

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

Romas Peleckis

**GPS JUTIKLIO NAUDOJIMO SPORTININKO
TRENIRUOTĖJE TYRIMAS**

Magistro darbas

Vadovas
doc. dr. E.Karčiauskas

KAUNAS, 2006

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
INFORMATIOS FAKULTETAS
PROGRAMŲ INŽINERIJOS KATEDRA

GPS JUTIKLIO NAUDOJIMO SPORTININKO TRENIRUOTĖJE TYRIMAS

Magistro darbas

Kalbos konsultantė
Lietuvių kalbos katedros lektorė
I. Mickienė
2006-05

Recenzentas
Doc. Dr. S. Maciuleičius
2006-05

Vadovas
doc. dr. E. Karčiauskas
2006-05

Atliko
IFM 0/1 gr. stud.
R. Peleckis
2006-05-15

KAUNAS, 2006

TURINYS

1. ĮŽANGA	5
2. SPORTININKŲ GREIČIO IR JUDĖJIMO KELIO VERTINIMO METODŲ APŽVALGA	7
2.1. Tiesioginio matavimo metodai	7
2.1.1. Baltec Sport šuolių ir bėgimo parametrų matuoklis	7
2.1.2. Vaizdo analize pagrįsta sportininko judėjimo vertinimo sistema	9
2.2. GPS metodai ir panašūs projektai	10
3. GPS TECHNOLOGIJOS ANALIZĖ	12
3.1. GPS veikimo principai	12
3.1.1. Palydovinės navigacijos veikimas	12
3.1.2. Matuojamų parametrų tikslumas	13
3.2. GPS protokolai	13
3.2.1. GPGLL Sakinys (fiksuoti duomenys)	14
3.2.2. GPGLL Sakinys (Pozicija)	15
3.2.3. GPRMC Sakinys (Pozicija ir laikas)	16
3.2.4. GPVTG Sakinys (Kursas virš žemės)	16
4. NUEITO KELIO IR ATSTUMO VERTINIMO METODAI	18
4.1. T. Vincenty algoritmas atstumui tarp dviejų Žemės taškų skaičiavimui	18
4.2. Kelio vertinimas greičio integravimo metodu	18
4.3. Tiesioginių matavimų paklaidų skaičiavimas	19
5. EKSPERIMENTINĖS ĮRANGOS PROGRAMINĖ IR TECHNINĖ REALIZACIJA	20
5.1. Programos aprašymas	20
5.2. Compact Flash GPS imtuvas BC-307	21
5.3. Programos panaudojimo atvejų diagrama	22
5.4. Programos veiklos diagrama	26
5.5. Rezultatų išsaugojimas	27
6. EKSPERIMENTAI IR REZULTATAI	28
6.1. Eksperimentų atlikimo metodika ir sąlygos	28
6.2. Judėjimo kelio ir atstumo netiesioginio matavimo rezultatai	28
6.2.1. Kelio matavimo greičio integravimo metodu paklaidos įvertinimas	29
6.2.2. Kelio skaičiavimas stovint vietoje	30
6.2.3. Atstumo matavimo Vincenty algoritmo metodu paklaidos įvertinimas	31

6.3. Greičio matavimo rezultatai	31
6.4. GPS parametrų naudojimas sportininko treniruotėje.....	34
6.4.1. GPS naudojimas kartu su optiniais jutikliais.....	34
6.4.2. Treniruotės atlikimas įveikiant atstumą tiesia trajektorija.....	35
7. IŠVADOS	37
8. LITERATŪROS SĄRAŠAS	38
Summary	39
9. SANTRUMPŲ IR TERMINŲ ŽODYNAS	40
PRIEDAI.....	41

1. IŽANGA

Lietuvoje yra vis daugiau technologinių naujovių, kurios padeda gerinti sportininko rezultatus. Treneriai gali įvairiau bei tiksliau paskirstyti treniruočių krūvius ir nuolat stebėti sportininko pasirengimo varžyboms lygį. Išanalizavus surinktus duomenis, galima pamatyti, kuris sportininkas daro geresnę pažangą [1]. Sistemos turi būti tikslios ir be klaidų, nes kiekviena sekundė yra labai svarbi. Technologijos trūkumai negali nulemti varžybų rezultatų. Sunkiausia nustatyti judėjimo greitį ir įveiktą atstumą sportininkams, kurie nesinaudoja transporto priemone. Šiuo atveju galima atleto fizinius parametrus apskaičiuoti gaunant informaciją iš palydovo apie esamą poziciją žemėje.

GPS technologijos panaudojimas sporte yra kol kas naujas dalykas, todėl labai svarbu ištirti koks jo tikslumas ir kokiose sporto srityse galima būtų efektyviau naudoti GPS jutiklį [7]. Taip pat reikia ištirti sportininkų treniravimosi metodus, kuriuose būtų panaudoti prietaiso rezultatai. Kad būtų galima panaudoti GPS jutiklį bėgiko ar plaukiko treniruotėms, reikia atlikti tyrimą, įvertinantį duomenų tikslumą. Šiuo metu daugelis GPS įrenginių veikia tiesiog rodydami GPS duomenis. Reikia atlikti GPS protokolų ir jutiklio greičio matavimo paklaidos analizę. Kad pakankamai tiksliai būtų įvertintas GPS greitis, reikia rezultatus palyginti su tiksliu įrenginiu. Tam bus panaudotas dviratis, kurio judėjimo greitis fiksuojamas pagal rato apsisukimus. Taip pat reikia atlikti kelio bei atstumo matavimo metodų tyrimą. Išanalizavus GPS protokolus ir siunčiamus parametrus reikia nustatyti kaip iš gautų duomenų nustatyti įveiktą kelią. Ištyrus metodus, kurie apskaičiuoja atstumą tarp Žemės koordinatų, galima nustatyti tiesios trajektorijos kelią, kurį įveikia sportininkas.

Reikia ištirti šiuo metu esančias sportininkų fizinio pasiruošimo analizės metodika ir naudojamą įrangą. Tuomet bus sudaryti metodai, kurių pagalba galima stebėti atletų treniruotes naudojant GPS technologiją.

Darbo tikslas

1. Išanalizuoti GPS duomenų tikslumą bei naudojimą sporte bei įvertinti taikymo sritį.
2. Iširti kelio matavimo metodus, kurie apskaičiuoja sportininko įveiktą nuotolį.
3. Palyginti GPS greičio parametą su tiksliu greičio matavimo prietaisu.
4. Panaudoti GPS technologiją sportininkų fizinio pasiruošimo treniruotėse bei aprašyti metodus, kuriuose būtų panaudota GPS.

Metodika ir įranga

Darbe naudota metodika ir įranga:

1. FLASH tipo GPS jutiklis BC307.
2. PDA HP IPAQ.
3. Programos realizacija su C# programavimo kalba.

2. SPORTININKŲ GREIČIO IR JUDĖJIMO KELIO VERTINIMO METODŲ APŽVALGA

2.1. Tiesioginio matavimo metodai

2.1.1. Baltec Sport šuolių ir bėgimo parametrų matuoklis

Šuolių ir bėgimo parametrų matuoklis [2] skirtas įvairaus meistriškumo bei įvairių sporto šakų sportininkų, tam tikrų profesijų darbuotojų bei ligonių potrauminės reabilitacijos laikotarpiu bendro fizinio pajėgumo, bei kojų raumenų jėgos ir greitumo ypatybių nustatymui.

Matuoklio atliekamų testų rūšys:

- pavienio šuolio ant platformos aukščio matavimas,
- šuolio nuo pakylės aukščio ir atsispyrimo santykinės galios matavimas,
- šuolių serijos per tam tikrą laiką aukščių ir atsispyrimo santykinę galią matavimas, maksimalių, minimalių, vidutinių ir suminių reikšmių suskaičiavimas,
- užduoto šuolių skaičiaus serijos atlikimo laiko, aukščių ir atsispyrimo santykinę galią matavimas, maksimalių, minimalių, vidutinių ir suminių reikšmių apskaičiavimas,
- distancijos atkarpų bėgimo laikų matavimas, greičių atkarpose suskaičiavimas.

Matuoklio papildomai atliekamos funkcijos:

- rezultatų kaupimas matuoklio atmintyje, įsimenant sportininko numerį, testo numerį, testo atlikimo laiką, - testo rezultatų išspausdinimas,
- sukauptų rezultatų persiuntimas į asmeninį kompiuterį tolesniam jų tvarkymui ir saugojimui,
- matuoklio nuotolinis valdymas naudojant asmeninį kompiuterį.

60 m Bėgimo testas:

Paskirtis

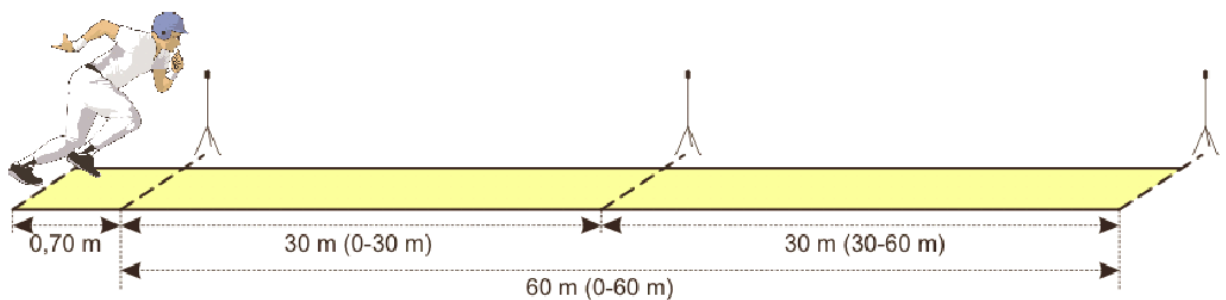
Stebėti ir vertinti sportininku startinio išibėgėjimo ir maksimalaus bėgimo greičio (greitumo fizinės ypatybės) lygi bei jų kaitą [1]. Sporto šakos: lengvoji atletika (60-400 m, barjerinio bėgimo rungtys, šuolis i toli, trišuolis, daugiakoves, kitos rungtys), krepšinis, rankinis, futbolas, regbis, ledo ritulys, kitos sporto šakos.

Testo atlikimui reikalinga įranga:

- 3-4 optiniai jutikliai, elektroninis valdymo ir matavimo pultas, sujungimo kabeliai;
- pažymėta 60 m bėgimo distancija su 30 m tarpine atžyma stadione (manieže).

Testo atlikimui procedūra

Starto linija nubrėžiama 70 cm prieš liniją žyminčią 60 m bėgimo atkarpos pradžią (2.1 pav.). Atsispiriamosios kojos pėda pastatoma prie pat starto linijos, mojamoji koja – truputi atgal (1–2 pėdas). Susikaupus pradeda bėgti savistoviai, t.y. be starto komandos. Bėgant stengiamasi maksimaliu pastangų dėka kiek galima greičiau įveikti 60 m bėgimo atkarpą. Registruojamas pirmu 30 m atkarpos įveikimo laikas, antru 30 m įveikimo laikas bei visos 60 m distancijos laikas. Bėgama 2–3 kartus. Įskaitomas geriausias 60 m bėgimo rezultatas. Poilsio laikotarpis tarp bėgimu turi leisti pilnai sportininkams atsigauti (5–10 min.).



2.1 pav. 60 m bėgimo testo schema

Rezultatų vertinimas ir analizė

Bėgimų metu pasiekto galingumo apskaičiavimas vykdomas tokia seka:

- Greitis = distancija / laikas
- Pagreitis = greitis / laikas
- Jėga = kūno masė × pagreitis
- Galingumas = jėga × greitis

arba galingumą galima apskaičiuoti pasinaudojus tik viena formule

$$P = KM \times S^2 / t^3$$

čia:

P – galingumas (W);

KM – kūno masė (kg);

S – nubėgta distancija (m).

t – laikas per kuri nubėgta distancija buvo iverkta (s).

2.1.2. Vaizdo analize pagrįsta sportininko judėjimo vertinimo sistema

SIMI sistemos [8] kuria profesionalias 2D ir 3D judesio analizės programas, kurios naudojamos sporte, biomechanikoje, medicinoje ir kitose srityse. Naudojantis vaizdo technologijomis galima analizuoti žmogaus judesius ir perkelti skaitmeninę informaciją į kompiuterį. Tai padeda treneriams analizuoti sportininkų treniruotes. Visus atleto judesius galima nufilmuoti ir detaliam analizuoti. Sistemą galima naudoti net tik uždaroje patalpoje, bet ir lauke ar po vandeniu. Simi sistemos suteikia galimybę rinktis iš daugelio modulių, todėl treneriai gali juos taikyti prie savo poreikių, stebėdami atleto rezultatus.

2.2. GPS metodai ir panašūs projektai

Projektas „Forerunner 301“

„Garmin“ susivienijimas [9] - tai grupė kompanijų, kurios projektuoja ir gamina navigacijos įrenginius, naudojamos GPS technologiją. „Garmin“ produktai naudojami sporte, aviacijoje, jūrininkystėje, įvairiose pramogose, automatizuotose ir belaidėse sistemose.

Vienas iš „Garmin“ produktų yra „Forerunner 301“. Šis prietaisas padeda bėgikams stebėti savo fizinį pasiruošimą. Jis nuolat matuoja širdies plakimo dažnį, greitį, atstumą. „Forerunner 301“ prietaise įdiegta programinė įranga, kuri padeda optimaliau paskirstyti treniruočių krūvį, įmontuotas GPS jutiklis rodo, kur yra sportininkas ir kaip nukeliauti į norimą vietą. Sistema nuolat stebi sportininko fizinį pasiruošimą ir praneša, jei krūvis yra per didelis ar per mažas. „Forerunner 301“ patogiu naudoti ne tik bėgime, bet ir dviračių sporte ar plaukime, kadangi prietaisas yra vandens nepraleidžiantis įrenginys ir patogiai pritvirtinamas prie kūno.

Projektas „GPS Travel Time“

Su GPS Travel Time [10] programa galima fiksuoti kelionės laiką, naudojant GPS jutiklį ir kišeninį ar nešiojamą kompiuterį. Duomenys apdorojami PC-Travel for Windows programine įranga, kurią naudojant galima lengvai peržiūrėti gautus rezultatus.

Jutiklis siunčia duomenis kas sekundę. Iš gautų duomenų išrenkamas automobilio greitis, kuris rodo geresnę nei 2 kilometrų per valandą greičio paklaidą. Kišeninis ar nešiojamasis kompiuteris skaito duomenis iš GPS jutiklio ir išsaugoja greičio bei kitokią informaciją, kuri įrašoma.

Programos veikimui reikia turėti: kišeninį ar nešiojamą kompiuterį ir standartinį GPS jutiklį sujungtą su kompiuterių.

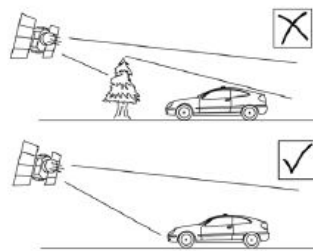
Projektas „Navman M300“

„Navman M300“ GPS greičio ir atstumo įrenginys [11] yra dedamas ant rankos. Jis specialiai pritaikytas vandens sporto entuziastams. Prietaisas tiksliai matuoja greitį, nuplauktą atstumą mylių bei mazgų matavimo vienetais. „Navman M300“ yra visiškai vandens nepraleidžiantis įrenginys. Jis taip pat rodo judėjimo kryptį, naudojant GPS duomenis.

Projektas „Vbox“

„Vbox“ prietaisas [12] naudojamas automobilio greičio ir judėjimo matavimui. Įrenginys veikia, gaudamas informaciją iš GPS jutiklio. „Vbox“ matuoja pagreitį, stabdymo kelią, kampinius greičius ir kitą. Kadangi jis yra nedidelis ir lengvai įdiegiamas, todėl galima naudoti automobiliuose, motocikluose, dviračiuose ar laivuose. Naudojant po atviru dangumi galima tiksliai matuoti greitį ir atstumą.

Kokybiškam signalo gavimui būtina gerai išrinkti vietą GPS antenai (2.2 pav.). Labai svarbu, kad antena būtų po atviru dangumi. Aukšti medžiai, namai ar kiti objektai gali blokuoti GPS signalą, todėl mažėja ar visai nelieta matomų palydovų, iš kurių siunčiami duomenys.



2.2 pav. GPS antenos kokybiško diegimo pavyzdys

3. GPS TECHNOLOGIJOS ANALIZĖ

3.1. GPS veikimo principai

Kol kas yra dvi veikiančios palydovinės navigacijos sistemos: JAV – Global Positioning System (GPS) ir Rusijos GLObal NAVigation Satellite System (GLONASS). Šios sistemos yra nuolat atnaujinamos, kad atitiktų kylančius patikimumo reikalavimus.

3.1.1. Palydovinės navigacijos veikimas

Palydovinės navigacijos satelitai be perstojo siunčia informaciją apie laiką ir atstumą [3] skriedami aplink žemę tikslia orbita (3.1 pav). Palydovinės navigacijos imtuvai naudoja šią informaciją, nustatydami koordinates trianguliacijos principu. Kiekvienas žemės taškas atpažįstamas iš dviejų skaičių eilės vadinamos koordinatėmis. Šios koordinatės atspindi tikslų tašką, kur horizontali linija, platumą, kerta vertikalią liniją, ilgumą. Imtuvas prisijungia mažiausiai prie 3 palydovų ir naudoja gautą informaciją, kad koordinates nustatytų.



3.1 pav. Palydovų išsidėstymas aplink planetą

Lygindamas signalo siuntimo laikus, imtuvas suskaičiuoja atstumą iki palydovo. Naudodamasis atstumu iki kiekvieno iš trijų (ar daugiau) palydovų imtuvas nustato savo koordinates. Pasinaudodamas šiais atstumo matavimais, imtuvas gali matuoti greitį, kelionės laiką, kelionės atstumą, aukštį (virš jūros lygio) ir t.t. Imtuvas veikia „regos lauko“ principu, tai reiškia, kad jis turi „matyti“ bent 3 palydovus. Vidutiniškai, 8 palydovai yra pastoviai matomi kiekviename žemės taške. Kuo daugiau palydovų matoma, tuo tikslesni imtuvo duomenys. Taigi

radijo signalai praeis pro debesimis, stiklą, plastiką ir pan., tačiau imtuvas jų negaus būdamas po žeme ir uždaroje vietoje.

3.1.2. Matuojamų parametru tikslumas

Gaunama vietos nustatymo paklaida susideda iš daugybės komponentu [4]. Labiausiai akivaizdus faktorius - kiek matavimo momentu yra "matomu" palydovu, ir kokia jų išsidėstymo danguje geometrija. Jei atviras horizontas ir gaudoma 10-11 palydovu - tikslumas gali pagerėti iki 3-5 metrų. O jei dar priimami ir EGNOS signalai - iki 1-1,5 metro.

Kitas žymus paklaidos šaltinis yra signalo vėlinimas jonosferoje - tai jonizuotas atmosferos sluoksnis 50 - 500 km aukštyje, kuriame yra laisvų elektronų. Šių elektronų buvimas ir iššaukia sklindančių signalų vėlinimą. Kad kompensuoti šia paklaidą naudojamas dvidažnių matavimų metodas su dažniais L1 ir L2 (dvidažniuose imtuvuose). Jei palyginsime dviejų skirtingų dažnių GPS signalų sklidimo laikus, galėsime išsiaiškinti koks buvo vėlinimas. Paklaidą taip pat mažina analitiniai skaičiavimai pasitelkiant informaciją, kuri įtraukta į navigacinį pranešimą. Jonosferos vėlinimas duoda iki 10 m paklaidą. Troposfera - žemiausias atmosferos sluoksnis (iki 8-13 km.) - taip pat vėlina palydovų skleidžiamus signalus. Vėlinimo dydis priklauso nuo meteorologinių parametru (slėgio, temperatūros, drėgmės), o taip pat nuo palydovo aukščio virš horizonto. Dėl troposferos vėlinimo galutinė paklaida, skaičiuojant atstumus, gali sudaryti 1 m.

3.2. GPS protokolai

NMEA – yra standartinis protokolas, naudojamas priimant informaciją GPS imtuvu [13]. Naudojama 4800 bps (bitų per sekundę) greitis, 8 bitų ilgio ir vienas stabdymo bitas informacijos kodavimui. Kiekvienas sakiny prasideda simboliu (“\$”) ir baigiasi eilutės pabaigos simboliu (<CR><LF>). Duomenys skiriami kableliais. Kai kurie GPS siunčia ne visus laukus. Visi sakiniai prasideda antrašte “\$Gpaacc”. Simbolis “\$” yra lauko adresas, “aa” – įrenginio id (“GP” naudojamas atpažinti GPS duomenis). “ccc” yra duomenų tipas.

3.1 lentelė. GPS protokolų aprašymas

Sakinys	Aprašymas
\$GPGGA	Globalios padėties fiksuoti duomenys
\$GPGLL	Geografinė padėtis – platumas/ilguma
\$GPRMC	Pozicijos ir laiko duomenys
\$GPVTG	Kurso virš žemės ir greitis

3.2.1. GPGGA Sakinys (fiksuoti duomenys)

Pavyzdys (negautas signalas):

\$GPGGA,235947.000,0000.0000,N,00000.0000,E,0,00,0.0,0.0,M,,0000*00

Pavyzdys (gautas signalas):

\$GPGGA,092204.999,4250.5589,S,14718.5084,E,1,04,24.4,19.7,M,,0000*1F

3.2 lentelė. GPGGA duomenų formato aprašymas

Laukas	Pavyzdys	Aprašymas
Sakinio id	\$GPGGA	
Pasaulinio laikas (UTC)	092204.999	hhmmss.sss
Platumas	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S simboliai	S	N = šiaurė, S = pietūs
Ilguma	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W simboliai	E	E = rytai, W = vakarai
Fiksuota pozicija	1	0=negaliojantis, 1=galiojantis, 2=galiojantis DGPS, 3=galiojantis PPS
Naudojamų palydovų skaičius	04	Naudojamų palydovų skaičius (0-12)
HDOP	24.4	Horizontalus DOP
Aukštis	19.7	Aukštis metrais pagal jūros lygį
Matavimo sistema	M	M = metrai
Skirtumas		Skirtumas tarp jūros lygio ir santykinio aukščio
Matavimo sistema	M	M = metrai
DGPS laiko skirtumas		Laikas praėjęs nuo paskutinių gautų duomenų sekundėmis
DGPS stoties id	0000	

Laukas	Pavyzdys	Aprašymas
Kontrolinė suma	*1F	
Pabaigos simbolis	CR/LF	

3.2.2. GPGLL Sakinys (Pozicija)

Pavyzdys (negautas signalas):

\$GPGLL,0000.0000,N,00000.0000,E,235947.000,V*2D

Pavyzdys (gautas signalas):

\$GPGLL,4250.5589,S,14718.5084,E,092204.999,A*2D

3.3 lentelė. GPGLL duomenų formato aprašymas

Laukas	Pavyzdys	Aprašymas
Sakinio id	\$GPGLL	
Platuma	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S simboliai	S	N = šiaurė, S = pietūs
Ilguma	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W simboliai	E	E = rytai, W = vakarai
Pasaulinio laikas (UTC)	092204.999	hhmmss.sss
Būsena	A	A = galiojanti, V = negaliojanti
Kontrolinė suma	*2D	
Pabaigos simbolis	CR/LF	

3.2.3. GPRMC Sakinys (Pozicija ir laikas)

Pavyzdys (negautas signalas):

\$GPRMC,235947.000,V,0000.0000,N,00000.0000,E,,,041299,,*1D

Pavyzdys (gautas signalas):

\$GPRMC,092204.999,A,4250.5589,S,14718.5084,E,0.00,89.68,211200,,*25

3.6 lentelė. GPRMC duomenų formato aprašymas

Laukas	Pavyzdys	Aprašymas
Sakinio id	\$GPRMC	
Pasaulinis laikas (UTC)	092204.999	hhmmss.sss
Būsena	A	A=galiojanti, V=negaliojanti
Platuma	4250.5589	ddmm.mmmm
N/S simboliai	S	N = šiaurė, S = pietūs
Ilguma	14718.5084	dddmm.mmmm
E/W simboliai	E	E = rytai, W = vakarai
Greitis virš žemės	0.00	Mazgais
Kursas virš žemės	0.00	Laipsniais
Pasaulinė data (UTC)	211200	DDMMYY
Magnetinis nukrypimas		Laipsniais
Magnetinis nukrypimas		E = rytai, W = vakarai
Kontrolinė suma	*25	
Pabaigos simbolis	CR/LF	

3.2.4. GPVTG Sakinys (Kursas virš žemės)

Pavyzdys (negautas signalas):

\$GPVTG,,T,,,,N,,K*4E

Pavyzdys (gautas signalas):

\$GPVTG,89.68,T,,,0.00,N,0.0,K*5F

3.7 lentelė. GPVTG duomenų formato aprašymas

Laukas	Pavyzdys	Aprašymas
Sakinio id	\$GPVTG	
Kursas	89.68	Laipsniais
Nurodymas	T	T = teisinga antraštė
Nenaudojamas		
Nenaudojamas		
Greitis	0.00	Vertikalus greitis
Matavimo vienetai	N	N = Mazgais
Greitis	0.00	Vertikalus greitis
Matavimo vienetai	K	K = Kilometrais per valanda
Kontrolinė suma	*5F	
Pabaigos simbolis	CR/LF	

4. NUEITO KELIO IR ATSTUMO VERTINIMO METODAI

4.1. T. Vincenty algoritmas atstumui tarp dviejų Žemės taškų skaičiavimui

Atstumui tarp dviejų žemės taškų (ilgumos ir platumos) skaičiavimui naudotas Vincenty [14] algoritmas. Skaičiavimai atliekami naudojant WGS-84 (kur didesnis pusašis $a = 6\,378\,137$ m, o mažesnis pusašis $b = 6\,356\,752.3142$ m) koordinacių sistemą, kadangi GPS technologijoje naudojama ši koordinacių sistema modeliuojant duomenis iš palydovo. Nurodžius du Žemės koordinacių taškus, Vincenty algoritmas pagal nurodytą tikslumą randą atstumą tarp taškų. Skaičiavimai atliekami cikliška, kol gaunamas tikslus rezultatas. Taip galima rasti, kokį nuotolį įveikė sportininkas per treniruotę ar varžybas.

GPS iš palydovų siunčia GPGLL duomenų formatą, kuriame yra informacija apie esamos lokacijos ilgumą ir platumą. Pagal šiuos parametrus galima suskaičiuoti atstumą Vincenty algoritmo realizacijos pagalba (žiūrėti 1 PRIEDĄ).

4.2. Kelio vertinimas greičio integravimo metodu

GPS jutiklis gauna informaciją apie sportininko judėjimo greitį. Greitis yra NMEA protokolo GPRMC sakinyje. Palydovas greitį siunčia mazgų matavimo vienetais, tad reikia konvertuoti į metrus per sekundę, kadangi kiti skaičiavimai taip pat bus naudojami šiais vienetais.

$$s = \int_0^t v(t) dt \quad (4.1)$$

čia s – atstumas, v – greitis, t – laikas.

Panaudojus formulę (4.1) gaunamas atstumas, kurį įveikė sportininkas judėdamas pastoviu greičiu. Visi gauti atstumai vienos sekundės intervale sumuojami ir gaunamas įveiktas nuotolis nuo starto pradžios. Žinoma, šis metodas nėra labai tikslus, bet duomenys siunčiami pakankamai dažnai, kad galima būtų skaičiuoti nuotolį.

4.3. Tiesioginių matavimų paklaidų skaičiavimas

Kelio bei greičio skaičiavimams įvertinsime paklaidas. Absoliutinė matavimo paklaida Δx lygi išmatuotosios vertės x_i ir tikrosios vertės x_0 skirtumui [5]:

$$\Delta x = x_i - x_0 \quad (4.2)$$

Tikroji vertė paprastai nustatoma etaloniniu prietaisu. Matuojant n kartų, gaunama seka x_1, x_2, \dots, x_n . Jų aritmetinis vidurkis

$$\langle x \rangle = \sum_{i=1}^n x_i / n, \quad (4.3)$$

matavimų vidutinė absoliutinė paklaida

$$\langle \Delta x \rangle = \sum_{i=1}^n |\Delta x_i| / n. \quad (4.4)$$

Taigi tikroji matuojamojo dydžio vertė

$$x_0 = \langle x \rangle \pm \Delta x. \quad (4.5)$$

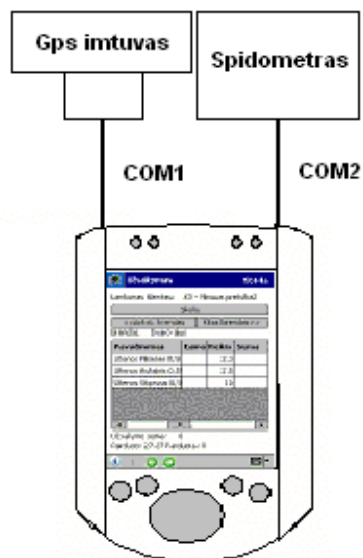
Santykinė matavimo paklaida lygi absoliutinės paklaidos ir išmatuotosios vertės x_i santykiui ir dažniausiai išreiškiama procentais:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_i} \cdot 100\% \quad (4.6)$$

5. EKSPERIMENTINĖS ĮRANGOS PROGRAMINĖ IR TECHNINĖ REALIZACIJA

5.1. Programos aprašymas

GPS duomenų analizei atlikti sukurta programa delniniam kompiuteriui (5.1 pav.), prie kurio prijungtas GPS jutiklis. Duomenys iš palydovo gaunami vienos sekundės dažnumu. Palydovas siunčia duomenis ir GPS imtuvas priima bei konvertuoja informaciją į NMEA protokolus. Sistema gauna iš COM porto GPS protokolo eilutę ir ją apdoroja. Programa ekrane parodo visų GPS protokolų duomenis, o parametrus, kurie reikalingi GPS tikslumo analizei atlikti išsaugojami tekstiniame faile. Delninis kompiuteris turi būti ne senesnis nei 2002 metų modelis, kadangi įdiegta programa kuri, veiks Microsoft .Net framework 2 versijos platformoje. Taip pat prie sistemos prijungtas ir spidometro jutiklis, kuris siunčia greičio rezultatus.



5.1 pav. GPS programos schema

Greičio matavimui panaudotas dviratis (5.2 pav.), prie kurio tvirtinamas daviklis. Jis siunčia duomenis į PDA. Išmatuojamas dviračio rato apskritimo ilgis.

$$s = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (5.1)$$

čia s – atstumas, r – rato apskritimo spindulys.



5.2 pav. Greičio matuoklio schema

Daviklis fiksuoja per kiek laiko ratas apsisuka apie savo ašį, todėl galima apskaičiuoti tikrąjį dviračio judėjimo greitį.

$$s = \int_0^t v(t) dt \tag{5.2}$$

čia s – atstumas, v – greitis, t – laikas.

Kai dviračio ratas apsisuka, jutiklis siunčia duomenis į PDA ir jie apdorojami.

Iš NMEA protokolų panaudoti parametrai, kurie informuoja apie objekto greitį bei poziciją. Tai yra GPGGA duomenų formatas, kuriame yra informacija apie ilgumą, platumą, palydovų kiekį ir laiką. Greičio informacija yra GPRMC duomenų formate. Palydovas siunčia greitį mazgais, todėl programa konvertuoja į metrus per sekundę.

5.2. Compact Flash GPS imtuvas BC-307

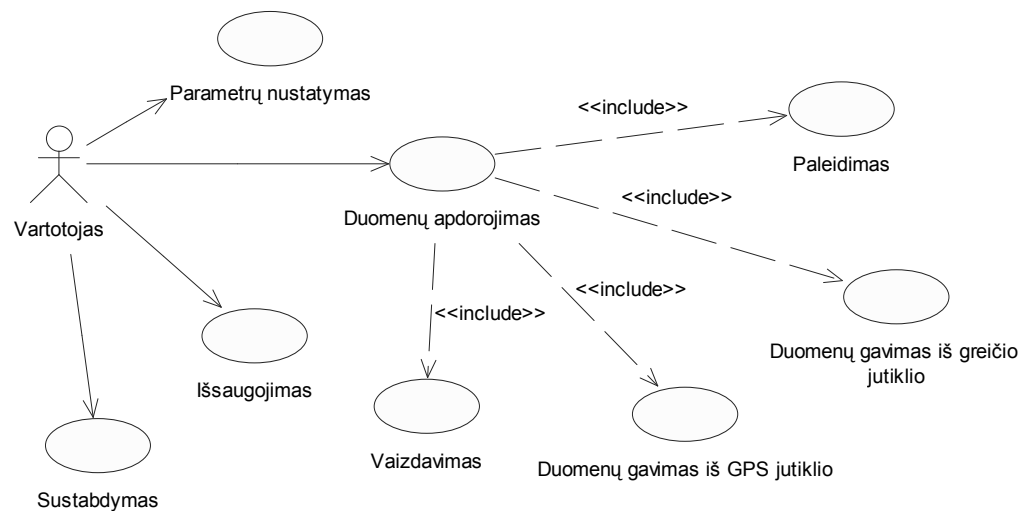
GPS tikslumo bandymai atlikti panaudojus BC-307 imtuvą. Jo techniniai duomenys parodyti lentelėje. GPS imtuvas buvo prijungtas prie delninio kompiuterio, kuriame yra programa apdorojanti gautus duomenis iš palydovo. Šis prietaisas, kaip ir kiti GPS įrenginiai, negauna signalų uždaroje patalpose.

5.1 lentelė. Techniniai duomenys

Dažnis	L1, 1575.42 MHz
C/A kodas	1.023 MHz
Kanalai	12 palydovų

Tikslumas	10-15 metrų, 2D RMS
Koordinačių sistema	WGS-84
GPS protokolai	NMEA 0183
GPS duomenų formatas	GGA, GSA, GSV, RMC, VTG, GLL
Atsparumas drėgmei	Iki 95%
Maitinimas	3,3 V
Išmatavimai	95mm x 47mm x 17mm
Energijos suvartojimas	90 mA

5.3. Programos panaudojimo atvejų diagrama



5.3 pav. Programos panaudojimo atvejai

5.2 lentelė. Panaudojimo atvejo „Parametrų nustatymas“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Parametrų nustatymas
Numeris	PA1
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Sistema turi būti prijungta prie GPS jutiklio bei greičio matuoklio. PDA įrenginys turi būti atviroje vietoje, kur galima būtų gauti duomenis iš palydovo.

Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vartotojas nustato GPS ir greičio matuoklio parametrus.	1.1 Sistemoje nustatomi GPS parametrai. 1.2 Sistemoje nustatomi greičio jutiklio parametrai.
Po sąlyga	Vartotojas gali paleisti sistema ir fiksuoti rezultatus.
Alternatyvos (nesėkmės atvejai)	1.1a. GPS įrenginys blogai veikia. 1.2a. Greičio jutiklis blogai veikia.

5.3 lentelė. Panaudojimo atvejo „Duomenų apdorojimas“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Duomenų apdorojimas
Numeris	PA2
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Turi būti nustatyti parametrai..
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Pradedamas duomenų apdorojimas.	1.1 Įvykdo PA “Paleidimas”. 1.2 Įvykdo PA “Duomenų gavimas iš greičio jutiklio”. 1.3 Įvykdo PA “Duomenų gavimas iš GPS jutiklio”. 1.4 Įvykdo PA “Vaizdavimas”.

5.4 lentelė. Panaudojimo atvejo „Paleidimas“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Paleidimas
Numeris	PA3
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Turi būti nustatyti parametrai ir tvarkingai sujungta sistema.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Pradedamas GPS ir greičio duomenų apdorojimas.	1.1 Atidaromas COM1 portas ir pradedamas GPS duomenų apdorojimas. 1.2 Atidaromas COM2 portas ir pradedamas greičio matuoklio duomenų apdorojimas.
Po sąlyga	Galima išsaugoti rezultatus
Alternatyvos (nesėkmės atvejai)	1.1a. Buvo neteisingai nustatyti GPS parametrai. Pranešama apie tai vartotojui 1.2a.. Buvo neteisingai nustatyti greičio matuoklio parametrai. Pranešama apie tai vartotojui

5.5 lentelė. Panaudojimo atvejo „Duomenų gavimas iš greičio jutiklio“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Duomenų gavimas iš greičio jutiklio
Numeris	PA4
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Turi būti nustatyti parametrai ir tvarkingai sujungta sistema.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Apdorojami greičio jutiklio duomenys.	1.1 Skaitomi duomenys iš COM porto. 1.2 Fiksuojamas gavimo laikas. 1.3 Išsaugojami rezultatai.
Po sąlyga	Galima išsaugoti rezultatus

5.6 lentelė. Panaudojimo atvejo „Duomenų gavimas iš GPS jutiklio“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Duomenų gavimas iš GPS jutiklio
Numeris	PA5
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Turi būti nustatyti parametrai ir tvarkingai sujungta sistema.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Apdorojami GPS jutiklio duomenys.	1.1 Skaitomi duomenys iš COM porto. 1.2 Fiksuojamas gavimo laikas. 1.3 Konvertuojami GPS protokolo duomenys 1.4 Išsaugojami rezultatai.
Po sąlyga	Galima išsaugoti rezultatus

5.7 lentelė. Panaudojimo atvejo „Vaizdavimas“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Vaizdavimas
Numeris	PA6
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Duomenys turi būti nuskaityti iš COM porto.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Vaizduojami gauti rezultatai ekrane.	1.1 Vaizduojami GPS duomenys ekrane. Vaizduojami greičio matuoklio duomenys ekrane.

5.8 lentelė. Panaudojimo atvejo „Išsaugojimas“ specifikacija

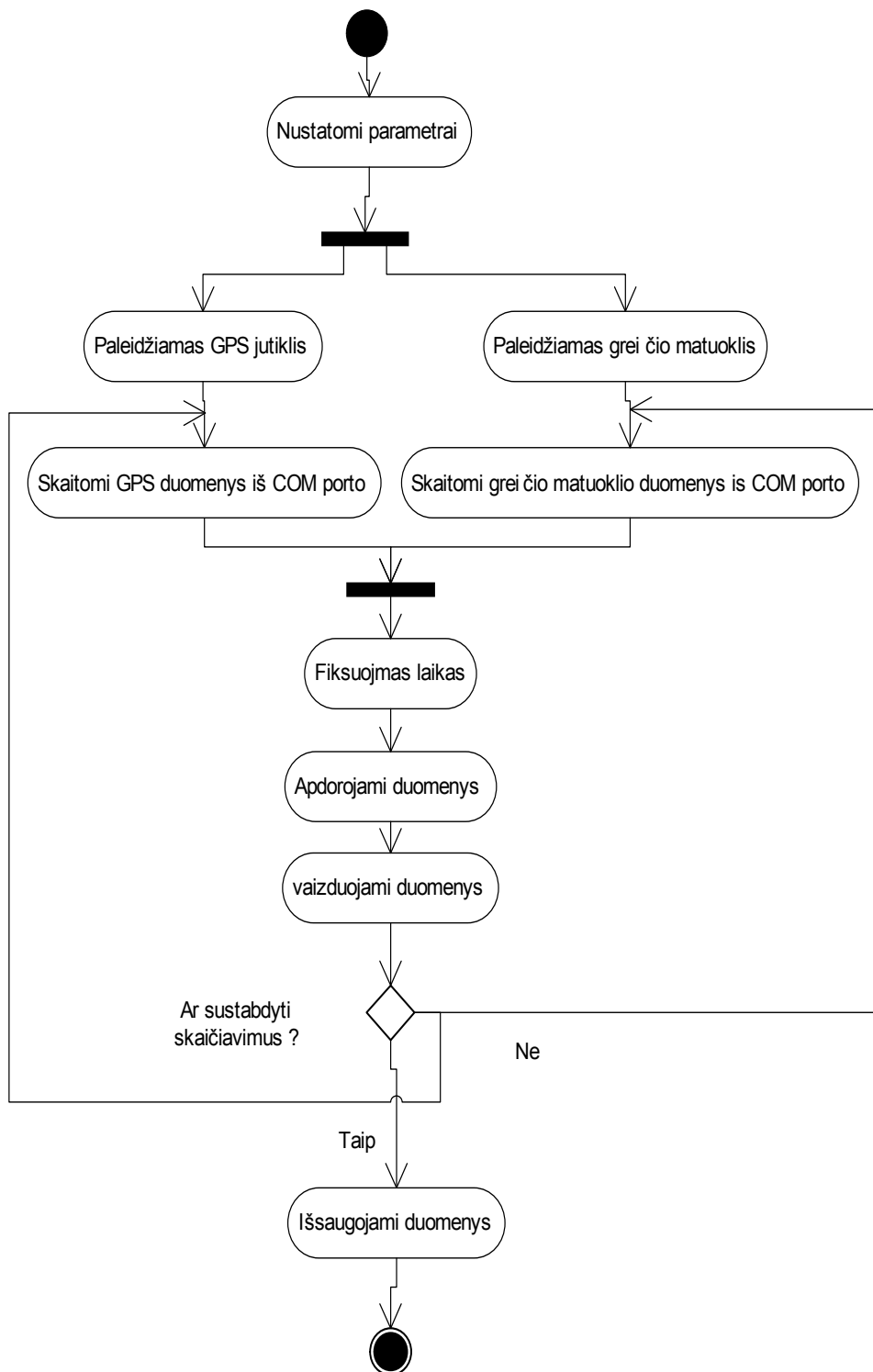
Panaudojimo atvejis	Išsaugojimas
Numeris	PA7
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Duomenys turi būti gauti iš GPS ir greičio matuoklio.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Išsaugojami duomenys tekstiniame faile.	1.1 Išsaugojami GPS rezultatai. 1.2 Išsaugojami greičio matuoklio rezultatai.
Po sąlyga	Vartotojas gali sustabdyti skaitymą iš COM portu.

]

5.9 lentelė. Panaudojimo atvejo „Sustabdomas“ specifikacija

Panaudojimo atvejis	Sustabdomas
Numeris	PA8
Aktorius	Vartotojas
Sistema	GPS greičio matavimo sistema
Prieš sąlyga	Duomenys turi būti gauti iš GPS ir greičio matuoklio.
Pagrindinis įvykių srautas	Sistemos reakcija ir sprendimai
1. Sustabdomas duomenų gavimas iš COM portų.	1.1 Sustabdomas duomenų gavimas iš COM1 portu. 1.2 Sustabdomas duomenų gavimas iš COM2 portu.
Po sąlyga	Vartotojas gali vėl paleisti sistema

5.4. Programos veiklos diagrama



5.4 pav. Programos veiklos diagrama

5.5. Rezultatų išsaugojimas

Programos rezultatai saugojami tekstiniame faile, nes duomenų yra labai daug. GPS parametrai gaunami vienos sekundės dažnumu, o duomenys iš greičio matuoklio dar dažniau, priklausomai nuo važiavimo greičio.

5.10 lentelė. GPS failo formatas

Simbolių pozicija	Lauko pavadinimas
1-15	Laikas sekundėmis nuo paleidimo
16-30	GPS greitis
31-45	Atstumas suskaičiuotas panaudojant Vincenty algoritmą
46-60	Platuma
61-75	Ilguma
76-90	Absoliutinis laikas
91-105	Greičio integravimo suskaičiuotas atstumas
105-110	Palydovų kiekis
111-113	Pabaigos simbolis (CR/LF)

5.11 lentelė. Greičio failo formatas

Simbolių pozicija	Lauko pavadinimas
1-15	Laikas sekundėmis nuo paleidimo
16-18	Jutiklio identifikavimo numeris
19-34	Greičio jutiklio greitis
35-37	Pabaigos simbolis (CR/LF)

6. EKSPERIMENTAI IR REZULTATAI

6.1. Eksperimentų atlikimo metodika ir sąlygos

Nustatant kelio paklaidas reikia atlikti matavimus įvairiose vietose, kad įvertinti geresnę vietovę sportininkui atlikti pratimus ir GPS rezultatai būtų tikslesni. Bandymams pasirinktos kelio matavimo sąlygos:

- Atviroje lygioje vietovėje
- Atviroje nuokalnėje
- Parke (medžių šešėliai)
- Mieste tarp aukštų pastatų.

Kelio ir atstumo matavimams pasirinktos vietovės naudojant HNT-BALTIC goinfoserviso žemėlapius [6]. Tikslus atstumas išmatuotas naudojant 30 m. ilgio geodezinių matavimų rulete.

Kelio matavimams kiekvienoje vietovėje išmatuotas 80 m. ilgio atstumas, todėl galima atlikti matavimus keičiant judėjimo kryptį bei atstumą bėgant trasa pirmyn ir atgal. Tokiu būdu buvo matuota keturis nueitus kelius (80 m., 160 m., 240 m., 320 m.) . Visų matavimų metu fiksuojamas matomų palydovų skaičius, nes šie parametrai didina arba mažina GPS tikslumą.

Atstumo matavimams kiekvienoje vietovėje išmatuoti (20 m., 40 m., 60 m., 80 m.) atstumai, kad būtų galima palyginti rezultatus ilgesniais ir trumpesniais atstumais.

GPS greičio fiksavimui buvo pasirinktos dvi įveikimo trasos – tai vietovė lygioje atviroje vietoje, be medžių ir pastatų, kurie trukdytų gauti signalus iš GPS palydovų. Kita trasa buvo pasirinkta kur yra daug medžių.

6.2. Judėjimo kelio ir atstumo netiesioginio matavimo rezultatai

GPS daviklio duomenų tikslumas buvo patikrintas atlikus bandymus. Treneriui reikia žinoti, kokį kelią įveikė. Tyrimų metu naudosime delninį kompiuterį, kuris pritvirtintas prie žmogaus kūno. Žinoma toks įrenginys naudojamas tik tyrimo metu, o realių treniruočių metu reikia naudoti mažesnę ir patogesnę įrangą, kuris netrukdytų sportininkui laisvai judėti. Rezultatai buvo nuolat rodomi delninio kompiuterio ekrane bei išsaugoti tekstiniame faile. Eksperimentai buvo atliekami nuolat judant, bet skirtingais greičiais.

6.1 lentelė. Kelio matavimo rezultatai

Tikslus kelias	80m	160m	240m	320m	Matomų palydovų skaičius
Atvira lygi vieta (m)	78,4	143	236,1	305,5	5-9
	73,1	153,2	228,7	316,7	
	74,2	145,5	234,6	303,8	
Atvira nuokalnė (m)	68,5	142,4	231,4	302,1	4-9
	75,2	147,8	207,3	305,8	
	68,7	147,5	217,4	311,9	
Parkas(medžių šešėliai) (m)	81,5	163,4	233,4	310,8	3-7
	76,3	146,5	239,7	291,3	
	69,6	144,8	250,8	293,7	
Miestas tarp aukštų pastatų (m)	72,4	153,6	230,2	305,5	4-8
	75,6	155,3	238,4	308,7	
	80,9	134,5	237	315,7	

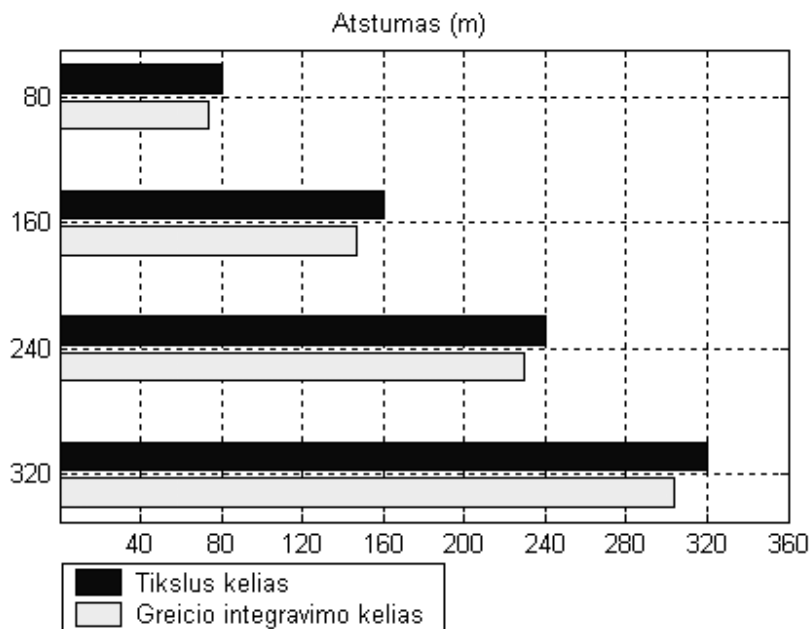
6.2 lentelė. Atstumo matavimo rezultatai

Tikslus kelias	20m	40m	60m	80m	Matomų palydovų skaičius
Atvira lygi vieta (m)	18,5	40,5	60,8	81,6	4-9
	19,1	41,2	58,3	80,2	
	22,3	37,4	62,4	78,4	
Atvira nuokalnė (m)	20,6	38,5	58,1	78,8	3-7
	18,2	37,9	61,3	80,3	
	17,5	40,2	59,4	77,4	
Parkas(medžių šešėliai) (m)	21,1	42,8	61,7	77,8	2-6
	23,3	43,1	62,5	83,2	
	17,2	40,9	58,7	82,1	
Miestas tarp aukštų pastatų (m)	20,6	40,7	60,4	79,4	4-8
	18,1	37,9	58,1	82,6	
	22,6	42,2	62,2	82,4	

6.2.1. Kelio matavimo greičio integravimo metodu paklaidos įvertinimas

Jutiklis gauna informaciją apie objekto greitį Žemėje vienos sekundės dažnumu. Greitis fiksuojamas NMEA protokolo GPRMC duomenų formate. Panaudojus greičio integravimo metodą, gaunamas nukeliamas kelias. Pradėjus bandymą yra užfiksuojama, koku laiko momentu yra pradėtas bandymas ir jeigu duotas startas yra intervale tarp GPS siunčiamų duomenų, tai fiksuojamas kito gauto signalo greitis ir apskaičiuojama reikšmė iki starto fiksavimo pradžios.

Taip pat daroma ir užfiksavus, kad kelias yra įveiktas tik paimama prieš tai gauta greičio reikšmė.



6.1 pav. Greičio integravimo palyginimas su tiksliu atstumu

6.3 lentelė. Greičio integravimo kelio matavimo rezultatai

	Greičio integravimo santykinė matavimo paklaida			
	80 m.	160 m.	240 m.	320 m.
Atvira lygi vieta	5,9 %	8 %	2,7 %	3,5 %
Atvira nuokalnė	11,5 %	8,8 %	8,9 %	4,2 %
Parkas (medžių šešėliai)	6,5 %	6,7 %	2,5 %	6,7 %
Miestas tarp aukštų pastatų	5,4 %	7,6 %	2 %	3,1 %

6.2.2. Kelio skaičiavimas stovint vietoje

Atliktas bandymas kai jutiklis nekeičia savo pozicijos t.y. stovint vietoje. Šie duomenys taip pat svarbūs, kadangi sportininkas gali sustoti ar bėgti labai lėtai įveikdamas distanciją. Šiuo atveju jutiklis vis vien gaus informaciją apie įveiktą kelią, nes duomenys iš palydovo nėra visiškai tikslus ir bus fiksuojamas įveiktas kelias. Bandymas buvo tirtas dviejų minučių laikotarpyje (6.4 lentelė).

6.4 lentelė. Matavimo rezultatai stovint vietoje

	Greičio integravimo suskaičiuotas kelias stovint vietoje
Atvira lygi vieta	9,6 m.
Atvira nuokalnė	8,9 m.
Parkas (medžių šešėliai)	10,5 m.
Miestas tarp aukštų pastatų	10,2 m.

6.2.3. Atstumo matavimo Vincenty algoritmo metodu paklaidos įvertinimas

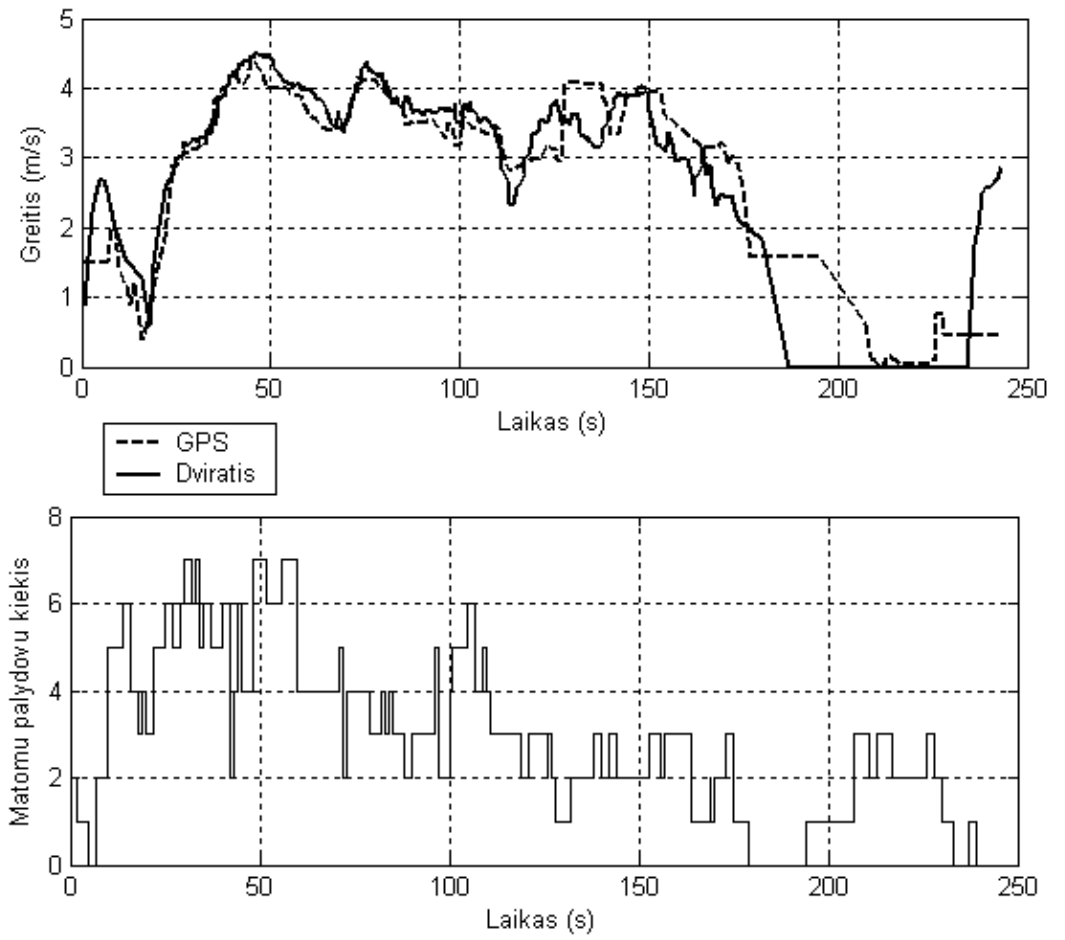
Jutiklis gauna informaciją apie esamą poziciją (ilgumą ir platumą) žemėje vienos sekundės dažnumu. Pozicija yra NMEA protokolo GPGLGA duomenų formate. Panaudojus Vincenty algoritmą atstumui skaičiuoti tarp dviejų žemės koordinačių. Pradėjus bandymą yra užfiksuojama lokacija ir taip įveikimas atstumas. Kai pasiekiamas finišas yra užfiksuojamos finišo koordinatės ir apskaičiuojamas nukeliamas atstumas pagal Vincenty algoritmą.

6.3 lentelė. Atstumo matavimo rezultatai

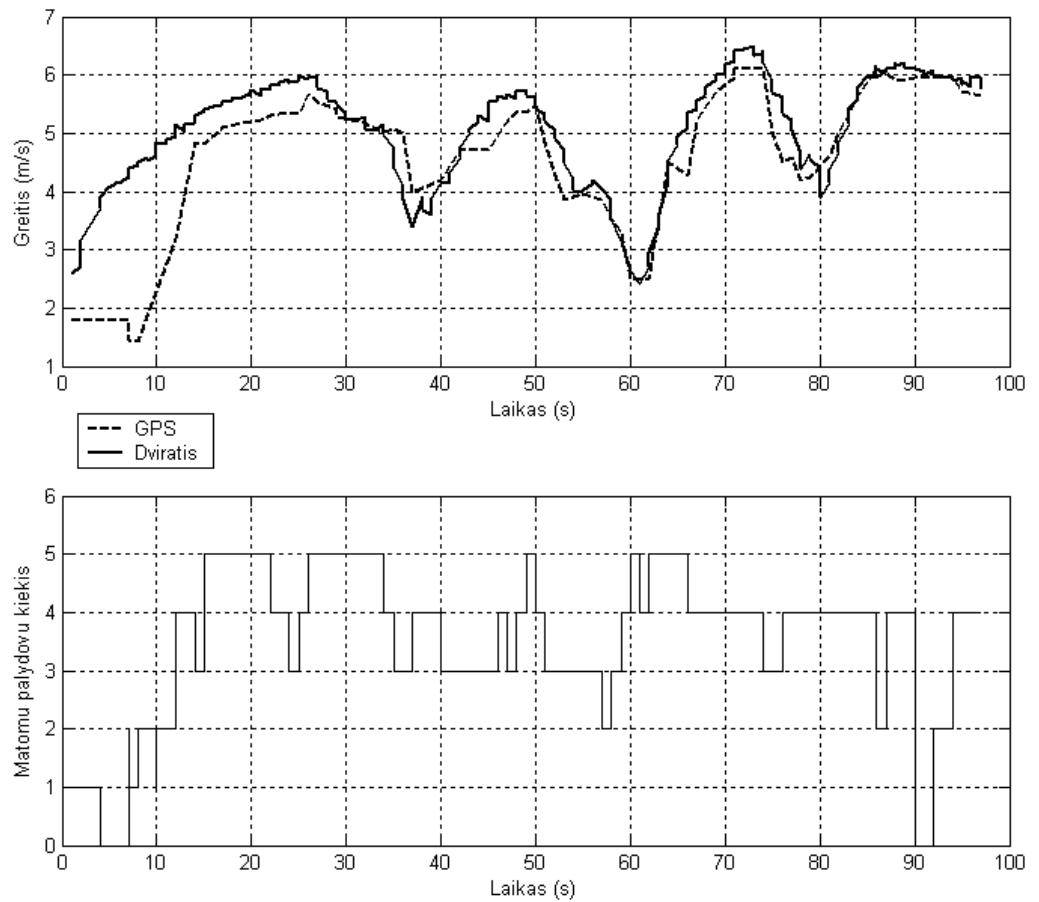
	Atstumo matavimo santykinė matavimo paklaida			
	20 m.	40 m.	60 m.	80 m.
Atvira lygi vieta	7,8 %	3,6 %	2,7 %	1,4 %
Atvira nuokalnė	8,2 %	3,2 %	2,1 %	1,7 %
Parkas (medžių šešėliai)	12,0 %	5,7 %	3,1 %	3,1 %
Miestas tarp aukštų pastatų	8,5 %	4,2 %	2,5 %	2,3 %

6.3. Greičio matavimo rezultatai

Greičio tikslumui įvertinti buvo naudotas dviratis, prie kurio pritvirtintas greičio daviklis bei sujungtas GPS jutiklis. Greičio matavimui buvo pasirinktos skirtingos trasos, kad įvertinti GPS greičio tikslumą skirtingose vietovėse: labiau atviroje, kur mažiau pastatų ir medžių (6.2 pav) ir tarp aukštų pastatų (6.3 pav.). Visų bandymu metu buvo fiksuojamas matomų palydovų kiekis.



6.2 pav. GPS greičio palyginimas su dviračio greičiu atviroje vietovėje



6.3 pav. GPS greičio palyginimas su dviračio greičiu vietovėje tarp aukštų pastatų

Iš atliktų bandymų galima spręsti, kad tiksliam GPS greičiui didžiausia įtaką turi matomų palydovų kiekis. Jei šis skaičius mažiau nei keturi, tai GPS greičio parametras labai skiriasi nuo dviračio judėjimo greičio.

6.4. GPS parametrų naudojimas sportininko treniruotėje

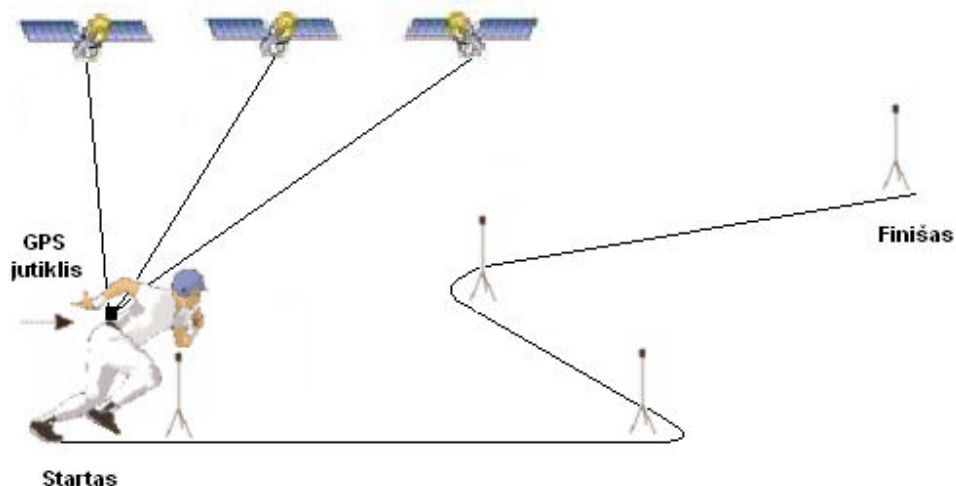
Atlikus bandymus reikia išanalizuoti, kur tikslingiausia būtų naudoti GPS technologija sporte. Žinoma, visi treniruočių metodai turi būti atliekami lauko sąlygomis ir geriausia, kad GPS jutikliui netrukdytų medžiai ar kiti objektai priimti signalus. GPS jutiklis turi būti tvirtinamas ant kūno, bet ne prie kojų ar rankų.

6.4.1. GPS naudojimas kartu su optiniais jutikliais

Ankščiau aprašytus fizinio pasiruošimo metodus galima papildyti fiksuojant sportininko greitį visoje treniruotės eigoje. Reikia fiksuoti ir GPS ir optinių jutiklių duomenis. Šis metodas padeda treneriui sudaryti įvairesnę treniruotę. Galima išdėstyti jutiklius kokia norima tvarka ir stebėti kaip keli sportininkai įveiks trasą (6.4 pav.).

Metodo aprašymas

- Sportininkui startavus fiksuojamas starto pradžios laikas
- Kai sportininkas pradeda savo treniruotę galima stebėti jo bėgimo greitį visoje bėgimo trasoje.
- Galima nustatyti, kokio tikslumo duomenis fiksuoti sistemoje, pavyzdžiui jei matomų palydovų kiekis mažesnis nei 5, tai nefiksuojamas sportininko greitis tame trasos ruože. Tai padeda lanksčiai naudoti metodą ir atviroje vietoje ir uždaresnėje, kur GPS tikslumas mažesnis
- Pasiekus optinius daviklius fiksuojami tarpiniai treniruotės rezultatai.
- Galima ta pačią trasą naudoti keliems sportininkams. Tokiu būdu galima palyginti atletų sportininkų fizinį pasiruošimą ir įvertinti kas daro geresnę pažangą



6.4 pav. Treniruotės atlikimo schema su GPS ir optiniais jutikliais

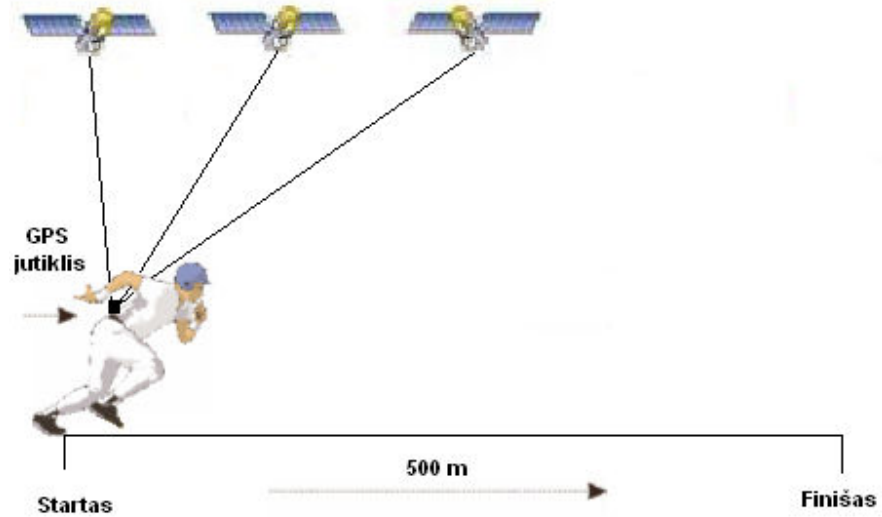
6.4.2. Treniruotės atlikimas įveikiant atstumą tiesia trajektorija

GPS parametrų naudojimas sportininko treniruotėje įveikiant atstumus tiesia trajektorija. Atlikus bandymus naudojant Vincenty algoritmą atstumui skaičiuoti buvo gauta ± 4 m paklaida ir ji nesikeičia atliekant skaičiavimus ilgiems ir trumpiems atstumams. Todėl galima šį metodą taikyti labai ilgiems tiesios trajektorijos bėgimo pratimams (6.5 pav.).

Metodo aprašymas

- Prieš startą yra nustatoma, kokio ilgio atstumą įveiks sportininkas
- Pradedant treniruotę įsimenamos starto koordinatės
- Startavus galima stebėti sportininko judėjimo greitį. Galima nustatyti kokio tikslumo duomenis fiksuoti sistemoje, pavyzdžiui jei matomų palydovų kiekis mažesnis nei 5, tai nefiksuojamas sportininko greičio tame trasos ruože. Tai padeda lanksčiai naudoti metodą ir atviroje vietoje ir uždaresnėje, kur GPS tikslumas mažesnis
- Sistema nuolat tikrina ar jau pasiektas norimas atstumas t.y. ar suskaičiavus atstumą nuo starto iki finišo ± 4 m fiksuojama, kad sportininkas nubėgo norimą atstumą
- Kai sportininkas nubėga norimą atstumą fiksuojamas bėgimo laikas

- Galima ta pačią trasą naudoti keliems sportininkams. Tokiu būdu galima palyginti atletų fizinį pasiruošimą ir įvertinti, kas daro geresnę pažangą



6.5 pav. Treniruotės atlikimo schema su GPS

7. IŠVADOS

- Buvo išanalizuoti GPS technologijos principai bei veikimas. Pagal tai pasirinkti matavimo metodai, kurie padeda stebėti sportininkų fizinį pasiruošimą t.y. atleto bėgimo greitį, kelią ir įveiktą atstumą.
- Nueito kelio matavimams buvo panaudotas GPS greičio integravimo metodas. Buvo pasirinktos įvairios vietovės, nes GPS tikslumui turi įtakos gamtos sąlygos. Tikslesni GPS rezultatai buvo vietovėse, kur mažiau kliūčių signalui iš GPS gauti. Taigi šį metodą galima taikyti sporto šakose, kur įveikiamos netiesios trajektorijos distancijos ir kelio matavimo paklaidos nėra labai svarbios.
- Atstumo matavimui judant tiesia trajektorija buvo naudotas Vincenty algoritmas. Atlikus bandymus gautus skaičiuojant atstumą nuo starto pradžios iki finišo gaunama ± 4 m paklaida ilgiems ir trumpiems atstumams, todėl šį atstumo matavimo metodą galima naudoti ilgesnėms trasoms.
- Patobulinta sportininko treniruočių metodika fiksuojant optinių jutiklių ir GPS rezultatus. Tokiu būdu gaunama daugiau informacijos apie sportininkų fizinį pasiruošimą. Šį metodą galima naudoti atliekant įvairius pratimus su kamuoliu ar kitomis trasos kliūtimis.
- Atliktas GPS greičio palyginimas su tikru greičiu važiuojant dviračiu. Bandymai buvo atlikti atviroje vietovėje, kur mažiau kliūčių GPS signalui gauti bei vietovėje, kurioje signalui gauti yra kliūčių. Tikslesni greičio rezultatai buvo atviroje teritorijoje, todėl naudojant GPS technologiją sporte reikia pasirinkti tinkamą vietovę.

8. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. MAMKUS, G. *Sportininkų greitumo ir galingumo testavimas*. [interaktyvus]. 2003 m. – [žiūrėta 2005-10-12]. Prieiga per internetą: <<http://www.baltecsport.com/lt/Veiklossritys/Straipsniai/id-8/>>
2. Baltec sport [interaktyvus]. Šuolių ir bėgimo parametrų matuoklis. 2006 m. – [žiūrėta 2006-02-20]. Prieiga per internetą: < <http://www.baltecsport.com/lt/Produktai/id-4/>>
3. Infoera [interaktyvus]. GPS technologijos. 2005 m. – [žiūrėta 2005-03-10]. Prieiga per internetą: < <http://www.gps.lt>>
4. PETKEVIČIUS, E. *GPS technologija ir panaudojimas* [interaktyvus]. 2004 m. rugsėjis – [žiūrėta 2006-05-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.elektronika.lt/theory/theme/272/118/>>
5. KTU Fizikos Katedra [interaktyvus]. Matavimų paklaidos. 2005 m. – [žiūrėta 2006-03-15]. Prieiga per internetą: <<http://www.fizika.ktu.lt/I%20dalis/1%20Fizikos%20ivadas.pdf>>
6. HNT-BALTIC Geinfoservisas [interaktyvus]. Žemėlapiai. 2006 m. – [žiūrėta 2006-01-03]. Prieiga per internetą: < <http://www.maps.lt>>
7. TERRIER, P. ; SHUTZ Y. *How useful is satellite positioning system (GPS) to track gait parameters?*. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation [interaktyvus]. 2005 m. – [žiūrėta 2005-05-07]. Prieiga per internetą: <<http://www.jneuroengrehab.com/content/2/1/28>>
8. SIMI Reality Motion Systems [interaktyvus]. 2006 m. – [žiūrėta 2006-04-10]. Prieiga per internetą: < <http://www.simi.com>>
9. Garmin Inc. [interaktyvus]. 2006 m. – [žiūrėta 2006-04-10]. Prieiga per internetą: <<http://www.garmin.com/products/forerunner301/>>
10. Jamar technologies [interaktyvus]. 2006 m. – [žiūrėta 2005-11-20]. Prieiga per internetą: <<http://www.jamartech.com/gpstravel.htm>>
11. BHIP Ltd. [interaktyvus]. 2006 m. – [žiūrėta 2006-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.heartratemonitor.co.uk/navman_m300.html>
12. Racelogic [interaktyvus] 2005 m. – [žiūrėta 2006-04-02]. Prieiga per internetą: <<http://www.racelogic.co.uk/?show=VBOX>>
13. CommLinx Solutions Pty Ltd [interaktyvus]. 2005 m. – [žiūrėta 2005-10-12]. Prieiga per internetą: <http://www.commlinx.com.au/NMEA_sentences.htm>
14. VINCENTY, T. Direct and inverse solutions of geodesics on the ellipsoid with application of nested equations. 1975. 88-93 p.

RESEARCH ON USING GPS RECEIVER IN SPORTS WORKOUT

Summary

GPS technologies are more and more useful in sports today. Trainers can view athletic workout. There are many types of equipment that show how fast does sportsman move. So it's very important to know if their parameters are enough accurate. That's why these data must be analyzed. The main object about viewing athlete's results is to get distance and moving speed. These two parameters can be shown from GPS data. To get distance from GPS parameters we need to use mathematical methods and carry out tests in various places. GPS speed parameter must be checked with standard and accurate device. This will be done with real bicycle speed. The analysis of athletic training methods must be also made.

9. SANTRUMPŲ IR TERMINŲ ŽODYNAS

GPS (Global Positioning System) – pasaulinė navigacijos sistema

GNSS (Global Navigation Satellite System) - pasaulinė palydovinės navigacijos sistema

DGPS (Differential Global Positioning System) - diferencialinis GPS imtuvas

PDA (Personal Digital Assistants) - asmeninis skaitmeninis padėjėjas

NMEA (National Marine Electronics Association) - nacionalinės jūrų elektronikos asociacijos.

C# - programavimo kalba.

PRIEDAI

1. PRIEDAS. Vincenty algoritmo realizacija

```
Double distanceByVincentyAlg(Double lat1, Double lon1, Double lat2, Double lon2)
{
    // nustome Zemes asių ilgius:
    Double a = 6378137;
    Double b = 6356752.31424518;

    lat1 = lat1 * 0.0174532925199433;
    lon1 = lon1 * 0.0174532925199433;
    lat2 = lat2 * 0.0174532925199433;
    lon2 = lon2 * 0.0174532925199433;

    if (Math.Abs(Math.PI / 2 - Math.Abs(lat1)) < 0.0000000001)
    {
        lat1 = Math.Sign(lat1) * (Math.PI / 2 - (0.0000000001));
    }
    if (Math.Abs(Math.PI / 2 - Math.Abs(lat2)) < 0.0000000001)
    {
        lat2 = Math.Sign(lat2) * (Math.PI / 2 - (0.0000000001));
    }

    Double f = (a - b) / a;
    Double U1 = Math.Atan((1 - f) * Math.Tan(lat1));
    Double U2 = Math.Atan((1 - f) * Math.Tan(lat2));
    lon1 = lon1 % (2 * Math.PI);
    lon2 = lon2 % (2 * Math.PI);
    Double L = Math.Abs(lon2 - lon1);
    if (L > Math.PI)
        L = 2 * Math.PI - L;
    Double lambda = L;
    Double lambdaold = 0;
    Double itercount = 0;

    Double sinsigma = 0;
    Double cossigma = 0;
    Double sigma = 0;
    Double alpha = 0;
    Double cos2sigmam = 0;
    while (itercount == 0 || Math.Abs(lambda - lambdaold) > 0.000000000001) // turi būti bent viena iteracija
    {
        itercount = itercount + 1;
        if (itercount > 50)
        {
            lambda = Math.PI;
            break;
        }
        lambdaold = lambda;
        sinsigma = Math.Sqrt(Math.Pow((Math.Cos(U2) * Math.Sin(lambda)), 2) + Math.Pow((Math.Cos(U1) *
            Math.Sin(U2) - Math.Sin(U1) * Math.Cos(U2) * Math.Cos(lambda)), 2));
        cossigma = Math.Sin(U1) * Math.Sin(U2) + Math.Cos(U1) * Math.Cos(U2) * Math.Cos(lambda);
        sigma = Math.Atan2(sinsigma, cossigma);
        alpha = Math.Asin(Math.Cos(U1) * Math.Cos(U2) * Math.Sin(lambda) / Math.Sin(sigma));
        cos2sigmam = Math.Cos(sigma) - 2 * Math.Sin(U1) * Math.Sin(U2) / Math.Pow(Math.Cos(alpha), 2);
        Double C = f / 16 * Math.Pow(Math.Cos(alpha), 2) * (4 + f * (4 - 3 * Math.Pow(Math.Cos(alpha), 2)));
    }
}
```

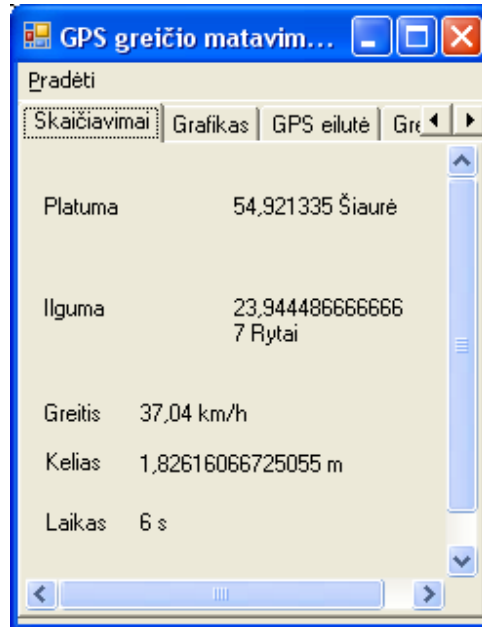
```

lambda = L + (1 - C) * f * Math.Sin(alpha) * (sigma + C * Math.Sin(sigma) * (cos2sigmam + C *
    Math.Cos(sigma) * (-1 + 2 * Math.Pow(cos2sigmam, 2))));
// correct for convergence failure in the case of essentially antipodal points
if (lambda > Math.PI)
{
    lambda = Math.PI;
    break;
}
}
Double u2 = Math.Pow(Math.Cos(alpha), 2) * (Math.Pow(a, 2) - Math.Pow(b, 2)) / Math.Pow(b, 2);
Double A = 1 + u2 / 16384 * (4096 + u2 * (-768 + u2 * (320 - 175 * u2)));
Double B = u2 / 1024 * (256 + u2 * (-128 + u2 * (74 - 47 * u2)));
Double deltasigma = B * Math.Sin(sigma) * (cos2sigmam + B / 4 * (Math.Sin(sigma) * (-1 + 2 *
    Math.Pow(cos2sigmam, 2)) - B / 6 * cos2sigmam * (-3 + 4 * Math.Pow(Math.Sin(sigma), 2)) * (-3 + 4 *
    Math.Pow(cos2sigmam, 2))));
//deltasigma = B*sin(sigma)*(cos2sigmam+B/4*(cos(sigma)*(-1+2*cos2sigmam^2) -B/6*cos2sigmam*(-
    3+4*sin(sigma)^2)*(-3+4*cos2sigmam^2)));
return b*A*(sigma-deltasigma);
}

```

2. PRIEDAS. GPS parametrų analizės programos vartotojo vadovas

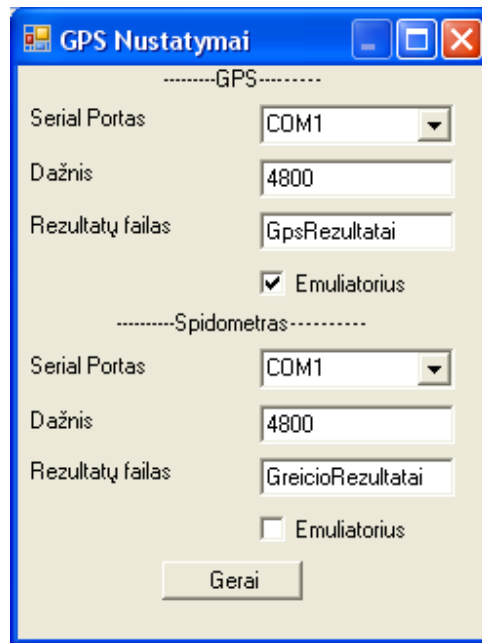
10.1. pav. yra pagrindinis programos langas atrodo, kur matome duomenis apie esamas koordinatas, greitį, laiką ir kelią.



10.1 pav. Pagrindinis programos langas

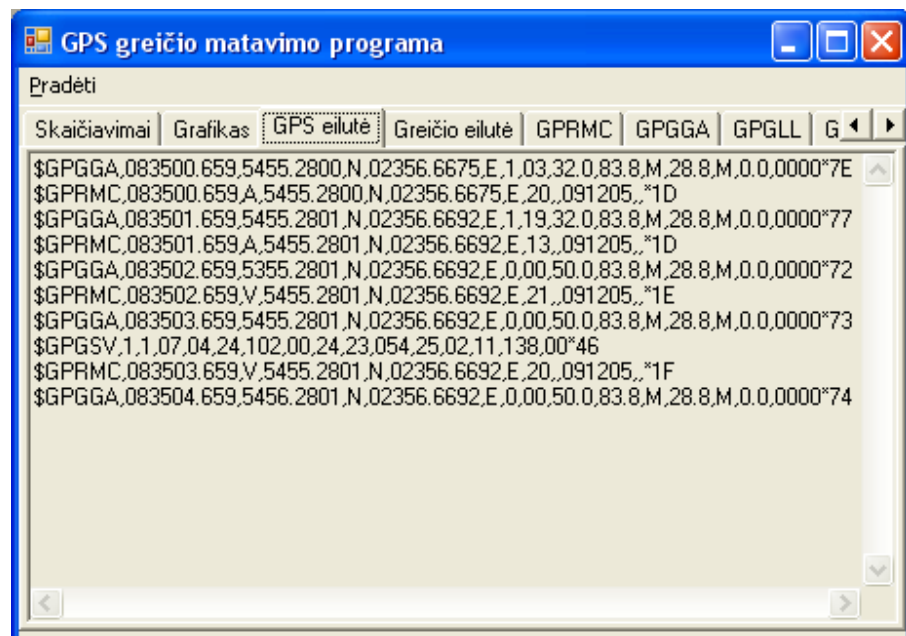
10.2. pav. yra programos parametrų langas, kuriame reikia nustatyti tokius parametrus:

- “GPS Serial Portas” - portas, iš kurio skaitysime GPS duomenis,
- “GPS Dažnis” - duomenų nuskaitymo iš porto dažnis (GPS naudojamas 4800),
- “GPS Rezultatų failas” - nurodo GPS duomenų failo pavadinimą,
- “GPS Emulatorius” - nurodo kad duomenys bus nuskaityti ne iš jutiklio, o iš tekstinio failo,
- “Spidometro Serial Portas” - portas, iš kurio skaitysime spidometro duomenis,
- “Spidometro Dažnis” - tai duomenų nuskaitymo iš porto dažnis,
- “Spidometro Rezultatų failas” - nurodo spidometro duomenų failo pavadinimą,
- “Spidometro Emulatorius” - nurodo kad duomenys bus nuskaityti iš tekstinio failo.



10.2 pav. Nustatymų langas

GPS eilutės lange (10.3 pav.) rodoma duomenys nuskaityti per COM portą iš GPS jutiklio ar tekstinio failo, jei nustatytas emuliatoriaus režimas.



10.3 pav. GPS duomenys

Grafiko lange 10.5. pav. rodomi GPS ir spidometro parodymai grafike. Tokiu būdu galima palyginti rezultatus.



10.5 pav. Spidometro duomenys