy, například o turistickou TOPO Czech (GPSmap 60CSx, 2014).

Přístroj lze použít k záznamu trasy i bodu, k navigaci na zvolené místo či vyhledávání bodů zájmu (sídlá, geocaching, křižovatky, atrakce, restaurace a další). Dalšími doplnkovými dovednostmi jsou kalendář, kalkulačka, stopky, hry a služba Slunce&Měsíc, která ukazuje aktuální pozici slunce a měsíce na obloze i časy jejich východu a západu.

Druhou skupinou přístrojů jsou dva tablety a čtyři mobilní telefony.

Tab. 2: Softwarová a hardwarová specifikace přístrojů použitých při měření. (CPU znamená centrální procesorová jednotka neboli procesor)

Zařízení	Verze systému Android	Počet jader CPU	Frekvence CPU	RAM
Lenovo Tab S8-50L	4.4.2 (32-bit)	4	1,86 GHz	1899 MB
Asus TF101	3.1 (32-bit)	2	1,0 GHz	1024 MB
Sam Galaxy S3 Neo	4.4.2 (32-bit)	4	1,4 GHz	1536 MB
HTC Desire C	4.0	1	0,6 GHz	512 MB
LG F60	4.4	4	1,2 GHz	1024 MB
LG Optimus	4.1	2	1,4 GHz	1024 MB

Kvůli závěrečnému hodnocení GPS přesností pomůcek bylo vhodné objektivně jednotlivé přístroje porovnat. Pro tento účel byla vybrána aplikace AnTuTu Benchmark, která otestovala a objektivně porovnála mobilní telefony a tablety, které jsou uvedeny v tabulce výše. Při srovnávání dvou přístrojů je vhodnější používat dílčí výsledky testu, jelikož výsledné skóre může být zkresleno procesy běžícími na pozadí nebo tím, že do konečného výsledku mohou být zahrnuty nedůležité analýzy, které mají na výkon

přístroje minimální vliv. Zařízení s výsledkem 10 000 bodů může být rychlejší, než to s 13 000, jelikož je ve výsledku započítán i výkon grafického čipu. Proto je v *Tab. 3* skóre rozepsáno.

Celkový výsledek benchmarku je součtem čtyř dílčích výsledků (analýz) a to 3D, UX, CPU a RAM. 3D analýza testuje výkon grafické karty. Při procesu měření spustí dvě krátká videa a sleduje, jak si s nimi přístroj umí poradit. UX je uživatelský index (neboli tzv. uživatelské zkušenosti). Je tvořen dílčími kategoriemi: zabezpečení dat, rychlost zpracování dat, výkon her, zpracování obrazu i vstupní a výstupní rychlostí interního úložiště (rychlost čtení nebo zápisu dat mezi flash pamětí, pamětovou kartou a vnitřní pamětí – větší rychlost způsobuje lepší plynulost aplikací). Všechny tyto položky jsou využívány při běžném provozu a mají vliv na uživatelský komfort. Index zamezuje tomu, aby zařízení s vysokým celkovým skóre nedosahovaly nízké úrovně uživatelského výkonu (schopností), tedy, že mobilní telefon dosahuje vysokých hodnot konečného výsledku, ale jinak je pomalý a práce s ním není příjemná. Dále CPU (Central Processing Unit) udává rychlost a počet jader procesoru. Rychlejší a výkonnější procesor si lépe poradí s náročnějšími aplikacemi. Poslední dílčí analýza se týká kapacity a rychlosti RAM (Random Access Memory) paměti [What Does AnTuTu Benchmark Actually Measure, 2016].

Tab. 3: Výsledné skóre AnTuTu Benchmark, které je tvořeno výkonem grafické karty (3D), uživatelskými zkušenostmi (UX), procesorem (CPU) a operační pamětí (RAM).

Zařízení	Celkové skóre	3D	UX	CPU	RAM
Lenovo Tab	46 891	10 212	14 093	18 238	4 348
Asus Transformer	9 143	626	5 101	2 567	849
Sam Galaxy S3 Neo	21 568	334	7 286	9 917	4 031
HTC Desire C	4 367	1550	578	1 104	558
LG F60	12 686	449	4 290	6 810	1 137
LG Optimus L9	8 305	809	4 240	1 893	1 363

Lenovo Tab S8-50L

Tablet od čínského výrobce je ve výběru nejnovějším zařízením a potencionálně nejvýkonnějším. Sice existuje malá pravděpodobnost, že by si sportovec sebou do terénu vzal osmipalcový tablet, ale pro testování je důležité zařízení a jeho hardware, ne velikost obrazovky.

Procesor: Intel Atom Z3745 (4x cortex, 1,86 GHz, 2 MB Cache),

Operační systém: Android v4.4 KitKat

Paměť: RAM – 2 GB, ROM – 16 GB

Baterie: 4 290 mAh Li-Po, pevná

Displej: 8" (1 920 × 1 200) IPS LCD

Asus Eee Pad Transformer TF101

Druhý tablet, tentokrát z výroby tchajwanského producenta počítačových součástek a elektroniky. Tento model je o něco starší výroby, v nabídce českých prodejců se objevil v polovině roku 2011 a dostupný byl do konce první poloviny 2012.

Procesor: Nvidia Tegra 2 (2× Cortex-A9, 1 000 MHz, 40nm)

Operační systém: Android v3.1 Honeycomb

Paměť: RAM – 1 024 MB, ROM – 16 GB

Baterie: 6 600 mAh Li-Po

Displej: 10,1" (1280x800) WXGA

Samsung Galaxy S3 Neo

První ze sbírky mobilních telefonů je přístroj od korejského elektronického giganta. Jedná se o model z populární série Galaxy. V České republice se začal prodávat na přelomu let 2014 a 2015.

Processor: Qualcomm Snapdragon 400 (4× Cortex-A7, 1 400 MHz, 28nm)

Operační systém: Android v4.4.2 KitKat

Paměť: RAM – 1 536 MB, ROM – 16 GB

Baterie: 2 100 mAh Li-Po

Displej: 4,8" (720x1280) Super AMOLED

HTC Desire C

Menší telefon od výrobce HTC sídlícího na Tchaj-wanu. Řada přístrojů s označením Desire se řadí k výkonnějším zařízením z produktového portfolia společnosti. Desire C je ale méně vybaveným zástupcem této série a výkonem náleží spíše do nižší třídy. Prodával se od roku 2012. Mělo by se jednat o nejslabší z přístrojů použitých pro měření.

Processor: Qualcomm Snapdragon S1 (1× Cortex-A5, 600 MHz, 45nm)

Operační systém: Android v4.0 Ice Cream Sandwich s HTC Sense 4

Paměť: RAM – 512 MB, ROM – 4 GB

Baterie: 1 230 mAh Li-Po

Displej: 3,5" (320x480) TFT LCD

LG F60 D390N

Poslední dva zástupci shodně pocházejí od společnosti LG se sídlem v Jižní Koreji. První z nich byl představen v září 2014.

Processor: Qualcomm Snapdragon 410 (4× Cortex-A53, 1 200 MHz, 28nm)

Operační systém: Android v4.4 KitKat

Paměť: RAM – 1 024 MB, ROM – 4 GB

Baterie: 2 100 mAh BL-41A1H

Displej: 4,5" (800x480) IPS LCD

LG Optimus L9 II D605

Druhý model od LG pochází z roku 2013 a je zástupcem střední výkonostní třídy.

Processor: Qualcomm Snapdragon S4 Plus (2× Krait 200, 1 400 MHz, 28nm)

Operační systém: Android v4.1 (Jelly Bean)

Paměť: RAM – 1 024 MB, ROM – 8 GB

Baterie: 2 150 mAh Li-ion

Displej: 4,7" (720x1 280) IPS LCD

Veškeré specifikace byly čerpány z oficiálních stránek výrobců a doplněny o informace z webu [HTTP://WWW.MOBILMANIA.CZ/](http://www.mobilmania.cz/).

2.4.3 Aplikace

Do přístrojů bylo nainstalováno celkem jedenáct celosvětově nejpoužívanějších aplikací od deseti výrobců (Runtastic má speciální edici pouze pro jízdu na kole, ve druhé jsou již ostatní sportovní činnosti).

Aplikace lze rozdělit do dvou kategorií. Do první patří aplikace, které byly vytvářené za účelem zaznamenávání aktivit při sportu, ať už se jedná o sledování uražené vzdálenosti, převýšení či rychlosti pohybu. Jedná se o **Endomondo, Sports Tracker, Runtastic, Runkeeper, Strava, SpartyPal, adidas train & run, Nike+ Running**. Zbylé dvě aplikace, jimiž jsou **Locus Free** a **Moje Trasy**, nejsou primárně určené pro sport, mají ale zabudovanou schopnost záznamu trasy pomocí GPS a lze je tak pro vybrané typy aktivit použít.

Při výběru aplikací bylo preferováno, aby se jednalo o bezplatnou verzi, které jsou dostupnější širšímu okruhu uživatelů a pro běžné využívání postačuje, pro detailnější analýzy sportovních výkonů nebo tréninkové plány vytvořené virtuálním trenérem je potřeba si koupit Pro, respektive Premium verzi.

Jak již bylo zmíněno, veškeré aplikace jsou zde používány pod systémem Android, to ale neznamená, že jsou stavěné pouze pro tento operační systém. Naprostá většina z nich funguje i pod Windows Phone či iOS (Apple). Na všech přístrojích byly zakázány automatické aktualizace, aby nedocházelo ke změnám přesnosti naměřených dat s odlišnými verzemi aplikací. Pro záznam hodnot bylo použito defaultní nastavení aplikací.

Tab. 4: Seznam použitých aplikací. V prvním sloupci je oficiální název aplikace na internetových stránkách [HTTPS://PLAY.GOOGLE.COM/STORE](https://play.google.com/store), ve druhém její verze, která byla při měření použita. Poslední tři sekce ukazují, kterou sportovní aktivitu daná aplikace podporuje.

* My Tracks neumí rozlišit typy aktivit.

Oficiální název aplikace	Verze	Chůze	Běh	Jízda na kole
Endomondo Běh Cyklistika Chůze	11.4.3	✓	✓	✓
Sports Tracker Running Cycling	3.7.29	✓	✓	✓
Runtastic Běh a fitness	6.3	✓	✓	x
Runtastic Mountain Bike GPS	2.2.1	x	x	✓
Runkeeper - GPS Track Run Walk	5.11.4	✓	✓	✓
Strava Running and Cycling GPS	4.8.0	x	✓	✓
Nike+ Running	1.7.7	x	✓	x
adidas train & run	4.0.35	✓	✓	✓
SportyPal	2.2.8	✓	✓	✓
Moje trasy (My Tracks)	2.0.10	*	*	*
Locus Map Free - Outdoor GPS	3.13.1	✓	x	✓

Tab. 5: Seznam použitých aplikací. Ve druhém sloupci je velikost aplikace, ve třetím uživatelské hodnocení na škále od 1 do 5, přičemž známka 5 je nejlepší. Další oddíly sledují počet hodnocení a počet stažení. Veškeré statistiky pocházejí z [HTTPS://PLAY.GOOGLE.COM/STORE](https://play.google.com/store) a ze dne 20. března 2016 kolem.

* Velikost se liší podle typu zařízení.

Název aplikace	Velikost	Hodnocení	Počet hodnocení	Počet stažení
Endomondo	*	4,4	272 642	10 – 50 mil.
Sports Tracker	*	4,5	141 166	5 – 10 mil.
Runtastic	*	4,5	526 969	10 – 50 mil.
Runtastic Bike	*	4,5	47 529	1 – 5 mil.
Runkeeper	*	4,4	368 872	10 – 50 mil.
Strava	30 MB	4,6	167 043	5 – 10 mil.
Nike+	38 MB	4,4	442 472	10 – 50 mil.
Adidas train & run	50 MB	4,3	64 222	5 – 10 mil.
SportyPal	7 MB	4,3	4 398	0,5 – 1 mil.
Moje trasy (My Tracks)	8,9 MB	4,0	1 445	0,1 – 0,5 mil.
Locus Map	19 MB	4,4	27 416	1 – 5 mil.

Endomondo

Endomondo je spolu s Runtasticem a Runkeeperem považováno v současnosti za nejpoužívanější sportovní GPS trackery. Aplikace byla vytvořena třemi vývojáři v Dánsku v roce 2007. Od té doby se ke komunitě uživatelů připojilo již více jak 25 milionů lidí (History, 2016)

Existují dvě verze Endomonda. V základní free verzi je obsaženo sledování kondice, vytváření osobních výzev, sdílení výkonů mezi přáteli a hlavně zaznamenávání vzdáleností při libovolných 58 sportech, mezi které se řadí kromě běžně vykonávaných činností i většina běžně existujících sportů, dále pak běžecký pás, gymnastika, invalidní vozík, kajak, lezení, plachtění, lyžování a další. Sledovanými parametry jsou doba trvání, rychlost, vzdálenost a spálené kalorie.. Premium verze je doplněná o tréninkové plány, které vytváří automaticky sama aplikace nebo o detailnější statistiky tréninků, které analyzují výkon uživatele. Aplikaci lze používat na systémech Android, Windows Phone i iOS.

Sports Tracker

Sports Tracker byl vyvinut v roce 2004 pod značkou Nokia Sports Tracker pro zařízení fungující na platformě Symbian. Jednalo se tedy o vůbec první aplikaci svého druhu. V roce 2010 aplikace přešla pod Sports Tracker Technologies Ltd., kde na vývoji pokračovali tři zaměstnanci z bývalého týmu Nokia. V roce 2015 koupila firmu společnost Amer Sports Digital Oy sídlící ve Finsku. Aplikace funguje na systémech Android, Windows Phone i iOS (Introducing Sports Tracker, 2016).

Sports Tracker má jednu z nepřehlednějších úvodních stránek ze všech testovaných aplikací s jednoduchým, ale účelným designem. Aplikace je stavěna jako analyzátor pohybu 26 volitelných aktivit, ve free verzi obsahuje komplexnější statistiky a vyhodnocování tras, než Endomondo, na druhou stranu nenabízí velké množství nastavitelných prvků, jako jsou různé výzvy a podobně. Premium verze dodá větší množství podkladových map nebo podrobnější statistiky pohybu. Free forma je v tomto

případě na vysoké úrovni a bohatě postačí pro běžného uživatele, neobsahuje ani obtěžující reklamy.

Runtastic

Runtastic je původem rakouská aplikace kombinující klasické fitness funkce, tracker (sledovací) činnosti a sociální sítě. Prvotní myšlenka se zrodila na University of Applied Sciences v Horním Rakousku při projektu sledování závodících plachetnic. Vzhledem k tomu, že cílová skupina uživatelů byla příliš malá, rozhodli se tvůrci do aplikace přidat i běžné sporty. Následně byla v roce 2009 založena společnost Runtastic. V roce 2015 byla odkoupena za 240 milionů dolarů firmou Adidas. Je, podobně jako Sport Tracker, navržena pro Android, Windows Phone a Apple (Runtastic, 2016).

Runtastic se zaměřuje na sledování 62 různých sportovních činností. Ve výběru obsahuje zejména většinu běžných sportů, dále pro zajímavost potápění, sáňkování nebo tanec. Opět zde existují dvě verze, jedna neplacená a druhá placená. Neplacená verze sleduje dobu trvání, vzdálenost, průměrnou a maximální rychlost, stoupání či spálené kalorie. Vše pod praktickou přehledovou mapou dosažené trasy. K již absolvovaným aktivitám lze přiřadit fotografii, porovnat dosažené hodnoty v grafu s vybranými živočichy (hlavně v placené verzi) nebo trasu snadno sdílet se sociálními sítěmi. Velkou nevýhodou neplacené verze aplikace je velké množství reklam, které se libovolně objevují na obrazovce přístroje a zakrývají celou plochu obrazu. Tento problém lze vyřešit dokoupením PRO verze, díky které uživatel navíc získá funkce Trasy (vytvoření oblíbené trasy) a Intervalový trénink (vyvinutý experty).

Runkeeper

Runkeeper je fitness-sledovací GPS aplikace pro Android a iOS existující od roku 2009, kdy byla vyvinuta Jasonem Jacobsnem. V roce 2011 aplikace přešla pod křídla investiční skupiny Spark Capital a v lednu 2016 ji získala japonská korporace ASICS zabývající se sportovním vybavením. Autoři uvádějí, že Runkeeper v současnosti používá kolem 45 milionů uživatelů (Runkeeper, 2016).

Aplikace umožňuje záznam třinácti sportovních aktivit. Nezaměřuje se na sportovní činnosti, spíše na volnočasové aktivity typu běh, hiking, jízdu na kole nebo lyžování. Ve volně stažitelné verzi je nabídka poněkud střídmější, než u výše rozebíraných aplikací. Základem je výběr aktivity a následné sledování veličin jako jsou rychlost, čas, průměrná rychlost, množství spálených kalorií pod přehledovou mapou trasy, kde jsou k dispozici i dva grafy – rychlosti a převýšení. Samozřejmostí je sdílení úspěchů pomocí sociálních sítí. Další doplňující funkce jsou k dispozici vesměs po pořízení Prémiové verze, která rozšíří možnosti o výzvy (různé předpřipravené trasy) a tréninky.

Strava

Termín Strava pochází ze švédštiny a znamená snažit se, usilovat. Aplikace Strava je konstruována pouze pro dva sporty a to běh a cyklistiku. Může být nainstalována na zařízení se systémy Android a iOS. Vývojem se zabývá společnost Strava Inc. od roku 2009 a se sídlem v San Franciscu. Počet uživatelů mírně přesahuje jednomilionovou hranici (STRAVA, 2016).

Aplikace se výrazně zaměřuje na sdílení a propojování účtů uživatelů. Úvodní stránka je rozdělena na sekce Following, kde jsou zobrazeny trasy přátel, a Me s osobní historií aktivit. Jednotlivé položky v historii obsahují opět přehledovou mapu, trvání pohybové aktivity, vzdálenost, průměrná rychlost, graf převýšení, nejrychlejší segmenty trasy různé délky (nejrychlejší 400 metrový, kilometrový, atd. úsek vyznačený v mapě). Detailnější statistiky a porovnání jsou dostupné již pouze pro Strava Premium.

Placenou verzí uživatel získá i živé sledování své aktivity jinou osobou na internetu, porovnávání segmentů své trasy s již v minulosti naměřenými, tabulkové porovnávání dosažených vzdáleností jednotlivých uživatelů, tréninková videa, online sledování aktivních přátel v terénu a nastavení osobních cílů. Zajímavým bonusem ve verzi zdarma jsou výzvy, které bývají většinou v placených formách aplikací. Příkladem je March Distance Challenge (v online databázi jsou všichni přihlášení uživatelé seřazeni podle uběhlých vzdáleností v měsíci březnu – ke konci měsíce se na prvním místě nacházel uživatel s dosaženými 1 726 kilometry).

SportyPal

Aplikace pochází z produkce makedonské vývojářské firmy CreationPal sídlící v ulicích hlavního města Skopje. Do podvědomí uživatelům se SportyPal dostal díky firmě Sony Ericsson, která aplikaci testovala a optimalizovala pro systémy iOS, Android, Windows Phone, Symbian a BlackBerry. Poslední aktualizace vyšla v roce 2014, od té doby je k dostání stávající verze 2.2.8 (SportyPal, 2016).

Na aplikaci je starší vzhled znát. Úvodní menu se skládá z interaktivního posuvného pásku s výběrem aktivity (je jich 18 – specifické jsou létání, jízda automobilem či paragliding), tlačítka pro zahájení vybrané činnosti a přehledovou sekci s měsíčním nebo čtvrtletním seznamem aktivit a jejich celkovými sumarizovanými statistikami. Aplikace nenabízí příliš nadstavbových funkcí a nemá ani rozpracovaný systém bezplatné a placené verze. Zaměřuje se tedy čistě na GPS záznam aktivit. Standardně sleduje vzdálenost, dobu trvání, rychlost, spálené kalorie a převýšení, dále pak tempo, stoupání, klesání, grafy rychlosti a nadmořské výšky. Zobrazení trasy umožňuje nad leteckou mapou.

adidas train & run

Největší výhodou aplikace od společnosti Adidas je, že je k dispozici kompletně zdarma. Nabízí klasické GPS zaznamenávání aktivit i plno nadstavbových prvků bez jakýchkoliv poplatků. Nesporným bonusem je také koncepce firmy, která se zaměřuje na výrobu celého souboru produktů pod názvem miCoach. MiCoach zahrnuje velké množství senzorů, které analyzují pohyb sportovce. Jedná se například o čidla, která běžec (hojně využíváno u fotbalistů) umístí do své obuvi, čidlo zaznamenává trasu a po výkonu se data stáhnou do aplikace a zanalyzují. Tyto pomůcky a postupy jsou hojně využívány profesionálními sportovci, aplikace je ovšem vhodná i pro běžné uživatele, kteří žádný senzor nevládní.

Aplikace nabízí 20 sportovních režimů. Nabídka není nejbohatší, jelikož běh, jízda na kole a lyžování se zde nacházejí ve třech verzích, tudíž ostatních aktivit je pouze kolem deseti. Běžné činnosti jsou však obsaženy. Úvodní snímek aplikace zobrazuje poslední naměřenou trasu se statistikou, která se omezuje na dobu trvání, vzdálenost, rychlost a spotřebované kalorie. Jak již bylo zmíněno, doplňkové služby, které jiné aplikace nabízejí pouze v prémiových verzích, jsou zde dostupné v základní verzi. Jedná se o vytvoření osobních cílů (například týdenní cíl, který uživateli podle obtížnosti naplánuje dobu a intenzitu běhu na sedm dní dopředu), tréninkové plány (dělí se na běžecké, fitness a sportovní) nebo o vyhodnocení a obodování každého běhu podle ураžené vzdálenosti, času, věku a pohlaví. Samozřejmostí je sdílení tras na sociální síti typu Facebook nebo Twitter. Celá aplikace je doplněna vydařeným a přehledným designem a je opět vyvinutá pro Android, iOS a Windows Phone.

Nike+

Nike+ je aplikace specializovaná pouze pro běžecké aktivity. Podobně, jako adidas train & run, je zadarmo. Byla vydána v roce 2010 nejprve pro zařízení s iOS a o dva roky později, v roce 2012, i pro přístroje se systémem Android. Počet uživatelů po celém světě přesahuje hodnotu 30 milionů. S aplikací od společnosti adidas existuje ještě jedna spojitost – k rozšíření statistik lze pořídit senzory, které mohou být umístěny do boty běžce a sledovat tak pohyb z dalších perspektiv (About Nike+, 2016)

Statistiky aktivit se skládají z časové délky pohybu, vzdálenosti a spotřebovaných kalorií. Trasa je znázorněna v přehledové mapě a barevně rozdělena podle rychlosti na průměrnou rychlost, nejvyšší a nejnižší. Z dalších funkcí stojí za zmínku výzvy, kde si uživatel definuje vzdálenost běhu, pozve přátele a online na dálku s nimi závodí. Zajímavé jsou i tréninkové programy navržené podle pokročilosti uživatele.

Locus

Poslední dvě aplikace nepatří mezi klasické sportovní tracker aplikace, ale obě mají schopnost zaznamenání trasy. První z nich, Locus Map Free, byla vybrána kvůli tomu, že nabízí plnohodnotné zaznamenávání buď pěší aktivity, nebo cyklistiky a následné detailní statistiky. Locus je vyvíjen českou společností Asamm Software s.r.o. se sídlem v Praze. Aplikace je nezávislými testy hodnocena jako jedna z nejlepších multifunkčních outdoor navigací pro Android. Zvládne zobrazení polohy v terénu, záznam trasy, hlasovou navigaci, obsahuje databázi POI (Point of Interest) i Geocaching a další. Podkladové mapy mohou být online (23 možností), offline a dokonce lze připojit i službu WMS (Web Map Service). Více funkcí je dostupných v Pro verzi (Locus Map, 2016).

K samotnému zaznamenávání trasy. Statistiky ukazují vzdálenost, dobu trvání (čas trasy i čas pohybu), rychlost (maximální, průměrná), převýšení, vzdálenost klesání a stoupání, minimální a maximální nadmořská výška, počet zaznamenaných bodů, tempo a signalizace tratě na více jak dvaceti podkladových mapách. Trasy lze snadno exportovat ve formátu GPX (výměnný formát GPS dat).

Google MyTracks

MyTracks (v češtině také Moje trasy) bylo do výběru zařazeno kvůli tomu, že se jedná o defaultně nainstalovanou aplikaci v systémech Android (Android pochází od Googlu). Jedná se o nejjednodušší aplikaci, která byla pro testování použita. Její využití se omezuje na obyčejný záznam pohybu přístroje a základní analýzu dat (rychlost, vzdálenost, doba měření). Neobsahuje možnost navolení pohybové aktivity. Vystačuje si pouze s tlačítkem pro začátek zaznamenávání trasy. Na konci března 2016 byla oznámena ukončená podpora aplikace s možností používání pouze do konce dubna 2016. Ve výběru ale byla ponechána, jelikož s ní bylo již naměřeno značné množství dat a výsledné hodnocení by bylo zbytečně ochuzeno o jednu z deseti položek.

K většině aplikací lze také přikoupit různé senzory pro sledování tlaku, pulsu, kvalitní GPS hodinky a další. Kromě Locus Map Free a Google MyTracks, je ke všem aplikacím a v nich přihlášeným uživatelským účtům přiřazen účet i na internetových stránkách, kde jsou, po přihlášení a nahrání tras z přístrojů, dostupné další statistiky, přehledové grafy a ostatní zajímavé funkce.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Náplní této kapitoly je seznámení čtenáře s navigačním systémem GPS (Global Position System neboli Globální navigační systém) a základní nastínění jeho fungování. V neposlední řadě zde budou stručně prezentovány vědecké studie, které se zaměřením přibližují této bakalářské práci.

3.1 Navigace

Navigace je souhrnný odborný výraz pro činnosti, které nám umožní kdekoliv v prostoru zjistit polohu a nalézt co nejideálnější trasu z tohoto místa do cílového bodu. Slovo pochází z latinského **navis** znamenající loď, jelikož se původně týkalo plavby na moři. Až později se tento termín rozšířil na námi známý význam (Šebesta, 2012).

3.2 NAVSTAR GPS

Systém NAVSTAR GPS je jedním z GNSS systémů (Global Navigation Satellite System – Globální navigační satelitní systém), což znamená, že uživatelům umožňuje zjištění polohy kdekoliv na zemském povrchu, ať na moři nebo na pevnině (avšak nikoliv pod zemským povrchem). Pod písmeny NAVSTAR GPS se skrývají zkratky slov Navigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System (mezi další možnosti, které bývají uváděny při výkladu, patří například Navigation System with Time And Ranging nebo Navigation System using Timing And Ranging). Běžně se však používají pouze poslední tři písmena GPS (Mervart, 1994).

GPS původně vznikl v roce 1973 pouze pro účely armády Spojených států amerických (USA), která jej využívala v období Studené války. Tlak veřejnosti a uvolňování celosvětového napětí postupně vedl k možnosti bezplatného využívání systému civilním obyvatelstvem od počátku 90. let. Kvůli bezpečnosti byla ale přesnost dále záměrně zkreslována na 100 metrů, aby nemohl být zneužit například při teroristických útocích. Definitivní otevření systému nastalo 1. května 2000, kdy bylo odstoupeno od rušení signálu a došlo tak k až desetinásobnému nárůstu přesnosti na hodnoty mezi pěti až deseti metry (STEINER, ČERNÝ, 2006).

Základním principem systému je příjem a zpracování elektromagnetických vln, jejichž zdrojem jsou družice a následný výpočet vzdáleností mezi zařízením uživatele na Zemi a družicemi, které obíhají ve výšce 20 200 kilometrů nad zemským povrchem. Družic je k lednu 2016 celkem 31, z toho 24 jich je základních, ostatní jsou rezervní a doplňující (NASA, 2015). Každá družice oběhne Zemi po stacionární oběžné dráze (k planetě jsou zdánlivě nehybné) jednou za 12 hodin. Z toho vyplývá, že v jakémkoliv místě lze v jednu chvíli přijímat signály z maximálně dvanácti družic – nad každou polokoulí je jich polovina, tedy dvanáct (STEINER, ČERNÝ, 2006). Pro přesné zjištění polohy je zapotřebí minimálně tří družic (jedna družice pro zjištění X souřadnice, druhá pro Y souřadnici a třetí pro časovou složku). Chceme-li ale zjistit pozici v prostoru, tedy i s nadmořskou výškou, je už za třeba družic minimálně čtyř.

Frekvence signálu GPS je definována tak, aby byl nezávislý na vnějších vlivech, jakými jsou počasí, denní cyklus nebo roční období (STEINER, ČERNÝ, 2006).

Na území evropského kontinentu je budován zpřesňující systém EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), který pomocí diferenciálních korekcí dokáže GPS výrazně zpřesnit. Současná zařízení se senzory GPS již tuto službu veskrze podporují (Čábelka, 2008).

3.4 Studie tématu

V České republice se tímto tématem dosud mnoho prací nezabývalo, a když už, tak jsou několik let staré a popisují metody, které jsou dnes již zastaralé. To samé do jisté míry platí i pro zahraničí. Co se týče rozsahu a aktuálnosti, je tato práce jedinečná.

3.1.1 Studie prováděné v ČR

Pokud bychom se zajímali pouze o práce zabývající se systémem GPS, byl by seznam bohatší. Ivo Maceček, bývalý student Vysokého učení technického v Brně, sepsal v roce 2008 bakalářskou práci na téma GPS NAVIGACE PRO VENKOVNÍ PRŮZKUMNÝ ROBOT. Jan Štětina se ve stejném rozsahu práce v roce 2012, tentokrát ale pro Mendelovu univerzitu v Brně, zabýval VYUŽITÍ SYSTÉMU GPS U TECHNIKY PRO PĚSTOVÁNÍ ROSTLIN. Ludvík Gaman (Vysoká škola báňská v Ostravě, 2012) vytvořil UPLATNĚNÍ SYSTÉMU GPS A NAVIGACE U HZS. Posledními třemi písmeny jsou myšleny Hlavní záchranné sbory (hasiči). Radek Žďánský (Univerzita Karlova v Praze, 2012) zkoumal výškovou přesnost dvojice GPS přijímačů (TESTOVÁNÍ VÝŠKOVÉ PŘESNOSTI GIS GPS PŘIJÍMAČŮ).

Témat, která zkoumají fungování GPS, lze najít více. Jsou to ale spíše obecné popisy principů a přesností (testována hlavně výšková). Specializovanější práce, jakou je například ta od Jana Štětiny z Mendelovy univerzity, se již ubírají úplně jiným směrem. Pod tímto odstavcem budou rozebrány tři bakalářské práce, které se tématem alespoň mírně přibližují.

PŘESNOST MEŘENÍ POHYBOVÉ AKTIVITY MONITOROVACÍM SYSTÉMEM miCOACH SPOLEČNOSTI ADIDAS, Vladimír Hrubý (2012)

Bakalářská práce sepsaná pod hlavičkou Fakulty tělesné výchovy Univerzity Palackého v Olomouci se zabývá v té době aktuálními metodami pro měření pohybu sportovců. Zmiňuje se mimo jiné o aplikacích miCoach (dnes s názvem adidas train & run) a Nike+, který tenkrát mohli využívat pouze majitelé produktů od společnosti Apple. miCoach v roce 2012 ještě neuměl využívat data ze senzoru GPS, tudíž jsou porovnávána data získaná z jiných senzorů (tep, krokoměr).

TESTOVÁNÍ VÝŠKOVÉ PŘESNOSTI NAVIGAČNÍ GPS PRO ÚČELY (CYKLO)TURISTIKY, David Velhartický (Plzeň, 2006)

Student se zabýval výškovou přesností GPS. Měl navrženou trasu, kterou naměřil při jízdě na kole a dále data vyhodnocoval. Zaměřoval se na relativní (při dvou a více vykonaných opakování cesty) a absolutní odchylky (porovnání s digitálními modely terénu). Bohužel se opět jedná o starou práci a jeho postupy a používané pomůcky dnes již pomalu nikdo nepoužívá. Navíc se při testování nebere ohled na vnější podmínky (počet družic, Kp-index a další). Jediné, co definovalo výběr tras, jsou objekty, které mohou zakrýt oblohu a způsobit tak horší přesnost signálu GPS (zejména zástavba, vegetace), a dále morfologie terénu (sklon).

ZPRACOVÁNÍ GPS ZÁZNAMŮ ZE SPORTOVNÍCH AKTIVIT, David Hrbáček (Plzeň, 2013)

Název práce na první pohled zní velmi podobně. Při podrobnějším prostudování ale zjistíme, že postup a použité metody jsou úplně jiné. Pro záznam tras ve formátu GPX byly použity přístroje, tzv. GPS trasovače, tedy zařízení, které nemá displej a slouží pouze pro ukládání souřadnic. Naměřená data jsou poté analyzována ve specializovaných softwarech (například Sports Analyzer).

3.1.2 Zahraníční studie

EVALUATION OF PHYSICAL ACTIVITY MONITORING APPLICATIONS FOR ANDROID, Danish U. Khan (University of Colorado Boulder, 2012)

Vědecká práce se zabývá vzrůstajícím počtem sportovních aplikací a zařízení. Zaměřuje se na zdravotní ukazatele, které aplikace podporují (tep, spálené kalorie a další). Jednou ze dvou použitých aplikací je Endomondo.

ON THE (IN-)ACCURACY OF GPS MEASURES OF SMARTPHONES: A STUDY OF RUNNING TRACKING APPLICATIONS, Christine Bauer (Vienna University of Economics and Business, 2013).

Výzkum, který se svým zaměřením a rozsahem nejvíce přibližuje. Pro testování používá devět v té době nejpoužívanější sports tracker aplikací, které fungují na systémech Android (s touto prací se shodují adidas, Endomondo, My Traks, Runkeeper, Runtastic a Sports Tracker; dále se jedná o MapMyRun GPS Running, Noom Cardio Trainer a Orux Maps). Ve výběru původně figuroval i Nike+, byl ale nekompatibilní se zařízením a tudíž vyřazen. Prováděná aktivita byla pouze běh. Jediným záznamovým přístrojem bylo HTC Desire Bravo. Trasa byla vybrána v zastavěné oblasti s délkou 1 000 metrů a nulovým převýšením. Co ale sama autorka uvádí, nebyly zkoumány vnější vlivy (počet družic, Kp-index a další), takže výsledky mohou být zkreslené, jelikož každá aplikace byla naměřena zvlášť za potencionálně jiných okolností.

Hodnocení přesnosti probíhalo jak z délkového, tak z výškového hlediska. Zaměřme se na data vzdáleností. V testu nejhůře dopadly aplikace Runtastic a Endomondo. Nejlépe se umístil adidas miCoach (dnes adidas train & run) s nulovou odchylkou. Výsledky (Obr. 9) jsou prezentovány v tabulce níže.

Application	Distance in meters	Deviation in meters	Rank
Adidas miCoach	1000	0	1
Endomondo	940	60	8
MapMyRun GPS Running	1030	30	6
MyTracks	1030	30	6
Noom Cardio Trainer	1010	10	2
Orux Maps	1010	10	2
Runkeeper	980	20	5
Runtastic	940	60	8
Sports Tracker	990	10	2

Obr. 9: Tabulka přesnosti hodnot získaných při výzkumu provedeného autorkou Christine Bauer (zdroj:https://www.researchgate.net/publication/259190145_On_the_In-Accuracy_of_GPS_Measures_of_Smartphones_A_Study_of_Running_Tracking_Applications).

4 DÉLKOVÉ HODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT

Touto kapitolou začíná praktická část bakalářské práce, kde budou postupně prezentovány a analyzovány naměřené hodnoty. Nedílnou součástí analýz bude porovnávání jednotlivých aplikací, přístrojů, aktivit a tras, které budou hodnoceny z hlediska délkové a polohové přesnosti.

Pokud chceme hodnotit délkovou přesnost naměřených tras, musíme mít nějakou referenční vzdálenost, se kterou bychom mohli výsledky porovnávat. Reference je přesně zjištěná hodnota a linie s přesností na desítky centimetrů. Tato přesnost je bohatě dostačující, jelikož naměřené GPS záznamy aplikací a přístrojů zobrazují hodnoty v kilometrech s detailem na dvě desetinná čísla, tedy 1,23 kilometrů. Pokud bychom požadovali vyšší přesnost, museli bychom data ve formátu GPX zpracovat v GIS softwaru. Jelikož je ale práce zaměřena na přesnost pomůcek, potažmo aplikací a zařízení, postačí nám hodnoty, které ukazují.

Referenční vzdálenost pro trasu **Hejčínské louky** byla získána digitalizací čerstvě nasnímaného leteckého snímku poskytnutého pro katedrou Geoinformatiky Univerzity Palackého v Olomouci. Snímek měl ověřenou přesnost kolem deseti centimetrů. Pomocí programu ArcMap byla vytvořena liniová vrstva vedoucí přesně v místech, kudy bylo prováděno fyzické měření pomocí GPS pomůcek. **Vzdálenost činí 2,444 kilometru (pro hodnocení postačí 2,44 kilometru).** Pro trasu v **Bezručových sadech** byla referenční délka stanovena stejným způsobem ze shodného zdroje. **Vzdálenost byla zjištěna 1,717 kilometru (tedy 1,72 km).**

Nyní se dostáváme samotnému naměření dat. Měření probíhalo ve dvou fázích. První proběhlo na podzim roku 2015 (dále podzimní měření) v měsících listopad a prosinec. Druhé kolo bylo provedeno na jaře 2016 (jarní měření) v březnu a dubnu. Během těchto dvou cyklů bylo třemi aktivitami (chůzí, během a jízdou na kole) dosaženo kolem 190 kilometrů v rámci obou tras (do této sumy není započítána cesta k trasám od místa bydliště). Dále bylo provedeno téměř 90 sérií měření (jedna série znamená jedna aplikace nebo zařízení), při kterých bylo zaznamenáno přes 600 GPS souborů v přenosném formátu GPX.

Jelikož bylo prováděno velké množství měření v širokém časovém horizontu (první a poslední dělilo zhruba půl roku), bylo potřeba nastavení systému ukládání GPS záznamů tras, respektive vytvoření tabulky, z které bude jasně patrné, zda již byla příslušná aktivita pro danou aplikaci a zařízení naměřena. Každá kolonka byla osazena písmeny A (splněno) a N (nesplněno). Ke každému znaku A nebo B bylo přiděleno číslo, které odpovídalo měřicí sérii. Každá série byla v druhé tabulce (Tab. 6) definována zmíněným číslem, dále datem, časovým intervalem, v kterém bylo měření prováděno, hodnotou Kp-indexu a vykonanou aktivitou. Předposlední kolonka obsahuje výčet zařízení, která byla pro danou sérii použita.

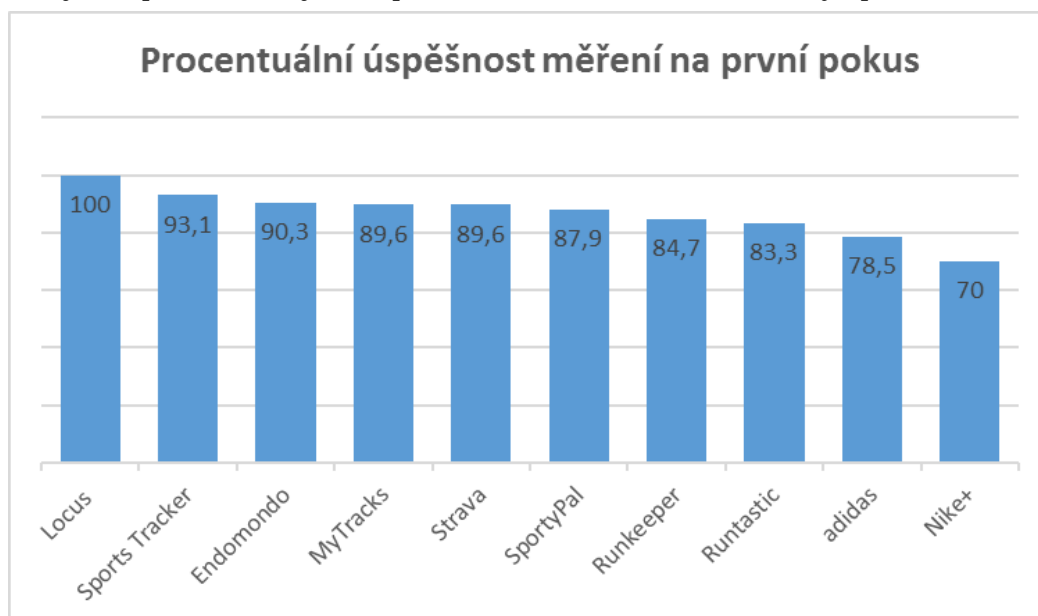
Tab. 6: Úryvek tabulky s údaji o jednotlivých sériích měření.

Série	Datum	Čas	Kp-index	Zařízení	Aktivita
10	26. 11.	16:20 - 16:50	0	LG And, Sam	běh
11	2. 12.	11:20 - 11:40	3	Htc, Lenovo, Sam, Asus	chůze
12	2. 12.	12:00 - 12:15	3	Htc, Sam, Asus	běh
13	3. 12.	12:00 - 12:20	1	vše bez LG And	kolo
14	3. 12.	12:30 - 12:50	1	vše bez LG And	kolo

Úspěšnost jednotlivých měření byla velice proměnlivá. Pomineme-li počáteční neúspěchy z důvodu nedokonalé znalosti zejména aplikací, docházelo často k jak hardwarovým, tak softwarovým chybám. Mezi hardwarové nedostatky můžeme zařadit problémy s GPS přijímačem, který se u některých zařízeních při měření samovolně vypínal a zapínal, načež trasa nebyla vykreslena v místech, kudy byla aktivita prováděna, ale vznikla chybná spojnice bodů, ve kterých došlo k výpadku a opětovnému příjmu signálu. Dalšími problémy byla hardwarová akcelerace přístrojů. Mobilní zařízení se dvěma nebo jedním jádrem CPU (Htc Desire C a LG Optimus L9) měla problém zvládnout více spuštěných aplikací najednou, což někdy způsobovalo, že ač byly aplikace a GPS záznam spuštěny, po dokončení aktivity a jejím následném ukládání bylo zjištěno, že k žádnému záznamu nedošlo nebo, že se spustil jen časový čítač. Specifikací u telefonu Htc Desire C byla jeho vadná Micro SD karta, která se sama při měření ukončovala a způsobovala tím, že aplikace přestaly fungovat. Tento problém se vyskytl zejména na konci jarního měření.

Softwarové chyby byly způsobeny samotnými aplikacemi. Jednalo se například o nestabilitu aplikací, kdy z ničeho nic přestaly reagovat a měření tak nebylo uloženo. Velkým problémem bylo odpočítávání začátku záznamu tras (Runtastic Běh a fitness, Nike+). Stávalo se, že se nahrávání GPS trasy po uplynutí odpočítávaného času nesehnulo a aktivita tak nebyla naměřena. Podrobně budou problémy zkoumány v dalších kapitolách, které se budou věnovat přímo samotným pomůckám.

Pokud tedy došlo k nenaměření aktivit nebo chybnému výsledku z důvodů výše popsaných nebo dalších, způsobených zejména vnějšími vlivy (Kp-index), bylo provedeno druhé a případně třetí opravné měření. Pokud se záznam nevydařil ani na třetí pokus, byl mu přidělen status N (nenaměřeno). Nejčastěji se tento defekt týkal aplikace adidas train & run. Následný graf (Obr. 10) ukazuje úspěšnost prvních pokusů měření, kdy došlo k vyhovujícím výsledkům a trasy byly úspěšně uloženy. Nejvyšší úspěšnosti dosáhla aplikace Locus. Devadesátiprocentní hranici překročily i Sports Tracker a Endomondo. Naopak za vysoce nestabilní aplikaci lze považovat Nike+. Nejlepších výsledků nedosahují ani Runkeeper, Runtastic a adidas train & run. U adidasu je to způsobeno zejména počáteční neznalostí funkcionality aplikace.



Obr. 10: Graf procentuální úspěšnosti prvních pokusů měření.

V následujících kapitolách se již dostáváme k samotnému analyzování výsledků. Nejprve budou postupně zkoumána data z aplikací, turistických GPS a hodinek. Bude popsáno chování jednotlivých pomůcek a tomu odpovídající přesnost měření. Dále budou jednotlivé kategorie (mobilní telefony, tablety, turistické GPS, hodinky), aktivity a trasy (Hejčinské louky, Bezručovy sady) mezi sebou porovnávány se závěrečným shrnutím.

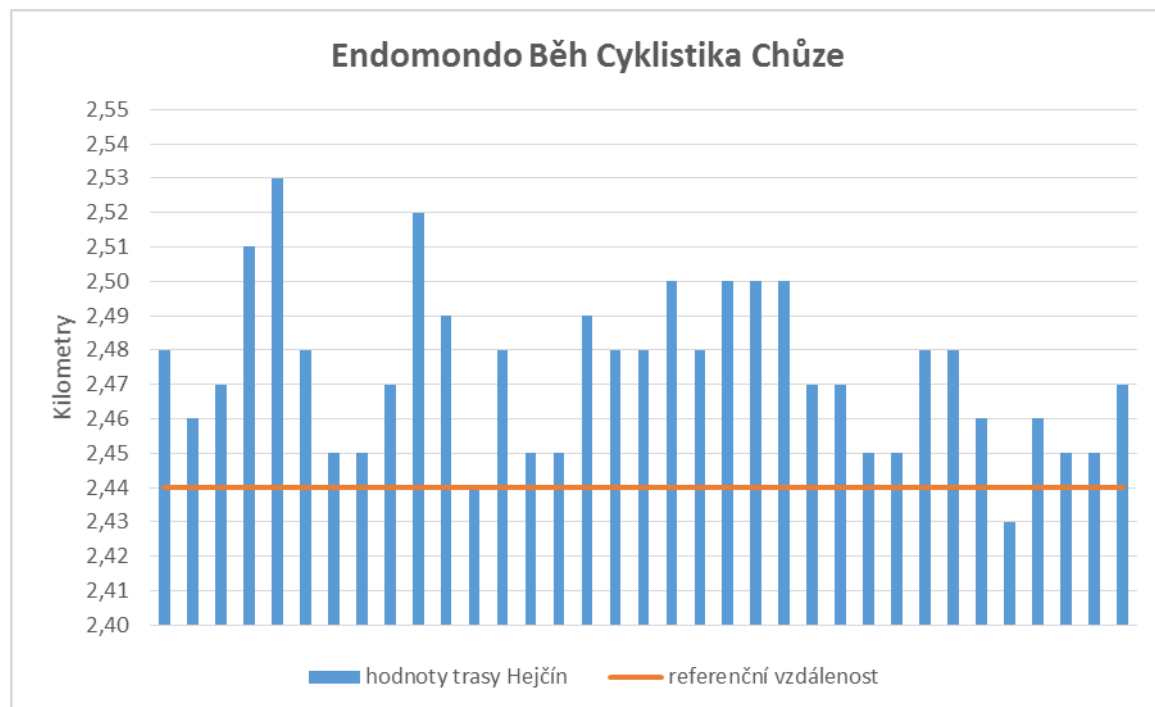
4.1 Charakteristika přesností pomůcek

Každá aplikace a zařízení měla své typické chování a chyby. Pro každou pomůcku budou vytvořeny dva histogramy, které nejlépe vystihují odchylky od správné referenční vzdálenosti. Jeden bude zaměřen na data získaná na trase Hejčinské louky a druhý pro Bezručovy sady. Výsledky z podzimního a jarního měření budou sloučeny do grafu pro odpovídající trasu. Dále budou popsány problémy, ke kterým při práci s pomůckami docházelo.

4.1.1 Endomondo Běh Cyklistika Chůze

Aplikace Endomondo je mezi aktivními sportovci jedna z nejrozšířenějších, ne-li nejrozšířenější. Při praktickém měření se vyznačovala vysokou stabilitou a celkově slušnou úspěšností měření. Nevýhodou byla horší přehlednost uživatelského prostředí, na které si bylo potřeba zvyknout. Po několika provedených měřeních již ale s orientací v menu nebyl problém. Komplikovanější bylo ukládání záznamů, kdy se v několika případech stalo, že vykonané aktivity zůstaly bez pojmenování. Celkově se ale dá říci, že pokud se aplikace správně spustila, většinou došlo k naměření trasy.

Hejčinské louky



Obr. 11: Graf délkových přesností aplikace Endomondo na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 35). Nezahrnuta hrubá chyba 1,31 km.

Z grafu (Obr. 11) je patrné, že aplikaci Endomondo bylo zjištěno málo přesných dat. Hodnoty se až na jeden případ pohybují nad referenční vzdáleností. To znamená, že aplikace uživatelům „přeje“ a připočítává jim ke skutečně dosažené délce pár metrů navíc. Rozdíl mezi největší délkou a nejmenší (nezahrnuje se evidentní hrubá chyba 1,31 km) je 100 metrů. Přesného výsledku dosahuje ve dvou případech. U zařízení LG Optimus L9 nebyla ani na tři pokusy naměřena jízda na kole. Ostatní záznamy se povedlo úspěšně splnit na první pokusy.

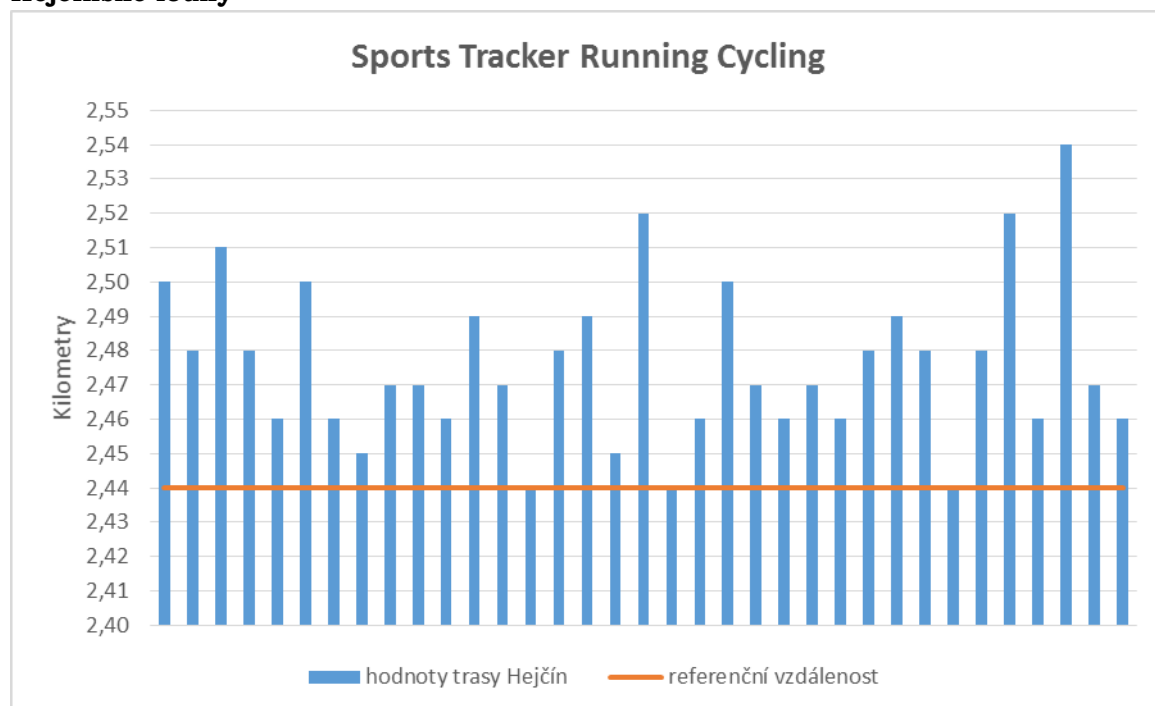
Bezručovy sady

Hodnoty pocházející z měření v Bezručových sadech pokračují v podobném trendu, jako v Hejčínských loukách (Příloha 2, Obr. 3). Poměrně málo hodnot leží kolem referenční hodnoty 1,72 km. Pouhých šest jich má odchylku plus nebo minus 20 metrů. Dalších šest náleží do intervalu do 40 metrů. Většina zbylých vzdáleností je značně vychýlených s maximální délkou činící 2,06 kilometru.

4.1.2 Sports Tracker Running Cycling

Druhá nejspolehlivější aplikace v testovaném výběru co se týče úspěšnosti prvních měření. Uživatelské prostředí je velice intuitivní, přehledné a okleštěné od grafických prvků (v aktualizaci z přelomu března a dubna 2016 byla úvodní stránka předělána do esteticky přívětivější podoby). Zapnutí aktivity zvládne uživatel již při prvotním spuštění, není potřeba si na aplikaci dlouze zvykat. Chybí též obtížné reklamní bannery, které by používání znepříjemňovaly. Při měření se nevyskytovaly významnější problémy, aplikace fungovala bez potíží i v situacích, kdy jiné měly problémy. Ukládání záznamů GPS tras bylo taktéž velice uspokojujivé.

Hejčínské louky



Obr. 12: Graf délkových přesností aplikace Sports Tracker na trase Hejčínské louky, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 36). Nezahrnuta hrubá chyba 2,31 km.

Obdobně, jako u předchozí aplikace Endomondo, Sports Tracker uživatelům přilepšuje. Kromě jedné hrubé chyby (2,31 km), se žádná další měření pod referenční vzdálenost nedostala. Tři hodnoty jsou správné, zbylé se pohybují v intervalu od 2,45 do 2,54. Graf ukazuje, že výsledky jsou celkově méně vyrovnané s výkyvy, které nezřídka kdy přesahují hranici 2,50 km.

Bezručovy sady

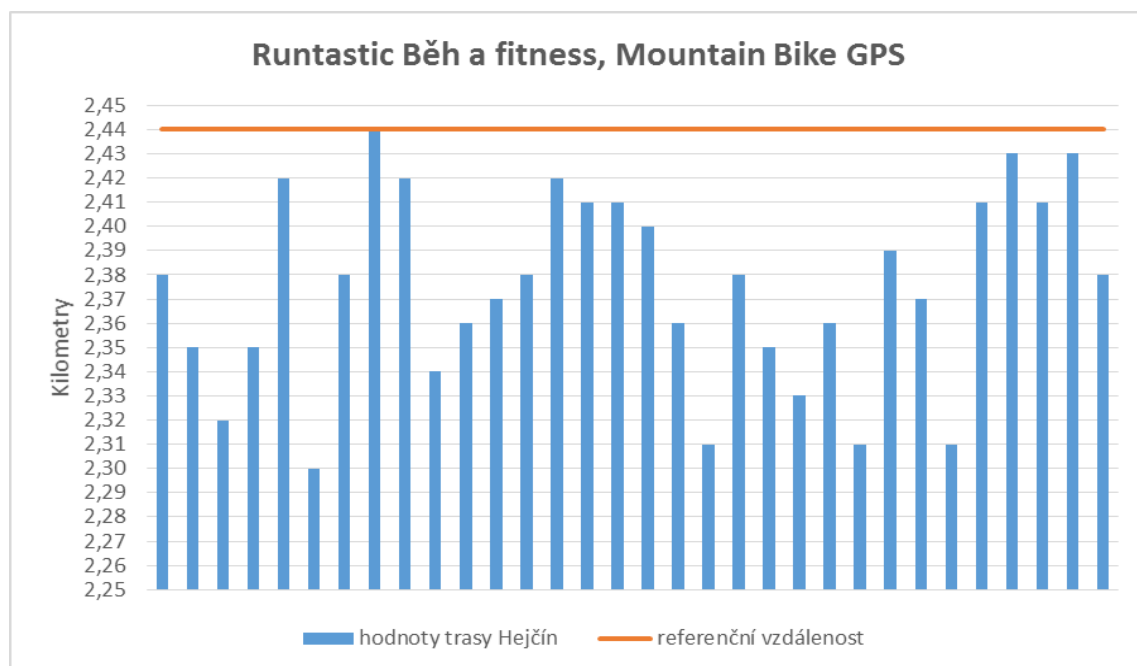
Aplikaci Sports Tracker horší observační podmínky viditelně svědčí více, než je tomu u předešlého Endomonda. Výsledky jsou více konzistentní s menším množstvím výkyvů, mezi něž lze zařadit čtyři hodnoty (maximální 2,06 km). Přesné referenční délky nedosahuje ani jeden záznam. Na 40 metrů se jí ale přiblížilo hned 15 vzdáleností z 35. Vše je patrné z grafu (Příloha 2, Obr. 5).

4.1.3 Runtastic Běh a fitness, Mountain Bike GPS

Runtastic je jedna z komerčně nejpropagovanějších sports tracker aplikací. Pro testování musel být použit Runtastic v klasické verzi a druhý ve verzi pro cyklistiku, jelikož ve starších verzích softwaru byla jízda na kole od hlavních aktivit oddělena. V nejnovějších formách aplikace jsou již tyto činnosti sloučeny.

Uživatelské prostředí je koncipováno v podobném stylu, jako u aplikace Runkeeper. Velkou nevýhodou jsou vyskakující reklamy, které zabírají celou obrazovku zařízení. Intenzita výskytu přitom není vůbec zanedbatelná, což uživateli znesnadňuje práci s aplikací. Často se stávalo, že reklam se objevilo několik najednou a trvalo, než se je podařilo vypnout. Pokud byl přístroj připojen k internetu, mohla se místo obyčejných obrázků vyskytnout i videa, která možnost běžné práce ještě více oddalovala. Další nepříjemnou skutečností je funkce, která po navolení aktivity a jejím spuštění prodlouží dobu, kdy začne záznam trasy. Pokud bylo spuštěno více aplikací, nezřídka kdy se stávalo, že se po uplynutí lhůty měření nespustilo a muselo být tak opakováno při další sérii měření.

Hejčinské louky



Obr. 13: Graf délkových přesností aplikací Runtastic a Runtastic Bike, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 33). Nezahrnuta hrubá chyba 2,18.

Graf (Obr. 13) ukazuje doposud nejméně přesné výsledky. Na rozdíl od předchozích dvou aplikací, Runtastic celkem výrazně ubírá. Správné hodnoty dosáhlo jediné měření, další dvě se přiblížila na rozdíl deseti metrů a tři na rozdíl 20 metrů. Zbylé záznamy jsou velice rozkolísané. Nutno dodat, že vysoce nepřesné výsledky vykazovala zejména odnož aplikace, Runtastic Bike. Z dvanácti měření byly přesné nebo relativně přesné dvě hodnoty (2,44 a 2,42 km). Zbytek se pohyboval v rozmezí 2,31 a 2,39 km. Co se týče hlavní výchozí verze, data byla o něco přesnější. Důvodem, proč má tato aplikace tak podhodnocené výsledky je, že v zákrutech tras je záznam ostře osekáný, tedy nevykresluje zatáčky. Graf dále odhaluje množství hrubých chyb.

Bezručovy sady

To, jaké hodnoty produkuje Runtastic, již napověděl graf výše (Obr. 13). Druhý graf (Příloha 2, Obr. 8) vytvořený z naměřených hodnot druhé trasy, tento fakt potvrzuje. Aplikace se opět vymyká podobnosti s ostatními a zaznamenává hodnoty, které jsou nižší, než je správná referenční délka. Z pohledu na graf to vypadá, jako by byl oproti zbylým aplikacím překlopený. Pět délek referenci překonává a to maximálně o 30 metrů, jedna je kratší o deset a dalších pět o 40 metrů. Kladem je, že byla všechna měření úspěšně provedena, díky čemuž se aplikace může pyšnit největším množstvím záznamů (36).

4.1.4 Runkeeper - GPS Track Run Walk

Ve srovnání úspěšností prvních měření aplikací se Runkeeper nachází na spodnějších příčkách, přesněji na sedmém místě z deseti. Plusem ale je, že se nakonec všechna měření povedla úspěšně realizovat. Uživatelské prostředí verze instalované v říjnu roku 2015 je poněkud méně přehledné, uživatel si na něj musí nějaký čas zvykat. To se týká zejména historie aktivit. Hardwarově slabší zařízení měly s touto aplikací potíže (na tabletu Asus Transformer nešla vůbec spustit, pokaždé se objevilo chybové hlášení).

Hejčínské louky

Graf (Příloha 1, Obr. 1) naměřených výsledků z podzimu a jara na trase Hejčínské louky prozrazuje celkem slušnou přesnost GPS záznamů, z nichž se velké množství orientuje kolem referenční vzdálenosti. Pouhé tři hodnoty se tomuto faktu vymykají. Tři měření dosáhla přesné délky 2,44 kilometrů, dalších devět vyšlo v rozmezí plus minus deset metrů (z celkových 30 záznamů).

Bezručovy sady

Hodnoty pocházející z Bezručových sadů (Příloha 2, Obr. 1) se dají rozdělit do třech skupin. První z nich tvoří relativně přesné délky – dvě souhlasí s přesnou vzdáleností 1,72, dalších devět se jich liší maximálně o slušných 20 metrů. Druhou skupinou jsou středně nepřesné hodnoty do hodnoty 1,89 km, jejichž počet činí 16 záznamů. Zbylé tři záznamy jsou již dosti nepřesné (1,91 – 2,07 km). Poměr přesných dat je tedy celkem uspokojivý.

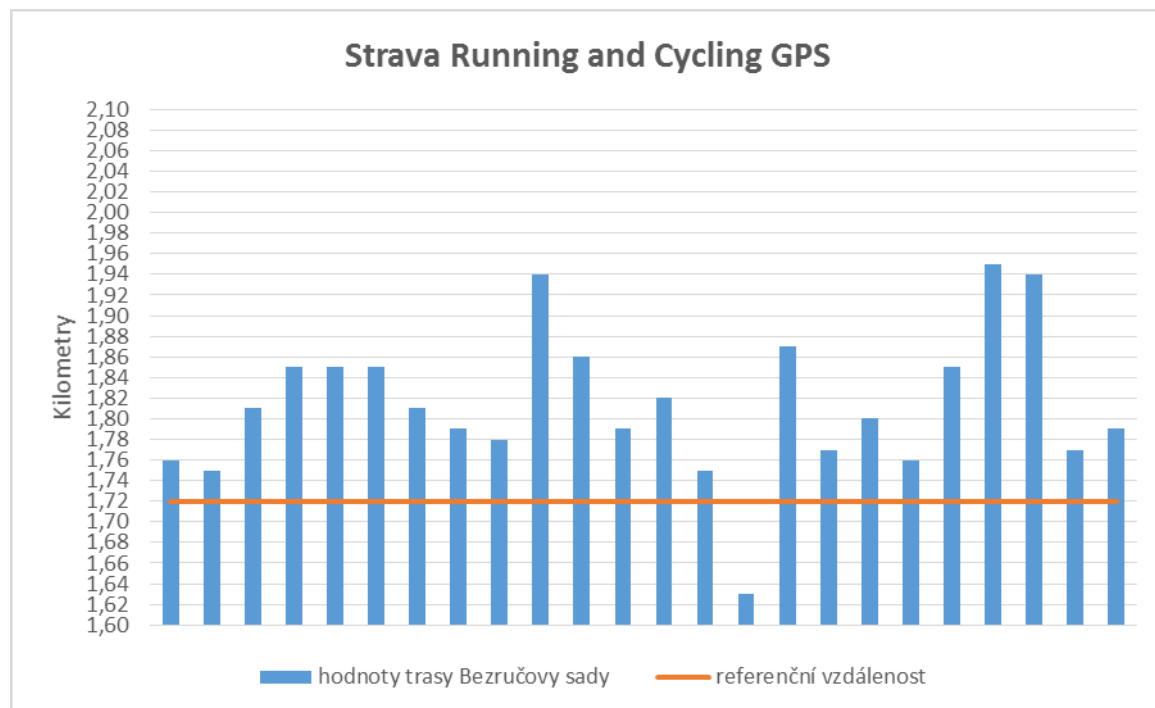
4.1.5 Strava Running and Cycling GPS

Strava je primárně zaměřena pro vyznavače běžecké disciplíny, obsahuje ale i možnost jízdy na kole. Kvůli této skutečnosti bylo s aplikací dosaženo menšího množství hodnot, než s předešlými. Úspěšnost zaznamenávání aktivit dosahovala velmi slušných čísel. Při měření nedocházelo k větším potížím. Menším mínusem aplikace je, že se získané vzdálenosti zobrazují s přesností pouze na jedno desetinné číslo. To samé platí o webovém rozhraní. Pokud tedy uživatel vyžaduje podrobnější statistiky, musí si trasu stáhnout ve formátu GPX a ten si poté nahrát to libovolného navigačního softwaru (pro tento účel je ideální například Locus Map Free, který je součástí testovaných aplikací) či použít GIS nástroj.

Hejčínské louky

Vytvoříme-li z naměřených dat graf (Příloha 1, Obr. 2), zjistíme, že aplikace pokračuje v nastoleném trendu a hodnoty buďto dosahují referenční délky (ve dvou případech) nebo ji překonávají (tento trend samozřejmě porušil Runtastic). Pět vzdáleností je odlišných pouze o plus deset metrů a další dvě o 20 metrů. Zbylé záznamy jsou rozkolísané s dosud nejvyšší horní odchylkou (2,58 kilometru).

Bezručovy sady



Obr. 14: Graf délkových přesností aplikace Strava Running and Cycling GPS, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 24).

Kromě tří velmi nepřesných hodnot (dvakrát 1,94 a 1,95 km) se ostatní záznamy pohybují ve středních kategoriích přesnosti (Obr. 14). Kolem referenční vzdálenosti se pohybuje malé množství naměřených délek – nejpřesnější dosahuje 1,75 kilometru. Fakt, že se data z této aplikace přiblížila ideální vzdálenosti nejbližší na 30 metrů, je celkem zarážející. V intervalu do 40 metrů od reference se nacházejí pouze čtyři hodnoty. Nejnižší délka měření činí 1,63 kilometru.

4.1.6 Nike+ Running

Nike+ určený pro záznam běžeckých aktivit v testu zcela propadl. Problémů se vyskytla celá řada. Aplikace byla vysoce nestabilní – záznam aktivit se často nespustil (je zde podobně, jako u Runtasticu zabudována funkce odložení startu po spuštění měření, což opět způsobuje problémy zejména u méně výkonných zařízení). Velmi nešťastně řešené je i ukládání naměřených aktivit. Po doběhnutí je potřeba několik vteřin podržet tlačítko pro ukončení záznamu. Pokud uživatel doběhne vyčerpaný do cíle své cesty, musí se velmi soustředit na ukládání. Hned vedle tlačítka pro ukončení se totiž nachází i symbol pro zahození aktivity. Stačí se překliknout a dojde k nenávratnému smazání dat. Dojem z Nike+ nevylepší ani webové rozhraní, které je nepřehledné a nenabízí (jako jediné z testovaného výběru) stažení dat ve formátu GPX. Tento problém bylo možno vyřešit pomocí externího nástroje na internetové stránce [HTTPS://NIKEPLUSEXPORTER.RHYSMCCAIG.COM](https://NIKEPLUSEXPORTER.RHYSMCCAIG.COM). Podpora byla ale již ukončena.

Hejčinské louky

Co aplikace ztratila softwarovým řešením svého uživatelského prostředí a funkcionalitou, to relativně dohání v přesnosti měření (Příloha 1, Obr. 3), která není vůbec špatná. Z deseti hodnot (na tabletu Asus Transformer nelze spustit) jich dvě dosáhly úplné přesnosti (2,44 km) a další čtyři přesáhly referenční délku maximálně o 20 metrů. Kromě hrubé chyby 1,28 km byla odchylka maximálně 60 metrů (2,50 km), což se dosud žádné aplikaci nepovedlo.

Bezručovy sady

Z pouhých osmi hodnot se skládá graf záznamů (Příloha 2, Obr. 2), které byly provedeny v Bezručových sadách. Přesnost těchto hodnot je celkem ucházející, pouze jednu z nich lze zařadit mezi nepřesné a to vzdálenost 1,84 kilometru, což je více jak 100 metrový rozdíl od referenční délky. Otázkou je, kolik přesných a nepřesných dat by bylo z většího počtu záznamů. Kromě jedné odchylky se ostatní hodnoty nacházejí v intervalu od 1,67 do 1,76 km.

4.1.7 adidas train & run

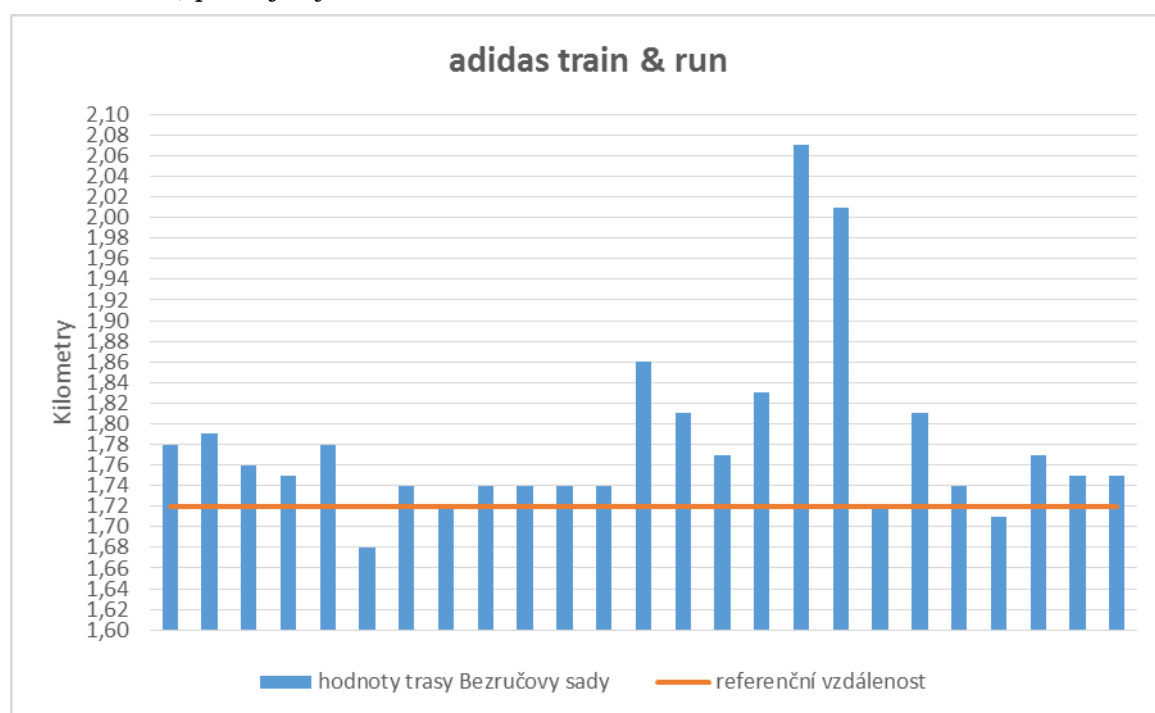
Tato uživatelsky velmi přívětivá aplikace s povedeným a přehledným designem se v žebříčku úspěšnosti prvních měření umístila na předposledním místě. Přes veškeré výhody, které nabízí (funkce, které jiné aplikace nabízejí pouze v placené verzi, tato umožňuje zdarma), obsahuje několik nešikovných řešení a softwarových nedostatků. Vysoký počet opakovaných sérií měření či dokonce vůbec nenaměřené hodnoty, způsobila zejména volba zapnutí/vypnutí GPS senzoru na startovací stránce aktivit, které je zde řešeno posuvným bodem. Bohužel uživatel z pozice bodu nepozná, zda GPS zapnul nebo vypnul. Tato skutečnost byla zjištěna až v průběhu podzimního měření poté, co již bylo množství záznamů neúspěšně provedeno. Trasy byly fyzicky naměřeny, chyběla jim ale souřadnicová složka. Pro uživatele, který aplikaci začne používat a neví, proč nedochází k GPS zaznamenávání aktivit, se jedná o frustrující situaci, která ho může dovést až k odstranění aplikace z paměti přístroje. Výjimečně se také stávalo, že se na začátku trasy aplikace úspěšně spustila a na konci trasy bylo zjištěno, že v průběhu vykonávání aktivity došlo k samovolnému vynulování. Tomu se dalo předejít tím, že se zamezilo vypnutí obrazovky zařízení.

Hejčínské louky

Aplikace adidas při testování dosáhla dvou přesných výsledků a dalších pěti, které byly odchýlené o plus deset metrů. Zbylé hodnoty oscilují kolem hranice 2,47 km. Celkem čtyři záznamy přesáhly kulatou cifru 2,50 km. Do grafu (Příloha 1, Obr. 4) nebyly započítány dvě hrubé chyby 1,74 a 2,01 km z celkového počtu 35 hodnot.

Bezručovy sady

Paradoxem této aplikace je, že zatímco záznamy, které byly získány na trase bez zástavby a s minimem vegetace, byly dosti nevyrovnané, v Bezručových sadech, odkud se předpokládají horší výsledky, adidas naměřil vyrovnanější výsledky, které si co do porovnání s ostatními pomůckami nevedou vůbec špatně. Přesné délky dosáhla dvě měření, sedm se jich lišilo do 20 a dalších pět do 40 metrů. Pouhých šest vzdáleností se přehouplo přes hranici 1,80 km, z nichž dvě jsou evidentní hrubé chyby (2,01 a 2,07 km). Zejména při podzimním měření se ale vyskytovaly zmíněné problémy se spuštěním GPS senzoru, proto je výsledků o něco méně.



Obr. 15: Graf délkových přesností aplikace adidas train & run, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 30).

4.1.8 SportyPal

SportyPal je jedna z prvních aplikací svého druhu, která byla vytvořena. Design již dva roky nebyl aktualizovaný a působí poněkud zastaralým dojmem. Estetika naštěstí nesouvisí s funkčností a spolehlivostí. Podle grafu úspěšnosti prvních měření (Obr. 10) se aplikace umístila až na šestém místě z deseti. Faktická kvalita zaznamenávání byla ale lepší. Pozice v dolní polovině pořadí byla způsobena opět softwarovým řešením výběru aktivit, které způsobovalo jejich chybné nastavení. Ostatní aplikace mají menu volby činnosti zvolené formou seznamu. SportyPal ale šlo jinou cestou, které sice vypadá graficky zajímavě, vede ale k přehmatům. Zvolení činnosti probíhá posouváním lišty se symboly jednotlivých aktivit. Pokud se uživatel nesoustředí a nemá potřebnou citlivost v prstech, lehce se může stát, že si místo chůze zvolí běh a podobně. Jinak

aplikace fungovala vcelku spolehlivě. Nevýhodou je ukládání záznamů, ke kterým nelze připojit název. Po nahrání dat (není automatické, každá aktivita se musí uploadovat ručně kliknutím na příslušnou ikonku) na webové rozhraní je tedy značně ztížená orientace mezi jednotlivými měřeními. Pokud data pocházejí z více zařízení, vzniká nepřehledná situace, kterou lze vyřešit jediným způsobem a to tak, že si zařízení, kterým byl daný GPS záznam vytvořen, vezmeme do ruky a pokusíme se jej identifikovat pomocí délky trvání sportovní disciplíny.

Tabletem Asus Transformer nebylo na podzim testování provedeno, jelikož se po zapnutí aplikace nezobrazovalo menu, pouze úvodní grafika uživatelského prostředí. Po ukončení první fáze měření byl tento problém náhodně vyřešen. Stačilo vypnout možnost otáčení obrazovky zařízení a aplikace začala bez problémů fungovat. SportyPal tedy byl na tomto tabletu použit pouze na jaře.

Hejčínské louky

SportyPal dosáhl při měření relativně přesných výsledků, což je patrné z přiloženého grafu (Příloha 1, Obr. 5). Hodnoty jsou rozmístěné kolem referenční délky v intervalu do 30 metrů, kromě pouhých pěti záznamů, které jsou nepřesné o více jak 30 metrů (ve třech případech 2,48, dále jedenkrát 2,49 a maximální odchylka 2,51 km). Z počtu 32 měření nedošlo k ani jedné hrubé chybě.

Bezručovy sady

Druhá aplikace v řadě, která si s náročnou trasou v sadech poradila velmi slušně. V tomto případě hranici 1,80 km překonaly pouze čtyři záznamy (1,81; 1,85; 1,86 a maximální 1,92 km). Velké množství zbylých naměřených vzdáleností osciluje kolem referenční délky. Ani jeden výsledek není úplně přesný, zato čtyři jsou odchýlené o pouhých deset a dalších hned deset hodnot se liší o 20 metrů. V intervalu do 40 metrů se dále vyskytuje dalších deset záznamů. Pokud si tyto sumy sečteme, vyjde nám, že 24 vzdáleností z 33 lze považovat za relativně přesné, což je patrné z grafu, který je umístěn v příloze této práce (Příloha 2, Obr. 7).

4.1.9 Moje trasy (My Tracks)

Nyní se dostáváme k posledním dvěma aplikacím, které již nejsou klasickými sportovními trackery. My Tracks zastihlo testování v posledních chvílích jeho existence, jelikož k poslednímu dni dubna 2016 bude ukončena jeho podpora ze strany korporace Google.

Moje trasy se zapínaly velice snadno a to jediným možným tlačítkem pro začátek záznamu. I tak aplikace dokázala několik měření neúspěšně vykonat, což platilo opět zejména pro méně výkonná zařízení. Po zvolení startu bylo potřeba ponechat aplikaci několik sekund, aby se iniciovala a naběhla do měřícího režimu. Pokud se minimalizovala před převedením do zmíněného režimu, nedošlo k záznamu trasy, ale pouze k uložení GPS pozice výchozího a konečného bodu, což způsobilo spojnici těchto dvou bodů a ne potřebné naměření cesty, kudy byla aktivita fyzicky vykonávána.

Jak již bylo zmíněno v popisu aplikace v kapitole 2.4.3, nelze u My Tracks navolit aktivita. Jedná se tedy o princip obyčejného záznamu, na podobné bázi, jako dvě turistické GPS Garmin GPSmap 60CSx. Data ve formátu GPX lze stáhnout přímo ze zařízení a to funkcí export na externí úložiště a poté jej pomocí Bluetooth nebo USB kabelu převést do počítače.

Hejčínské louky

Z grafu (Příloha 1, Obr. 6) je evidentní, že se aplikace dopouští velmi nevyrovnaných výsledků. Dosáhla sice jedné úplně přesné (2,44 km) a šesti téměř přesných (2,45) hodnot, na druhou stranu se ale také dva záznamy zastavily na hranici 2,50 km a další čtyři tuto metu dokonce vysoce překonaly. Nejméně přesným záznam byl 2,55 kilometru. Z důvodu nefunkčnosti aplikace na tabletech (Asus Transformer i Lenovo Tab S-8) bylo získáno pouze 23 hodnot. Z hodnocení byla vyjmuta jedna hrubá chyba 2,00 kilometru.

Bezručovy sady

Značný počet vychýlených hodnot charakterizuje výsledek měření aplikací My Tracks na této trase (Příloha 2, Obr. 4). Hranice 1,80 kilometrů, kterou v Bezručových sadech předešlé dvě aplikace (adidas a SportyPal) překročily jen s malým množstvím záznamů, je touto aplikací překonána zjevně ve větším počtu deseti hodnot z celkových 23 (maximální dosahuje 1,95 km). Na druhou stranu, devět vzdáleností se referenci odkloňuje do 40 metrů (jedna přesná délka 1,72), což jen podtrhuje nevyrovnanost výsledků.

4.1.10 Locus Map Free - Outdoor GPS

Poslední aplikace testovaného výběru. Ačkoliv se nejedná o klasickou sportovní aplikaci, jakou je například Endomondo nebo Sports Tracker, a do výběru byla vybrána spíše pro doplnění, dosáhl Locus největší spolehlivosti prvních měření ze všech aplikací. Na první pokus byla naměřena všechna měření, nedošlo k jediné chybě. Na výběr jsou dvě činnosti a to jízda na kole a chůze. Přesun naměřených dat probíhal, podobně jako u My Tracks, exportem GPX souboru do vnitřní paměti přístroje a následné odeslání do počítače pomocí nejběžnějších rozhraní – bluetooth a USB.

Hejčínské louky

Z množství 24 měření (Příloha 1, Obr. 7) jich hned osm dosáhlo přesné hodnoty 2,44 km, tedy třetina hodnot. K tomu dalších sedm bylo odchýlených o pouhých deset metrů. Aplikace tedy zaznamenala velmi slušné množství přesných výsledků. Nejvíce chybná vzdálenost byla 2,51 km.

Bezručovy sady

Na předešlé trase byla aplikace jedna z nejpřesnějších z testovaného výběru. Slušných statistik dosahuje však i na té druhé (Příloha 2, Obr. 6). Přesná hodnota byla naměřena sice jen jedna, plno dalších ale následuje v mezích, které lze považovat za relativně přesné. Pět záznamů se liší o deset metrů, pět o 20 a dalších pět do 40 metrů od referenčního prahu. Tři hodnoty se přehoupaly přes hranici 1,80 km s maximální délkou 1,92 kilometru. Jedna vzdálenost se zastavila na cifře 1,60 km.

4.1.11 Garmin GPSmap 60CSx

Nyní se dostáváme ke zbytku pomůcek, které již nejsou mobilními aplikacemi, ale samotná GPS zařízení, kterými je prováděno měření. Prvníma dvěma jsou turistické GPS Garmin GPSmap 60CSx. Oba přístroje jsou zahrnuty do jednoho hodnocení, obdobně jako u jedné aplikace byly použity hodnoty z více mobilních zařízení a tabletů.

GPSmap je klasická turistická GPS, která nenabízí možnosti výběru aktivit. Jedná se pouze o záznamové medium. Obě zařízení byla nastavena stejně, aby nedosahovala různých výsledků kvůli nesterilně definovaným parametrům. Záznam trasy se v menu zvolil ikonkou Prošlé trasy. Zde se počátek měření navolil možností Zap. (Zapnout). Bylo

důležité, aby byla z historie smazána stará data, jinak po startu zaznamenávání došlo k napojení na konec poslední trasy a tím pádem ke zkreslení výsledku. Po dosažení cíle bylo potřeba měření opět ukončit stiskem Vyp (Vypnout), uložit a promazat historii, aby nedošlo k výše popsanému (uložená trasy samozřejmě v paměti přístroje zůstanou).

Při testování bylo neúspěšně zaznamenáno jedno měření, které muselo být později zopakováno, jinak přístroje fungovaly standardním způsobem.

Hejčínské louky

GPSmap 60CSx jsou primárně určené pro záznam GPS signálu a nejsou zatěžovány dalším softwarem, jako je tomu u mobilních telefonů, proto mají potenciál dosáhnout velmi přesných výsledků. Toto předurčení dozejisté splnily (Příloha 1, Obr. 8). Z dvanácti hodnot jsou čtyři přesné (2,44 km) a ostatní ukazují chybu maximálně deset metrů. Pět z nich přesahuje referenční délku (2,45 km) a třem naopak deset metrů do přesné vzdálenosti chybí (2,43 km).

Bezručovy sady

Hejčínské louky těmto přístrojům vyhovovaly o něco více, jelikož na první trase byla největší odchylka deset metrů, na druhé, komplikovanější trase co se týče observačních podmínek, je to až 30 metrů, i tak je ale zařízení stále velice přesné (Příloha 2, Obr. 9). Čtyři záznamy ze dvanácti souhlasí s referenční vzdáleností a pět z nich se odchyluje o deset metrů. Zbylé tři hodnoty jsou dvakrát délka 1,70 a již zmíněná nejvíce nepřesná 1,69 kilometru.

4.1.12 Garmin Fenix 2

Každého dozajista napadne otázka, které ze dvou testovaných hodinek jsou ty přesnější. Následující rozbor dvou závěrečných pomůcek – hodinek, nám ji odpoví. Oboje hodinky pocházejí od výrobce Garmin.

První z hodinek – Garmin Fenix 2 – obsahují možnost zvolení si libovolné aktivity z devíti nabízených. Před každým spuštěním záznamu je třeba vyčkat načtení dostatečného počtu družic GPS, což ve výjimečných případech zabralo delší časový interval. Data z hodinek se získávala ve formátu FIT. Na internetových stránkách [HTTP://WWW.GPSIES.COM/CONVERT.DO;?LANGUAGE=EN](http://www.gpsies.com/convert.do?language=en) byly následně převedeny do formátu GPX, který mohl být dále analyzován. S hodinkami se při měření nevyskytl žádný problém.

Hejčínské louky

Jelikož z trasy Hejčínské louky pochází pouhých šest záznamů vyprodukovaných zařízením Fenix 2, tak nebylo zapotřebí vytvářet graf délkových přesností. Hodnoty jsou následující – 2,43; 2,44; 2,45; 2,45; 2,45 a jediná odchýlená vzdálenost 2,51 kilometru.

Bezručovy sady

Obdobně, jako u první trasy, zde není potřeba vytvářet graf. Hodinky naměřily tyto hodnoty: 1,69; 1,70; 1,73; 1,74; 1,80; 1,86. Překvapivě ani jedna se netrefila do přesné délky, zatímco dvě se celkem výrazně odchylují o 80 a 140 metrů.

4.1.13 Garmin Forerunner 110 Black

Druhé hodinky, Garmin Forerunner 110, mají jednodušší výbavu. Vystačí pouze se zaznamenáváním GPS trasy do paměti přístroje. Nenabízejí volbu sportovní činnosti. Data jsou podobně, jako u prvních hodinek, dostupná ve formátu FIT. Pro konverzi do GPX byl použit stejný webový nástroj, který je dostupný pod odkazem umístěným výše. I u tohoto zařízení nedošlo při testování k žádným problémům.

Hejčínské louky

Na trase bylo naměřeno opět pouze šest hodnot – 2,41; 2,43; 2,43; 2,43; 2,44 a 2,45 km. Z výsledků je patrné, že u hodinek Forerunner 110 je trend vzdáleností záznamů o něco nižší, než u Garmin Fenix 2.

Bezručovy sady

Kolem referenční délky 1,72 km byly zařízením získány následující výstupy: 1,69; 1,70; 1,71; 1,72; 1,73 a 1,74 kilometru.

4.2 Srovnání výsledků tras

Aplikace na obou trasách dosáhly rozdílných přesností. Jak se dalo předpokládat, větší výkyvy nastaly v Bezručových sadech, kde signál ovlivňovaly mimo jiné vegetace a zástavba. Do jaké míry byly trasy přesné či nepřesné odhalí následující dvě dílčí kapitoly, které budou obohaceny o krabicové grafy. Výstupem z obou oddílů bude umístění pomůcek podle přesnosti. Toto umístění bude zakomponováno do závěrečného vyhodnocení v kapitole 6 *Výsledky*.

Tab. 7: Tabulka ukazuje počet hodnot různých kategorií přesnosti a na jaké trase byly záznamy naměřeny. Sloupec Odchylka definuje interval, v kterém se hodnoty nacházejí – číslo značí odchylku od referenční vzdálenosti. Referenční délky jsou 1,72 a 2,44 (řádek *Správné*).

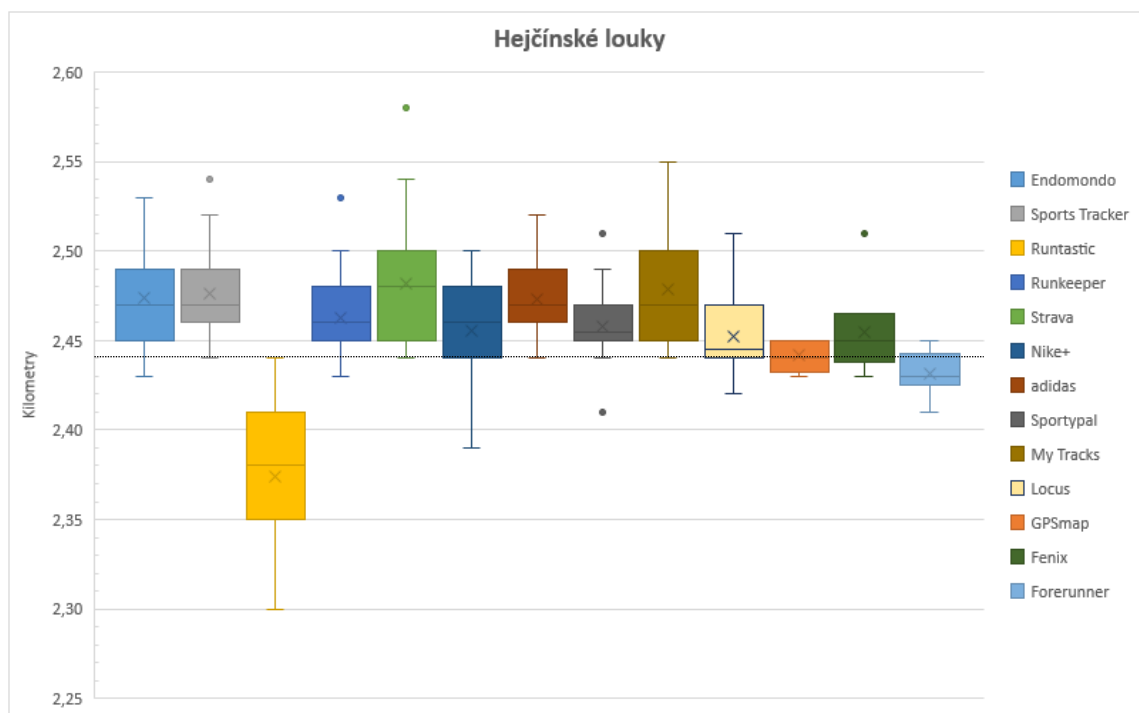
Popis	Odchylka [m]	Počet hodnot	Z toho Hejčín	Z toho sady
Správné	0	45	34	11
Přesné	+ - 20	196	115	81
Relativně přesné	+ - 40	127	69	58
Relativně nepřesné	+ - 60	74	40	34
Nepřesné	+ - 80	51	21	30
Velice nepřesné	+ - 130	68	17	51
Hrubá chyba	> 131	49	10	39
Nenaměřeno	N	17	7	10

Statistiky délkových přesností z obou tras (Tab. 7) ukazují, že nejvíce hodnot spadá do intervalu 1,70 – 1,71 a 1,73 – 1,74 km pro data získaná v Bezručových sadech a 2,42 – 2,43 a 2,45 – 2,46 km v Hejčínských loukách. Tímto principem jsou vytvořeny všechny intervaly v tabulce. Druhou nejpočetnější kategorií jsou vzdálenosti s chybou plus minus 40 metrů. Dalším aspektem, kterého si je dobré povšimnout, je rozdíl mezi oběma trasami. Zatímco na Hejčíně od kategorie *Přesné* počty hodnot v jednotlivých intervalech kontinuálně klesají, v sadech se tento jev projevuje pouze do skupiny *Velice nepřesné*, která je zde významná. Také rozdíl v hrubých chybách je značný. V posledním řádku je uvedeno, kolik aktivit nebylo provedeno – v drtivé většině kvůli softwarovým problémům použitých aplikací.

4.2.1 Hejčínské louky

Hejčínské louky tedy podle tabulky (Tab. 7) dopadly podle očekávání lépe, než druhá trasa. Jak na tom jsou ale samotné pomůcky? Tedy aplikace, turistické GPS a hodinky. Další graf nám tuto otázku zodpoví (Obr. 16).

Krabicový graf ukazuje větší množství údajů najednou. Krabice, která je hlavní částí grafu, značí rozdělení hodnot do kvartilů. Výčnělky nad a pod krabicí symbolizují maximální a minimální čísla. Tečky (body) nad výčnělky jsou odlehlá data (chyby). Křížek v těle obdélníku odpovídá aritmetickému průměru, kolem kterého osciluje střední čára neboli medián.



Obr. 16: Srovnání zejména průměrů hodnot (křížek) jednotlivých aplikací. Linie v grafu značí referenční hodnotu, ke které by se měly průměry co nejvíce přibližovat.

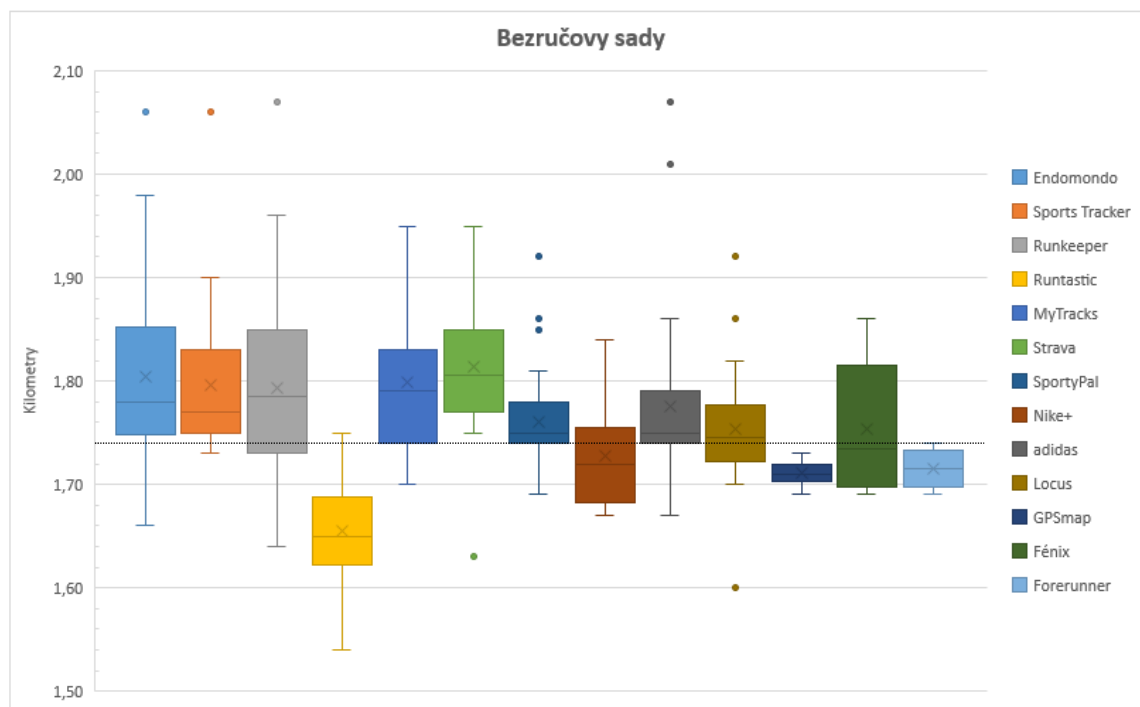
Již z charakteristiky přesností pomůcek bylo patrné, že nejhorších výsledků, co se týče naměřených vzdáleností, dosahuje Runtastic, což graf (Obr. 16) potvrzuje. Tato aplikace je na tom opravdu špatně. Nepochybně lépe si vedou hodinky a turistické GPS zařízení následované aplikací Locus, Nike+ a SportyPal. Nike+ ale naměřil pouhých osm hodnot, tudíž existuje pochybnost, zda by se při podobném počtu záznamů, jako ostatní aplikace, výsledek nezhoršil. U hodinek a GPSmap to je málo pravděpodobné. Pro srovnání je nejdůležitější křížek v těle krabice, který znázorňuje průměr.

V grafu není zahrnuto osm hrubých chyb, které způsobil mobilní telefon LG F60 při jediné aktivitě a to běhu, který proběhl při dvou sériích záznamů 18. 12. 2015. Všechny sledované podmínky byly v pořádku, tudíž se jednalo o závadu přístroje, která by výsledek zbytečně zkreslovala.

Do závěrečné analýzy budou pomůcky vstupovat s následovným pořadím podle přesnosti od nejlepší po nejhorší (průměr je zaokrouhlený na tři desetinná místa, jelikož dvě by nebyla vypovídající, proto k výpočtu bude použita přesnější referenční délka 2,444 km):

1. GPSmap, 2. Locus, 3. hodinky Fénix, 4. hodinky Forerunner a Nike+, 6. SportyPal, 7. Runkeeper, 8. adidas, 9. Endomondo, 10. Sports Tracker, 11. My Tracks, 12. Strava, 13. Runtastic.

4.2.2 Bezručovy sady



Obr. 17: Srovnání zejména průměrů hodnot (křížek) jednotlivých aplikací. Linie v grafu značí referenční hodnotu, ke které by se měly průměry co nejvíce přibližovat

Hodnoty pocházející z trasy Bezručovy sady jsou značně rozkolísané. Některé aplikace dosahují velkého rozptylu. Jedná se zejména o Endomondo a Runkeeper. Runtastic se opět vymyká a oproti ostatním pomůckám se nachází hluboce pod referenční délkou. Hodinky Forerunner, turistické GPSmap a aplikace Nike+ si s náročnějšími podmínkami poradily nejlépe. Locus a SportyPal nepropadly, nejsou ale zároveň již tak dominantní oproti ostatním výsledkům, jako tomu bylo u dat naměřených na Hejčíně. Nejhorší průměr vykazuje Strava. Opět můžeme polemizovat, zda by se pomůcky s menším počtem záznamů neumístily hůře, pokud by jich měly podobně, jako zbylá zařízení a aplikace.

Pořadí přesnosti podle průměrů je: **1. hodinky Forerunner, 2. GPSmap, 3. Nike+, 4. hodinky Fénix, 5. Locus, 6. SportyPal, 7. adidas, 8. Runtastic, 9. Runkeeper, 10. Sports Tracker, 11. My Tracks, 12. Endomondo a 13. Strava.**

4.3 Vliv sportovní aktivity na přesnost

Další analýza, která může být nad získanými daty provedena, je prozkoumání hodnot za účelem odhalení potencionálního vlivu sportovní činnosti na výslednou přesnost. Pokud existuje spojitost mezi tím, zda uživatel zvolí chůzi, běh nebo jízdu na kole, následující tabulka by ji měla odhalit.

Tab. 8: Průměrné hodnoty ze všech měření na dané lokalitě a při vybrané sportovní činnosti. Referenční délky jsou 1,717 km pro Bezručovy sady a 2,444 km pro hejčínské louky. Nezahrnuto osm hrubých chyb, které způsobil mobilní telefon LG F60 při jediné aktivitě a to běhu, který proběhl při dvou sériích záznamů 18. 12. 2015 v Hejčínských loukách. Více ve 4.2.1 Hejčínské louky.

Aktivita	Průměr hodnot [km]	
	Hejčínské louky	Bezručovy sady
Chůze	2,464	1,795
Běh	2,452	1,744
Cyklistika	2,449	1,761

Data první trasy Hejčínské louky ukazují, že mezi přesností a aktivitou lze najít spojitost. Aktivity jsou vykonávány různou rychlostí, která se od chůze po jízdu na kole zvyšuje. Pokud si záznamový soubor GPX vložíme do programu, který s ním dokáže pracovat (ArcMap), zjistíme, že čím rychlejší aktivita, tím větší rozestup mezi jednotlivými body, ve kterých byly pomocí GPS zaměřeny souřadnice. Lze se tedy domnívat, že přílišná hustota těchto bodů za sebou zvyšuje nepřesnost. Tato domněnka platí pro plynulé trasy bez většího množství prudkých zatáček, otázkou je, zda platí i pro více členitý terén. Chůze v Bezručových sadech to potvrzuje, avšak zde, na rozdíl od předešlé lokality, dosahuje lepšího výsledku běh, než cyklistika. Velkou část trasy ale tvoří zastavěná lokalita, kde byl běh určitě rychlejší, než jízda na kole. Dále je potřeba vzít v potaz větší chybovost měření, než je tomu u dat pocházejících z Hejčína.

V Příloze 3 jsou vloženy podrobnější statistiky (Tab. 1, Tab. 2, Tab. 3). Pro každou aktivitu jsou zde rozepsány počty záznamů každého intervalu přesnosti podobně, jako tomu je u Tab. 7 v kapitole 4.2 *Srovnání výsledků tras*. Z tabulek lze vyčíst, že mezi činnostmi cyklistika a běh v sadech, je velký rozdíl v hrubých chybách. Zatímco během byly způsobeny čtyři, jízdu na kole rovnou 16.

4.4 Přístroje

Hodnoty lze zkoumat z velkého množství různých hledisek. Už víme, jak se jednotlivé aplikace při testování chovaly, jak byly přesné a co způsobuje volba sportovní činnosti. Dalším úhlem pohledu je, jaké přístroje jsou nejspolehlivější a jaká produkují data.

Výstupem je opět jedna tabulka (Tab. 9), která je umístěná v textu. Podobně jako u analýzy vlivu aktivity na přesnost, se stejně koncipované statistiky nacházejí v Příloze číslo 3 (Tab. 4). Zde nalezneme pro každý interval odchylky od reference počet záznamů, které spadají do dané kategorie. Tato tabulka je ještě více rozložena v příloze na DVD.

Tab. 9: Průměrné hodnoty zahrnující všechny aktivity a aplikace pro dané zařízení. V posledním sloupci je souhrnné pořadí, které je složeno z dvou dílčích, které vznikly seřazením odchylek průměrů od referenční vzdálenosti od nejmenší po největší. V případě rovnosti pořadí více zařízení rozhodovaly velikosti odchylek.

Zařízení	SADY	Pořadí	HEJČÍN	Pořadí	Celkové pořadí
GPSmap	1,712	2	2,442	1	1
Forerunner	1,715	1	2,432	5	2
Samsung	1,743	3	2,449	3	3
Asus	1,744	4	2,440	2	3
Fénix	1,753	6	2,455	4	5
HTC	1,751	5	2,460	6	6
Lenovo	1,766	7	2,464	7	7
LG F60	1,770	8	2,349	8	8
LG Optimus	1,836	9	2,464	7	9

Nejpřesněji zaznamenávajícím přístrojem jsou turistické GPSmap a hodinky Forerunner 110, následované tabletem Asus Transformer a telefonem Samsung Galaxy S3 Neo. Nejméně přesnými jsou LG F60 a LG Optimus, která zároveň naměřila suverénně nejvíce hrubých chyb (17).

Na začátku této práce, v teoretické části, bylo u zařízení zkoumáno hardwarové vybavení. Tab. 2 a Tab. 3 obsahují specifikace o velikosti RAM paměti, frekvenci CPU, počtu jader CPU a skóre AnTuTu Benchmarku. Pokud tyto dvě tabulky porovnáme s Tab. 9 zjistíme, že přesnost a hardwarové specifikace spolu nesouvisí. Nejvýkonnější přístroj dle vybavení je tablet Lenovo, který ve výsledcích přesností neoslnil. Naopak nejslabší článek testovaného výběru, mobilní telefon HTC Desire C, celkem snadno překonal své vybavenější „kolegy“ LG F60 a LG Optimus.

4.5 Vliv Kp-indexu

Při plánování oken, ve kterých bylo možno provádět měření, se braly v potaz tři fyzikálně-technické podmínky. Počet viditelných družic, HDOP a Kp-index. První dva vlivy se přímo podílely při definování přesných časů oken. Planetární K index byl ale spíše okrajový, určoval, zda se hodnoty z měření dají použít či nikoliv (pokud byla překročena hranice čtvrtého stupně indexu). Následující řádky budou věnovány hlubší problematice tohoto jevu tak, aby bylo patrné, zda index ovlivňuje výsledky při tomto měřítku testování a případně, do jaké míry mají vliv hodnoty indexu od nuly do čtyřky, tedy v pásmu, které znamená nezjištěnou geomagnetickou bouři a teoreticky by neměl signál GPS zkreslovat.

Před samotnou analýzou vlivu byly překontrolovány údaje o Kp-indexu, které byly v průběhu měření u každé série zaznamenány. Na webových stránkách amerického Národního úřadu pro oceán a atmosféru jsou umístěny záznamy o hodnotě indexu až do roku 1994. Odkaz pro nahlížení do archivu umístěného na FTP serveru je: FTP://FTP.SWPC.NOAA.GOV/PUB/INDICES/OLD_INDICES/.

Tab. 10: Průměrné hodnoty všech zaznamenaných vzdáleností v obou lokalitách při daném Kp-indexu. N znamená, že měření při stupni indexu neproběhlo.

Kp-index	0	1	2	3	4
Hejčínské louky	N	2,428	2,461	2,458	N
Bezručovy sady	1,754	1,786	1,751	1,748	1,827

Tabulka (Tab. 10) nevykazuje prokazatelný vliv stupně indexu na přesnost dat. Lze vyčíst pouze jisté náznaky. V Hejčínských loukách byly při nejnižším stupni (nula se nevyskytla) indexu zaznamenány nejpřesnější výsledky. Další vývoj již ale neodpovídá. To samé platí pro druhou trasu. Zde je zajímavá přesnost u Kp-indexu 4, který odpovídá nevíce odchýlenému průměru od referenční délky 1,171.

Skutečnost, že Planetary K index indikuje poruchy geomagnetického pole Země a tím naznačuje, jaká bude přesnost GPS signálu, je nepopiratelná. Otázkou je, zda se tento vliv může projevit při vybrané délce tras a kvalitě GPS senzorů v přístrojích (nejedná se o geodetická zařízení). Nesmíme také zapomenout na to, že hodnoty indexu 0 až 3 značí nezjištěnou poruchu magnetického pole planety, tudíž by de facto měly být výsledky naměřené za těchto situací podobné. Až stupeň 4, tedy přechodný stav, by mohl přesnost více ovlivnit, což tabulka naznačila.

5 HODNOCENÍ DAT Z HLEDISKA POLOHOVÉ PŘESNOSTI

Z předešlé čtvrté kapitoly s názvem *Délkové hodnocení naměřených dat* již víme, jakých délkových přesností pomůcky dosahovaly. Chceme-li ale znát komplexní přesnost GPS dat, musí nás dále zajímat, zda zaznamenaná trasa odpovídá té referenční z hlediska polohy. To znamená, že délka je zjištěna celkem přesně, ale průběh trasy naprosto neodpovídá místům, kudy bylo měření prováděno, jak je vidět na snímku níže (Obr. 18). Vzdálenosti sice budou dosahovat podobných hodnot, poloha je ale rozdílná.



Obr. 18: Referenční (bílá) a naměřená (žlutá) trasa zobrazené s leteckým snímkem (podklad WMS služba od ČÚZK). Je zde evidentní polohový posun měření, zatímco délková přesnost je relativně málo zkreslená.

5.1 Skript

Polohový posun tras lze analyzovat buď pouhým okem v kombinaci s mapou (Obr. 18) nebo numericky. Pro numerické hodnocení byl vytvořen skript v programovacím jazyce python a v programu PyCharm. Skript je konstruován tak, aby vypočítal absolutní polohové odchylky mezi referenční a naměřenou trasou, která musí být ve formátu GPX.

Skript pracuje následovně: nejprve je souřadnicový systém vstupní bodové vrstvy (naměřená trasa) formátu GPX převeden do koordinačního systému odpovídající liniové referenční vrstvě. Následně je pro každý bod vypočtena odchylka v metrech, která existuje mezi oním bodem a linií procházející místy, kterými došlo k zaznamenávání

aktivity. Skript je poté importován do Toolboxu jako geoprocessingový nástroj, aby mohl být využitelný v programu ArcMap.

Pokud nástroj spustíme v ArcMap, zobrazí se nám okno, které vyžaduje nastavení dvou parametrů. Prvním z nich je složka, kde se nacházejí vstupní vrstvy GPX (jedna nebo více) a kam se umístí vytvořený shapefile (shapefily) s vypočítanými odchylkami. Není vhodné, aby vstupní soubory měly dlouhá pojmenování, jelikož počet znaků názvu u nově vytvořených SHP je limitován (název je zkopírován ze vstupních dat). Do složky je dále vytvořena vrstva s příponou *_bez* (jedná se o mezivýsledek). Druhým parametrem nastavíme referenční vrstvu – mezi těmito vrstvami se zjistí námi požadovaná odchylka.

Nově vytvořená vrstva vypadá identicky, jako vstupní ve formátu GPX. V atributové tabulce ale obsahuje navíc pole s absolutní odchylkou. Pro každý bod trasy je vypočtena vzdálenost od reference. Tuto funkci lze stáhnout přímo z oficiálních stránek ArcGIS a následně ji využít pro tvorbu skriptu v pythonu.

Atributová tabulka nově vytvořené vrstvy obsahuje také přesný časový údaj, kdy byl bod zaznamenán, s přesností na sekundy. Bylo prakticky zjištěno, že časový rozestup mezi body se liší. Bohužel bez popsatele pravidla. Intervaly byly u každé aplikace i aktivity jinak velké, navíc rozkolísané nejspíše hardwarovou akcelerací zařízení.

5.2 Polohové hodnocení

Kvůli velkému množství dat byly vybrány pouze určité naměřené záznamy, které byly následně vyhodnoceny z hlediska polohové přesnosti. Zajímavější výsledky lze předpokládat z členitější trasy Bezručovy sady. V této lokalitě byla zvolena aktivita jízda na kole. Nejprve budou porovnány odchylky jedné aplikace (Sports Tracker) na všech zařízeních doplněné o vyhodnocení obou hodinek a turistických GPS, což odhalí chování jednotlivých přístrojů. Poté bude analyzováno pouze jedno zařízení (Samsung Galaxy S3 Neo), avšak se všemi aplikacemi. Následně budou zkoumány chůze, běh a cyklistika na aplikaci Sports Tracker a telefonu Samsung Galaxy S3 Neo.

5.2.1 Zařízení

Tab. 11: Tabulka zobrazuje pro jednotlivé zařízení: počet bodů ve vytvořené výstupní vrstvě (ze skriptu), maximální a průměrnou absolutní polohovou odchylkou mezi vstupním GPX a referenční linií. Poslední sloupec pro připomenutí obsahuje délkové hodnoty. Veškeré zobrazené hodnoty pocházejí z aplikace **Sports Tracker** a aktivity **jízda na kole**.

Zařízení	Počet bodů	Absolutní polohová odchylka		Vzdálenost
		Maximum	Průměr	
Forerunner	101	11,797	3,005	1,70
GPSmap	94	17,512	5,247	1,69
Fénix	70	11,621	2,985	1,69
Lenovo Tab	178	30,277	4,709	1,81
Sam G SIII Neo	169	21,125	3,307	1,74
HTC Desire C	174	22,847	3,754	1,81
LG F60	176	32,188	3,206	1,87
LG Optimus	175	27,127	5,278	1,90
Asus Tab	167	13,604	2,583	1,76

Z tabulky (Tab. 11) lze vysledovat, jaké absolutní odchylky jednotlivá zařízení naměřila. Největší maximální odchylky zaznamenaly přístroje Lenovo, LG F60 a LG Optimus, což odpovídá nejvíce vychýlené délkové vzdálenosti záznamů v posledním sloupci. Zajímavý je také rozdíl v počtu naměřených hodnot mezi mobilními telefony (i tablety) a ostatními zařízeními (hodinky, turistické GPS).

5.2.2 Aplikace

Tab. 12: Tabulka zobrazuje pro jednotlivé zařízení: počet bodů ve vytvořené výstupní vrstvě (ze skriptu), maximální a průměrnou absolutní polohovou odchylkou mezi vstupním GPX a referenční linií. Poslední sloupec pro připomenutí obsahuje délkové hodnoty. Veškeré zobrazené hodnoty pocházejí z telefonu **Samsung Galaxy S3 Neo** a aktivity **jízda na kole**. Nike+ cyklistiku nepodporuje.

Aplikace	Počet bodů	Absolutní polohová odchylka		Vzdálenost
		Maximum	Průměr	
Endomondo	72	21,846	2,631	1,78
Sports Tracker	169	21,125	3,307	1,74
Runkeeper	151	21,115	3,146	1,72
Runtastic	178	18,337	2,351	1,66
My Tracks	274	18,011	2,807	1,72
Strava	353	21,677	3,495	1,76
SportyPal	192	22,283	2,999	1,74
Nike+	-	-	-	-
Adidas	614	23,676	3,537	1,75
Locus	78	15,103	3,832	1,74

Je zajímavé si povšimnout hned prvního sloupce *Počet bodů*, z něhož lze usuzovat, jak velký byl časový interval mezi naměřenými body. U Stravy a SportyPalu bylo z atributové tabulky zjištěno, že se jedná většinou o jednu vteřinu. Ostatní aplikace ale již takovou pravidelnost rozestupů nemělo. Dále můžeme zjistit, že Locus měl nejmenší absolutní odchylku, ale za to nejvyšší průměrnou chybu.

5.2.3 Aktivita

Tab. 13: Tabulka zobrazuje pro jednotlivé zařízení: počet bodů ve vytvořené výstupní vrstvě, maximální a průměrnou absolutní polohovou odchylku mezi vstupním GPX a referenční linií. Data byla naměřena telefonem **Samsung Galaxy S3 Neo** a aplikací **Sports Tracker**.

Aktivita	Počet bodů	Absolutní polohová odchylka		Vzdálenost
		Maximum	Průměr	
Chůze	215	10,018	2,624	1,75
Běh	184	20,886	5,513	1,74
Kolo	169	21,125	3,307	1,74

V závěrečné tabulce polohového hodnocení je evidentní rozdíl mezi počtem bodů jednotlivých činností. Dále je zde ukázáno, že čím rychlejší je pohyb při měření, tím se vyskytuje větší maximální absolutní polohová odchylka.

6 VÝSLEDKY

Při testování pomůcek byl získán velký objem dat, s kterými bylo provedeno několik analýz. Ty měly za cíl zjistit, které pomůcky byly nejspolehlivější, délkově a polohově nejpřesnější, a jak byly tyto přesnosti ovlivněny okolními podmínkami.

Observační podmínky a morfologie terénu

Na počátku všeho měření byly navrženy dvě trasy pro ověření vlivu překážek signálu GPS na výsledná data. Proto je jedna trasa optimální ve všech aspektech (Hejčínské louky) a ve druhé jsou zahrnuty objekty, které signálu stíní a snižují tím jeho přesnost. Bezručovy sady jsou z části tvořené parkem plným vzrostlé vegetace, která volně přechází v hustě zastavěnou oblast historického jádra města Olomouc (v zastavěné oblasti je také dostupný nižší počet viditelných družic). Převýšení zde existuje v řádu několika málo desítek metrů.

Předpoklad rozdílů mezi lokalitami byl potvrzen v kapitole 4.2 *Srovnání výsledků tras*. Statistiky (Tab. 7) hovoří jasně. Hodnoty jsou rozděleny do kategorií přesnosti podle velikosti odchylky od dané referenční délky. Zatímco na trase Hejčín je evidentní klesající výskyt dat od přesných k méně přesným intervalům, v sadech se podobná posloupnost vysledovat nedá. Navíc je zde enormní výskyt velice nepřesných záznamů a hrubých chyb.

Sportovní aktivita

Aktivita byly zvoleny tak, aby u nich byl výrazný rozdíl v rychlosti pohybu. Jedině tak se dají zjistit rozdíly v přesnosti. Výsledky analyzuje tabulka číslo 8 ve 4.3 *Vliv sportovní aktivity na přesnost*.

Leckoho by možná překvapilo, že kvalitnější výsledky jsou zaznamenány při rychlejší činnosti – jízdě na kole, zatímco pěší chůze dosahuje značného kolísání a nejvyšších odchylek. Na členité trase Bezručových sadů má sice běh lepší přesnost, než cyklistika, vše je ale pravděpodobně způsobeno tím, že se v husté zástavbě křížované dopravními prostředky pohybuje rychleji běžec, než cyklista.

Pokud si v některém GIS softwaru necháme zobrazit GPX se záznamy chůze a jízdy na kole, všimneme si rozdílů rozestupů mezi jednotlivými naměřenými body. Pomalá chůze je tedy nejspíše až příliš podrobně zaznamenaná a vhodnější by byl delší časový interval (běžný je jedna sekunda) mezi souřadnicemi, který by zgeneralizoval možné výkyvy.

Testovaná zařízení

Výběr zařízení byl koncipován tak, aby byl co nejvíce reprezentativní za daných okolností (většina byla zapůjčena). Nejširší zastoupení mají mobilní telefony, dále se jedná o dva tablety, GPS hodinky a dvě turistické GPS. V teoretické části práce jsou popsány dostupné informace o hardwarových specifikacích. Bohužel se nepodařilo zjistit, jaké GPS čipy jsou v přístrojích zabudovány (až na turistické GPS). Informace o čípech je tak specializovaná záležitost, že ji výrobci běžně neuvádějí a netuší ji ani po přímém dotazu prodejci. S tímto problémem si neporadily ani aplikace, které k tomu jsou určené.

Tabulka číslo 9 (4.4 *Přístroje*) nám odhaluje pořadí přístrojů podle přesnosti GPS výstupů. Nejlépe si vedly turistické Garmin GPSmap 60CSx, které k tomu jsou de facto předurčené. Špatně si nevedly ani hodinky. Z mobilních zařízení zaznamenávají nejkvalitnější data tablet Asus Transformer TF101 a telefon Samsung Galaxy S3 Neo.

V tomto případě tedy nedošlo k potvrzení hypotézy, že se vybavenost mobilních zařízení (RAM, CPU) odrazí v přesnosti výsledků, což mimo jiné tabulka také dokládá.

Planetary K index

Poslední analýzou vlivu na přesnost zařízení se týká Kp-indexu (neboli Planetary K indexu). Veškerá naměřená data byla roztržena do pěti kategorií podle stupně indexu, za kterých byla odpovídající série měření provedena. Jelikož se testovalo pouze do indexu 4 (včetně), tak jsou skupiny hodnot následující – 0; 1; 2; 3 a 4. Všechny skupiny však nebyly na obou lokalitách využity (měření na Hejčíně neprovázely Kp 0 a 4), proto nelze s jistotou říci, zda stupně indexu do čtyřky (neboli status *nezjištěná geomagnetická porucha*) mají na přesnost vliv a popřípadě jak velký. Z tabulky číslo 9 (4.5 *Vliv Kp-indexu*) lze vyčíst pouze náznaky závislosti. Například při stupni 4 byla měření v Bezručových sadech suverénně nejméně přesná, než při nižších hodnotách indexu.

6.1 Závěrečné výsledky testování pomůcek

Každá používaná pomůcka je v kapitole 4.1 *Charakteristika přesnosti pomůcek* popsána z hlediska chování při testování a přesnosti záznamů. Pro každou z nich je vytvořen histogram hodnot, aby bylo co nejvíce patrné, které vzdálenosti jsou přesné, které nikoliv, a o jak velkou odchylku se jedná.

Závěrečné vyhodnocení délkových přesností bude nyní sestaveno z grafů (Obr. 16, Obr. 17), které ukazují úspěšnost prvních pokusů měření a přesnosti výsledků získaných na obou trasách. Výstupem bude konečná tabulka s pořadím všech používaných aplikací, hodinek a turistických GPS.

Tab. 14: Konečné pořadí pomůcek sestavené z pořadí procentuální úspěšnosti prvního měření, pořadí přesnosti průměrů a z pořadí procentuálního množství nenaměřených dat. Pomůcky jsou seřazené vždy od nejlepší po nejhorší.

Aplikace	Úspěšnost	Přesnosti průměrů			CELKOVÉ POŘADÍ
		Hejčín	Bezr. sady	Nenaměřeno	
Forerunner	1	4	1	1	1
GPSmap	4	1	2	1	2
Fénix	1	3	3	1	2
Locus	1	2	4	1	2
SportyPal	7	6	5	8	5
Runkeeper	10	7	8	1	5
Nike+	11	4	3	13	7
Sports Tracker	5	10	9	7	7
Strava	8	12	12	1	9
Endomondo	6	9	11	9	10
adidas	12	8	6	12	11
My Tracks	9	11	10	10	12
Runtastic	13	13	7	10	13

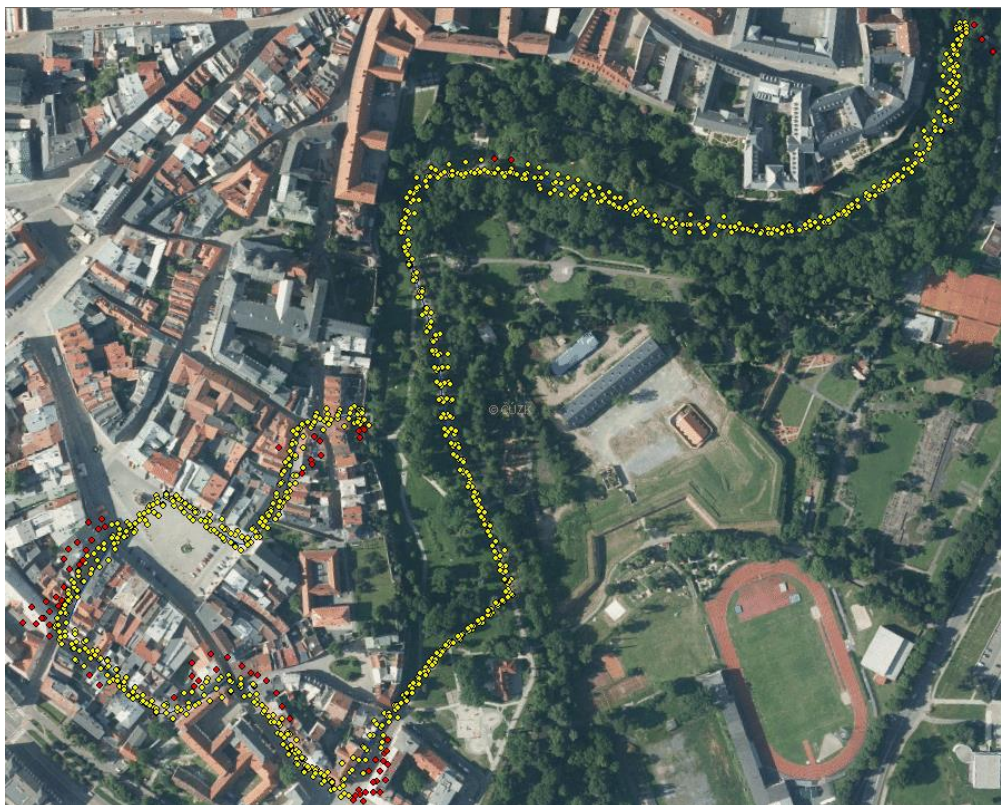
Tabulka (Tab. 14) závěrečného hodnocení je vytvořena kombinací spolehlivosti a přesnosti pomůcek. U sloupců zastupujících spolehlivost (první – úspěšnost a čtvrtý – nenaměřeno) jsou dílčí pořadí vytvořeny tak, že se spočítá procentuální množství například nenaměřených dat. V potaz se tedy berou počty chyb k množství naměřených dat danou pomůckou.

Z výsledků je patrné, že nejhůře opravdu dopadla aplikace Runtastic, následovaná My Tracks, adidas a Endomondo. Na opačném pólu tabulky se umístily hodinky Forerunner, turistické GPS a druhé hodinky Fénix. Z aplikací jsou mezi nejlepšími Locus a SportyPal.

6.2 Polohová přesnost

Doposud se kapitola 6 *Výsledky* zabývala délkovými přesnostmi pomůcek. Nyní si shrneme fakta z polohového hodnocení dat v 5.2 *Polohové hodnocení*. Jelikož rozsah bakalářské práce již neumožňoval hlubší prozkoumání tohoto jevu, byly aplikace, přístroje a aktivity porovnány vždy na základě výsledků z jedné jediné úrovně. Hodnocení zařízení bylo provedeno nad daty ze Sports Trackeru. Dále byly aplikace porovnány z výsledků naměřených mobilním telefonem Samsung Galaxy S3 Neo a konečně srovnání sportovních činností vycházelo z výstupů Sports Trackeru a Samsungu naráz. Pro každou hodnocenou kategorii je dostupná tabulka výsledků.

Na obrázku níže jsou zobrazeny výstupy z navrženého skriptu, který byl pro hodnocení použit. Body jsou obarveny podle velikosti polohové odchylky. Přesnost systému GPS se udává mezi pěti až deseti metry. Proto žlutá barva zastupuje hodnoty v mezích deklarované přesnosti a červená chyby větší jak deset metrů. Tato praktická ukáзка využití výstupů ze skriptu znázorňuje, v jakých místech trasy dochází k největším odchylkám. Jedná se samozřejmě o lokality v zastavěném území.



Obr. 19: Praktická ukáзка využití skriptu (podklad WMS služba od ČÚZK).

6.3 Doplnující dotazník

Pro dotvoření představy o aplikacích byl na webových stránkách [HTTPS://WWW.VYPLNTO.CZ](https://www.vyplnto.cz) vytvořen a rozšířen dotazník s názvem *Sportovní GPS trackery (Endomondo, Runtastic, etc.)*. Dotazník cílil na studenty či zaměstnance Univerzity Palackého v Olomouci. Má pouze informativní charakter, jeho výsledky se neúčastní žádných hodnocení pomůcek. Respondentů bylo 63. Otázky a odpovědi byly následující:

- 1. Do jaké věkové kategorie spadáte?** 83% 20-26; 14% 27-35; 3% 36-45
- 2. Jaké je Vaše pohlaví?** 65% žena; 35% muž
- 3. Jaký je Váš sociální status?** 76% student/žák; 24% pracující
- 4. Jak často sportujete?** 35% 4-7x týdně; 35% 2-3x týdně; 22% 1x týdně; 8% vůbec
- 5. Jakou sportovní aktivitu nejčastěji provozujete?**
57% běh; 54% chůze; 41% cyklistika; 29% fitness; 25% inline brusle; 22% jiné; 17% sportovní hry
- 6. Používáte nějaký z dostupných sports trackerů (Endomondo, Sports Tracker a další)?** 56% ne; 28% ano
- 7. Jaký sportovní tracker používáte?**
46% Endomondo; 18% Runtastic; Runkeeper; 14% Strava; 11% Nike+; 4% Locus, My Tracks, adidas, Sports Tracker
- 8. Co nejvíce na aplikaci oceňujete?** 61% přehlednost; 46% úspěšnost měření; 36% stabilita; 21% minimum reklam; 18% přesnost GPS záznamu
- 9. Používáte aplikaci jako záznamové GPS médium nebo spíše kvůli ostatním funkcím?** 62% GPS záznam tras; 54% ostatní funkce
- 10. Zkoumáte přesnost GPS záznamu tras?** 56% ne; 44% ano
- 11. Používáte Pro verze nebo bezplatné?** 88% bezplatné; 12% Pro/Premium
- 12. Jaké funkce v aplikaci používáte?**
78% podobné statistiky aktivit; 74% GPS záznam tras; 26% sdílení tras pomocí sociální sítě; 19% další; 19% výzvy; 7% osobní trenér

Dotazník mimo jiné prokázal dominanci Endomonda jako nejpoužívanější sportovní tracker aplikace. Dále vypověděl, že drtivá většina uživatelů používá bezplatné verze. Nejvíce na svých preferovaných aplikacích oceňují přehlednost.

7 DISKUZE

Práce byla vytvářena tak, aby byla co nejvíce komplexní a zahrnovala v rámci možností co největší množství užitečných analýz nad daty, které byly získány při testování pomůcek. Vždy jde udělat ještě něco navíc, toho se bohužel snad ani nelze vyvarovat. To platí i v tomto případě, avšak kvůli časovým možnostem a předepsanému rozsahu bakalářské práce, nebylo možné vše vykonat.

Pokud by se někdo o toto téma zajímal a toužil ho rozšířit, bylo by určitě zajímavé otestovat přesnost zařízení v závislosti na jejich umístění. Zda má vliv, pokud si uživatel mobilní telefon či jiný přístroj s GPS čipem při vykonávání aktivity vloží do kapsy u kalhot, do batohu, připne na řídítka jízdního kola nebo si jej připevní na paži. Dalším zájmovým okruhem by mohlo být otestování, jaké výsledky vznikají při různém počtu družic (potažmo horizontální chybě). V této práci je použita metoda konstantní modelové situace, kdy záznam činnosti probíhá za předem zjištěného počtu viditelných družic (rovných osm). Při počtu zařízení a aplikací tohle jednoduše nebylo možné provést. Pokud by se ale vybral například jen jeden mobilní telefon (množství aplikací může být ponecháno), tak by měření bylo mnohem lépe proveditelné. V podobném duchu by bylo vhodné i lépe prozkoumat vztah K_p -indexu, jelikož v kapitole 4.5 *Vliv K_p -indexu* nejsou uspokojivě zastoupeny všechny stupně, a tudíž výsledky nejsou tolik prokazatelné. Lze vyčíst pouze náznaky závislosti.

Vyšší detailnost mohla být věnována polohovému hodnocení přesnosti, které stojí trochu v pozadí délkové přesnosti. Na tu je práce mnohem více zaměřena. Jak již ale bylo zmíněno, v předepsaném rozsahu to nebylo možné realizovat.

Testované pomůcky mají také zabudované schopnosti pro práci s výškovými daty GPS, které používají na výpočet stoupání, klesání a převýšení. V rozsahu tohoto testování by tedy bylo možné provést podobný výzkum, tentokrát zaměřený na vertikální přesnost.

Před samotným měřením vyvstal asi největší řešený problém. V ideálním případě by se všechny pomůcky pro danou aktivitu a trasu naměřili naráz při jednom měření. Výsledky by byly nejvíce porovnatelné. Jak je již ale zvykem, málo co je ideální. Z důvodů, které jsou popsány v předešlé kapitole 2.3 *Hodnocení přesnosti GPS pomůcek*, bylo nutné navrhnout podmínky, které se ideální situaci co nejvíce přiblíží, čehož bylo snad docíleno.

Někdo by mohl poznamenat, že pokud se naměří jedna stejná situace dvakrát (shodná aktivita, trasa, vnější podmínky), tak pomůcka může ukázat pokaždé jinou hodnotu. Proto byly při vyhodnocování použity průměry hodnot, které by měly tyto rozdíly smazávat a ukazovat nám tak co nejvíce vypovídající chování pomůcky. Pokud se podíváme například na výsledky aplikace Runtastic, tak je krásně patrné, jak průměry ukazují opravdové chování aplikace, čímž podávají hodnotnější informace.

Značným nedostatkem je, že u hardwarové specifikace přístrojů chybí údaje o vestavěných GPS čipech. Byly kontaktováni prodejci příslušných zařízení a nedostalo se uspokojivé odpovědi. Jedná se pravděpodobně o přílišně specializovaný požadavek, kterému není snadné vyhovět.

Testovaný výběr přístrojů byl volen zejména podle dostupnosti a ochoty zapůjčení od oslovených osob. V ideálním případě by byli vybráni zástupci od všech významnějších světových výrobců Huawei, Sony, Microsoft (dříve Nokia), Apple a dalších. Dva případy souvisejí s použitými platformami, kterou je v tomto výzkumu pouze Android. Windows ani systém iOS není zastoupen.

Veškeré aplikace byly používány v defaultním nastavení, ve stavu, v jakém si je uživatel stáhne. Detailnější prozkoumání funkcionality (možnost zvolení časového intervalu mezi zaznamenanými body) zde nebylo uvažováno. Časový interval záznamů bodů tras byl nekonstantní – například mezi prvním a druhým bodem byl rozdíl tři sekund a mezi druhým a třetím pět sekund – nejspíše podle hardwarové akcelerace zařízení a parametrů aplikace. Nebylo možno vysledovat pravidlo velikosti intervalů, proto nebyl tento jev zahrnutý do hodnocení.

V kapitole 3.1.2 *Zahraniční studie* je představen článek od Christine Bauer, který se zaměřením nejvíce přibližuje této bakalářské práci. Pro testování jsou použité také aplikace fungující na systémech Android. Zařízením je jeden přístroj (HTC Desire Bravo). Aktivitou běh je naměřena jedna vybraná lokalita v zastavěné oblasti. Při měření nejsou brány v potaz vnější okolnosti (počet viditelných družic, Kp-index a další).

Výstupem ze studie je tabulka aplikací, které jsou ohodnoceny pořadím od nejpřesnější po nejméně přesné. Autorce vyšla jako nejhorší aplikace Runtastic, která výrazně odečítala. Tato teze se plně shoduje s výsledky v tabulce číslo 14.

8 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo ověření přesnosti sportovních GPS pomůcek v různých sportovních režimech (chůze, běh, cyklistika) a v odlišných prostředích (trasy s dobrými a špatnými observačními podmínkami). To vše s přihlednutím zejména k počtu družic a dalším vybraným vlivům (Kp-index).

Trasy byly vybrány dvě – inline okruh Hejčinské louky, kde se vyskytuje minimální množství vzrostlé vegetace bez přítomnosti zástavby a s nulovým převýšením. Druhou lokalitou byly Bezručovy sady, které jsou pro změnu tvořeny parkem plynule přecházejícím v zastavěnou oblast historického centra města Olomouc.

Jelikož nemohla být všechna měření provedena v jeden čas, muselo se přistoupit k definici časových oken, ve kterých byly pomůcky postupně testovány. Okna byla nastavena tak, aby odpovídala konstantním okolnostem (osm viditelných družic na obloze, horizontální chyba přesnosti GPS do 1,5 a Kp-index do stupně 4). Data získaná při měření za takto nastavených podmínek byla postupně vyhodnocována. Analýzy se zaměřily na délkovou a polohovou přesnost GPS záznamů.

Do souboru pomůcek byly vybrány čtyři mobilní telefony, dva tablety, dvoje GPS hodiny, dvě turistické GPS a jedenáct aplikací. Kapitola 4.1 *Charakteristiky přesnosti pomůcek* popisuje chování jednotlivých pomůcek a pro každou lokalitu obsahuje graf naměřených hodnot v porovnání s referenční (přesnou) vzdáleností. Následuje 4.2 *Porovnání výsledků tras*, kde jsou umístěné dva krabicové grafy pro každou z tras. Grafy přehledně porovnávají výsledky aplikací, hodinek a turistických GPS. Ve 4.3 *Vliv aktivity na přesnost* jsou hodnoty zkoumány z hlediska vykonané činnosti, dále 4.4 *Přístroje* se zabývá porovnáváním výsledků tentokrát z perspektivy zařízení (telefony, tablety, hodinky a turistické GPS). Poslední analýza délkového hodnocení, umístěná ve 4.5 *Vliv Kp-indexu*, nastiňuje potenciální možnost odpovědnosti vyšších stupňů indexu za méně přesné výsledky. Pro polohové hodnocení dat byl vytvořen skript v jazyce python, který počítá odchylky mezi naměřenými body uloženými v souboru GPX a referenční linií, která odpovídá místům, kudy bylo prováděno fyzické měření v terénu. Z nově vytvořené vrstvy (pomocí skriptu) byla extrahována data zejména o absolutních polohových odchylkách, které byly dále analyzovány. Doplnující informace na konec praktické části přináší průzkum provedený mezi dobrovolníky na téma sportovních GPS trackerů (neboli aplikací).

Výsledky testování mohou být určeny jak pro profesní účely, tak pro běžného uživatele, který si chce vybrat sportovní aplikaci a neví, jakou zvolit.

POUŽITÁ LITERATURA

About Nike+. *NIKE* [online]. 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.nike.com/cz/en_gb/c/running/nikeplus/gps-app

AnTuTu Benchmark. *Smart Mobil* [online]. 2014 [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <http://www.smart-mobil.eu/clanky/64-antutu-benchmark---zjistete-vykon-u-sveho-mazlika/>

ČÁBELKA, Miroslav. Úvod do GPS. *Úvod do GPS* [online]. 2008 [cit. 2015-09-26]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps>

Forerunner 110 Black. *Garmin* [online]. 2013 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.garmin.cz/produkty/mapy-a-ostatni/jiz-nevyrabene/jiz-nevyrabene-pristroje/nevyrabene-sport/forerunner-110-black.html>

GPSMAP 60CSx. *Garmin* [online]. 2013 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.garmin.cz/produkty/mapy-a-ostatni/jiz-nevyrabene/jiz-nevyrabene-pristroje/nevyrabene-outdoor/gpsmap-60-csx.html>

History. *Endomondo* [online]. 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://www.endomondo.com/history>

Introducing Sports Tracker. *Sports Tracker* [online]. 2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://www.sports-tracker.com/blog/about/>

KP Index (Estimated Planetary K-index) Tutorial. *NASA* [online]. 2016 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: http://sunearthday.nasa.gov/swac/tutorials/mag_kp.php

Locus Map [online]. 2014 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.locusmap.eu/cz/>

MERVART, Leoš. *Globální polohový systém*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 1994, 110 s. ISBN 80-010-1221-2.

NASA. *Www.nasa.gov* [online]. 2015 [cit. 2016-01-27]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/communications/policy/GPS.html>

POLESNÝ, David. Garmin Fenix 2: Hodinky pro aktivní [test]. In: *MobilMania* [online]. 2014 [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/clanky/garmin-fenix-2-hodinky-pro-aktivni-test/sc-3-a-1327281>

POOLE, Ian. Understanding Solar Indices. *ARRL* [online]. New York, 2002 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: <https://www.arrl.org/files/file/Technology/tis/info/pdf/0209038.pdf>

PROKOP, Jan. TEST: Garmin Forerunner 110 HR - malý, levný, ale výkonný. *Běhej* [online]. 2010 [cit. 2016-03-30]. Dostupné z: <http://www.behej.com/clanek/6571-test-garmin-forerunner-110-hr-maly-levny-ale-vykonnny/2>

Runkeeper [online]. 2016 [cit. 2016-03-23]. Dostupné z: <https://runkeeper.com>

Runtastic [online]. 2016 [cit. 2016-03-22]. Dostupné z: <https://www.runtastic.com/>

SportyPal [online]. 2016 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://sportypal.com>

STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ. *GPS od A do Z*. 4., aktualiz. vyd. Praha: eNav, 2006, 264 s. ISBN 80-239-7516-1.

STRAVA [online]. 2016 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <https://www.strava.com>

ŠEBESTA, Jiří. *Globální navigační systémy*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2012, 132 s. ISBN 978-80-214-4500-0.

Wikipedie. *Wikipedie* [online]. 2015 [cit. 2016-02-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

What Does AnTuTu Benchmark Actually Measure? *MakeUseOf* [online]. 2016 [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: <http://www.makeuseof.com/tag/antutu-benchmark-measure/>

INFORMAČNÍ ZDROJE A NÁSTROJE

<http://www.gnssplanningonline.com>

<http://www.swpc.noaa.gov/products/planetary-k-index>.

<http://www.mobilmania.cz>

<https://play.google.com/store>

https://www.researchgate.net/publication/259190145_On_the_In-Accuracy_of_GPS_Measures_of_Smartphones_A_Study_of_Running_Tracking_Applications

<https://nikeplusexporter.rhymccaig.com>

<http://www.gpsies.com/convert.do;?language=en>

ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/indices/old_indices

<https://www.vyplnto.cz>

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

Vázané přílohy:

- Příloha 1 Histogramy výsledků na trase Hejčínské louky
- Příloha 2 Histogramy výsledků na trase Bezručovy sady
- Příloha 3 Tabulky výsledků použitých pro hodnocení vlivu aktivit a přístrojů

Volné přílohy

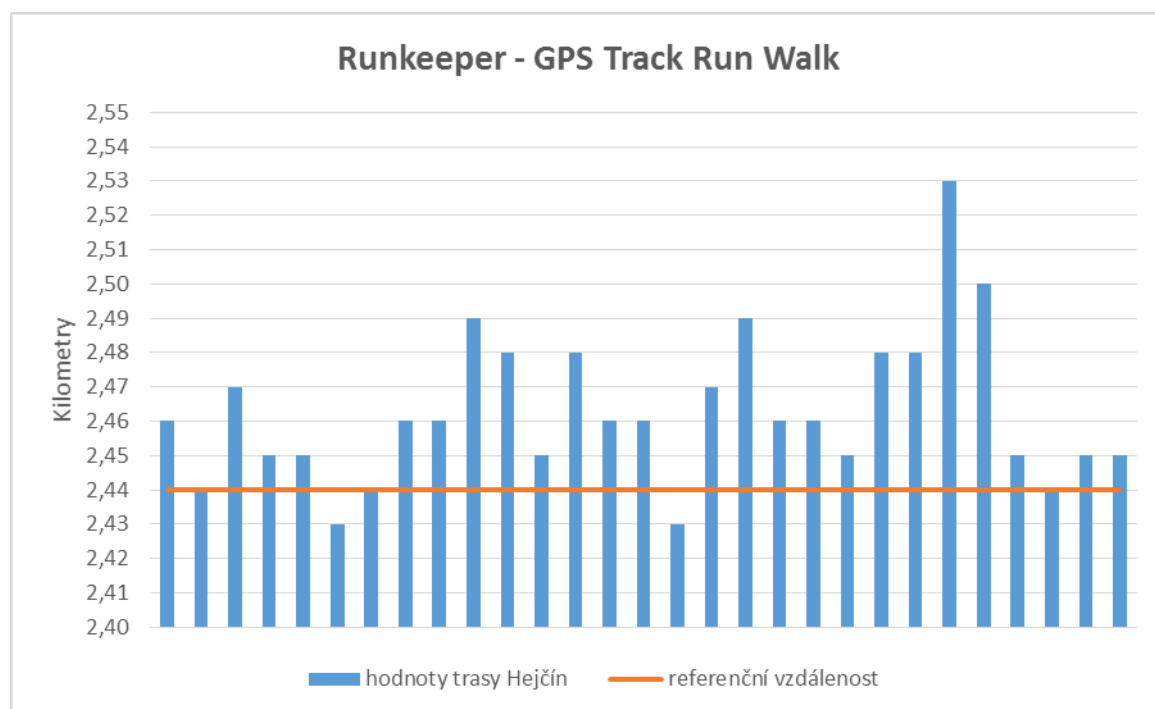
- Příloha 4 Poster
- Příloha 5 DVD

Popis struktury DVD

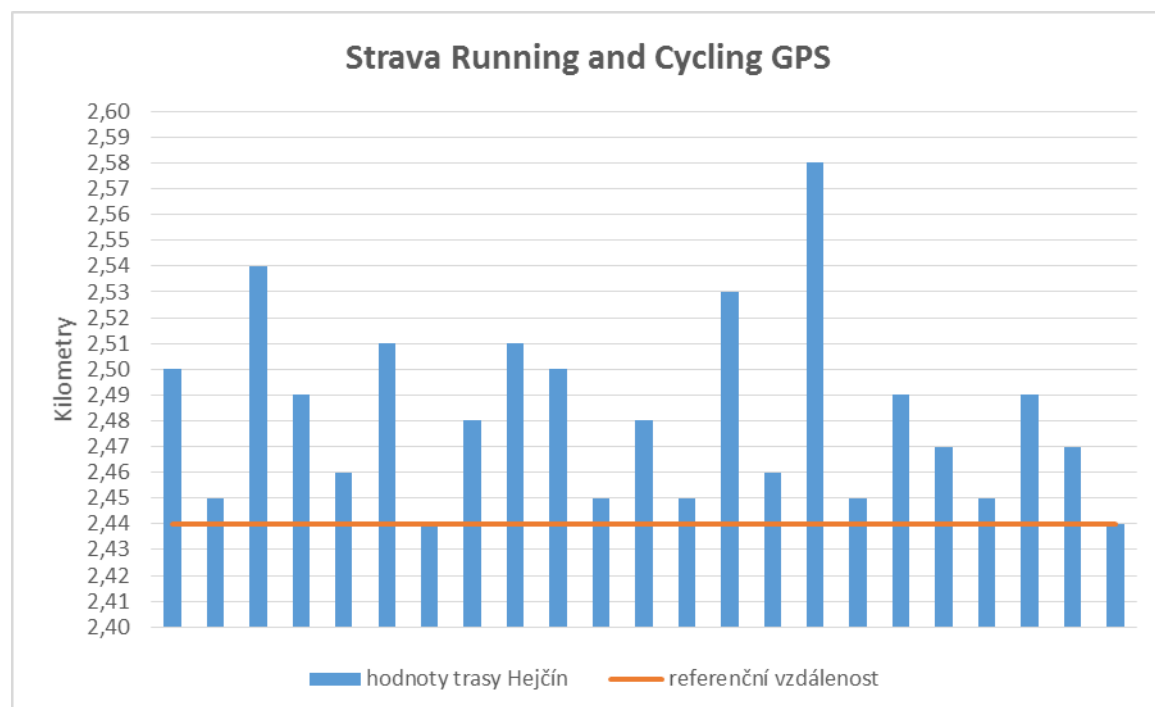
Adresáře:

- Metadata
- Text_prace
- Vystupni_data
- Webove_stranky
- Vysledky

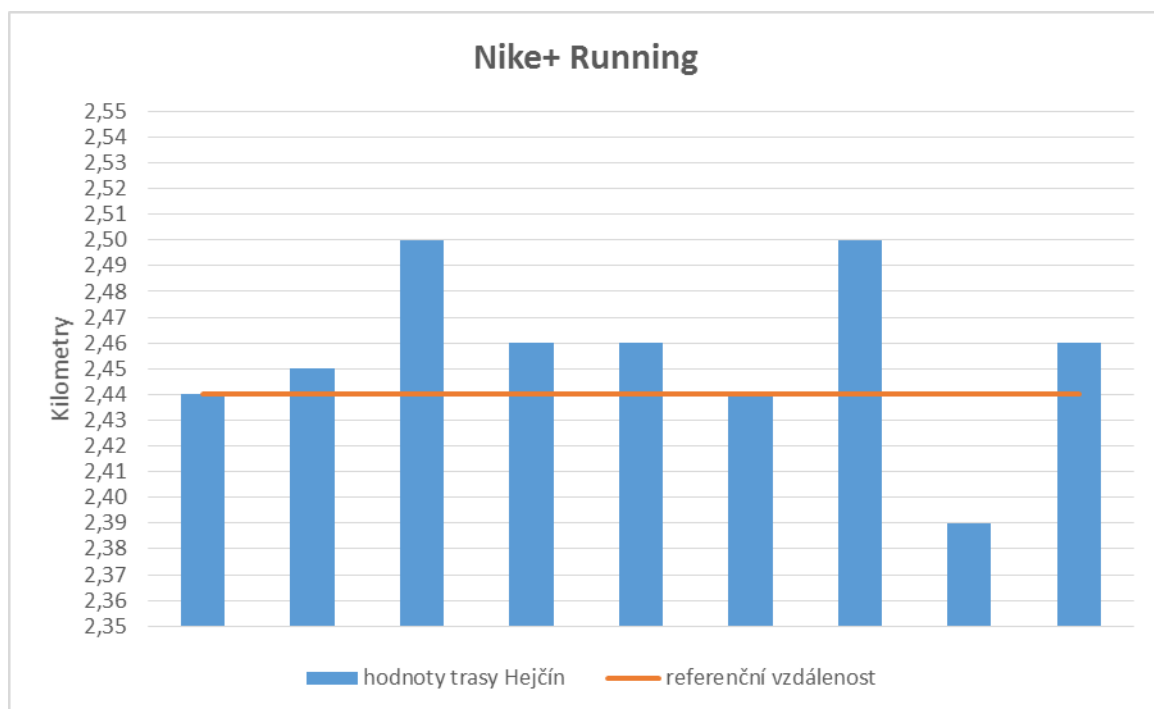
PŘÍLOHA 1 (Hejčínské louky)



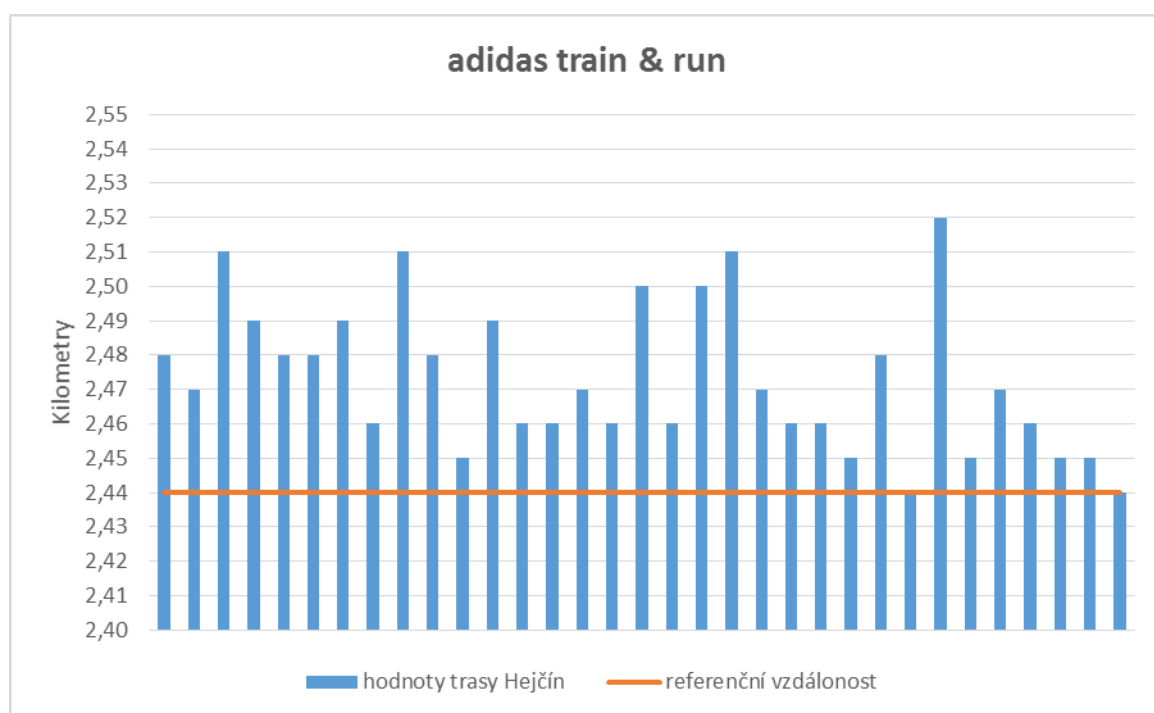
Obr. 1: Graf délkových přesností aplikace Runkeeper na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 29). Nezahrnuta hrubá chyba 2,27 km.



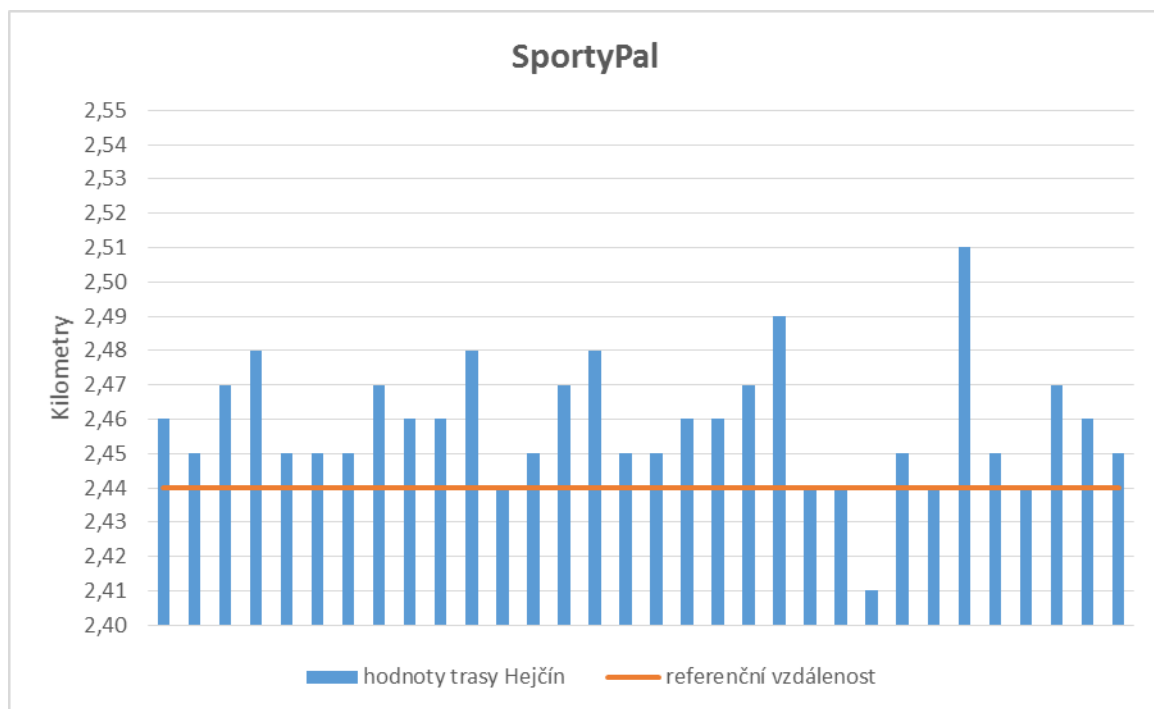
Obr. 2: Graf délkových přesností aplikace Strava na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 23). Nezahrnuta hrubá chyba 1,28 km.



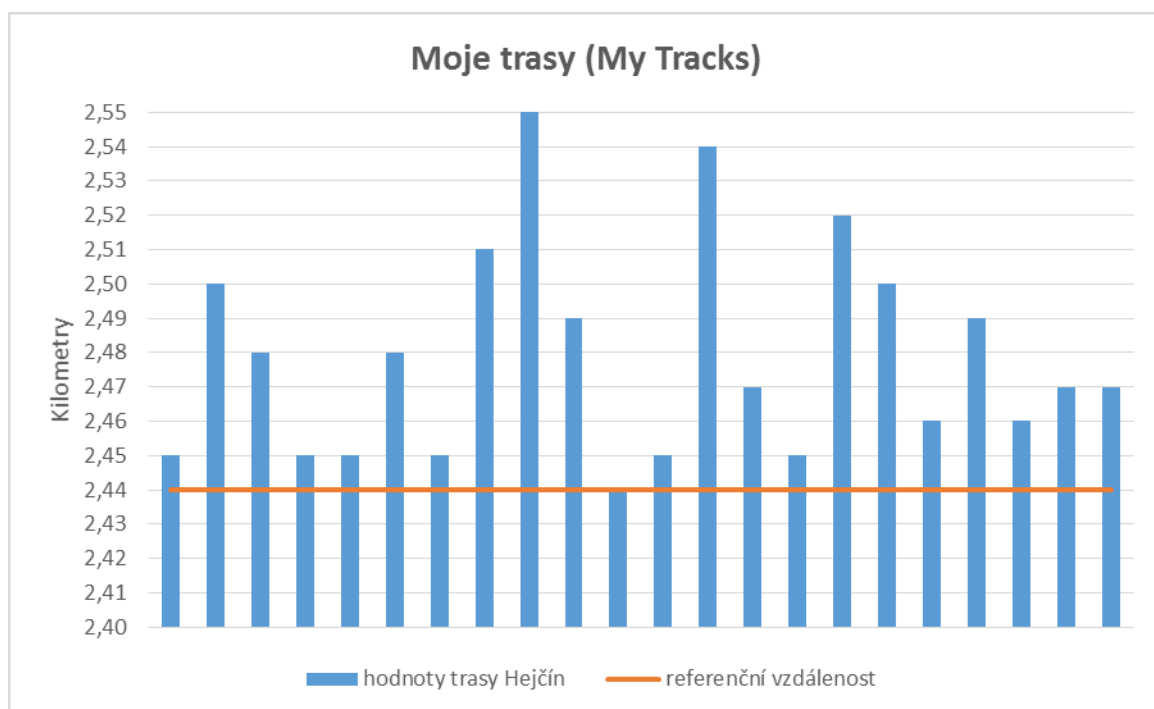
Obr. 3: Graf délkových přesností aplikace Nike+ na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 9). Nezahrnuta hrubá chyba 1,28 km.



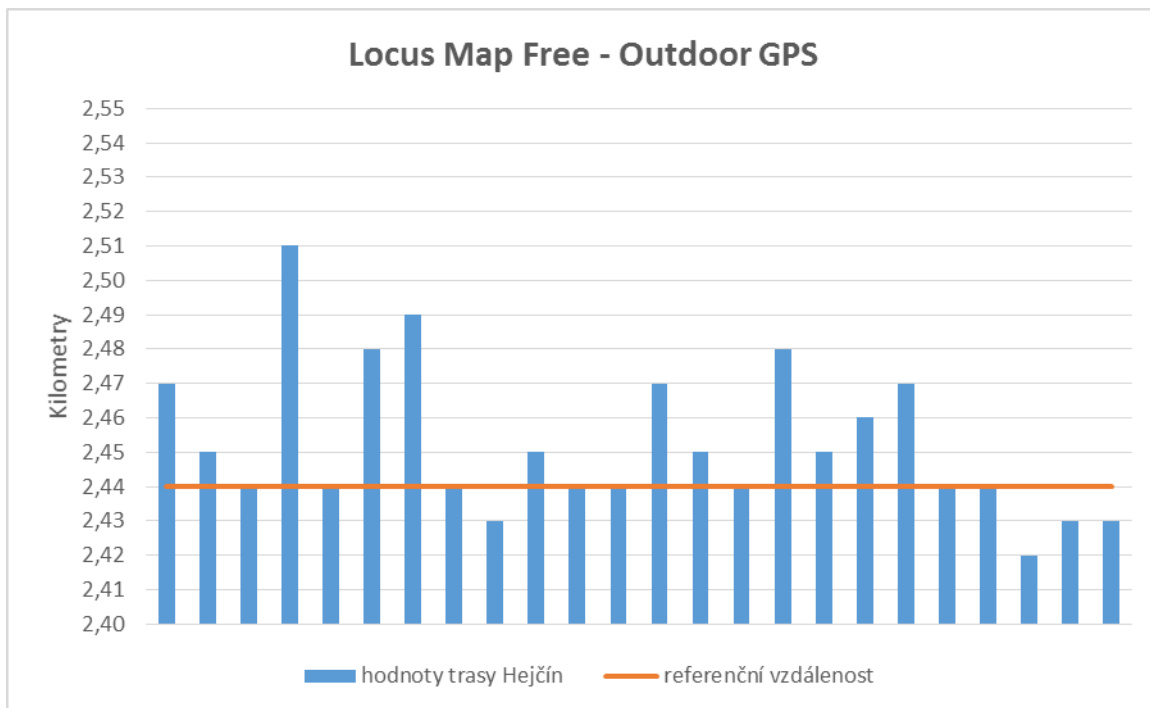
Obr. 4: Graf délkových přesností aplikace adidas na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 33). Nezahrnuté hrubé chyby 1,74 a 2,01 km.



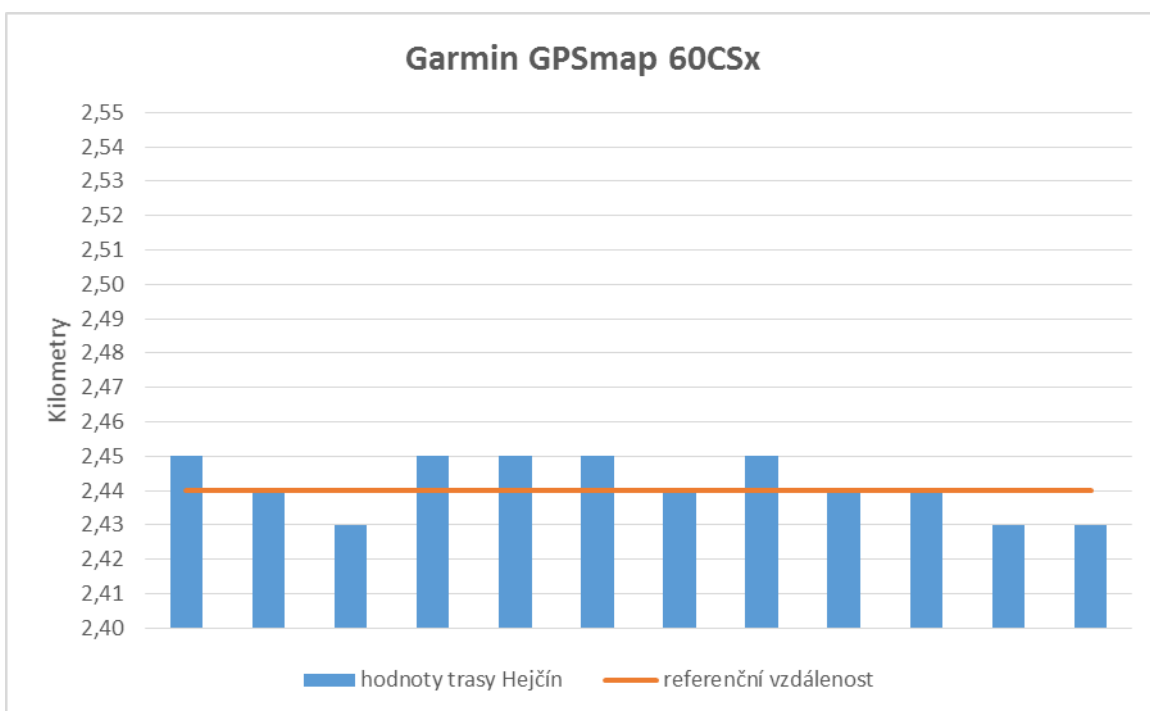
Obr. 5: Graf délkových přesností aplikace SportyPal na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 32).



Obr. 6: Graf délkových přesností aplikace Moje trasy na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 22). Nezahrnuta hrubá chyba 2,0 km.

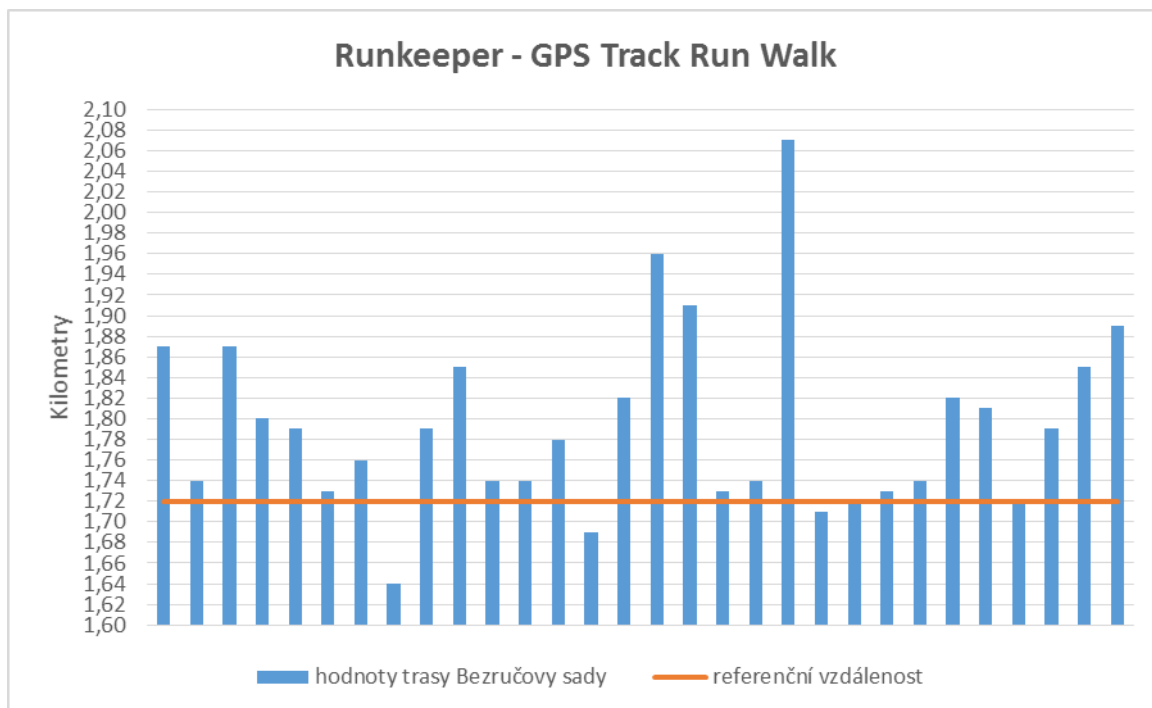


Obr. 7: Graf délkových přesností aplikace Locus na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 24).

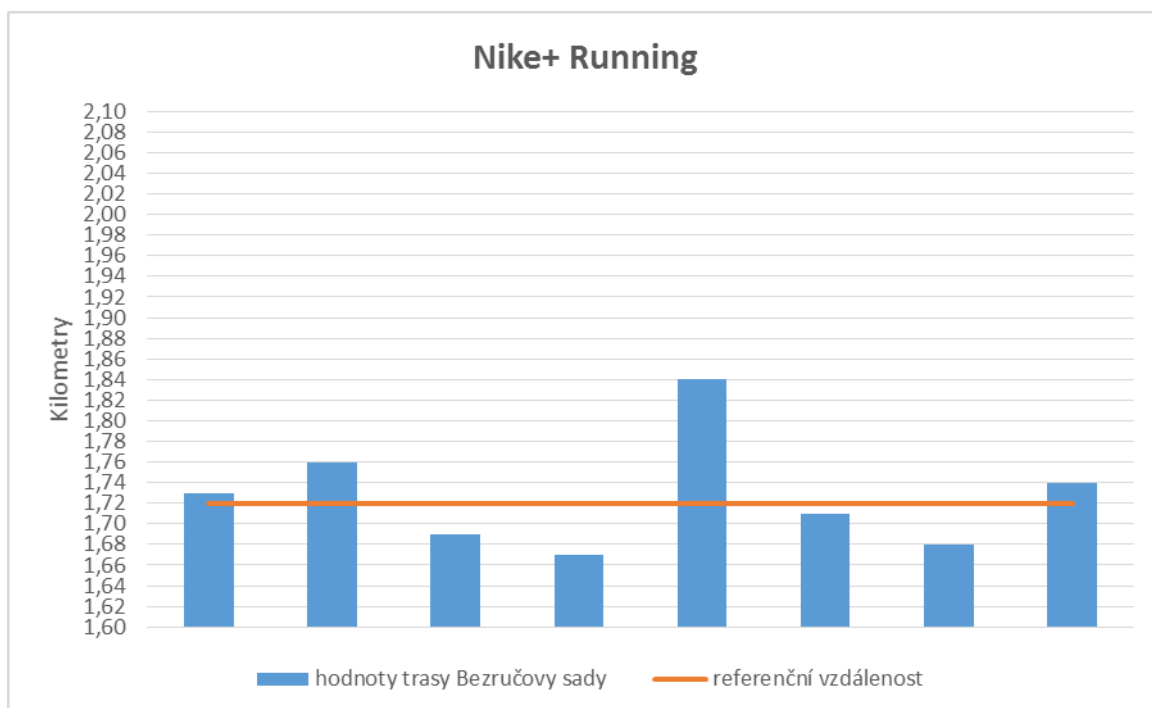


Obr. 8: Graf délkových přesností turistických GPSmap 60CSx na trase Hejčín, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 12).

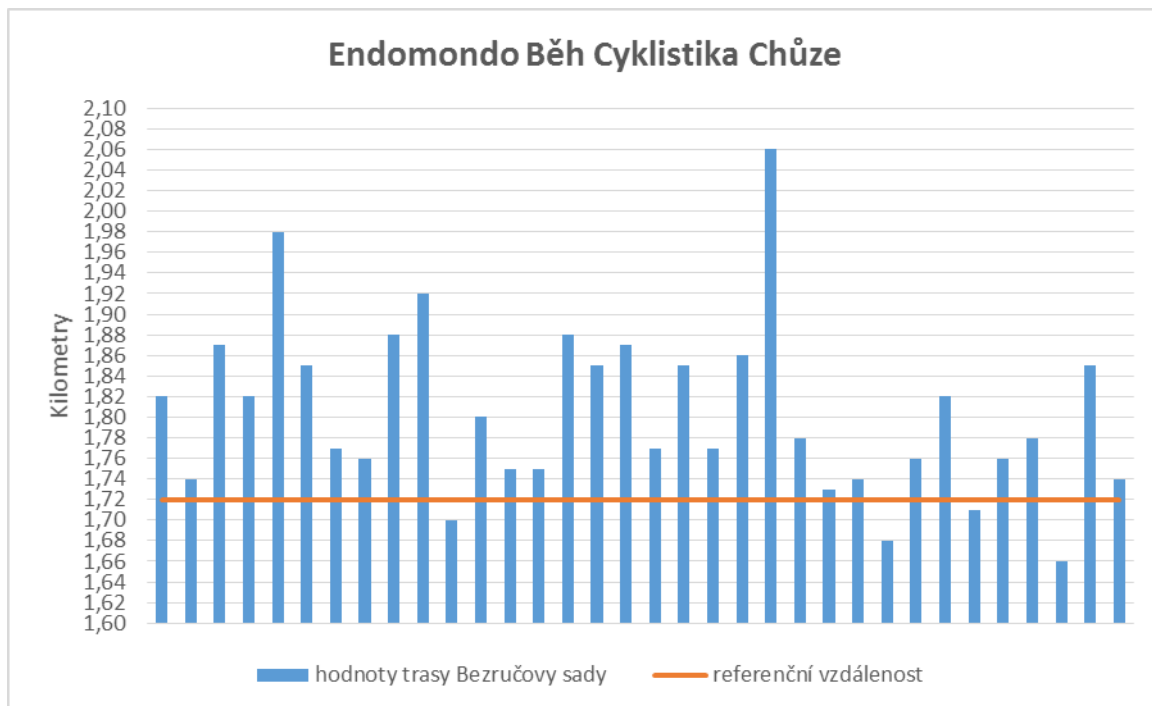
PŘÍLOHA 2 (Bezručovy sady)



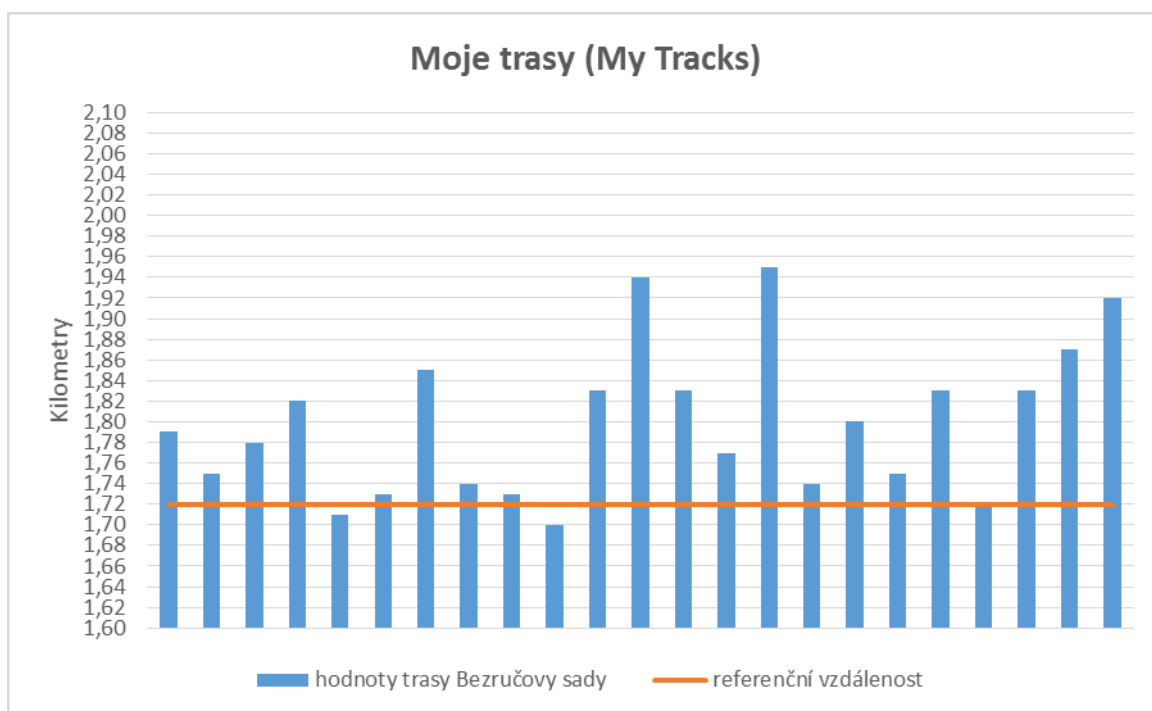
Obr. 1: Graf délkových přesností aplikace Runkeeper na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 30).



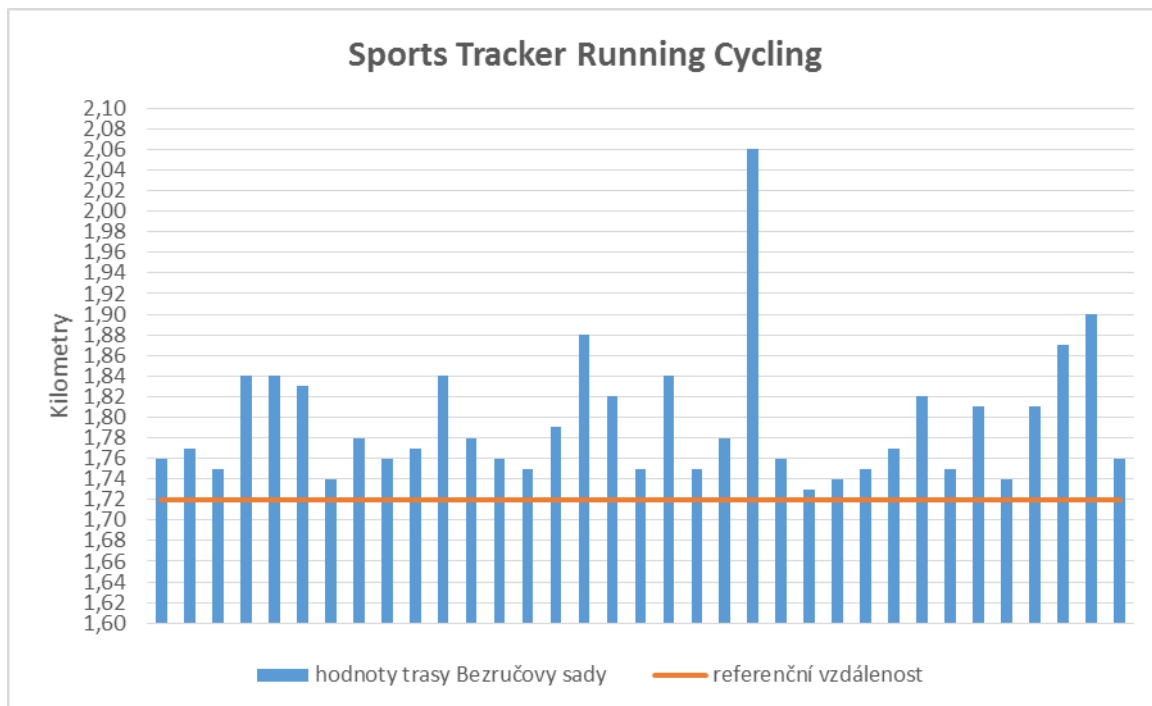
Obr. 2: Graf délkových přesností aplikace Nike+ na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 8).



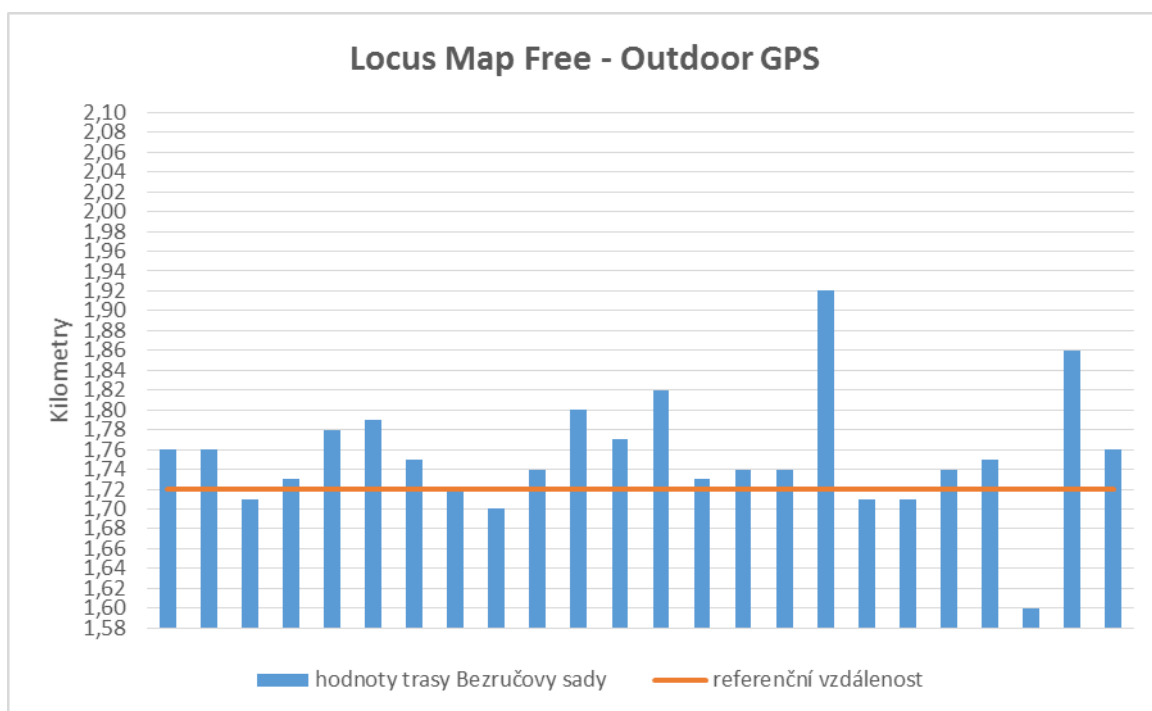
Obr. 3: Graf délkových přesností aplikace Endomondo na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 34). Nezahrnuta hrubá chyba 2,21 km.



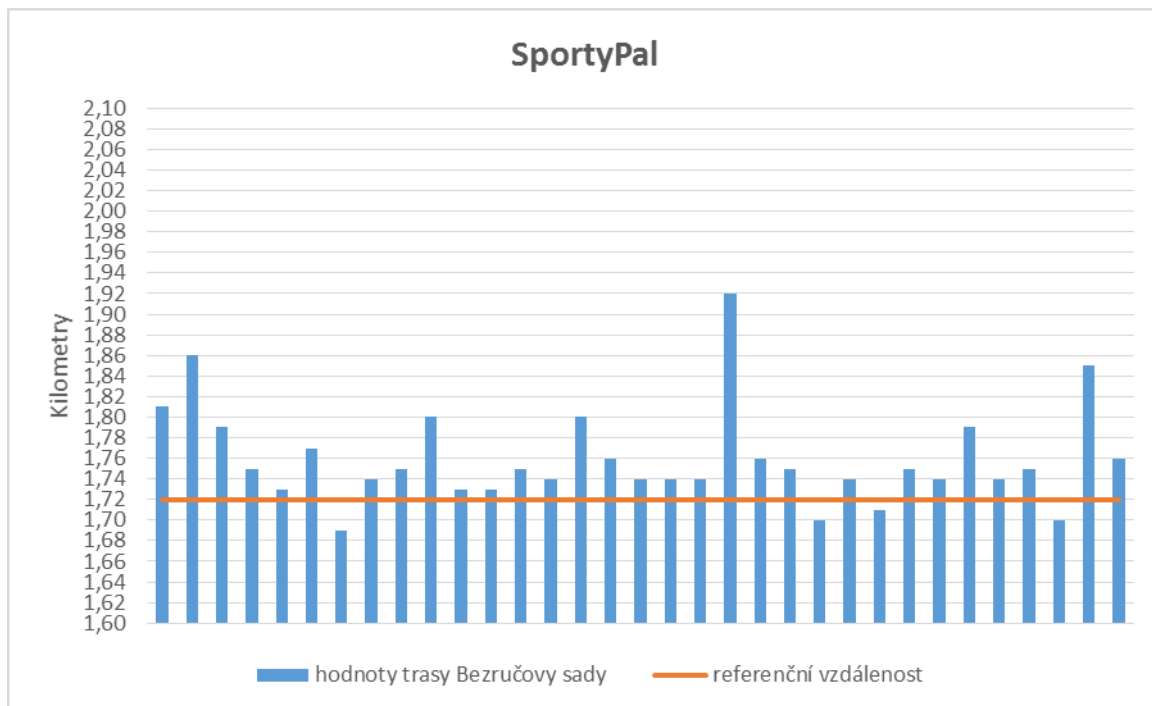
Obr. 4: Graf délkových přesností aplikace Moje trasy na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 23).



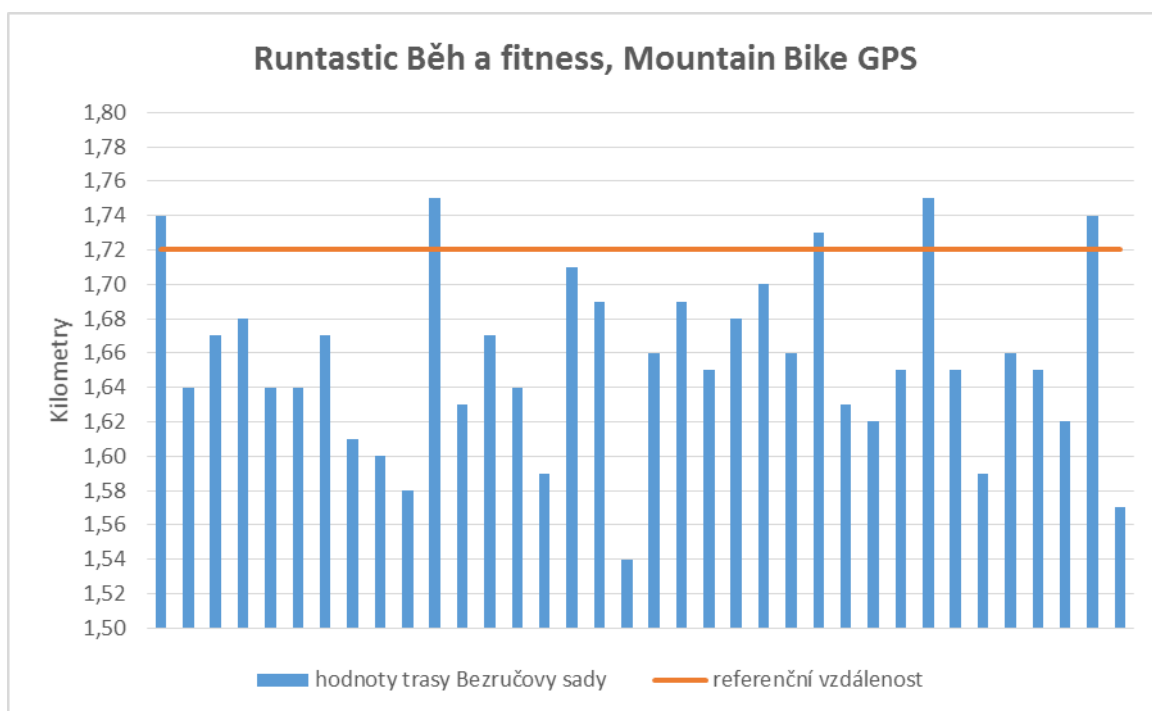
Obr. 5: Graf délkových přesností aplikace Sports Tracker na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 35).



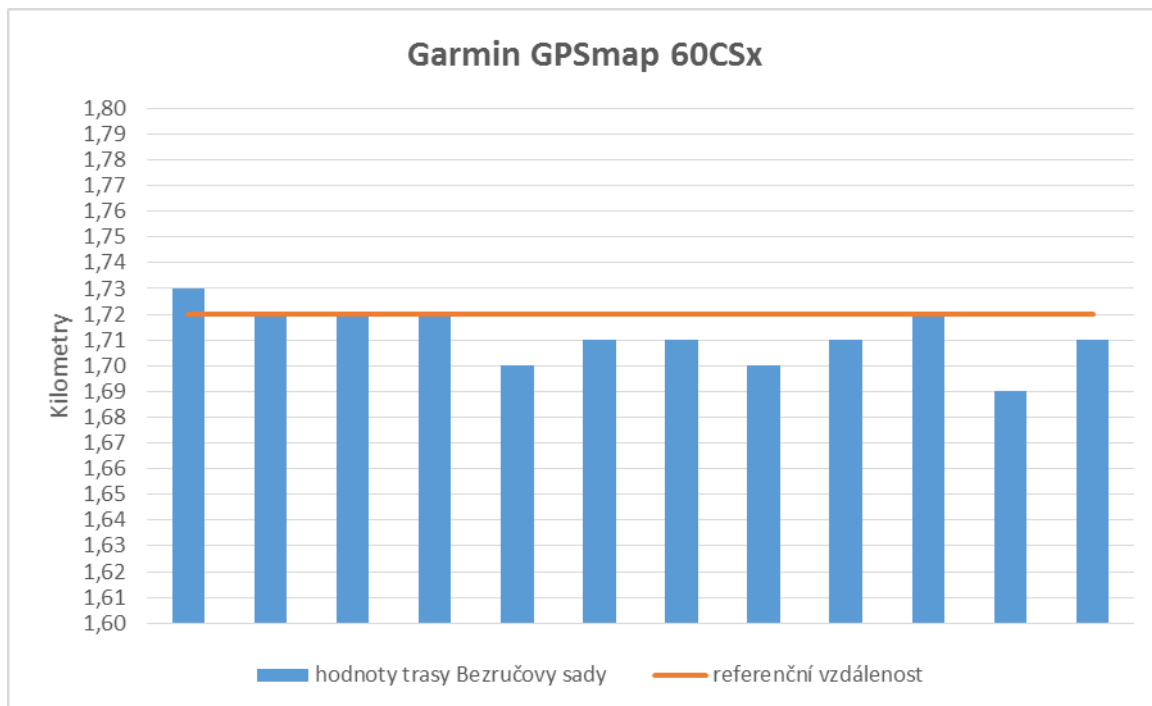
Obr. 6: Graf délkových přesností aplikace Locus Map na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 24).



Obr. 7: Graf délkových přesností aplikace SportyPal na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 33).



Obr. 8: Graf délkových přesností aplikace Runtastic na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 36).



Obr. 9: Graf délkových přesností turistických GPSmap 60CSx na trase Bezručovy sady, zahrnuje podzimní i jarní měření (celkový počet je 12).

PŘÍLOHA 3

Tab. 1: Počty naměřených hodnot pro každý interval přesnosti (zahrnuty jsou všechny pomůcky). Aktivita chůze.

Popis	Odchylka [m]	Chůze		
		CELKEM	Z toho Hejčín	Z toho sady
Správné	0	11	9	2
Přesné	+ - 20	54	33	21
Relativně přesné	+ - 40	45	30	15
Relativně nepřesné	+ - 60	26	14	12
Nepřesné	+ - 80	13	3	10
Velice nepřesné	+ - 130	16	2	14
Hrubá chyba	> 131	19	0	19
Nenaměřeno	N	7	3	4

Tab. 2: Počty naměřených hodnot pro každý interval přesnosti (zahrnuty jsou všechny pomůcky). Aktivita běh.

Popis	Odchyška [m]	Běh		
		CELKEM	Z toho Hejčín	Z toho sady
Správné	0	17	11	6
Přesné	+ - 20	74	43	31
Relativně přesné	+ - 40	41	18	23
Relativně nepřesné	+ - 60	23	12	11
Nepřesné	+ - 80	13	5	8
Velice nepřesné	+ - 130	29	9	20
Hrubá chyba	> 131	13	9	4
Nenaměřeno	N	4	0	4

Tab. 3: Počty naměřených hodnot pro každý interval přesnosti (zahrnuty jsou všechny pomůcky). Aktivita chůze.

Popis	Odchyška [m]	Cyklistika		
		CELKEM	Z toho Hejčín	Z toho sady
Správné	0	17	14	3
Přesné	+ - 20	66	39	27
Relativně přesné	+ - 40	41	21	20
Relativně nepřesné	+ - 60	25	14	11
Nepřesné	+ - 80	22	10	12
Velice nepřesné	+ - 130	23	6	17
Hrubá chyba	> 131	17	1	16
Nenaměřeno	N	7	4	3

Tab. 4: Počty naměřených hodnot v každém intervalu přesnosti pro dané pomůcky. Zahrnuta data z obou tras i všech tří aktivit.

Popis	Odchyška [m]	Lenovo	Samsung	HTC	LG F60	LG Optimus	Asus	GPSmap	Forerunner	Fénix
Správné	0	1	15	7	1	3	7	8	2	1
Přesné	+ - 20	23	45	27	22	27	20	15	8	7
Relativně přesné	+ - 40	26	20	23	19	19	16	1	2	1
Relativně nepřesné	+ - 60	21	8	10	18	8	9	0	0	0
Nepřesné	+ - 80	5	8	12	5	9	7	0	0	2
Velice nepřesné	+ - 130	14	3	14	14	17	6	0	0	0
Hrubá chyba	> 131	2	3	5	17	17	4	0	0	1
Nenaměřeno	N	0	2	4	6	5	1	0	0	0