

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

**OVĚŘENÍ PŘESNOSTI MĚŘENÍ VZDÁLENOSTI U BĚŽNÝCH GPS
PŘÍSTROJŮ BĚHEM LOKOMOCE V KONTROLOVANÝCH
PODMÍNKÁCH**

Bakalářská práce

Autorka: Zuzana Kuželová,
tělesná výchova a sport

Vedoucí práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Olomouc 2015

Bibliografická identifikace

Jméno a příjmení autorky: Zuzana Kuželová

Název diplomové práce: Ověření přesnosti měření vzdálenosti u běžných GPS přístrojů během lokomoce v kontrolovaných podmínkách

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

Rok obhajoby diplomové práce: 2015

Abstrakt: Cílem této práce bylo ověřit validitu přístrojů GPS Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares v kontrolovaných podmínkách při běhu a chůzi. Sběr dat proběhl za pomoci 12 osob, které měly za úkol překonat danou rychlostí 2km vzdálenost na standardním 400m atletickém ovále. Validita byla stanovena porovnáním skutečné a přístroji naměřené vzdálenosti. Ověřované přístroje Garmin Forerunner 610 HR Premium a Garmin Forerunner 10 jsou dostatečně přesné pro použití u jednotlivců, naproti tomu mobilní aplikace Indares využívající vestavěného GPS modulu se jeví jako vhodná spíše pro skupinové použití.

Klíčová slova: pohybová aktivita, validita, GPS

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author's first name and surname: Zuzana Kuželová

Title of the master thesis: Verification of accuracy of distance measurements with conventional GPS devices during locomotion under controlled conditions

Department: Department of Natural Sciences in Kinantropology

Supervisor: Mgr. Filip Neuls, Ph.D.

The year of presentation: 2015

Abstract: The aim of this study was to verify the validity of the GPS devices Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium, and mobile application Indares under controlled conditions during running and walking. Twelve people took part in data collection which consisted of 2 km run and walk on standard 400-m running track. Validity of the devices was assessed by comparing measured and real distance. Garmin Forerunner 610 HR Premium and Garmin Forerunner 10 are adequately accurate for use in individuals while mobile application Indares using built-in GPS module seems to be useful rather for group analyses.

Keywords: physical activity, validity, GPS

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Filipa Neulse, Ph.D., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 10. července 2015

.....

Tato bakalářská práce byla zpracována v rámci výzkumného grantu podpořeného Grantovou agenturou České republiky (referenční číslo 13-32935S) „Objektivizace komplexního monitoringu školního fyzického a psychického zatížení adolescentů v kontextu s fyzickou a psychickou kondicí“.

Děkuji Mgr. Filipu Neulsovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování diplomové práce, a všem, kteří se zúčastnili měření.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 PŘEHLED POZNATKŮ	9
2.1 POHYBOVÁ AKTIVITA.....	9
2.2 ŽIVOTNÍ STYL.....	9
2.3 PŘESNOST MĚŘENÍ (VALIDITA A RELIABILITA)	9
2.4 MONITOROVÁNÍ POHYBOVÉ AKTIVITY.....	10
2.5 SENZORY POHYBU	11
2.5.1 Pedometry	11
2.5.2 Akcelerometry (druhy, vlastnosti a využití).....	11
2.6 GPS.....	12
2.6.1 Charakteristika GPS.....	12
2.6.2 Oblasti využití GPS.....	14
2.6.3 Zdroje chyb měření v systému GPS	15
2.7 CHYTRÉ NÁRAMKY	16
2.7.1 Chytrý fitness monitor aktivit	17
2.7.2 Náramky a nové telefony	17
2.7.3 Náramky na den i noc	17
2.7.4 Data	18
2.7.5 Mobilní aplikace vs. chytré náramky	18
3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY	19
4 METODIKA.....	20
4.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR	20
4.2 POPIS OVĚŘOVANÝCH PŘÍSTROJŮ	20
4.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ.....	22
4.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	23
5 VÝSLEDKY	25
5.1 BĚH.....	25
5.1.1 Kritérium 2000 m.....	25
5.1.2 Kritérium 400m úseků.....	29
5.1.3 Kritérium trendu.....	31
5.2 CHŮZE	33
5.2.1 Kritérium 2000 metrů	33
5.2.2 Kritérium 400m úseků.....	36

5.2.3 Kritérium trendu.....	37
6 DISKUZE.....	40
7 ZÁVĚRY.....	42
8 SOUHRN	43
9 SUMMARY	44
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	45
10.1 INTERNETOVÉ ODKAZY	47

1 ÚVOD

Pohybová aktivita je součástí života každého z nás. Určitá úroveň pohybové aktivity, která je daná určitou intenzitou, dobou trvání, frekvencí, typem a vztahem ke zdraví člověka z pohledu fyzického i psychického je obsahem mnoha odborných publikací a studií. Velmi důležitou složkou výzkumu v oblasti pohybové aktivity je monitoring pohybové aktivity. Výzkumy pohybové aktivity u různých populačních skupin předpokládají volbu adekvátních a dostatečně validních metod pro měření. Specifikům monitoringu pohybové aktivity se věnují např. Kohl, Fulton a Caspersen (2000), Malina, Bouchard a Bar-Or (2004), Sirard a Pate (2001) nebo Welk, Corbin a Dale (2000).

Metodologie monitoringu pohybové aktivity nabízí desítky metod objektivního i subjektivního charakteru určených pro laboratorní a terénní měření. Jde např. o přímou a nepřímou kalorimetrii, monitoring srdeční frekvence, metodu DLW (dvojitě izotopicky značená voda), senzory pohybu, přímé porovnání, dotazníkové a deníkové metody a mnoho dalších možností (Montoye, Kemper, Saris, & Washburn, 1996). Z výše zmíněných důvodů se pohybová aktivita člověka stává jedním z publikačně nejfrekventovanějších problémů v odborné literatuře kinantropologického, veřejně zdravotnického, „medicínsko behaviorálního“ či epidemiologického zaměření (Frömel et al., 2005).

GPS se používá v mnoha oblastech, např. v dopravě, zoologii, botanice, geologii, geodézii, geofyzice, ale i ve sportu – to je jen malý výčet toho, kde je tento fenomén dnes využíván. V pohybové aktivitě se GPS využívá pro diagnostiku ve sportovních hrách ale také pro jednotlivce.

V dnešní moderní době jsou neustále vyvíjeny nové technologie, určené jak pro výzkumnou oblast, tak i pro individuální a skupinové používání. Při sportovních aktivitách s převažující lokomoční složkou se často používají GPS přístroje ve formě náramkových hodinek, např. značek Garmin, Polar, Suunto a dalších.

Záměrem mé bakalářské práce je ověřit validitu přístrojů GPS Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikaci Indares v kontrolovaných podmínkách a zjistit, který přístroj je přesnější při měření vzdálenosti.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2.1 POHYBOVÁ AKTIVITA

Pohybová aktivita je souhrn pohybových operací. Nejčastěji je prezentována definice pohybové aktivity jako jakéhokoliv tělesného pohybu zabezpečovaného kosterním svalstvem, který vede k podstatnému zvýšení energetického výdeje nad klidovou hodnotu (Bouchard & Shephard, 1994; Caspersen, Powell, & Christenson, 1985). U jiných autorů nacházíme i jiné pohledy na definování pohybové aktivity, zdůrazňující zejména její dovednostní, adaptační, popř. účelovou stránku.

Pohyb v dnešní velmi moderní době hraje velice důležitou roli v životě každého jedince. Pomáhá udržet lidský organismus v dobrém zdravotním stavu, tělesné i duševní kondici. Lidské tělo je k pohybu uzpůsobeno, a jestliže jej nepoužíváme, ztrácí svalovou hmotu, která je pak snadno a rychle nahrazována tukem. Tělesná hmotnost se zvyšuje a s tím přicházejí bolesti kloubů a kostí a další zdravotní problémy.

2.2 ŽIVOTNÍ STYL

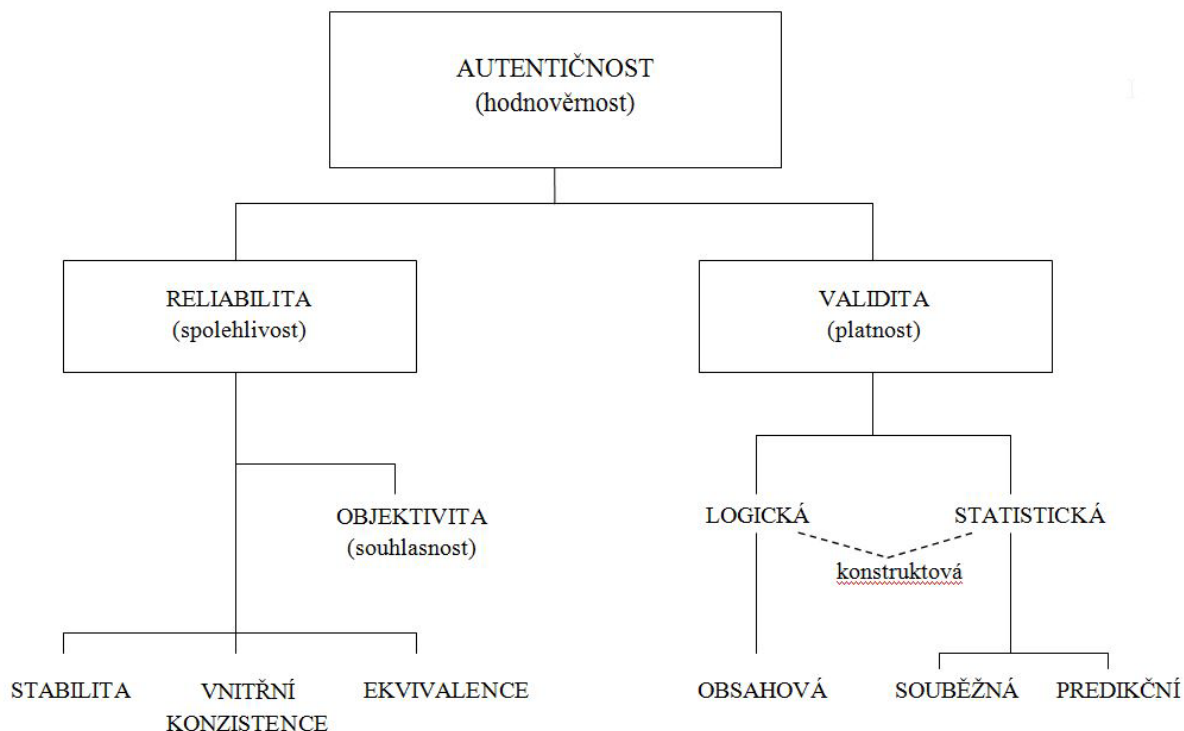
Je uspořádání činností, jimiž se dané individuum, skupina či společnost udržuje nebo obnovuje. Je vnitřně propojená struktura potřeb spjatých s hodnotami, ve které se materiální propojuje s duchovním a usměřňuje obsah a formy veškerého života. Základní determinantou je přijatý hodnotový systém a dosažená úroveň společnosti (Hodaň, 2006).

2.3 PŘESNOST MĚŘENÍ (VALIDITA A RELIABILITA)

Validita neboli platnost testu vypovídá o tom, zda měření odpovídá platným standardům. Reliabilita udává spolehlivost testu. Vypovídá o tom, jak přesně daná metoda měří, hovoří o technické kvalitě měřicího přístroje. Reliabilitu můžeme chápat jako nutný předpoklad validity a test může být sice spolehlivý (mít vysokou reliabilitu), ale může měřit úplně něco jiného, než co si myslíme, a tedy jeho validita může být nízká. Vztah mezi reliabilitou a validitou je vztah mezi přesností a správností. Nejjednodušší způsob, jak zvýšit reliabilitu, je zvýšit počet položek v testu. Poté i několik nevhodně zvolených položek nedokáže negativně ovlivnit reliabilitu testu. Na druhou stranu potom nutíme probandy

provádět testy s mnoha položkami, které možná nejsou ani tak nutné. Prvním předpokladem pro to, aby byl test validní, je jeho reliabilita (Janda, 1998).

Testované výsledky mají poskytovat automatický obraz skutečnosti. K tomu je nezbytné, aby byly reliabilní (spolehlivé) a pro daný účel validní (platné). Výše uvedené dvě kvality jsou nejdůležitější vlastnosti testu, o nichž musí být uživatel informován. Jak ukazuje obrázek 1, zahrnuje reliabilita i validita řadu dílčích aspektů (Měkota, Kovář, & Štěpnička, 1989).



Obrázek 1. Aspekty reliability a validity testu či měření (Měkota, Kovář, & Štěpnička, 1989, upraveno)

2.4 MONITOROVÁNÍ POHYBOVÉ AKTIVITY

Monitorování pohybové aktivity je záznam a vyhodnocování pohybové aktivity. Je prováděno pomocí písemného nebo obrazového záznamu, měřením a záznamem srdeční frekvence apod. (Frömel, Novosad, & Svozil, 1999).

Zkoumání pohybové aktivity jakožto jeden z druhů lidského chování (Malina, 2001) vyžaduje specifickou a komplexní metodologii. Problematika stanovení kvantity a kvality pohybové aktivity tvoří součást této oblasti výzkumu. Pohybovou aktivitu lze vyjádřit různými způsoby – pomocí energetického výdeje a z něj odvozených veličin (kcal, kJ,

METs), vykonané práce (watty), času aktivity (hodiny, minuty). Otázkami metod monitoringu pohybové aktivity a jejich přesnosti se zabývá celá řada souhrnných publikací, například autoři Ainsworth, Montoye, Leon a mnoho dalších.

2.5 SENZORY POHYBU

Je několik typů senzorů pohybu, které se liší cenou, funkcemi a vzhledem. Od levnějších pedometrů (krokoměrů) až po dražší akcelerometry (Valanou, Bamia, & Trichopoulou, 2006). Akcelerometry jsou považovány za přesnější přístroje než pedometry (Sirarda, Patera 2001).

2.5.1 Pedometry

Jsou to malé přístroje s pružinovým mechanismem, které registrují pohyb ve vertikálním směru. Většinou jsou nošeny na boku. Registrují jen aktivity chůze a běhu neboli pohyb prováděný v kyčelním kloubu. Slouží k počítání kroků za časový úsek (Valanou, Bamia, & Trichopoulou, 2006). Nedovedou ukládat data, proto neposkytují informace o trvání a intenzitě pohybu (Bassett, 2000).

Ze stránky praktičnosti jsou pedometry levným monitorovacím přístrojem, který je dostupný i veřejnosti. Může být použit jako záznamový přístroj a jako prostředek zpětné vazby. V kombinaci se záznamem hodnot mohou být pedometry využívány jako způsob zvyšování denní pohybové aktivity (Gesell, 2003).

Například pedometr SW200 je vynikající volnou pro každého, kdo chce jednoduše a spolehlivě měřit počet kroků. Byl ověřen v mnoha rozsáhlých studiích a poskytuje snadné použití a přesný odhad počtu kroků. Má pouze jedno tlačítko – resetování na nulu (www.cavill.net).

2.5.2 Akcelerometry (druhy, vlastnosti a využití)

Akcelerace je zrychlení neboli tzv. pohyb měnící svou rychlost v závislosti na čase. Akcelerometrie patří mezi kinematické metody a umožňuje měření zrychlení pomocí akcelerometrů. Akcelerometrie zkoumá pohyb především z fyzikálního pohledu a je jednou z dílčích metod kinematické analýzy. Elektronické pohybové senzory byly vyvinuty jako

přístroje s možností standardizace a lepší kvality měření. Registrují akceleraci a deceleraci (zpomalení) těla, a proto mohou poskytnout objektivní a přímé měření frekvence a intenzity pohybu při fyzické aktivitě (Radvanský, Nečasová, & Matouš, 1997). Akcelerometry jsou stále více využívány pro analýzu chůze.

Rozeznáváme různé druhy akcelerometrů, jejichž řazení závisí na pojetí autora. Např. Eren (1999) dělí akcelerometry na piezoelektrické, piezoodporové, tepelné, kapacitní, s využitím principu tunelování.

Piezoelektrické akcelerometry se využívají u systémů měřících a kontrolujících pohyb, jako jsou dopravní prostředky, automatické navigace, zařízení pro předpověď zemětřesení, kontrolní systém robotů, zařízení monitorující zdraví a další (Jun, Min, Lan, & Jingcheng, 2013).

Akcelerace se objevila jako užitečný nástroj pro měření běžné pohybové aktivity v epidemiologických studiích. Platnost odhadů aktivity závisí na předpokladu, že měření jsou rovnocenná pro muže a ženy, při výkonu činnosti se stejnou intenzitou (Van Domelen et al., 2014).

Akcelerometru lze používat při monitoringu pohybové aktivity k odhadu energetického výdeje, popř. reakčních sil působících na podložku. Ovšem nedostatek standardizovaných kalibračních metod jeho užitečnost omezuje (Coolbaugh, & Hawkins, 2014).

Povědomí o monitorování může ovlivnit úroveň habituální pohybové aktivity. Tento reaktivní efekt může zkreslit získaná data (Dössegger et al., 2014).

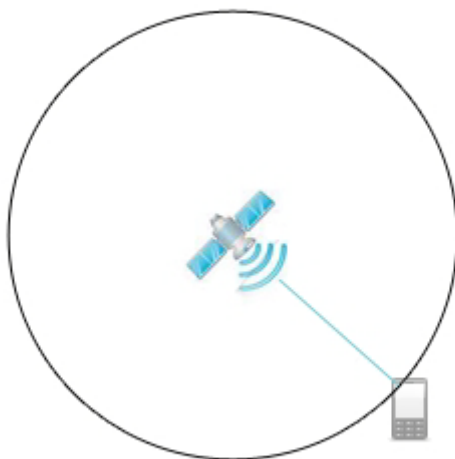
2.6 GPS

2.6.1 Charakteristika GPS

Globální polohový systém (známý více pod zkratkou GPS z *Global Positioning System*) je družicový systém vybudovaný pro potřeby navigace a určování polohy, jehož služby jsou dostupné téměř nepřetržitě, kdykoliv a kdekoliv. Jedná se v dnešní době o nejmodernější navigační systém. Jedinou podmínkou pro použití GPS je přímá viditelnost na oblohu. Proto není možné systém GPS využívat v podzemních prostorách nebo pod hustou vegetací (Rapant, 2002).

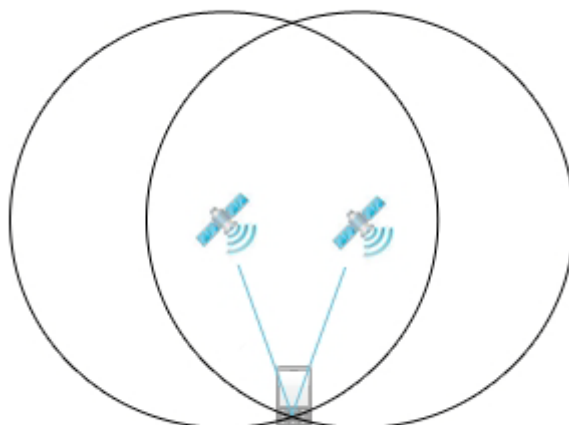
GPS je technologie, při které se využívají družice obíhající na oběžné dráze Země ve vzdálenosti 22.200 kilometrů, k určování aktuální polohy, rychlosti pohybu a třeba i měření vzdálenosti. Princip, na kterém GPS systém pracuje, je poměrně jednoduchý. Družice na

oběžné dráze slouží jako vysílač a GPS zařízení (mobilní telefon, sportovní hodinky, navigace) slouží jako přijímač. K fungování systému je nutné, aby každá družice vysílala rádiový signál obsahující informaci o poloze družice a času vysílání. Tyto informace slouží k výpočtu vzdálenosti přijímače od dané družice. Pokud je známa vzdálenost přijímače od vysílače, je možné si představit imaginární kružnici kolem družice s poloměrem vypočtené vzdálenosti, na níž se přijímač nachází (www.hw.cz).



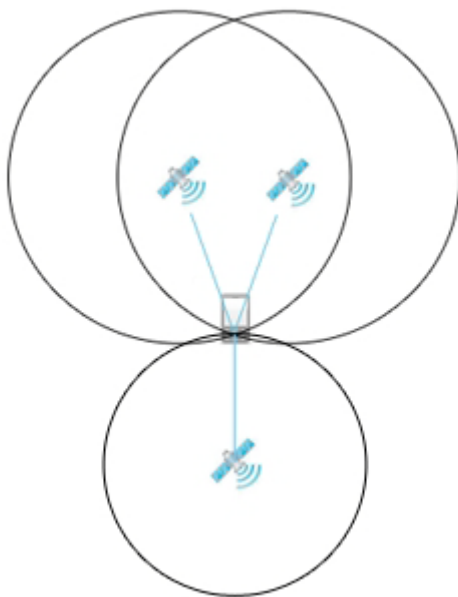
Obrázek 2. Určení polohy 1

Pokud tento princip zároveň využijeme u další družice, vzniknou dva průsečíky a na jednom z nich se přijímač nachází (www.mobilizujeme.cz).



Obrázek 3. Určení polohy 2

Využitím další družice, určíme průsečík, na kterém se přijímač nachází. Nyní tedy známe polohu přijímače (www.mobilizujeme.cz).



Obrázek 4. Určení polohy 3

Pro určení polohy je tedy vždy nutné zachytit signál alespoň ze tří družic. Abychom mohli určit i nadmořskou výšku, je nutné zachytit signál ze 4 družic. Čím více družic je pro daný přijímač viditelných, tím je určení polohy přesnější. Pro civilní využití určování polohy je maximální chyba 6 m, pro armádní účely je to 60 cm. Na území České republiky je průměrně viditelných 8 družic. Celkově je systém GPS tvořen 24 družicemi, z toho je jich 21 aktivně pracujících a 3 rezervní (www.hw.cz).

2.6.2 Oblasti využití GPS

Již existuje mnoho možností využití systému přes GPS a díky tomu je tento systém používán v několika oblastech lidské činnosti. Čábelka (2008) uvádí, že se systém GPS dá použít všude, kde potřebujeme znát svou polohu, rychlost nebo čas s danou přesností.

Podle Rapanta (2002) se systém GPS používá nejčastěji v oblasti dopravy (silniční, železniční, lodní, letecké a kosmické). Další využití GPS je v oblasti turistiky a jiných volnočasových aktivit (cyklistika, rybaření atd.), navigace v neznámém terénu s mapou i bez mapy, statistika o trase a rychlosti, možnost zaznamenávání tras a míst apod.

2.6.3 Zdroje chyb měření v systému GPS

Veškerá měření pomocí GPS jsou ovlivněna náhodnými a systematickými chybami, které můžeme rozčlenit do čtyř základních skupin:

- chyby vznikající v řídicím segmentu,
- chyby vznikající v kosmickém segmentu,
- chyby vznikající při šíření signálu,
- chyby vznikající v uživatelském segmentu (www.path.cz).

Případně jiné členění:

- poloha družic vzhledem k přijímači GPS,
- stav družic (zdraví, frekvenční stabilita),
- konstelace družic a dostupnost služeb,
- atmosférické podmínky (vliv ionosféry a troposféry),
- sluneční aktivita,
- vícecestné šíření signálu,
- typ a kvalita antény GPS přijímače,
- poruchy GPS přijímače,
- úhlová viditelnost (rozsah) GPS přijímače,
- pohyb přijímače (statický, dynamický),
- algoritmus výpočtu pozice GPS přijímače,
- doba pozorování,
- poloha uživatele (www.path.cz).

Ionosférické zpoždění (*ionospheric delay*) je zpoždění signálu při jeho průchodu ionosférou (signál má jinou rychlost než při šíření ve vakuu). Ionosféra je vrstva atmosféry od výšky zhruba 50 km do výšky 1 000 km a obsahuje množství volných elektricky nabitých částic (elektronů a iontů), (www.path.cz).



Obrázek 5. Šíření signálu atmosférou

Vícecestné šíření signálu (*multipath*) znamená, že vysílaný signál se k přijímači šíří více cestami. Je to způsobeno odrazem signálu od zemského povrchu nebo odrazem například od budovy apod. Přijaté přímé a odražené signály jsou relativně fázově posunuty a fázové rozdíly jsou úměrné rozdílům v délce dráhy (www.path.cz).



Obrázek 6. Vícecestné šíření signálu

2.7 CHYTRÉ NÁRAMKY

Popularita tzv. „chytrých náramků“ monitorujících pohybovou aktivitu velice rychle roste. Nabídka na trhu se díky tomu zvětšuje a výběr se tak pro běžného uživatele stává čím dál více obtížnějším. Základem náramků je pedometr (krokoměr), který potřebuje potřebná data pro výpočet překonané vzdálenosti nebo spálených kalorií. Většina náramků umí už i sledovat spánkovou aktivitu. Kvůli zachování a přehlednému zobrazení dat komunikují všechny modely s chytrými telefony, ty vybavenější umí navíc ještě upozornit na přijaté textové zprávy nebo příchozí telefonní hovory (www.dtest.cz).

2.7.1 Chytrý fitness monitor aktivit

V uplynulém roce se objevila spousta chytrých náramků a vybrat si ten nejlepší není ani pro odborníka tak jednoduché, jak se na první pohled zdá. Ono není ani tak jednoduché tento typ výrobku správně pojmenovat. Na různých internetových obchodech a webových stránkách se můžeme setkat s názvy jako chytré náramky, fitness náramky nebo pásy, sportovní náramky nebo monitory či snímače denních aktivit. Asi nejlepší název tohoto výrobku vystihuje „chytré náramky“, protože se jedná vlastně o sofistikovanější pedometr či akcelerometr, který je schopen změřit počet kroků a na základě zadaných dat o osobě uživatele vypočítat množství spálených kalorií nebo také ušlou či uběhnutou vzdálenost. Pokud bychom je chtěli nazývat fitness nebo sportovní náramky, měly by také umět změřit srdeční tep, ale takovou funkci obvykle ještě nemají (www.dtest.cz).

2.7.2 Náramky a nové telefony

Pro přehlednější zobrazení nasbíraných dat, porovnání výkonů, sledování pokroku nebo spánkové aktivity slouží aplikace v chytrých telefonech nebo softwaru v počítači. Z praktického hlediska je lepší mobil, jelikož se předpokládá, že jej uživatel nosí pořád u sebe, ovšem nezbytné je, aby byl vybaven rozhraním bluetooth 4.0. To se doporučuje ověřit, jelikož jim jsou vybaveny jen novější moderní telefony (www.dtest.cz).

2.7.3 Náramky na den i noc

Podstatou chytrých náramků je sledování pohybu pomocí integrovaných triaxiálních akcelerometrů. Smyslem je především motivace k pohybovým činnostem prostřednictvím plnění každodenních cílů. Každý den by se měl ujít určitý počet kroků, doporučuje se 10.000 (Pelclová et al., 2009). Svůj individuální cíl si uživatel může zadat sám, nebo využít nastavení od výrobce (www.dtest.cz).

2.7.4 Data

Z pohledu funkčnosti náramků je nejdůležitější vlastnost kvalita naměřených dat, jejich stálost a přesnost. Z těchto ukazatelů je z praktického hlediska důležitější stálost dat, tedy aby náramek při opakování stejných úkonů poskytoval konzistentní a neměnná data. Přesnost je samozřejmě také podstatná, ale i když přístroj nebude poskytovat výstupy zcela odpovídající skutečnosti, pro porovnání výkonů v jednotlivých dnech a sledování progresu i tak poslouží dostatečně (www.dtest.cz).

2.7.5 Mobilní aplikace vs. chytré náramky

Chytré náramky umí sledovat běžnou aktivitu složenou z různých každodenních činností a poskytovat většinou základní data o ušlé vzdálenosti, počtu kroků nebo množství spálených kalorií. Mobilní aplikace obdobného zaměření jsou určeny především na monitorování konkrétních sportovních výkonů a k poskytování s nimi souvisejících dat. Oproti chytrým náramkům mají tu výhodu, že mohou kdekoliv využívat GPS modul mobilního telefonu a zaznamenávat tak trasu na mapě, rychlost nebo tempo a ukládat si tyto záznamy do historie. Na druhou stranu ale zase nelze tyto možnosti využít při cvičení uvnitř (v budovách), protože jsou na GPS signálu závislé a bez něho žádná data neposkytují (www.dtest.cz).

3 CÍLE A VÝZKUMNÉ OTÁZKY

Hlavním cílem této bakalářské práce je realizovat standardizační studii o validitě přístrojů GPS Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares v kontrolovaných podmínkách při chůzi a běhu a přispět tak k ověření těchto technik pro výzkum pohybové aktivity.

Dílčí cíle:

- 1) Stanovit validitu GPS přístrojů Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares v kontrolovaných podmínkách.

Výzkumné otázky:

- Jaké jsou odchylky u GPS přístrojů Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares při měření standardní vzdálenosti?
- Bude se lišit přesnost měření vzdálenosti za pomoci jmenovaných přístrojů při různých rychlostech lokomoce?
- Bude přesnost měření vzdálenosti jmenovanými přístroji ovlivněna délkou měřených úseků či narůstající vzdáleností?

4 METODIKA

4.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Ověřovacího měření a sběru dat při běhu a chůzi na 2 km se zúčastnilo celkem 12 osob ve věku od 20 do 38 let (4 muži a 8 žen). Účast byla zcela dobrovolná. Nezbytnou podmínkou pro zařazení do souboru bylo, aby dobrovolníci byli dle vlastního vyjádření zdraví a natolik zdatní, aby splnili dané zadání, tedy udržet dané tempo běhu či chůze na danou vzdálenost.

4.2 POPIS OVĚŘOVANÝCH PŘÍSTROJŮ

Garmin Forerunner 10 (dále G10) jsou malé moderní sportovní GPS hodinky s funkcemi záznamu trasy, měření vzdálenosti, rychlosti/tempa a počtu spálených kalorií. Patří k nejmenším sportovním GPS hodinkám na trhu. Řadí se do kategorie jednodušších a cenově přijatelných modelů. Pořizovací cena se pohybuje kolem 3.000 Kč. Svými vlastnostmi se ale dle výrobce může srovnávat s dražšími modely. Jediným výrazným omezením je nemožnost připojení snímače srdečního tepu. Hodinky mají velmi snadné ovládání. Pro začátek záznamu stačí stisknout jedno tlačítko a v průběhu aktivity se dají sledovat dvě veličiny na displeji hodinek (např.: vzdálenost a tempo běhu). Kromě záznamu času, vzdálenosti, rychlosti, tempa a kalorií nabízí i funkci Virtual Pacer™, která porovnává aktuální tempo s nastavením v hodinkách. Dále nalezneme položku běh/chůze která zde představuje jednoduchý intervalový trénink s možností nastavit čas běhu a chůze (www.garmin.cz).



Obrázek 7. Garmin Forerunner 10

Garmin Forerunner 610 HR Premium (dále G610) jsou GPS hodinky pro běh a chůzi s dotykovým displejem. Pořizovací cena hodinek se pohybuje kolem 7.000 Kč. Funkce hodinek jsou zaměřeny na pokročilé běžce. Díky vysoce citlivé GPS jsou schopny informovat o rychlosti běhu, aktuálním tempu, průměrném tempu, či vzdálenosti. Dále měří čas, srdeční frekvenci nebo nadmořskou výšku. Hodinky jsou ale použitelné i při dalších různých aktivitách, jako je chůze, jízda na kole, jízda na lyžích nebo in-line bruslení. Nabízí velmi jednoduché ovládání v mnoha jazycích (včetně češtiny) pomocí tlačítek a dotykového displeje. Na displeji s výbornou čitelností a jemným rozlišením lze nastavit od jednoho do čtyř datových polí. K dispozici jsou čtyři obrazovky a je tedy možné během aktivity sledovat najednou až 16 vybraných hodnot (www.garmin.cz).



Obrázek 8. Garmin Forerunner 610 HR Premium

Mobilní aplikace Indares instalovaná v telefonu Huawei Ascend Y300. Mobilní telefon využívá operační systém Google Android 4.1.2 Jelly Bean, je osazen displejem s rozlišením 480x800 obrazových bodů. Obsahuje dvoujádrový procesor taktovaný na frekvenci 1GHz, operační paměť 512 MB, modul GPS (www.mobilmania.cz).

Samotná mobilní aplikace Indares slouží k záznamu, analýze a komparaci pohybové aktivity uživatelů. Ovládání této aplikace je uživatelsky jednoduché, zároveň je ale možné různé vlastnosti systému podrobně upravovat a nastavovat podle specifických potřeb jednotlivých uživatelů. Systém INDARES.COM je vyvíjen ve spolupráci s Centrem kinantropologického výzkumu na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Systém INDARES.COM je také Centrem kinantropologického výzkumu využíván při řešení výzkumného záměru Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky MSM

6198959221 „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“ a dalších mezinárodních projektů (www.indares.com).



Obrázek 9. Mobilní aplikace Indares (obrazovka)

4.3 PRŮBĚH MĚŘENÍ

Základ ověřování tvoří měření běhu a chůze pomocí GPS hodinek G10, G610 a mobilní aplikace Indares. Kritérium pro stanovení validity měření bylo překonání vzdálenosti 2000 m na atletickém ovále. Sledovala se hodnota odchylky a její směr ve smyslu nadhodnocení/podhodnocení.

Každý proband byl na začátku seznámen s cílem výzkumu a s průběhem měření. Také byl poučen o tom, že se účastní dobrovolně. Bylo mu sděleno, že naměřená data zůstanou anonymní.

Poté byly probandovi nasazeny tři přístroje. Na levé ruce v oblasti zápěstí byly umístěny dvojce hodinky (G10 a G610) a ve stejné ruce, na které měl proband hodinky, držel také

mobilní telefon s aplikací Indares. Hodinky G610 měří s přesností na jednotky metrů, Hodinky G10 a mobilní aplikace Indares udávají vzdálenost s přesností na desítky metrů. K určení polohy pomocí GPS bylo využito pouze horizontální komponenty (v ploše), neboť vertikální komponenta je nulová (atletický stadion má nulové převýšení).

Měření probíhalo v měsících březnu, dubnu, květnu a červnu 2015. Ačkoliv klimatické podmínky byly v různých dnech měření proměnlivé (jasno, polojasno, zataženo, déšť), na přesnost měření vzdálenosti neměly vliv. Výzkum byl proveden na standardním 400m atletickém ovále s umělým povrchem (AK Olomouc). 400 metrů se měřilo v první dráze a probandí měli za úkol se držet cca 15 cm od vnitřního okraje. Toto pravidlo stanovuje základní principy pro dráhu, protože v 15cm linii od okraje je dráha přesně 400 metrů dlouhá. Celé znění je v IAAF Track & Field manuálu pro stadiony (www.iaaf.org).

Nejprve se měřily běžecké úseky. Každý proband musel udržovat rychlost 10–12 km/h (tempo 5:00–6:00 na 1 km). Proband měl za úkol, kromě udržování rovnoměrného tempa, každých 400 m na cílové čáře zmáčknout na obou hodinkách mezičasy a z mobilního telefonu nahlásit překonanou vzdálenost, jelikož aplikace Indares nemá možnost záznamů mezičasů. Poté se měřily chodecké úseky. Průběh byl úplně stejný jak při běžeckých úsecích, jen rychlost byla 5–6 km/h (tempo 10:00–12:00 na 1 km).

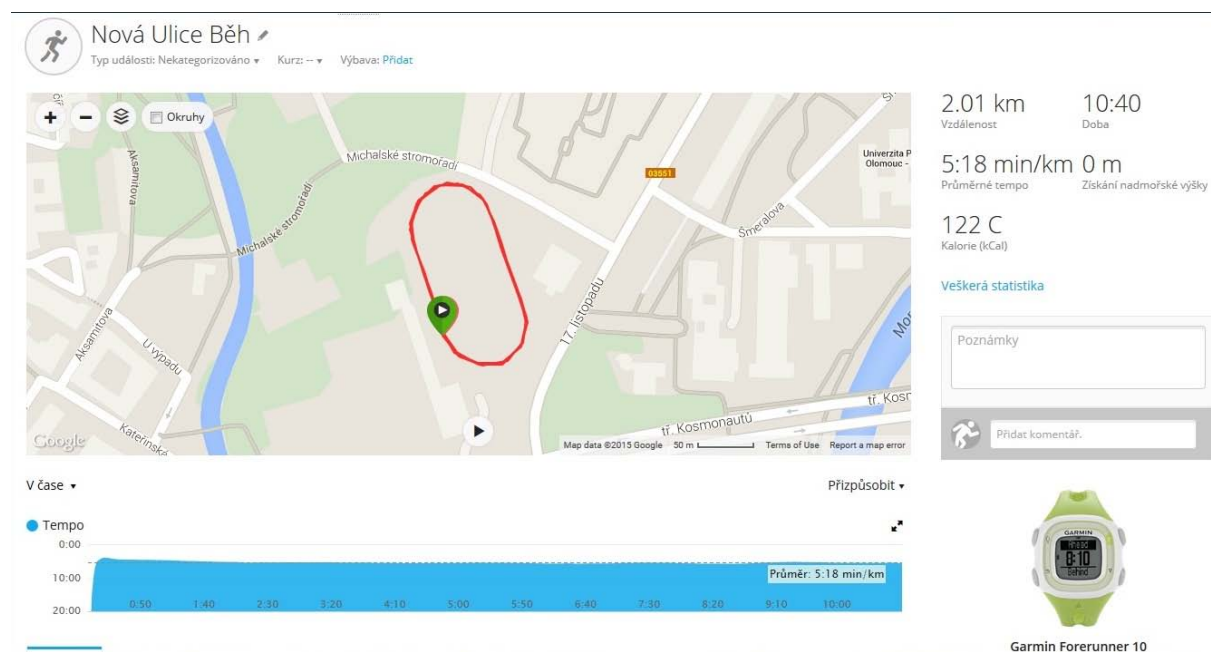
Na startu byly vždy všechny přístroje vynulovány. Vše se během měření ukládalo do historie přístrojů a poté byly výsledky přetaženy do počítače (obrázek 10). Celkově bylo změřeno u běhu i u chůze 20 2km úseků.

4.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ

Ke statistickému zpracování bylo využito softwaru MS Excel. Byly vypočítány základní statistické veličiny (aritmetický průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka, rozptyl), absolutní i relativní odchylky měření. Pro potřeby interpretace naměřených dat jsme si dále stanovili následující podmínky:

- 1) „akceptovatelná chyba měření“ (AME = *acceptable measurement error*), která činí 2,5 % (tj. odchylka 25 metrů na 1 km, resp. 50 metrů na 2 km); takový výsledek označujeme jako přijatelný a validní.
- 2) „kritérium adekvátní přesnosti“ (AAC = *adequate accuracy criterion*), která označuje chybu do 1 % (tj. odchylka 10 metrů na 1 km; resp. 20 metrů na 2 km), takovýto výsledek označujeme jako dostatečně přesný.

Tyto podmínky vycházejí z japonského standardu pro měření počtu kroků za pomoci pedometrů, kde je povolena maximálně 3% chyba (Hatano, 1993). Pro potřeby naší studie a snadnější interpretaci výsledků byla tato chyba snížena na 2,5 % (AME), tedy ± 50 metrů v rámci měřené distance. Přísnější kritérium (AAC) bylo zvoleno s ohledem na kontrolované podmínky a možnost označit získané výsledky jako „přesné“ i přesto, že jako přesný by měl být označen pouze výsledek s nulovou odchylkou.



Obrázek 10. Příklad vyhodnocení záznamu z GPS přístroje v prostředí on-line softwaru Garmin Connect

5 VÝSLEDKY

Získaná data byla analyzována z několika pohledů. Jednak šlo o rychlost lokomoce (běhu a chůze) a jednak jsme sledovali, zda se na přesnosti měření projeví délka měřených úseků, popř. narůstající vzdálenost.

5.1 BĚH

5.1.1 Kritérium 2000 m

Kritérium přesnosti měření vzdálenosti 2000 m bylo v této studii bráno jako hlavní. Jak je patrné z tabulky 1, všechny tři sledované GPS přístroje v průměru měřily danou vzdálenost při běhu požadovanou rychlostí 10-12 km/h v rámci předem stanovené akceptovatelné chyby měření ($\pm 2,5$ %). U obou typů hodinek Garmin se chyba měření blížila 1 %, zatímco průměrná odchylka při měření pomocí GPS v mobilním telefonu s aplikací Indares činila dokonce pouhé 3 metry. Při bližším pohledu na jednotlivá měření (rozptyl, směrodatná odchylka, variační rozpětí) však zjistíme, že GPS hodinky vykazovaly mnohem konzistentnější výsledky než GPS v mobilním telefonu, kde se naopak jednotlivé naměřené hodnoty dosti rozcházely. Nejnižší rozptyl výsledků byl zaznamenán u dražšího typu hodinek.

Celkově vyhovovalo podmínce chyby do 2,5 % 19 z 20 měření u obou typů hodinek, zatímco u mobilního telefonu s aplikací Indares tomu tak bylo ve třech měřeních ze čtyř.

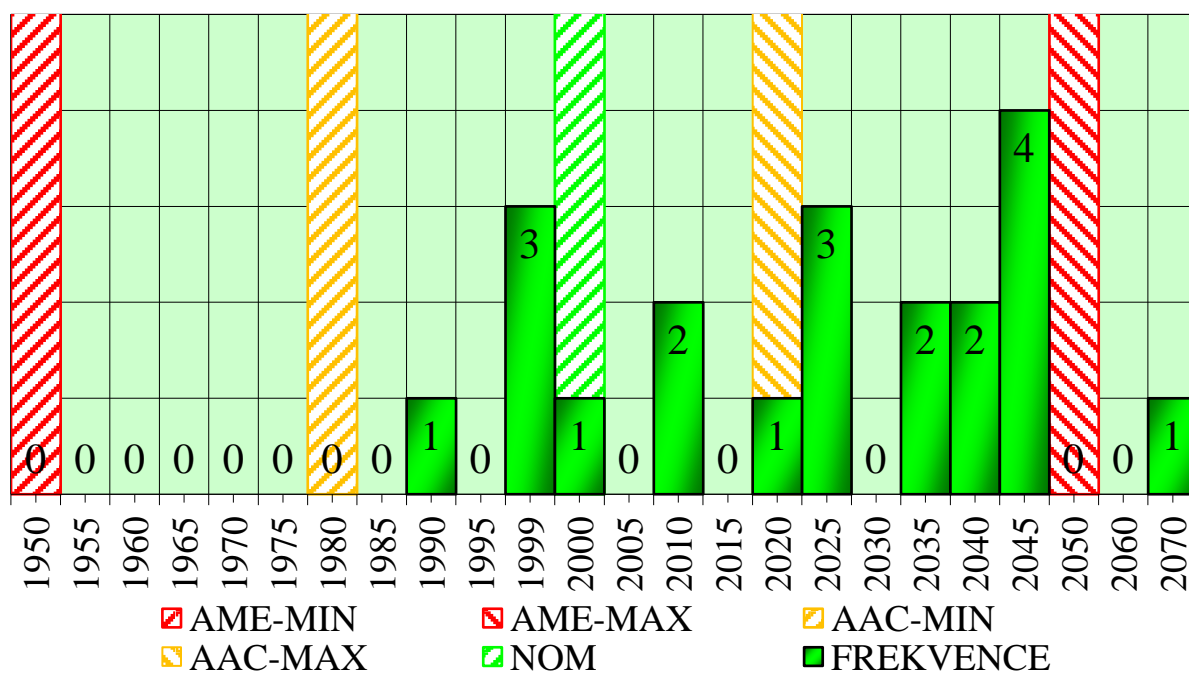
U všech sledovaných typů měření byla zjištěna převaha nadhodnocených výsledků (grafy 1, 2, 3). Každý z přístrojů shodně jedenkrát naměřil dvoukilometrovou vzdálenost s nulovou odchylkou. U mobilního telefonu ovšem dosahovalo průměrné podhodnocení daleko vyšších hodnot než průměrné nadhodnocení, na rozdíl od hodinek.

Tabulka 1. Souhrn naměřených údajů z ověřovaných přístrojů na vzdálenost 2000 m – běh rychlostí 10–12 km/h (n = 20 měření)

Proměnná	Garmin 610	Garmin 10	GPS Indares
naměřená vzdálenost [m] <i>M ± SD</i>	2023,65 ± 20,93	2023,50 ± 29,96	2003,00 ± 100,74
průměrná odchylka [m]	+23,65 (+1,18 %)	+23,50 (+1,18 %)	+3,00 (+0,15 %)
minimum [m]	1989	1970	1760
maximum [m]	2067	2130	2210
variační rozpětí [m]	78	160	450
rozptyl [m]	416,03	852,75	9641,00
měření vyhovující AME	19/20 (95 %)	19/20 (95 %)	15/20 (75 %)
měření vyhovující AAC	8/20 (40 %)	12/20 (60 %)	5/20 (25 %)
průměrné podhodnocení [m]	-4,75 (-1,19 %)	-20,00 (-1,00 %)	-106,67 (-5,33 %)
průměrné nadhodnocení [m]	+32,80 (+1,64 %)	+30,00 (+1,50 %)	+53,85 (+2,69 %)

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, AME – akceptovatelná chyba měření ($\pm 2,5$ %), AAC – kritérium adekvátní přesnosti (± 1 %).

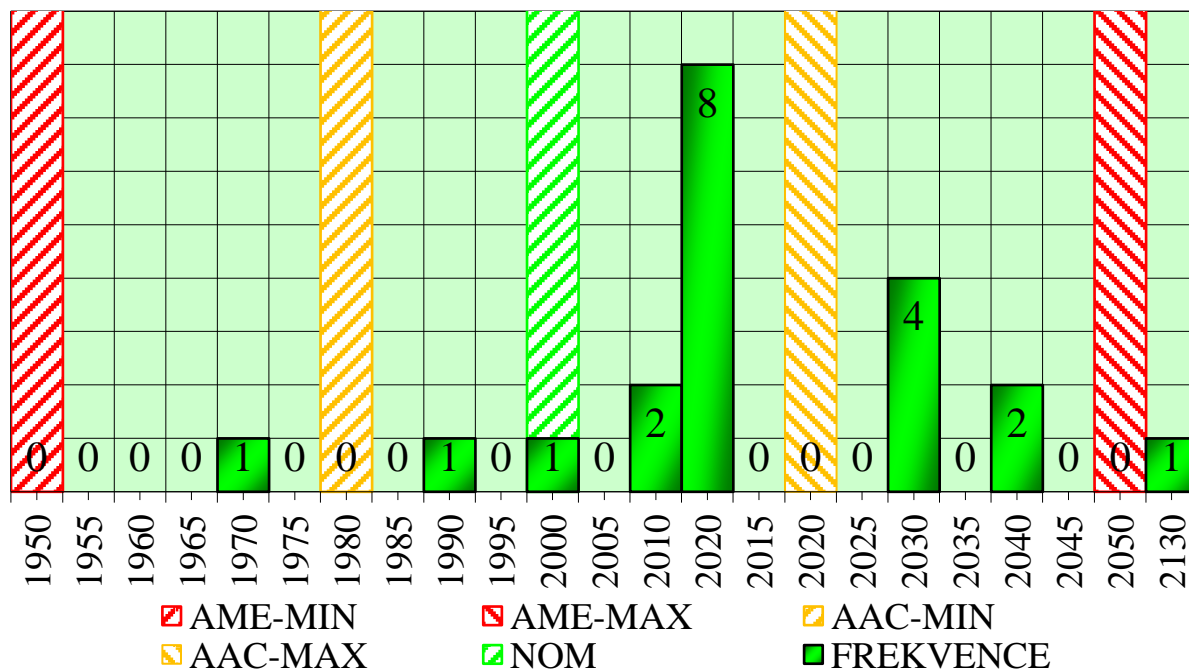
Garmin Forerunner 610 HR Premium



Graf 1. Garmin Forerunner 610 HR Premium – četnost měření

U hodinek Garmin Forerunner 610 HR Premium byla zjištěna převaha nadhodnocených výsledků (15x nadhodnoceno, 4x podhodnoceno, 1x nulová odchylka). S 1% a nižší chybou proběhla poměrově dvě měření z pěti (graf 1).

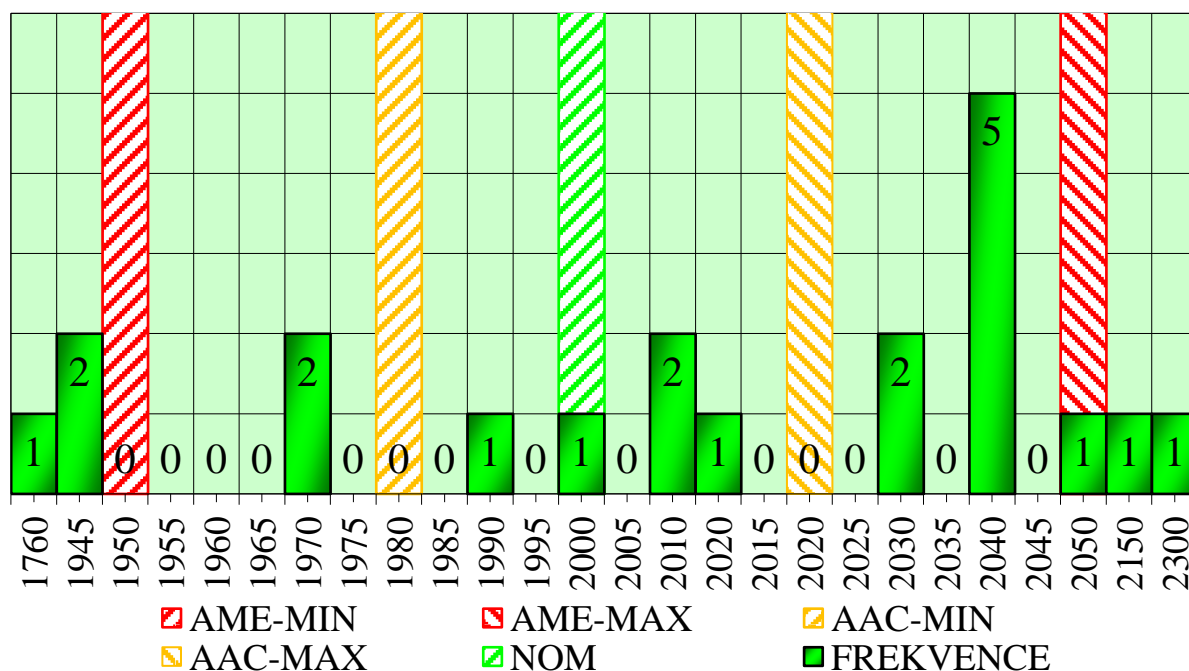
Garmin Forerunner 10



Graf 2. Garmin Forerunner 10 – četnost měření

I u levnějšího typu GPS hodinek (Garmin Forerunner 10) byla zjištěna převaha nadhodnocených výsledků (17x nadhodnoceno, 2x podhodnoceno, 1x nulová odchylka). V rámci 1% chyby však tento typ skóroval lépe než předchozí, dražší typ hodinek. Do odchylky označené jako AAC se vešla poměrově tři měření z pěti (graf 2).

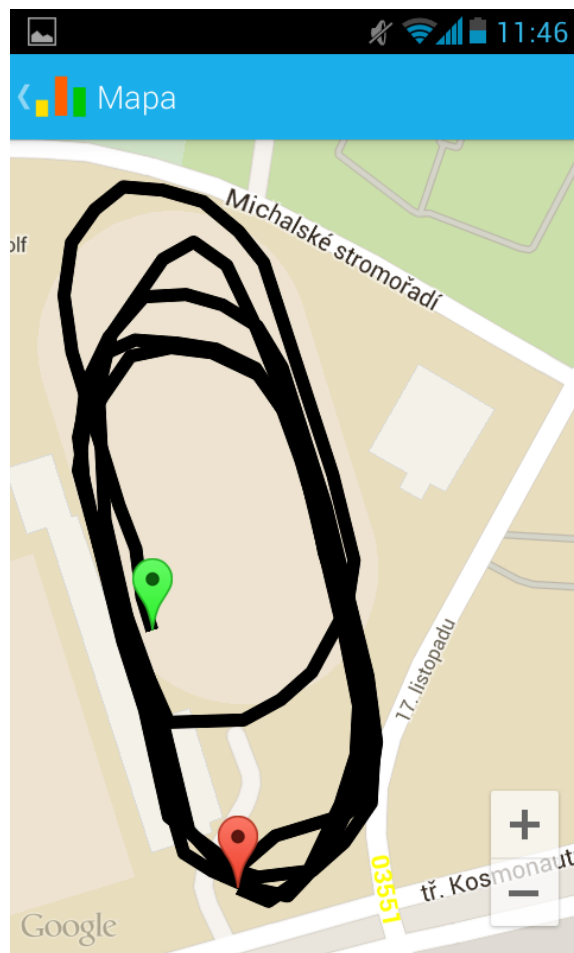
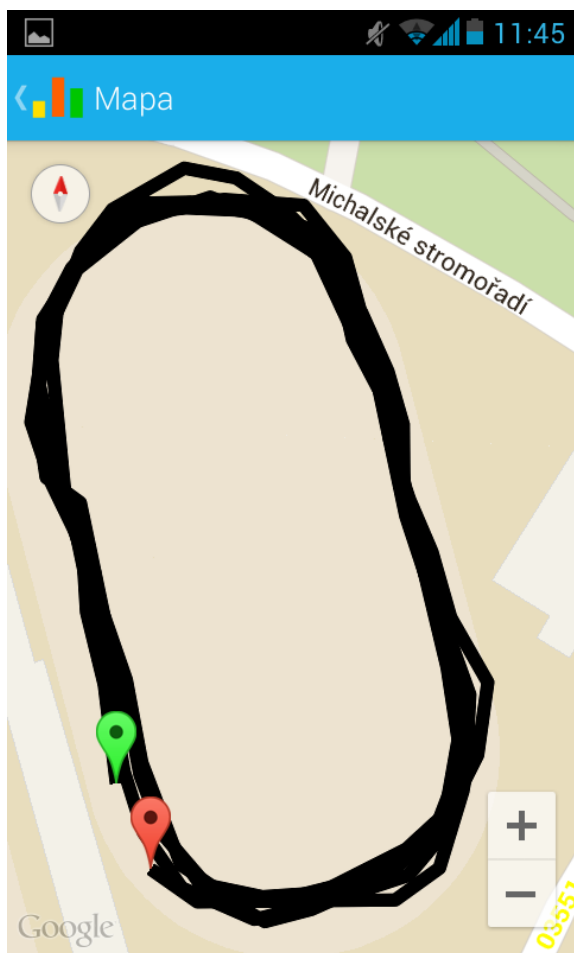
GPS Indares



Graf 3. GPS Indares – četnost měření

Nadhodnocená měření převažují i u mobilní aplikace Indares (13x nadhodnoceno, 6x podhodnoceno, 1x nulová odchylka). V rámci přísnější odchylky AAC proběhlo poměrově pouze jedno měření ze čtyř (graf 3).

Obrázek 11 názorně ilustruje, jakým způsobem mohou vznikat odchylky při měření vzdálenosti za pomoci GPS modulu v prostředí mobilní aplikace Indares.



Obrázek 11. Příklad nejpřesnějšího a nejméně přesného záznamu běhu na mapě v aplikaci Indares

5.1.2 Kritérium 400m úseků

Každé měření bylo v průběhu 2000 m rozděleno na 400m úseky (pomocí měření mezičasů), bylo tedy změřeno $5 \times 20 = 100$ úseků v délce 400 metrů.

Jak je patrné z tabulky 2, všechny sledované GPS přístroje v průměru měřily i krátké úseky při běhu požadovanou rychlostí v rámci předem stanovené akceptovatelné chyby měření ($\pm 2,5 \%$). U obou typů hodinek Garmin se chyba měření blížila 1 %, zatímco průměrná odchylka při měření pomocí GPS v mobilním telefonu s aplikací Indares činila dokonce pouhých 0,6 metru. V souladu s předchozím kritériem převažovala ve všech případech nadhodnocená měření. Rozptyl dat je nejnižší opět u přístroje Garmin 610, naopak u mobilní aplikace nejvyšší.

U hodinek Garmin 10 bylo zaznamenáno 95 % měření v rámci AME, u Garminu 610 to bylo v 87 % případů. Měření krátkých úseků pomocí GPS v mobilním telefonu se v rámci jednotlivých měření odchylovalo nejvíce, na což opět poukazují základní statistické výpočty sledující homogenitu naměřených dat.

U přístroje Garmin 10 a mobilní aplikace Indares nelze určit počet měření v rámci AAC, jelikož měření probíhají s přesností na desítky metrů. Při stanovení nulové odchylky během měření pomocí Garmin 10 a GPS Indares si musíme uvědomit, že interpretace dat je do určité míry zkreslená oproti přístroji Garmin 610. Ačkoliv na displeji hodinek, mobilního telefonu i následně v počítači při počítačovém vyhodnocení bude zobrazena hodnota 0,40 km, skutečná naměřená hodnota může být 400–409 m, čili měření nebude ve všech takových případech odpovídat nulové odchylce. Pro srovnání, přístroj Garmin 610 naměřil vzdálenost 400–409 m v 59 případech ze sta (59 %).

Tabulka 2. Souhrn naměřených údajů z ověřovaných přístrojů na vzdálenost 400 m – běh rychlostí 10–12 km/h (n = 20 měření)

Proměnná	Garmin 610	Garmin 10	GPS Indares
naměřená vzdálenost [m] <i>M ± SD</i>	404,73 ± 5,73	404,80 ± 8,10	400,60 ± 26,74
průměrná odchylka [m]	+4,73 (+1,18 %)	+4,80 (+1,20 %)	+0,60 (+0,15 %)
minimum [m]	393	390	320
maximum [m]	422	440	470
variační rozpětí [m]	29	50	150
rozptyl [m]	32,54	64,96	707,64
měření vyhovující AME	87/100 (87 %)	95/100 (95 %)	60/100 (60 %)
měření vyhovující AAC	44/100 (44 %)	N/A	N/A
měření s nulovou odchylkou	6/100 (6 %)	49/100 (49 %)	19/100 (19 %)

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, AME – akceptovatelná chyba měření ($\pm 2,5$ %), AAC – kritérium adekvátní přesnosti (± 1 %); N/A – nelze aplikovat.

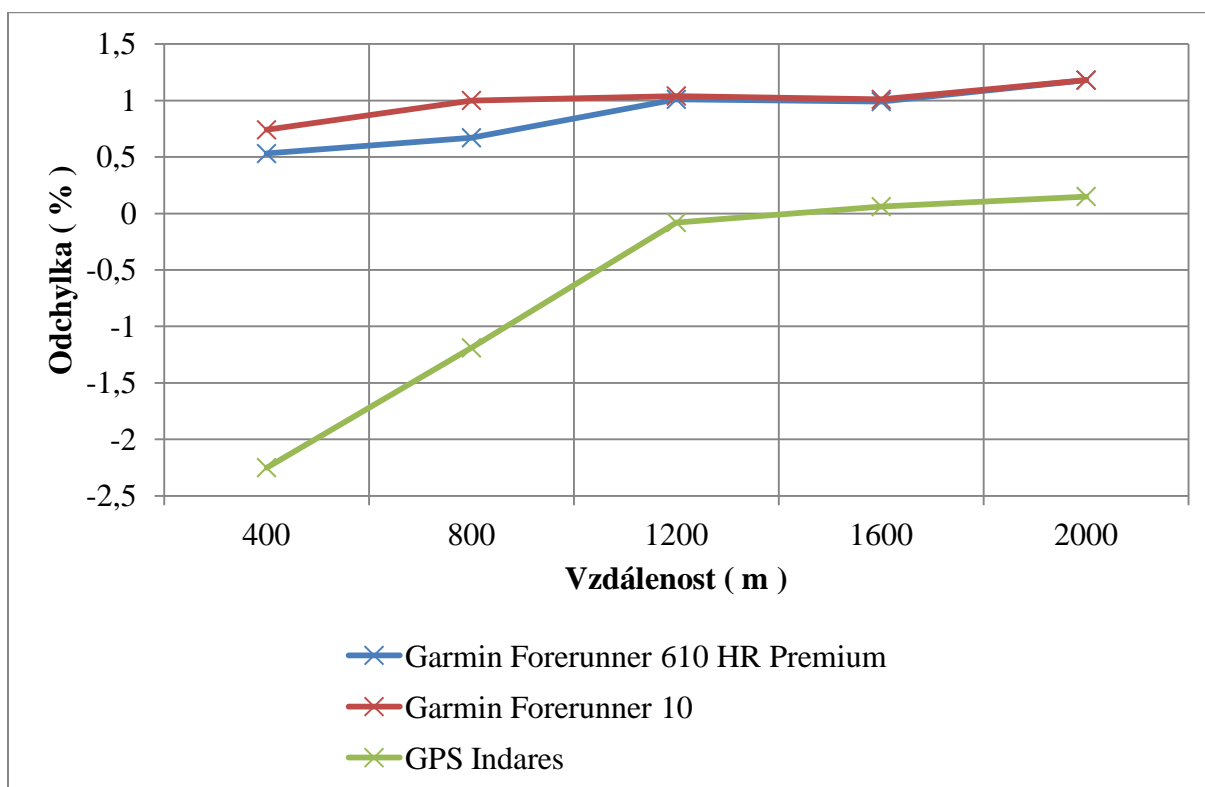
5.1.3 Kritérium trendu

Zajímalo nás, zda a jakým způsobem se s prodlužováním sledované vzdálenosti (400-800-1200-1600-2000 m) mění odchylka (chyba) měření a zda se tedy dá vysledovat nějaký trend ve vztahu přesnosti měření a distance. Souhrnné výsledky zobrazuje tabulka 3.

Kromě průměrné odchylky, kde byly ve výpočtech brány v úvahu plusové i minusové hodnoty odchylek, jsme stanovili i průměr absolutních hodnot odchylek měření, tedy odchylky bez ohledu na podhodnocení či nadhodnocení. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 3 a grafu 4.

Tabulka 3. Průměrné naměřené hodnoty a odchylky vzhledem k narůstající vzdálenosti u ověřovaných přístrojů při běhu rychlostí 10–12 km/h (n = 20 měření)

Skutečná vzdálenost [m]	Naměřená vzdálenost [m]	Průměrná odchylka [m]	Průměr absolutních hodnot odchylek [m]
Garmin 610			
400	402,10	+2,10 (+0,53 %)	4,20 (1,05 %)
800	805,35	+5,35 (+0,67 %)	7,45 (0,93 %)
1200	1210,90	+10,90 (+1,01 %)	12,90 (1,08 %)
1600	1615,90	+15,90 (+0,99 %)	18,90 (1,18 %)
2000	2023,65	+23,65 (+1,18 %)	25,55 (1,28 %)
Garmin 10			
400	403,00	+3,00 (+0,74 %)	6,00 (1,50 %)
800	808,00	+8,00 (+1,00 %)	10,00 (1,25 %)
1200	1212,50	+12,50 (+1,04 %)	15,50 (1,29 %)
1600	1616,00	+16,00 (+1,01 %)	20,00 (1,25 %)
2000	2023,50	+23,50 (+1,18 %)	27,50 (1,38 %)
GPS Indares			
400	391,00	-9,00 (-2,25 %)	17,00 (4,25 %)
800	790,50	-9,50 (-1,19 %)	32,50 (4,06 %)
1200	1199,00	-1,00 (-0,08 %)	42,00 (3,50 %)
1600	1601,00	+1,00 (+0,06 %)	55,00 (3,44 %)
2000	2003,00	+3,00 (+0,15 %)	67,00 (3,35 %)



Graf 4. Závislost odchytky na vzdálenosti při běhu rychlostí 10–12 km/h

U obou GPS hodinek Garmin jsme zaznamenali při běhu na 2000 metrů danou rychlostí mírný nárůst odchytky s prodlužující se vzdáleností. V absolutních hodnotách odchytek není jednoznačný trend. Při měření vzdálenosti pomocí GPS v mobilním telefonu docházelo v první polovině měření k relativně většímu podhodnocení, které se však s narůstající vzdáleností blížilo k nulové odchylce. Absolutní hodnoty odchytek pak vykazují pokles. Pro průkaznější závěry v této části studie by bylo třeba měření větších vzdáleností, což by přispělo k lepšímu prokázání naznačených trendů nebo naopak k jejich odmítnutí.

5.2 CHŮZE

Stejná měření a stejné statistické výpočty byly realizovány i u pomalejšího způsobu lokomoce, tj. chůze rychlostí 5–6 km/h.

5.2.1 Kritérium 2000 metrů

Jak je patrné z tabulky 4, pouze dva ze tří sledovaných GPS přístrojů měřily danou vzdálenost při chůzi požadovanou rychlostí v rámci předem stanovené akceptovatelné chyby měření ($\pm 2,5$ %). Hodinky Garmin 610 zaznamenávaly vzdálenost při chůzi s 3% chybou. Výsledky však vykazovaly nejkonzistentnější, zatímco Garmin 10 a GPS Indares zaznamenávaly vzdálenost při chůzi s mnohem větším rozptylem dat, přestože v průměru dosahovaly přesnějších výsledků vzhledem ke kritériu 2000 m.

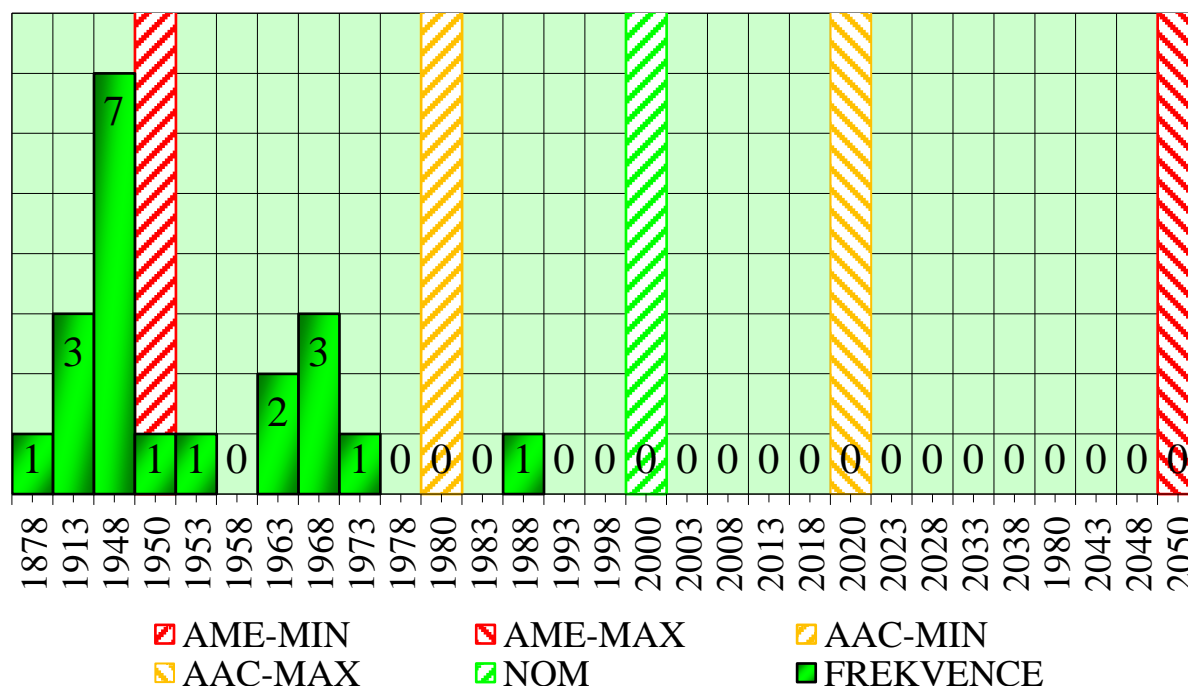
Tabulka 4. Souhrn naměřených údajů z ověřovaných přístrojů na vzdálenost 2000 m – chůze rychlostí 5–6 km/h (n = 20 měření)

Proměnná	Garmin 610	Garmin 10	GPS Indares
naměřená vzdálenost [m] <i>M ± SD</i>	1939,65 ± 27,47	1973,50 ± 46,48	2013,00 ± 52,63
průměrná odchylka [m]	-60,35 (-3,02 %)	-26,50 (-1,33 %)	+13,00 (+0,65 %)
minimum [m]	1878	1900	1940
maximum [m]	1984	2060	2130
variační rozpětí [m]	106	160	190
rozptyl [m]	716,63	2052,75	2631,00
měření vyhovující AME	9/20 (45 %)	13/20 (65 %)	15/20 (75 %)
měření vyhovující AAC	1/20 (5 %)	4/20 (20 %)	7/20 (35 %)
průměrné podhodnocení [m]	-60,35 (-3,02 %)	-51,43 (-2,57 %)	-38,57 (-1,93 %)
průměrné nadhodnocení [m]	N/A	+31,67 (+1,58 %)	+48,18 (+2,41 %)

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, AME – akceptovatelná chyba měření ($\pm 2,5$ %), AAC – kritérium adekvátní přesnosti (± 1 %); N/A – nelze aplikovat.

U měření za pomoci GPS hodinek Garmin byla zjištěna převaha podhodnocených výsledků (grafy 5, 6, 7). Pouze mobilní aplikace Indares naměřila dvoukilometrovou vzdálenost dvakrát s nulovou odchylkou.

Garmin Foreruner 610HR Premium

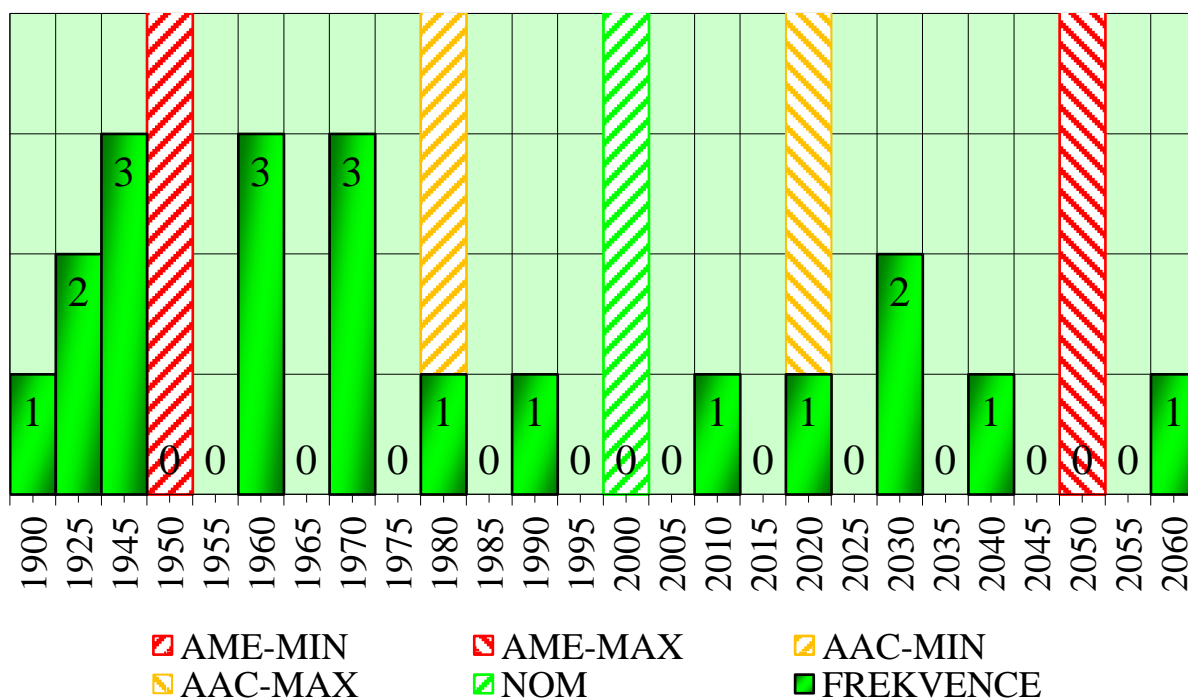


Graf 5. Garmin Foreruner 610 HR Premium – četnost měření

Všechna měření chůze u přístroje Garmin 610 byla bez výjimky podhodnocená. Většinu naměřených vzdáleností podhodnocoval i levnější typ hodinek Garmin 10 (14x podhodnoceno, 6x nadhodnoceno). V tomto bodě sledujeme největší rozdíl v měření vzdálenosti mezi chůzí a během, a tedy souvislost mezi rychlostí lokomoce a přesností GPS záznamu (grafy 5 a 6).

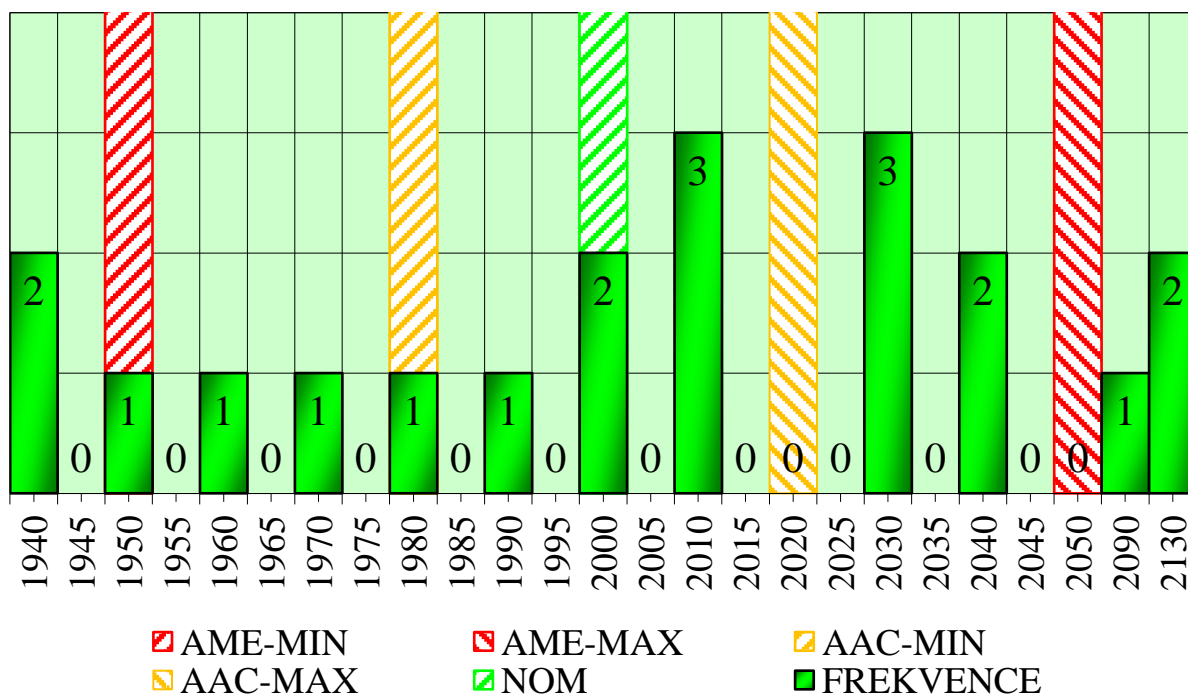
Při měření vzdálenosti překonané chůzí pomocí GPS v mobilním telefonu byla zjištěna mírná převaha nadhodnocených měření (11x nadhodnoceno, 7x podhodnoceno, 2x nulová odchylka), (graf 7). Lze se tedy domnívat, že přesnost měření vzdálenosti mobilním telefonem nebyla ovlivněna rychlostí lokomoce. Obrázek 12 opět ukazuje příklad vzniku odchylek při sledování trasy pomocí GPS v prostředí mobilní aplikace Indares.

Garmin Foreruner 10

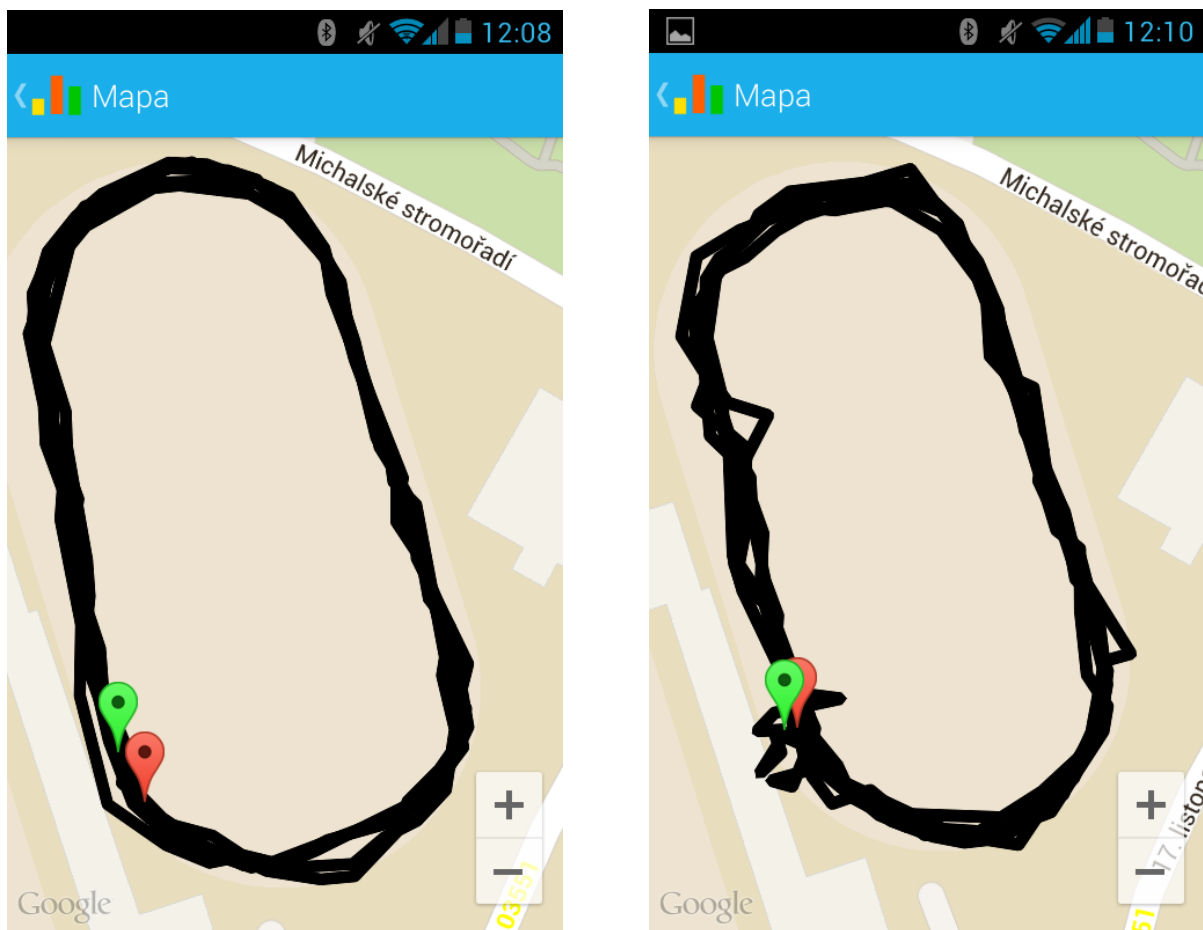


Graf 6. Garmin Foreruner 10 – četnost měření

GPS Indares



Graf 7. GPS Indares – četnost měření



Obrázek 12. Příklad nejpřesnějšího a nejméně přesného záznamu chůze na mapě v aplikaci Indares

5.2.2 Kritérium 400m úseků

I při rozdělení měření na krátké 400m úseky danému kritériu AME pro měření vzdálenosti chůze rychlostí 56 km/h vyhovují pouze levnější hodinky Garmin 10 a GPS v mobilním telefonu. Oba způsoby měření vzdálenosti jsou vzájemně porovnatelné (např. cca třetinu úseků naměřily s nulovou odchylkou, mají podobné procento úspěšnosti měření vyhovujících AME apod.), nicméně zatímco hodinky lehce podhodnocují, GPS v mobilním telefonu naopak mírně nadhodnocuje. Garmin 610 vykazuje podhodnocení vzdálenosti o 3 %. Opět u něj zaznamenáváme nejnižší rozptyl naměřených výsledků, ale také nejnižší procento úseků naměřených v rámci AME.

Tabulka 5. Souhrn naměřených údajů z ověřovaných přístrojů na vzdálenost 400 m – chůze rychlostí 5-6 km/h (n = 20 měření)

Proměnná	Garmin 610	Garmin 10	GPS Indares
naměřená vzdálenost [m] <i>M ± SD</i>	387,93 ± 6,77	394,70 ± 12,18	402,60 ± 17,33
průměrná odchylka [m]	-12,07 (-3,02 %)	-5,30 (-1,33 %)	+2,60 (+0,65 %)
minimum [m]	370	370	340
maximum [m]	403	430	470
variační rozpětí [m]	33	60	130
rozptyl [m]	45,37	146,91	297,24
měření vyhovující AME	44/100 (44 %)	73/100 (73 %)	72/100 (72 %)
měření vyhovující AAC	9/100 (9 %)	N/A	N/A
měření s nulovou odchylkou	0/100 (0 %)	36/100 (36 %)	32/100 (32 %)

Vysvětlivky: M – aritmetický průměr, SD – směrodatná odchylka, AME – akceptovatelná chyba měření ($\pm 2,5$ %), AAC – kritérium adekvátní přesnosti (± 1 %); N/A – nelze aplikovat.

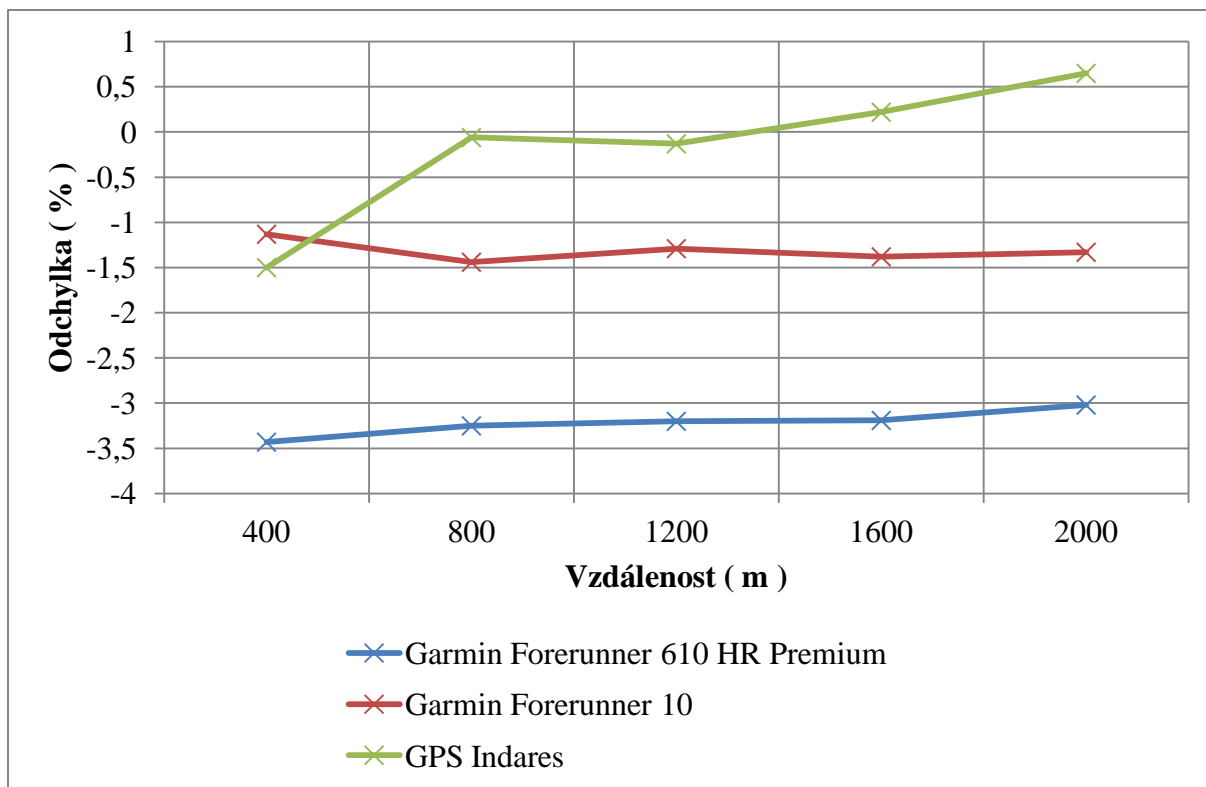
5.2.3 Kritérium trendu

Jak je patrné z tabulky 6 i grafu 8, GPS hodinky Garmin 610 mají tendenci k mírnému snižování odchylky měření s narůstající vzdáleností (od -3,4 % až k -3,0 % během 2000 m). Odchylka (podhodnocení naměřené vzdálenosti) však po celou dobu měření zůstává více než tříprocentní. U levnějšího typu Garmin 10 nelze potvrdit jednoznačný trend, rozsah odchylky od aktuální vzdálenosti se po celou dobu měření pohybuje řádově v rozmezí desetin procenta, což platí i pro absolutní hodnoty odchylek.

U GPS Indares jsou tendence podobné jako při běhu. Po počátečním podhodnocení se odchylka měření s postupující vzdáleností více a více blíží skutečné vzdálenosti. Naznačené trendy by opět potvrdilo měření větších vzdáleností.

Tabulka 6. Průměrné naměřené hodnoty a odchylky vzhledem k narůstající vzdálenosti u ověřovaných přístrojů při chůzi rychlostí 5–6 km/h (n = 20 měření)

Skutečná vzdálenost [m]	Naměřená vzdálenost [m]	Průměrná odchylka [m]	Průměr absolutních hodnot odchylek [m]
Garmin 610			
400	386,30	-13,70 (-3,43 %)	13,70 (3,43 %)
800	774,00	-26,00 (-3,25 %)	26,00 (3,25 %)
1200	1161,60	-38,40 (-3,20 %)	38,40 (3,20 %)
1600	1549,00	-51,00 (-3,19 %)	51,00 (3,19 %)
2000	1939,65	-60,35 (-3,02 %)	60,35 (3,02 %)
Garmin 10			
400	395,50	-4,50 (-1,13 %)	8,50 (2,13 %)
800	788,50	-11,50 (-1,44 %)	20,50 (2,56 %)
1200	1184,50	-15,50 (-1,29 %)	27,50 (2,29 %)
1600	1578,00	-22,00 (-1,38 %)	37,00 (2,31 %)
2000	1973,50	-26,50 (-1,33 %)	45,50 (2,28 %)
GPS Indares			
400	394,00	-6,00 (-1,50 %)	12,00 (3,00 %)
800	799,50	-0,50 (-0,06 %)	16,50 (2,06 %)
1200	1198,50	-1,50 (-0,13 %)	23,50 (1,96 %)
1600	1603,50	+3,50 (+0,22 %)	28,50 (1,78 %)
2000	2013,00	+13,00 (+0,65 %)	40,00 (2,00 %)



Graf 8. Závislost odchylky na vzdálenosti při chůzi rychlostí 5–6 km/h

6 DISKUZE

Záměrem práce bylo ověřit přesnost měření vzdálenosti pomocí GPS přístrojů Garmin Forerunner 610 HR Premium, Garmin Forerunner 10 a GPS modulu v mobilním telefonu v prostředí aplikace Indares při běhu a chůzi. Šlo o lokomoci v daném tempu a v kontrolovaných podmínkách standardního atletického oválu (stále stejná trajektorie). V daných přístrojích nedochází k paměťové adjustaci pohybu, tedy přestože se proband pohybuje neustále po té samé dráze na oválu, přístroj zaznamenává aktuální polohu tak, jako by šlo o nové body např. v přímce.

Z celkového pohledu lze přesnost měření pomocí přístrojů Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares hodnotit příznivě. Validita měření vzdálenosti (v porovnání se skutečnou distancí) byla při běhu přijatelná (odchyly do 2,5 %). Při chůzi došlo k výraznějším odchylkám, které činily více než 3 %, pouze u dražšího typu GPS hodinek (Garmin 610). Přesto lze i toto odchýlení akceptovat, zvláště bereme-li v úvahu, že jde o hodinky komerčně určené přímo pro běh, nikoliv pro chůzi. Tyto hodinky mají největší konzistenci naměřených výsledků (nejnižší rozptyl dat). Při stanovení vzdálenosti je levnější i dražší typ GPS hodinek srovnatelný. Záleží proto na náročnosti uživatele; pokud mu postačí funkce měření vzdálenosti, rychlost běhu/chůze, popř. tempo, pak levnější typ bude vhodnou volbou. Lze se domnívat, že GPS hodinky jsou vhodné pro individuální měření, neboť jejich chyba měření je stabilní.

Jako nejpřesnější pro měření vzdálenosti se na základě průměrných hodnot jeví GPS v mobilním telefonu (prostředí aplikace Indares). Rozptyl dat je však velmi výrazný, výsledky měření vzdálenosti při běhu i chůzi pomocí GPS v mobilním telefonu se do značné míry rozcházejí. Nicméně při skupinových měřeních (např. při zjišťování lokomoční aktivity v rámci školní třídy), popř. při velkém množství měření individuálních, bychom mohli předpokládat vzájemné „vyrušení“ nadhodnocených a podhodnocených měření, navzdory velkému rozptylu dat. Výhodou aplikace Indares, na rozdíl od jiných podobných (Endomondo, Nike+, Runtastic apod.), je to, že je k dispozici v plné verzi zcela zdarma a nevyžaduje žádné vytváření uživatelského účtu.

Přístroj Garmin 610, který je vybaven funkcí zobrazení detekovaných družic, uváděl na začátku každého měření možnou odchylku od aktuální pozice 5–6 metrů. Wormley (2010) udává, že celková horizontální chyba při určování polohy pomocí GPS může dosáhnout až 10,2 metru a vertikální dokonce 12,8 metru. Je však důležité zmínit, že ani tyto chyby nemusí

mít na výslednou vzdálenost rozhodující vliv, neboť se mohou navzájem vyrušit. Je také otázkou, do jaké míry byl účastník při vysokých rychlostech schopen udržet svůj pohyb v přímce; nevelké výkyvy do stran mohou být v součtu rovněž příčinou nadhodnocení vzdáleností, i když spíše v řádu decimetrů, nikoliv metrů.

Jennings et al. (2010) zjistil, stejně jako bylo zjištěno v této studii, že na přesnost měření mají vliv změny rychlosti pohybu, ale hlavně také prudké změny směru, což je typické třeba pro sportovní hry.

Přesnost měření je do určité míry závislá na počasí, aktivita slunce se odráží na přesnosti určení polohy (www.beruna.cz). V této studii vliv klimatu nebyl sledován, ale výsledky vykazovaly stabilní odchylky i v proměnlivém počasí.

Tato studie byla záměrně postavena tak, aby probíhala pokud možno v ideálních podmínkách, co se týká možnosti měření vzdálenosti pomocí GPS (standardní atletický ovál, nulové převýšení, otevřená obloha bez okolní zástavby apod.).

Další analýzy by se měly zaměřit na přesnost měření vzdálenosti ověřovanými GPS přístroji v terénních podmínkách, které budou bližší reálné situaci pohybu např. při aktivitách pohybově rekreačního či sportovního charakteru, ať už v městské zástavbě, nebo třeba v lesním porostu, parku apod.

7 ZÁVĚRY

- Ověřované přístroje (2 typy GPS hodinek Garmin a mobilní telefon s aplikací Indares) měří standardní 2km vzdálenost v kontrolovaných podmínkách s dostatečnou přesností zejména při běhu. Stanoveného rozmezí akceptovatelné chyby měření ($\pm 2,5$ %) jakožto validačního kritéria bylo dosaženo.
- Při chůzi dosahují daného kritéria pouze Garmin 10 a GPS Indares, zatímco Garmin 610 zaznamenává vzdálenost s více než 3% podhodnocením.
- Nejkonzistentnějších výsledků při měření vzdálenosti dosahují GPS hodinky Garmin 610.
- Ověřované přístroje vykazují procentuálně velmi podobné odchylky při měření dlouhých (2000 m) i krátkých (400 m) úseků.
- Na přesnost měření ověřovanými GPS hodinkami má vliv rychlost lokomoce. U běhu dochází k mírnému nadhodnocování naměřené vzdálenosti, u chůze naopak k podhodnocování. Tato tendence nebyla zjištěna u měření vzdálenosti pomocí mobilního telefonu.
- Získané výsledky naznačují obecnější trend zvětšování odchylky měření s prodlužující se vzdáleností zejména při běhu. Tuto domněnku je třeba ověřit při měření delších distancí.
- GPS hodinky Garmin Forerunner 610 HR Premium a Garmin Forerunner 10 se jeví jako vhodné pro individuální použití, zatímco mobilní aplikaci Indares a měření vzdálenosti pomocí mobilního telefonu lze doporučit spíše pro skupinový monitoring lokomočních aktivit.
- Další studie by se měla zaměřit na přesnost měření vzdálenosti ověřovanými GPS přístroji také v terénních podmínkách.

8 SOUHRN

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo realizovat standardizační studii o validitě přístrojů GPS Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium a mobilní aplikace Indares v kontrolovaných podmínkách při chůzi a běhu a přispět tak k ověření těchto technik pro výzkum pohybové aktivity. Bylo zjišťováno, jaké jsou odchylky u těchto přístrojů při měření standardní vzdálenosti, jak se liší přesnost měření vzdálenosti při různých rychlostech lokomoce a zda je přesnost měření vzdálenosti ovlivněna délkou měřených úseků či narůstající vzdáleností.

Ověřovací studie se účastnilo 12 probandů. Každý z nich měl za úkol překonat vzdálenost 2000 m na standardním atletickém ovále předepsaným tempem běhu (10–12 km/h) nebo chůze (5–6 km/h) s nasazenými přístroji. Zároveň byly každých 400 m zaznamenávány průběžné hodnoty měření vzdálenosti.

Ověřované přístroje měří standardní 2km vzdálenost v kontrolovaných podmínkách s dostatečnou přesností zejména při běhu. Stanoveného rozmezí akceptovatelné chyby měření ($\pm 2,5\%$) jakožto validačního kritéria bylo dosaženo. Při chůzi dosahují daného kritéria pouze Garmin 10 a GPS Indares, zatímco Garmin 610 zaznamenává vzdálenost s více než 3% podhodnocením. Nejkonzistentnějších výsledků při měření vzdálenosti dosahují GPS hodinky Garmin 610.

Na přesnost měření ověřovanými GPS hodinkami má vliv rychlost lokomoce. U běhu dochází k mírnému nadhodnocování naměřené vzdálenosti, u chůze naopak k podhodnocování. Získané výsledky naznačují obecnější trend zvětšování odchylky měření s prodlužující se vzdáleností zejména při běhu.

GPS hodinky Garmin Forerunner 610 HR Premium a Garmin Forerunner 10 se jeví jako vhodné pro individuální použití, zatímco mobilní aplikaci Indares a měření vzdálenosti pomocí mobilního telefonu lze doporučit spíše pro skupinový monitoring lokomočních aktivit.

9 SUMMARY

The main aim of this bachelor thesis was to perform a standardization study about validity of GPS devices Garmin Forerunner 10, Garmin Forerunner 610 HR Premium and mobile app Indares in controlled conditions during walking and running and to contribute to verification of these techniques for physical activity monitoring. Deviations between real and measured distances were examined, as well as possible differences in measurements of distance during two various paces (running and walking), and influences of length of measured sections or increasing distance on accuracy of measurements.

Twelve people took part in data collection which consisted of 2-km run and walk on standard 400-m running track keeping the prescribed pace (running: 10–12km/h; walking: 5–6km/h) with all three devices on. Split measures were recorded every 400 m.

The verified devices measure standard 2-km distance in controlled conditions with sufficient accuracy, especially during running. Determined range of acceptable measurement error ($\pm 2.5\%$) as a criterion for validation was achieved. During walking, this criterion was achieved only by Garmin 10 and GPS Indares whereas Garmin 610 measures distance with more than 3% underestimation. However, when measuring distance, Garmin 610 shows the most consistent results.

Accuracy of measurement in verified GPS watches is influenced by velocity of locomotion. Measured distance is slightly overestimated during running and, on contrary, underestimated during walking. Obtained results mildly indicate more general trend of increase of measurement error with increasing distance especially during running.

Garmin Forerunner 610 HR Premium and Garmin Forerunner 10 are adequately accurate for use in individuals while mobile application Indares using built-in GPS module seems to be useful rather for group analyses.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

- Bassett, D. R. (2000). Validity and reliability issues in objective monitoring of physical activity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(2), 30-36.
- Bouchard, C., & Shephard, C. J. (1994). Physical activity, fitness, and health: The model and key concepts. In C. Bouchard, R. J. Shephard, & T. Stephens (Eds.), *Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement* (pp. 77-88). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Brisson, T., & Tudor-Locke, C. (2004). The health benefits of physical activity and the role of step counters. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research*, 65(1), 26-29.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: Definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100, 126-131.
- Coolbaugh, C. L., & Hawkins, D. A. (2014). Standardizing accelerometer-based activity monitor calibration and output reporting. *Journal of Applied Biomechanics*, 30(4), 594-597.
- Čábelka, M. (2008). *Úvod do GPS*. Praha: CITT.
- Dössegger, A., Ruch, N., Jimmy, G., Braun-Fanrländer, C., Mäder, U., Hänggi, J., Hofmann, H., Puder, J. J., Kriemler, S., & Bringolf-Isler, B. (2014). Reactivity to accelerometer measurement of children and adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(6), 1140-1146.
- Eren, H. (1999). Accelerometers, encyclopedia of electrical & electronics engineering. *Applied Science & Technology Source*, 37-54.
- Frömel, K., Novosad, J., & Svozil, Z. (1999). *Pohybová aktivita a sportovní zájmy mládeže*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Frömel, K. et al. (2005). *Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn* [Výzkumný záměr No. 6198959221]. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Gesell, J. (2003). Pedometers 101: Answers to questions you might ask. *Canadian Journal of Dietetic Practice and Research*, 64(2), S115.
- Hatano, Y. (1993). Use of the pedometer for promoting daily walking exercise. *International Council for Health, Physical Education, and Recreation*, 29, 4-8.
- Hodaň, B. (2006). *Sociokulturní kinantropologie I. Úvod do problematiky*.

- Janda, L. H. (1998). *Psychological testing: Theory and applications*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Jennings, D., Cormack, S., Coutts, A. J., Boyd, L. J., & Aughey, R. J. (2010). Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5, 565-569.
- Jun, L., Min, L., Lan, Q., & Jingcheng, L. (2013). Principle research on a single mass piezoelectric six-degrees-of-freedom accelerometer. *Sensors*, 10844-10855.
- Kohl, III, H. W., Fulton, J. E., & Caspersen, C. J. (2000). Assessment of physical activity among children and adolescents: A review and synthesis. *Preventive Medicine*, 31, S54-S76.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R. M. (2001). Activity and fitness of youth. In H. Válková, & Z. Hanelová (Eds.), *Sborník 2. mezinárodní konference Pohyb a zdraví* (pp. 27-33). Olomouc: Univerzita Palackého.
- Měkota, K., Kovář, R., & Štěpnička, J. (1989). *Antropomotorika II*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Montoye, H. J., Kemper, H. C. G., Saris, W. H. M., & Washburn, R. A. (1996). *Measuring physical activity and energy expenditure*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Pelclová, J., Gába, A., Přidalová, M., Engelová, L., Tlučáková, L., & Zajáč-Gawlak, I. (2009). Vztah mezi doporučeními vztahujícími se k množství pohybové aktivity a vybranými ukazateli zdraví u žen navštěvujících univerzitu třetího věku. *Tělesná kultura*, 32(2), 64-78.
- Radvanský, J., Nečasová, L., & Matouš, M. (1997). Využití pohybových senzorů v měření energetického výdeje pro potřeby pohybové terapie. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 6(4), 113-116.
- Rapant, P. (2002). *Družicové polohové systémy*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava.
- Sigmund, E. (2000). *Pohybová aktivita v životním způsobu dětí ve věku 11-12 let*. Disertační práce, Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Sirard, J. R., & Pate, R. R. (2001). Physical activity assessment in children and adolescents. *Sports Medicine*, 31(6), 439-454.
- Tudor-Locke, C. (2002). Taking steps toward increased physical activity: Using pedometers to measure and motivate. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 3(17), 1-8.

- Tudor-Locke, C., & Bassett, D. R. (2004). How many steps/day are enough? *Sports Medicine*, 34(1), 1-8.
- Valanou, E. M., Bamia, C., & Trichopoulou, A. (2006). Methodology of physical-activity and energy-expenditure assessment: A review. *Journal of Public Health*, 14, 58-65.
- Van Domelen, D. R., Caserotti, P., Brychta, R. J., Harris, T. B., Patel, K. V., Kong Y., C., & Koster, A. (2014). Is there a sex difference in accelerometer counts during walking in older adults? *Journal Of Physical Activity & Health*, 11(3), 626-637.
- Welk, G. J., Corbin, C. B., & Dale, D. (2000). Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 71(2, Suppl.), 59-73.
- Wormley, S. J. (2010). *GPS errors & estimating your receiver's accuracy*. Retrieved 28. 12. 2012 from the World Wide Web: www.edu-observatory.org/gps/gps_accuracy.html

10.1 INTERNETOVÉ ODKAZY

www.beruna.cz	informace o GPS a zdrojích chyb měření
www.cavill.nez	pedometr
www.dtest.cz	test chytrých náramků
www.garmin.cz	přístroje Garmin Forerunner 10 a Garmin Forerunner 610 HR Premium
www.hw.cz	GPS
www.iaaf.org	pravidla atletiky
www.indares.com	aplikace Indares
www.mobilmania.cz	informace o mobilním telefonu
www.mobilizujeme.cz	GPS
www.path.cz	informace o GPS a zdrojích chyb měření