

**UNIVERZITA PARDUBICE**  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**SPORTTESTER PRO ANALÝZU POHYBU SPORTOVCE**

Petr Stibor

Bakalářská práce

2021

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Petr Stibor**  
Osobní číslo: **I18091**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Řízení procesů**  
Téma práce: **Sporttester pro analýzu pohybu sportovce**  
Zadávající katedra: **Katedra řízení procesů**

### Zásady pro vypracování

Cíl práce: Navrhnout a vytvořit sporttester pro záznam a následnou analýzu sportovních aktivit.

Obsah teoretické části: Student provede rešerši v oblastech záznamu a analýzy sportovních aktivit, používaných HW řešení pro záznam i SW aplikací pro vizualizaci a analýzu dat. Provede také rešerši využívaných veličin a příslušných senzorů pro jejich měření, HW pro záznam měření, komunikačních možností a SW možností pro vizualizaci, vyhodnocení, archivaci a sdílení dat.

Obsah praktické části: V praktické části student navrhne a realizuje hardwarové řešení sporttesteru obsahujícího akcelerometr a GPS modul pro záznam polohy, rychlosti a zrychlení sportovce. Softwarová část řešení umožní off-line analýzu změřených dat – zobrazení „heat mapy“ pohybu sportovce po hřišti, časové průběhy rychlosti a zrychlení, průměrné a maximální rychlosti a zrychlení v daných časových okamžicích nebo v rámci celého záznamu. Bude možné prohlížet historické záznamy a provést jejich analýzu z pohledu změny sportovního výkonu a chování sportovce na hřišti nebo porovnání jeho výsledků s dalšími sportovci.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

SELECKÝ, Matúš. Arduino: uživatelská příručka. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.

VODA, Zbyšek. Průvodce světem Arduina. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

SHARKEY, Brian J. a Steven E. GASKILL. Fyziologie sportu pro trenéry. Přeložil Michal BARDA. Praha: Mladá fronta, 2019. Edice Českého olympijského výboru. ISBN 978-80-204-4532-2.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce:

**27. listopadu 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**14. května 2021**

L.S.

---

**Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.**

děkan

---

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.**

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 29. ledna 2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11. 5. 2021

Petr Stibor

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Ing. Danielu Honcovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval všem ostatním pedagogům, kteří se podělili o drahocenné zkušenosti. Děkuji také své rodině a přátelům, kteří mě podporovali a drželi mi palce po celý průběh studia.

V Pardubicích dne 11. 5. 2021

Petr Stibor

## **ANOTACE**

*Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením sportovního měřicího přístroje založeného na satelitním určování polohy. Konstrukce hardwarového řešení měřicího zařízení podporuje snímání vlastností sportovního výkonu. Jeho naměřená data jsou poté přenášena pomocí SD karty. Nakonec softwarová aplikace vytvořená ve vývojovém prostředí MATLAB App Designer z ní dělá jednotku s komplexním systémem, který umožňuje analýzu sportovních aktivit.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*GPS, navigační systémy, MATLAB, Arduino, sporttester, fotbal, tenis, uživatelské rozhraní.*

## **TITLE**

*SPORTTESTER FOR ANALYSIS OF ATHLETE'S MOVEMENT*

## **ANNOTATION**

*This bachelor thesis deals with the creation of a sports measuring machines based on satellite positioning. Construstuction of the hardware solution of the measuring device supports the sensing of the properties of sports performance. Measured data are then transmitted using an SD card. In the end the software application created in the development enviroment of MATLAB App Designer makes this a unit with a comprehensive system which allows sports activities analysis.*

## **KEYWORDS**

*GPS, Navigation systems, MATLAB, Arduino, Sporttester, Football, Tennis, User Interface.*

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	9
SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A FUNKCÍ.....	11
SEZNAM ILUSTRACÍ .....	12
SEZNAM TABULEK.....	13
ÚVOD .....	14
1 SPORTOVNÍ TRÉNINK.....	15
1.1 Fotbal .....	15
1.1.1 Historie.....	16
1.1.2 Hrací plocha .....	16
1.1.3 Herní výkon.....	17
1.1.4 Herní systém a rozestavení hráčů.....	17
1.2 Tenis.....	18
1.2.1 Historie.....	18
1.2.2 Hrací plocha .....	19
2 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY .....	21
2.1 Historie.....	21
2.1.1 Radiové signály.....	21
2.1.2 Satelitní systémy .....	21
2.2 GPS .....	22
2.2.1 Funkce GPS.....	22
2.2.2 Části systému GPS .....	23
2.2.3 Princip určování polohy z GPS.....	24
2.2.4 Přesnost a možnosti jejího zvýšení .....	25
2.3 GLONASS .....	27
2.4 GALILEO .....	28
2.4.1 Poskytované služby systému GALILEO .....	28

2.5	Ostatní navigační systémy .....	29
2.5.1	Compass .....	29
2.5.2	IRNSS a další .....	29
3	ARDUINO .....	30
3.1	Historie.....	30
3.2	Typy desek .....	30
3.3	Arduino Shieldy .....	31
3.4	Arduino IDE.....	32
3.4.1	Popis prostředí.....	32
3.4.2	Programovací jazyk a knihovny.....	33
4	MATLAB .....	34
4.1	Možnosti využití .....	34
4.2	Simulink.....	35
4.3	MATLAB App Designer .....	35
4.3.1	Programování v MATLAB App Designer.....	35
4.3.2	Sdílení vytvořené aplikace .....	35
5	POUŽITÝ HARDWARE .....	37
5.1	Arduino NANO.....	37
5.1.1	Popis pinů.....	37
5.2	GPS modul .....	38
5.3	Čtečka microSD karet .....	40
5.4	Baterie a přepínač.....	40
6	PROTOTYP MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ.....	41
6.1	Popis zařízení .....	41
6.1.1	Schéma zapojení .....	41
6.1.2	Připojení GPS modulu .....	42
6.1.3	Připojení čtečky microSD karet .....	42



6.1.4	Napájení zařízení.....	43
6.2	Reálné zapojení .....	43
6.3	Krabička .....	43
7	VYTVOŘENÍ PROGRAMU PRO MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ .....	45
7.1	Inicializace knihoven .....	45
7.2	Konfigurace microSD karty .....	45
7.3	Konfigurace GPS modulu .....	45
7.3.1	Vložení knihovny a definování objektu .....	46
7.3.2	Smyčka pro nastavení .....	46
7.3.3	Smyčka pro otestování dat .....	46
7.4	Zápis dat na SD kartu.....	46
7.5	Nastavení souboru pro uložení dat.....	47
8	TVORBA UŽIVATELSKÉ APLIKACE .....	48
8.1	Vzhled aplikace.....	48
8.2	Rozdělení okna.....	49
8.2.1	Ovládání aplikace.....	49
8.2.2	Zobrazování dat.....	49
8.2.3	Vypočtení parametrů běhu .....	52
9	POROVNÁNÍ STATISTIK .....	54
10	ZÁVĚR .....	56
	POUŽITÁ LITERATURA .....	57
	PŘÍLOHY .....	59

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

2D	dvojměrný
3D	trojměrný
CS	chip select
DGPS	zdroj diferenčních korekcí
EEPROM	elektricky vymazatelná paměť pouze pro čtení
FLASH	elektricky programovatelná paměť s libovolným přístupem
GALILEO	globální družicový polohový systém
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GND	uzemnění
GPS	Global Positioning System
GUI	grafické uživatelského rozhraní
I/O	vstupně výstupní
IDE	integrované vývojové prostředí
MISO	master-input slave-output
MOSI	master-output slave-input
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
NMEA	standard popisující elektrické charakteristiky a přenosový protokol
PC	osobní počítač
POW, PWR	power
PPS	precise positioning service
RX, RXD	vysílání dat
SCK	synchronous clock
SD	secure digital
SDHC	secure digital high capacity
SPI	serial peripheral interface
SRAM	statická paměť

TTL	tranzistorově tranzistorová logika
TX, TXD	příjem dat
USB	univerzální sériová sběrnice
VCC	voltage common collector
WAAS	Wide Area Augmentation System
ZIP	Zone Improvement Plan, archivátor

## SEZNAM SYMBOLŮ VELIČIN A FUNKCÍ

$a$	zrychlení, $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
$s$	dráha, m
$t$	čas, s
$v$	rychlost, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
$X$	vzdálenost od satelitu reprezentující šířku, km
$x_1$	zeměpisná šířka prvního bodu, m,
$x_2$	zeměpisná šířka druhého bodu, m,
$Y$	vzdálenost od satelitu reprezentující délku, km
$y_1$	zeměpisná délka prvního bodu, m,
$y_2$	zeměpisná délka druhého bodu, m,
$Z$	vzdálenost od satelitu reprezentující výšku, km

## SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1.1 – Hrací plocha fotbalového hřiště (Votík, 2011).....	17
Obrázek 1.2 – Rozměry tenisového kurtu (Linhartová, 2009) .....	19
Obrázek 2.1 – Rozmístění a dráhy družic GPS (Čábelka, 2008).....	23
Obrázek 2.2 – Rozmístění řídicích stanic GPS (Čábelka, 2008).....	23
Obrázek 2.3 – Průnik kulových ploch družic (Bergmann, 2006) .....	25
Obrázek 2.4 – Trilaterace ve 3D prostoru (Bergmann, 2006) .....	25
Obrázek 2.5 – Princip DGPS (Jakl, 2019) .....	26
Obrázek 2.6 – Území pokrývané systémy WAAS, EGNOS a MSAS (Čábelka, 2008).....	27
Obrázek 3.1 – Oficiální logo platformy Arduino. (Selecký, 2016) .....	30
Obrázek 3.2 – Náhled prostředí Arduino IDE .....	33
Obrázek 5.1 – Zapojení desky Arduino NANO CH340 (Eses klon Arduino NANO CH340, 2021) .....	38
Obrázek 5.2 – GPS modul NEO-7M (ECLIPSERA MODULES: GPS modul NEO-7M, 2017) .....	39
Obrázek 5.3 – Čtečka microSD karet (Čtečka micro SD karet, 2021) .....	40
Obrázek 6.1 – Schéma zapojení.....	41
Obrázek 6.2 – Zapojení v nepájivém poli .....	42
Obrázek 6.3 – Nárys krabičky .....	43
Obrázek 6.4 - Půdorys krabičky .....	44
Obrázek 6.5 – Bokorys krabičky .....	44
Obrázek 8.1 – Vzhled aplikace .....	48
Obrázek 8.2 – Okno aplikace s vizualizací pohybu.....	50
Obrázek 8.3 – Okno aplikace a teplotní mapa .....	51
Obrázek 8.4 – Okno aplikace a charakteristiky pohybu .....	52
Obrázek 9.1 – Hodnoty změřené hodinkami .....	54
Obrázek 9.2 – Hodnoty změřené sporttestrem.....	55

## **SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1.1 – Uběhnuté vzdálenosti různou intenzitou v závislosti na postech (Fajfer, 2013) .....	15
Tabulka 2.1 – Srovnání metod podle dosažené přesnosti (Steiner, 2004).....	27
Tabulka 5.1 – Specifikace Arduino NANO CH340 .....	37
Tabulka 5.2 – Specifikace GPS modul NEO-7M-C .....	39

# ÚVOD

Informační technologie a jejich neustálý vývoj se projevuje snad ve všech oblastech. Jsou naší nedílnou součástí. Jinak tomu není, ani co se týká sportu. Přesnější měření vzdáleností v odvětvích, jako jsou skok do dálky, hod oštěpem, vrh koulí nebo další atletické disciplíny, si už bez těchto „chytrých“ odečítacích přístrojů snad neumíme představit. Ani vývoj ve fotbalovém prostředí nezůstává pozadu. Posouzení, zda míč překročí brankovou čáru neboli Goal-line technology, získalo už pevné postavení ve všech prestižních soutěžích. Nejvíce diskutované téma v posledních letech je spuštění Video asistenta rozhodčího, zkráceně VAR. Co se již zapracovává i do amatérských soutěží, jsou sledovače výkonů sportovců. Tato zařízení nesmí ohrozit ostatní hráče na trávníku. Proto není možné umístění sledovače na ruku, jako sportovní hodinky. Některé sporttestery jsou ukryté v kopačkách a dokážou měřit i sílu kopu. Bohužel tyto senzory mohou být i přes své malé rozměry dost nepříjemné pro chodidlo. Lepší alternativou jsou sledovače umístěné na těle hráče. Nejčastěji se ukrývají ve vestách, které svým tvarem připomínají dámské sportovní podprsenky. Tyto sledovače se dají použít i v dalších individuálních nebo týmových sportech. Jedinou překážkou je často pořizovací cena a minimální možnost uživatelského nastavení.

Bakalářská práce se zabývá vytvořením hardwaru i softwaru pro měření a analýzu pohybu sportovce. Pro splnění cíle práce bylo v literární rešerši žádoucí prostudovat princip satelitní navigace a následného zpracování na srozumitelná data. Dále bylo nutné přiblížit jednotlivé sportovní aktivity, které je tento systém schopný zaznamenávat a analyzovat. Hardware, který dokáže zaznamenávat aktuální polohu v čase, tvoří moduly platformy Arduino. Součástí hardwarového řešení je i vytvoření krabičky na měřicí zařízení.

Programování měřicího sporttestru bylo provedeno v prostředí Arduino IDE. Změřená data ze sporttestru se ukládají na SD kartu. Po ukončení sportovní aktivity jsou data k dispozici jako samostatný soubor.

Analýza dat probíhá pomocí vytvořené aplikace v prostředí MATLAB App Designer. Aplikace umožňuje vizualizaci pohybu po hřišti. Možností vizualizace pohybu je několik. Navržený systém umožňuje analyzovat parametry běhu, jako je celková vzdálenost, rychlost a zrychlení. Poskytuje také grafickou analýzu ve formě teplotní mapy. Díky tomuto grafickému znázornění dat lze efektivněji analyzovat pohyb hráče a dodržování taktických pokynů. Hřiště, po kterém se měřený hráč pohyboval, si může uživatel také měnit, a to nastavením vlastních rohů hřiště, nebo volbou sportovní činnosti.

# 1 SPORTOVNÍ TRÉNINK

Trénink se dá charakterizovat jako dlouhodobý proces, který je třeba neustále kontrolovat. Mělo by jít o spojení aktivního cvičení, osvojování a následného zdokonalování nabitých dovedností. Hlavní myšlenkou by tedy měl být všestranný a harmonický vývoj sportovce jako celku. Dosažení maximální výkonnosti, hlavně na profesionální úrovni, je nejdůležitější cíl, kterého chceme dosáhnout (Lehnert, 2010).

V dnešní moderní době je možné dosahovat lepších výsledků právě na základě kvalitnějšího měření. Čím kvalitněji dokážu měřit výkonnost, tím lépe a rychleji se mohu dostat ke stanovenému cíli (Lehnert, 2010).

## 1.1 Fotbal

Fotbal je sportovní branková, ale především týmová hra, kde každá role na hřišti je specifická. V závislosti na této roli, spolu s intenzitou, je dáno herní zatížení hráče v průběhu utkání. Na profesionální úrovni překonávají celkovou vzdálenost okolo 10 až 13 km. Například středový hráč je přibližně 3 km v chůzi, 5 km v poklusu, necelé 2 km stráví rychlým během a více než 1 km je ve sprintu. Statistiky s přehledem naběhaných kilometrů v různé intenzitě a pozicích ukazuje tabulka 1.1. Měření těchto vzdáleností dokáže blíže určit, jakou náročnost hráči během zápasu podstupují. Výkon jako takový je více náročný i tím, že dochází k rychlému přepínání mezi maximální a nízkou zátěží. Neustálým tlakem na zlepšení herní výkonnosti můžeme pozorovat, jak hráči překonávají i rychlost 36 kilometrů za hodinu. Zlepšující se kvalita jak hráčů, tak i hřišť vede k zvýšení intenzity v utkání (Votík, 2011).

Tabulka 1.1 – Uběhnuté vzdálenosti různou intenzitou v závislosti na postech (Fajfer, 2013)

Posty	Chůze, km	Klus, km	Běh, km	Sprint, km	Celkem, km
Obránci	3,2	2,0	1,4	1,4	8,0
Středový hráči	2,6	5,2	1,8	1,1	10,7
Útočníci	3,4	2,0	1,6	1,8	8,8



Fotbal ale není jen o atletické vybavenosti. Tím, že se jedná o týmový sport, musí hráč ve velké rychlosti vyhodnotit postavení svých spoluhráčů i protihráčů. Na základě toho se dále rozhoduje o svém pohybu, případně přihrávce (Votík, 2011).

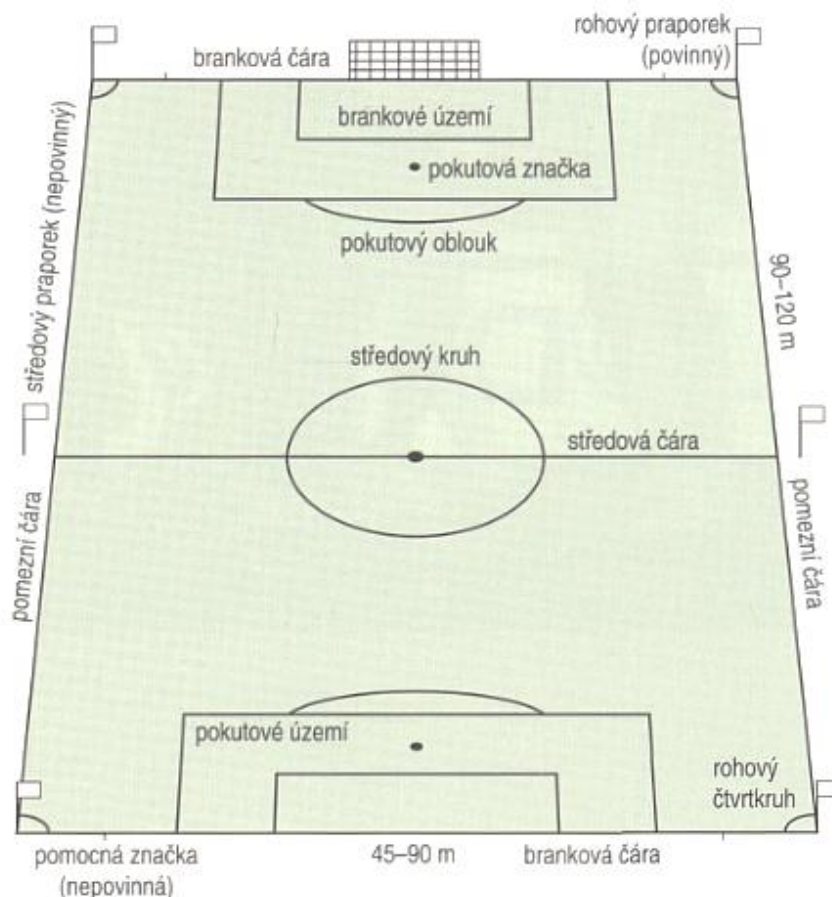
### **1.1.1 Historie**

První zmínka, která se váže k fotbalu, se datuje asi 3000 let př. n. l. Dále procházel spolu s civilizací vývojem a ve středověku byl charakterizován jako boj o míč s cílem dopravit jej do městské brány. Tato charakteristika pochází z Anglie, kde nastal i další závratný přelom. V polovině 18. století došlo na Britských ostrovech k sepsání původních pravidel. Ta jsou již velice podobná těm, která známe dnes. V duchu těchto pravidel je i zaznamenána nejstarší soutěž na světě, Anglický pohár. Následně tento fenomén přišel také do Evropy, a pak i do celého světa. V roce 1904 pak došlo k založení Mezinárodní fotbalové federace, tedy FIFA. V Čechách je zaznamenáno první utkání na konci 19. století a Český fotbalový svaz vznikl v roce 1901 (Votík, 2011).

Dnes se Český fotbalový svaz jmenuje Fotbalová asociace České republiky (FAČR). K roku 2020 je zaregistrováno 3649 klubů, čítajících 271 418 fotbalistů (Šafránek, 2020).

### **1.1.2 Hrací plocha**

Hrací plocha musí splňovat několik základních předpisů. Tyto předpisy jsou dány asociacemi, které soutěže konané na těchto plochách zaštiťují. Proto je několik variant rozměrů hřišť, které jsou povětšinou v určitých mezích. Plocha musí mít tvar obdélníku, přičemž pomezí čára je vždy delší, a má rozměry 90 až 120 m. Branková čára může měřit od 45 až do 90 m. Dále je hřiště rozděleno středovou čarou a ohraničenými pokutovými územími na stranách brankových čar. Uvnitř pokutového území je menší území brankové a vyznačena pokutová značka. Nákres fotbalového hřiště i s rozměry je na obrázku 1.1 (Votík, 2011).



Obrázek 1.1 – Hrací plocha fotbalového hřiště (Votík, 2011)

### 1.1.3 Herní výkon

Rozlišujeme dva základní typy herních výkonů, které se vzájemně ovlivňují. Dělíme je na herní výkon individuální a týmový. Týmový herní výkon je z určité části ovlivněn individuálními výkony hráčů. Jedná se o kombinaci všech jednotlivých individuálních výkonů hráčů a zvolené taktice. Taktiku může trenér stavět podle hry soupeře, anebo ji staví na vlastní pili svých svěřenců. Individuální výkon je soustava herních dovedností (zpracování balónu, střelba na bránu atd.), psychické a fyzické připravenosti (Votík, 2011).

### 1.1.4 Herní systém a rozestavení hráčů

Systém rozestavení hráčů je vzájemné rozdělení hráčských řad. Každá takto definovaná řada plní určité taktické úkoly. Pro fungující systém je rozhodující správná volba jednotlivých hráčů s různými dispozičními vlastnostmi. Schopnost vytvořit fungující systém je základ úspěchu. Možností, jak toto rozestavení vytvořit, je spousta. Mezi prvotní kritéria dělení hráčů

patří fyzická dispozice. Zohlednit se musí i dodržování správného území spjatého s hráčským postem. Například středový defenzivní hráč je odpovědný za předpokutové, ale i pokutové území. V těchto územích by se tedy většinu času také měl nacházet. Požadavky na výsledné rozestavení hráčů jsou najít rovnováhu mezi útokem a obranou. Hledání rovnováhy a zároveň zajištění rovnoměrného rozložení hráčů po hřišti umožňuje variabilitu přizpůsobování se hře během utkání (Votík, 2011).

## **1.2 Tenis**

Tenis je aktivita, která má pozitivní vliv na fyzickou kondici i psychiku. To platí i v případě, že je vykonáván jen jako rekreační činnost. V porovnání s ostatními sporty je při tenisu mnohem menší riziko případného úrazu. Tenis je především individuální sport. Hra probíhá v utkání jedné dvojice sportovců proti sobě. Výjimkou může být utkání dvojic, tedy čtyřhra. Jednotlivé týmy nebo jednotlivci se snaží pomocí raket zahrát míč přes síť do soupeřova pole. Zahrání úderu by mělo mít takové parametry, aby ho soupeř nedoběhl nebo vůbec neodehrál. V porovnání s ostatními sporty se tenis řadí mezi ty se střední intenzitou a hovoří se o něm jako o intervalovém typu sportu. Zápas samotný může trvat několik minut, ale i několik hodin. Při tenisu se rozvíjí vůle, cílevědomost, rychlý odhad a vyhodnocení situace. Po fyzické stránce mezi důležité faktory pro dosažení vítězství patří síla, rychlost a vytrvalost. Hráč se ve většině případů musí spolehnout na vlastní síly, a tak sledování výkonnostního růstu je velmi důležitý faktor pro zlepšení (Linhartová, 2009).

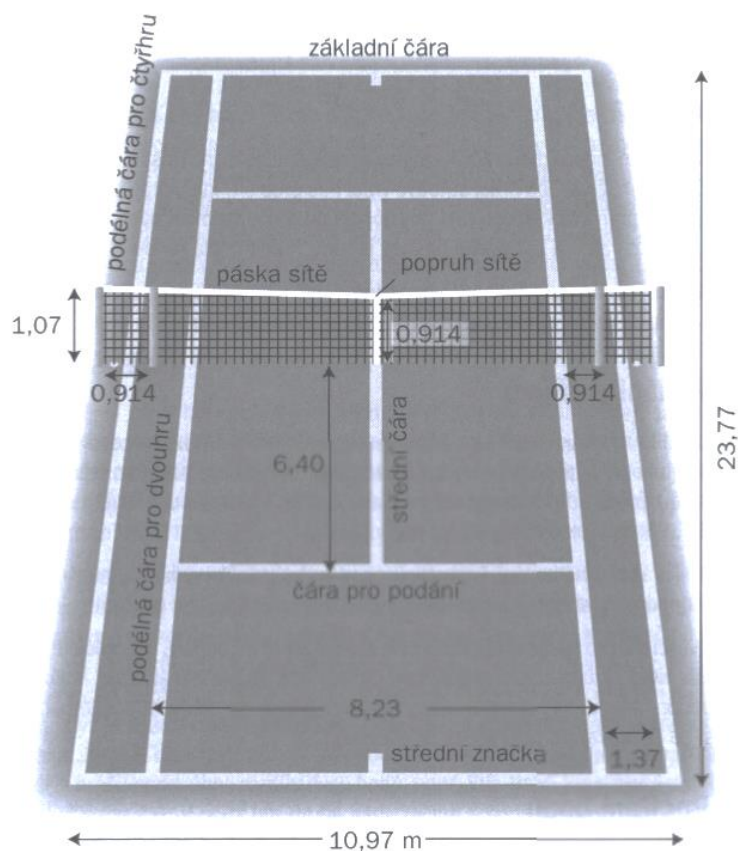
### **1.2.1 Historie**

Prapůvod tenisu je znám již ze středověku. Římané vyvinuli hru trigon, která byla založena na podobném principu, a to odrazení fíkových zrn dřevěnými pálkami. Nejdůležitější vývoj se pro tenis stal ve 14. století ve Francii. Nejdříve byl hrán pouze šlechtou a odrazení míčků se provádělo pouhou dlaní. Postupně se tenis začal infiltrovat i mezi nižší vrstvy společnosti. S dalším vývojem se tenis začal hrát dřevěnými pálkami, které byly vyplétané koženými šňůrami. Počítání bodů bylo už velmi podobné dnešnímu a vychází z faktu, že den má 24 hodin a hodina 60 minut. Hrál se tedy 24 her a každá hra po čtyřech bodech. Každý bod se počítal jako 15 minut, a proto tedy 15, 30, 45, 60. Každá hra nesměla překročit 60 minut. Nicméně po rovnosti skóre 45:45 k tomu docházelo, a proto došlo ke změně na stav 40:40. Za každý další bod se přičetlo 10 minut. Protože utkání trvala příliš dlouho, přišla ještě jedna

změna a to místo 24 her se hrálo jen do 12. Nicméně i to bylo nakonec moc dlouhé, a tak došlo na snížení 6 her, které zůstaly dodnes. První tenisový turnaj byl uspořádán v roce 1877 ve Wimbledonu. Stejnojmenná soutěž se koná každý rok a v tenisovém světě patří mezi ty nejdůležitější události celé sezóny. Mezi další známé soutěže patří Grand Slam nebo nejpopulárnější soutěž družstev Davisův pohár (Linhartová, 2009).

## 1.2.2 Hrací plocha

Hrací plocha pro tenis neboli také tenisový dvorec má přesně dané rozměry. Jedná se o obdélník, který je 23,77 m dlouhý a 8,23 m široký. Delší strana je uprostřed rozdělena napnutou sítí, která je v horní části stažena bílým 5 cm pruhem. Síť je napnuta tak, aby uprostřed byla přesně 0,914 m ve výšce od země. Čáry ohraničující kratší strany dvorce se nazývají základní čáry. Delší strany jsou podélné čáry. Podélné čáry jsou ve vzdálenosti 6,40 m od sítě a jsou rovnoběžné se sítí i základní čarou. Prostor po obou stranách sítě mezi čarami pro podání a podélnými čarami je rozdělen na dvě poloviny čarou na podání. Pro čtyřhru je pole zvětšeno na podélných stranách o 1,37 m (Linhartová, 2009).



Obrázek 1.2 – Rozměry tenisového kurtu (Linhartová, 2009)

Základní druhy dvorců, co se týče povrchu, jsou antukový, travnatý, umělá tráva, betonové nebo umělé povrchy. Nejčastější hrací plochou pro tenis tvoří jednoznačně antukový povrch (Linhartová, 2009).

## 2 NAVIGAČNÍ SYSTÉMY

### 2.1 Historie

Přesné určení polohy patří už od dávných dob k hlavním pilířům navigačních technologií. V tomto odvětví hraje velkou roli hlavně vojenský průmysl. Prvními pomůckami, které se využívaly při navigaci, byla mapa s kompasem. Další způsob určování polohy byl tzv. sextant. Jednalo se o zařízení, které určovalo polohu na zemi podle výšky vesmírných těles nad horizontem. Princip sextantu popsal jako první Isaac Newton, nicméně svůj objev nepublikoval. Nezávisle na něm jej v 18. století objevil také anglický matematik John Hadley a americký vynálezce Thomas Godfrey (Čábelka, 2008).

#### 2.1.1 Radiové signály

Dalším krokem pro lokalizaci bylo využití rádiových signálů. Princip se zakládá na měření času, po kterém vyslaný signál dojde od vysílače k přijímači. Rychlost rádiového signálu je stejná jako rychlost světla, tj.  $300\,000\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ . Vynásobením změřeného času tedy získáme přesnou vzdálenost mezi vysílačem a přijímačem. Tento způsob je velice závislý na přesnosti změřeného času, protože i chyba jedné mikrosekundy způsobí odchylku 300 metrů. Mezi takto fungující systémy patří například LORAN. Tento navigační systém pokrývá jen malou část Země, protože umístění vysílačů na moři není úplně vhodné. LORAN navíc dokáže pracovat s přesností přibližně 250 metrů, a to nebylo pro další využívání dostatečné (Čábelka, 2008).

#### 2.1.2 Satelitní systémy

Nástupcem rádiových systémů, které dokážou určit polohu na větších územích, jsou satelitní systémy. Princip propojení satelitů je velice podobný rádiové navigaci. V satelitních systémech jsou referenčními body pro navigaci aktuální polohy satelitů. Vzdálenost od satelitu nám určuje trojrozměrnou pozici měřeného objektu. Od každého satelitu v dosahu dostaneme vzdálenost  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , tj. šířku, délku a výšku (Čábelka, 2008).

Pozice satelitů není pevná. Pohybující se satelity okolo Země v každém okamžiku sdílí informaci o poloze. K dosažení maximální přesnosti určení polohy objektu je potřeba co nejdokonalější výpočet polohy referenčních bodů. Za první navigační systém pomocí satelitů se udává systém TRANSIT. Systém TRANSIT byl následován několika dalšími

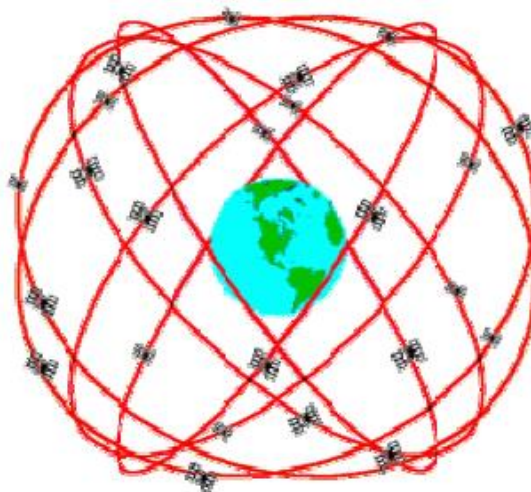
experimentálními systémy, a zapříčinily vznik těm, které fungují i dnes. Mezi nejznámější a široce používané satelitní systémy se řadí americký GPS, ruský GLONASS a evropský systém Galileo (Čábelka, 2008).

## **2.2 GPS**

GPS, neboli Global Positioning System, je původně družicový navigační systém vyvinutý pro armádu Spojených států amerických. Vývoj začal v padesátých letech 20. století. Před tímto systémem americká armáda používala systém TRANSIT, který ale neumožňoval nepřetržité měření polohy. Proto dochází v roce 1973 ke spuštění programu GPS NEVSTAR. Původně byl tento systém využíván jako přesný navigační a lokalizační prostředek. Počátkem 90. let je bezplatně přístupný i pro civilní účely. Pro veřejnost byl americkou vládou záměrně zkreslován. Jeho přesnost určení polohy dosahovala okolo 100 metrů horizontálně a 156 metrů vertikálně. Následný tlak veřejnosti volal po zrušení této záměrné devalvace. Žádost byla vyslyšena a 2. května 2000 došlo ke zrušení zkreslení polohy. Přesto si Američané nadále vyhrazují právo omezit nebo dokonce přerušit přístup veřejnosti, například v období válečného konfliktu (Čábelka, 2008).

### **2.2.1 Funkce GPS**

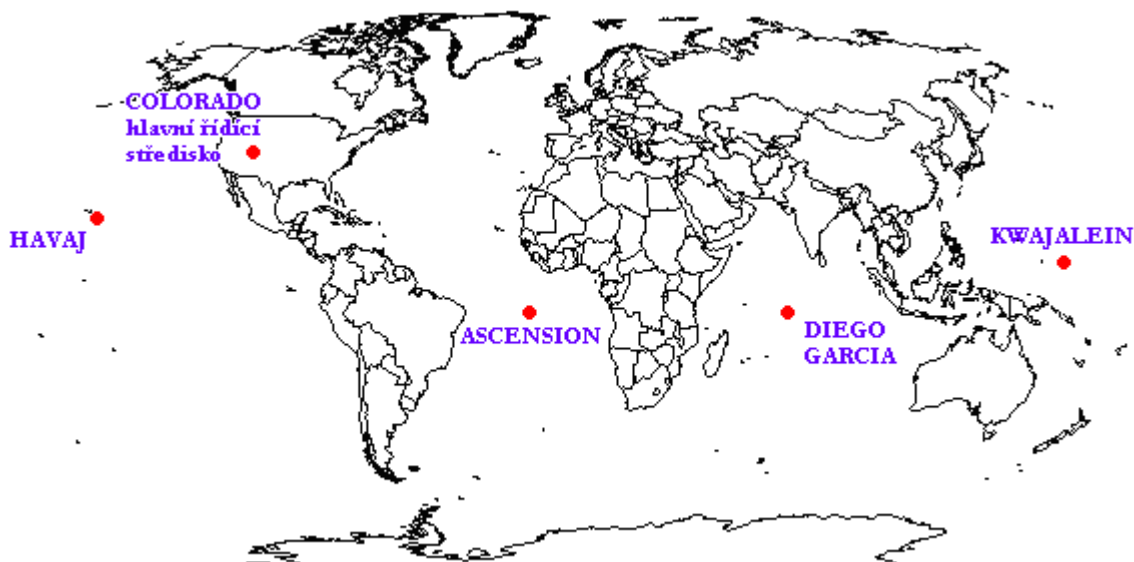
Funkce systému je založena na výpočtu vzdáleností mezi uživatelem na Zemi a vzdáleností družic, které se pohybují na oběžné dráze ve výšce okolo 20 200 km. Minimální počet aktivních družic je 24. Rozmístění a dráhy družic jsou načrtnuty na obrázku 2.1. Skutečný počet se mění v závislosti na jejich obměně za nové modely. Skutečnost 24 družic na celou Zemi znamená, že v daném okamžiku příjmu mám k dispozici maximálně 12 družic. Druhá polovina je na opačné straně Zeměkoule. Pro výpočet polohy je nutné mít k dispozici signál minimálně tří družic. Pro výpočet polohy i s výškou pak alespoň čtyři satelity. Dále je potřebný časový rozdíl mezi vyslání signálu družic a přijetí GPS přijímačem (Babčaník, 2006).



Obrázek 2.1 – Rozmístění a dráhy družic GPS (Čábelka, 2008)

### 2.2.2 Části systému GPS

Řízení GPS zajišťuje soustava pěti stanic, které jsou rozmístěny rovnoměrně podél rovníku. Jejich rozložení je na obrázku 2.2. Hlavní pozemní stanice je v Coloradu a celý systém je řízen z centrály NEVSTAR v Los Angeles (Čábelka, 2008).



Obrázek 2.2 – Rozmístění řídicích stanic GPS (Čábelka, 2008)

Povinou součástí vybavení družice, kromě celé řady přístrojů detekujících například i zvýšený únik radiace, musí být přijímač, vysílač a atomové hodiny. Pokud by atomové hodiny měly i osobní GPS přijímače, byly by velmi drahé. Proto se používají jednodušší hodinové



strojky, které se synchronizují na čas z družic. Tato synchronizace je velice důležitá pro přesné určení polohy. Právě pro určení času potřebují kromě minimálně tří družic pro výpočet šířky, délky a výšky ještě čtvrtou družici (Čábelka, 2008).

Každý přijímač GPS po spuštění uchovává v paměti informace, kde se jednotlivé družice vyskytují. Každá družice vysílá i informace o přibližné poloze ostatních družic, a to se nazývá „almanach“. Zároveň informace, které vysílá sama o sobě, značíme jako „efemeridy“. Pokud se jedná o první spuštění nebo je spuštění delší než 3 měsíce, a zároveň je nová pozice vzdálena od poslední pozice více než 200 až 500 km, dochází před výpočtem pozic k aktualizaci almanachu i efemeridu. To má za následek drobné zpoždění (Čábelka, 2008).

Frekvence signálu používaného v GPS má frekvenci nosné vlny 1,575 GHz a je volena tak, aby byla nezávislá na okolních podmínkách. Měla by tedy eliminovat nežádoucí vlivy prostředí, jako je počasí. GPS zařízení jsou většinou přijímače, takže pouze zpracovávají signál z družic a samy o sobě nevysílají žádná data (Čábelka, 2008).

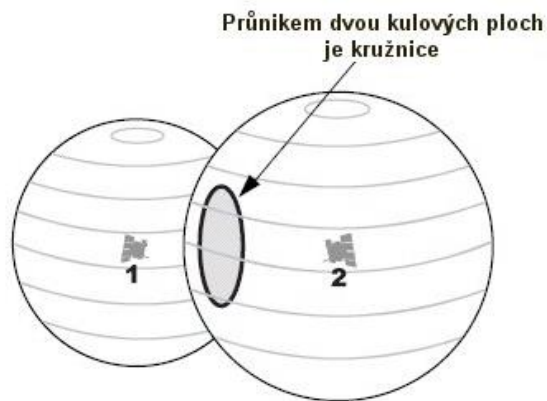
### **2.2.3 Princip určování polohy z GPS**

Princip určování polohy závisí na počtu satelitů. Minimální počet čtyř pro výpočet pozice i s výškou se zpřesní s každou další připojenou družicí. Při připojení další družice dochází k průměrování polohy, což umožní výrazně vyšší stabilitu a přesnost. Podstata výpočtu je v tzv. trilateraci. Jedná se o velice podobný nástroj jako triangulace (Bergmann, 2006).

U trilaterace se nepracuje s měřením úhlů, ale délek. Představit si to můžeme ve 2D prostoru tak, že známe vzdálenost naší polohy od Pardubic. Z této informace nedokážeme určit naši polohu, protože se můžeme pohybovat kdekoli po kružnici danou touto vzdáleností. Pokud ale zjistím vzdálenost, řekněme od Prahy, dokážeme určit přesně možná dvě místa, kde se nacházím. Po získání ještě třetí vzdálenosti například od Poděbrad, zjistím přesnou polohu (Bergmann, 2006).

Podobný princip je i v prostoru 3D. Zde se už nepohybujeme po kružnici, ale po ploše koule. Zjišťujeme tedy vzdálenost od prvního vysílače, v našem případě družice. Pokud současně znám i vzdálenost od druhé družice, dostanu průnikem těchto dvou koulí dokonalou kružnici. Přidáním ještě třetí kulové plochy, která je dána signálem třetí družice, protneme tuto kružnici přesně ve dvou bodech. Pro určení, který bod hledáme, se použije čtvrtá koule a to Země. Protnutím povrchem Země eliminujeme druhý bod, který se nachází někde ve vesmíru. Pro dohledání nadmořské výšky potřebujeme ještě signál ze čtvrté družice.

Na obrázku 2.3 je zobrazen průnik dvou kulových ploch, díky kterému vznikne jedna kružnice. Popis trilaterace ve 3D prostoru je znázorněn na obrázku 2.4. Obrázek 2.4 popisuje určení dvou pozic pomocí tří satelitů. Pro výběr správného určení polohy je přikreslena kulová plocha Země (Čábelka, 2008; Bergmann, 2006).



Obrázek 2.3 – Průnik kulových ploch družic (Bergmann, 2006)



Obrázek 2.4 – Trilaterace ve 3D prostoru (Bergmann, 2006)

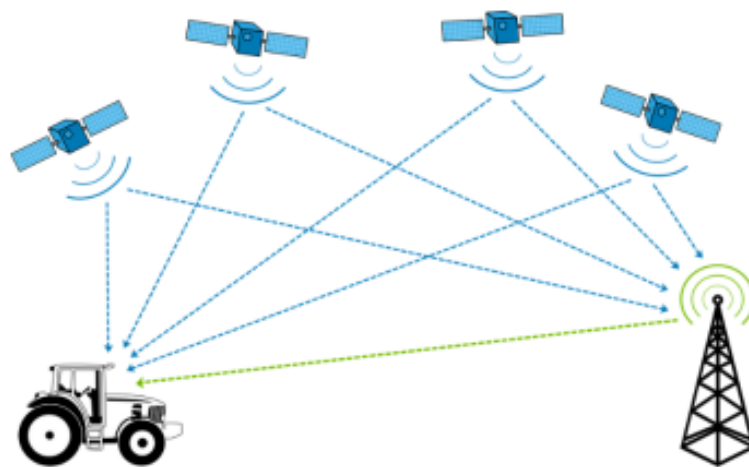
#### 2.2.4 Přesnost a možnosti jejího zvýšení

Běžná přesnost určení polohy je okolo 7 až 10 m. Tu lze lehce ovlivnit například výhledem na oblohu. Eliminujeme tím stínění okolních věcí a dosáhneme i většího počtu připojených družic. Proto pro kvalitnější připojení je vhodné nechat přijímač 5 minut ustálit na místě s dobrým výhledem. Možnost, jak docílit ještě větší přesnosti, je použít tzv. „Zdroj

diferenčních korekcí“. Princip této metody je na obrázku 2.5. Tuto metodu značíme také DGPS a pro její použití je zapotřebí dalšího přijímače. Díky této metodě mohou získat přesnost 1 až 5 m, ale také nárůst ceny na hodnotu blízkou stovkám tisíc korun (Steiner, 2004).

Dalšími možnostmi pro zlepšení přesnějšího určení polohy jsou WAAS, MSAS nebo EGNOS. Poslední jmenovaný navigační systém se používá nad Evropou. WAAS pracuje v Kanadě i v USA a MSAS operuje nad Japonskem. Pokrytí těchto navigačních systémů je na obrázku 2.6. EGNOS i další zmíněné systémy poskytují uživatelům opravená data o geostacionárních družicích. Využívá k funkci propojení jak systém družic GPS, tak GLONASS. Hlavní informaci kterou poskytují, je velikost chyby měření způsobená ionosférou. Tato chyba je hlavní příčinou špatného měření (Čábelka, 2008).

Další důležitá informace je synchronizace atomových hodin družic. Díky tomu s nimi lze za určitých podmínek dosáhnout přesnosti i méně než 3 m ve 2D prostoru. Měření výšky je vždy o něco náročnější. Proto se dá očekávat odchylka při normálním neupraveném stavu měření až 20 m podle typu přístroje. Velikost chyb v závislosti na použité metodě ukazuje tabulka 2.1 (Steiner, 2004; Čábelka, 2008).



Obrázek 2.5 – Princip DGPS (Jakl, 2019)



Obrázek 2.6 – Území pokrývané systémy WAAS, EGNOS a MSAS (Čábelka, 2008)

Tabulka 2.1 – Srovnání metod podle dosažené přesnosti (Steiner, 2004)

Metoda	Přesnost v poloze	Přesnost ve výšce
Běžné měření	7 až 10 m	15 až 20 m
Průměrováním	5 až 7 m	10 až 15 m
GPS + DGPS	1 až 5 m	Méně než 10 m
GPS + WAAS nebo EGNOS	Méně než 3 m	Méně než 10 m

## 2.3 GLONASS

Celý latinský přepis názvu je Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema. Do češtiny zní překlad Globální Navigační Satelitní Systém. Jedná se, jako u GPS, o družicový radiový navigační systém. Spuštěn byl v roce 1976 Sovětským svazem. Dnes patří Rusku a jeho správu zařítují ruské vojenské síly (Čábelka, 2008).

Plně funkčním se stal v roce 2009 a čítal 24 družic na oběžné dráze Země. Přičemž aktivních je pouze 21 z nich a zbylé 3 jsou záložní. Všechny družice systému GLONASS se jmenují Uragan a obíhají Zemi ve výšce 19 100 km, přičemž každá oběhne Zemi za 11 hodin a 15 minut. Z každé pozice je viditelná minimálně pětice družic Uragan. Zásadní problém dříve používaných družic Uragan je jejich krátká životnost. Tento problém by měl vyřešit nový typ Uragan-K. Hlavní kontrolní centrum se nachází v Moskevském regionu a další sledovací stanice jsou po celém Rusku. Údaje pro správné nastavení družic jsou periodicky kalibrovány

laserem. I zde se využívá kalibrace hlavně pro synchronizaci atomových hodin družic (Čábelka, 2008; Hánek, 2010).

Standardní přesnost systému pro civilní uživatele v horizontálním i vertikálním směru činí maximálně 70 m. Tyto hodnoty se mohou zlepšit použitím diferenciální nebo jinou speciální metodou navigace (Čábelka, 2008; Hánek, 2010).

## **2.4 GALILEO**

Jedná se o první globální navigační satelitní systém nad Evropou, který je civilní. Není tedy řízen vojenskými složkami. Spravuje a vyvíjí ho Evropská kosmická agentura od roku 1999. Díky tomu, že se jedná o nemilitarizovaný systém, je zárukou kvality a kontinuity. Hlavní podnět pro vytvoření je fakt, že při vzniku vojenského konfliktu se GLONASS i GPS pro Evropu mohou vypnout. GALILEO umožňuje rozvoj nové generace služeb v odvětvích, jako jsou např. doprava, telekomunikace nebo i rybolov (Čábelka, 2008).

Spojuje a doplňuje stávající systémy GPS i GLONASS. Tím zvýší spolehlivost a dostupnost lokalizačních služeb po celém světě. Dokáže být velmi nápomocný pro svou spolehlivost také tam, kde jde o lidské životy. Předchozí systémy se použít nedají, protože systém GPS je v tomto ohledu nepřesný. Systém GALILEO skloubí do jediného systému funkce GPS a EGNOS, které poskytnou neomezenou přesnou lokalizaci na území Evropy. Systém bude schopen spolupracovat i s mobilními systémy (Čábelka, 2008; Hánek, 2010).

Galileo po vypuštění a aktivaci všech 30 družic, které budou obíhat ve výšce 23 222 km, umožní lokalizaci s přesností na jeden metr. Volba výšky oběžné dráhy je volena záměrně tak, aby zajistila vysokou viditelnost družic na obloze a jejich poloha byla každých 10 dní stejná (Čábelka, 2008).

### **2.4.1 Poskytované služby systému GALILEO**

Služby, které bude poskytovat plnohodnotný systém GALILEO jsou následující:

- Otevřená služba – Open Service. Ta bude k dispozici zdarma pro každého s přesností lokalizace pod 4 m horizontálně a 8 m vertikálně.
- Komerční služba – Commercial Service. Jedná se o kódovaný signál pro použití za poplatek s přesností do jednoho metru.

- Veřejná regulovaná služba – Public Regulated Service. Služba hlavně pro vládami autorizované uživatele, jako policie, armáda nebo tajné služby.
- Bezpečnost životně důležitých služeb – Safety of Life Service. Využití zejména pro ozbrojené složky, záchranné složky nebo v kritické dopravě, např. systémy přistávání letadel.
- Vyhledávací a záchranná družice – Search And Rescue Satellite. Pro zachycení nouzových signálů lodí, letadel nebo osob a jejich zobrazení do systému (Mochan, 2007).

## **2.5 Ostatní navigační systémy**

### **2.5.1 Compass**

Tento globální navigační systém pochází z Čínské lidové republiky a dříve se jmenoval Beidou. Čína se stejně jako Evropa snaží vytvořit si vlastní, nezávislý systém. Aby se Beidou stal plnohodnotným systémem, chce Čína vyslat na oběžnou dráhu 35 družic. Ty by svým signálem měly pokrýt celou Zemi. Služby Beidou budou k dispozici pro vojenské účely, ale i pro širokou veřejnost. V současné době je systém funkční se 30 družicemi a usiluje o mezinárodní ratifikaci systému (Pohl, 2020).

### **2.5.2 IRNSS a další**

IRNSS je regionální navigační systém indické vlády, který čítá sedm satelitů. Momentálně se v Indii jedná o povýšení na globální úroveň, a tedy vypuštění dalších osmnácti satelitů. Dalšími zástupci systému regionálních navigačních systémů je japonský QZSS. O vlastním nezávislém systému uvažuje také Velká Británie (Václavík, 2019).

## 3 ARDUINO

### 3.1 Historie

Projekt Arduino vznikl v roce 2005 v italském městě Ivrea. Lidé pracující ve Interaction Desing Institute měli motivaci vytvořit jednoduchý, a hlavně levný vývojový set určený pro studenty. V té době byly nejrozšířenější desky BASIC Stamp, které ale byly velice drahé. Tak nebylo divu a mezi studenty se Arduino rychle rozšiřovalo do celého světa. Další výhodou, co se týče snadného rozšíření a zajímavých možností, poskytuje fakt, že se jedná o Open Source projekt. Je tedy dostupný s otevřeným zdrojovým kódem a je tedy veřejně dostupný bez nutnosti zakoupení licence. Můžou se tedy volně sdílet všechna schémata a návody. Následkem toho vznikalo spolu s oficiální větví také několik neoficiálních typů, přezdívané klony. Ověření, jestli se jedná o oficiální desku, lze zjistit například přítomností oficiálního loga společnosti Arduino, které je na obrázku 3.1 (Selecký, 2016).

V dnešní době se prodává statisíce desek ročně. Dalším důkazem, že platforma Arduino se stále rozvíjí, bylo představení desky Arduino Galileo, která vznikala ve spolupráci s firmou Intel (Selecký, 2016).



Obrázek 3.1 – Oficiální logo platformy Arduino. (Selecký, 2016)

### 3.2 Typy desek

Pro celou platformu je typická modrá barva, díky tomu je lze často identifikovat mezi ostatními. Základem všech desek je procesor od společnosti Atmel. Existuje základní značení desek, nicméně celkem časté je přidání značení například Rev3, nebo R3. To znamená, že se jedná o nějakou jinou verzi, která je ale prakticky totožná s původní. Může mít třeba jen jinak zapojené komponenty na desce samotné (Voda, 2017).

Většina desek také obsahuje převodník, který zajišťuje komunikaci s počítačem pomocí USB. Ty desky, které převodník nemají, potřebují k naprogramování externí převodník. Zato desky bez převodníku disponují často menšími rozměry. Typickým zástupcem malé desky bez

převodníku je Arduino Mini. Své využití nalézá například v chytrých vypínačích nebo u dálkových ovladačů (Selecký, 2016).

Dalším zástupcem je o něco málo větší Arduino Nano. Tato deska již nepotřebuje externí programátor a díky tomu je o něco větší. Velice podobná desce Nano je s podobnými rozměry i Arduino Micro. Také obsahuje převodník. Výhodou je, že se pro počítač s dalšími komponenty dá nastavit jako myš nebo klávesnice, bez nutnosti zvláštního přeprogramování převodníku (Voda, 2017).

Zvláštní zástupce platformy Arduino je deska LilyPad, která se odlišuje svým kruhovým tvarem. Spoje jsou zde tvořeny vodivou sítí a je přizpůsobena k nošení na textilu. S podobnými rozměry jako Nano a Micro je ještě deska Fio. Její hlavní vlastností sledujeme snížené vnitřní napětí z 5 V na 3,3 V (Selecký, 2016).

Nejznámějším a stále nejpoužívanějším typem je Arduino UNO. Jedná se už o větší, ale zato naprosto všestrannou desku. Připojení k PC je zde už přes klasické USB. Z ní se dále vyvinuly podobné speciální desky Ethernet a Bluetooth. Podle názvu je hlavní rozdíl v připojení k PC, buď pomocí portu Ethernet nebo přes bezdrátový Bluetooth. Dalšími vycházejícími deskami z Arduina UNO jsou třeba Leonardo nebo Yún. Arduino Mega2560 je prodloužená a více výkonná deska, ale stále se moc neliší od Arduina UNO. Jejím pokračovatelem, s daleko výkonnějším čipem, je Arduino Due (Voda, 2017).

Prvním zástupcem hybridních desek je Esplora, která obsahuje různé ovladače, tlačítka nebo také teploměr a akcelerometr. Hlavní využití může mít tedy k vytvoření samostatného herního setu nebo konzole pro ovládání. K vytvoření vlastního robota byla vytvořena deska Arduino Robot, která obsahuje i kompas. Zatím největší dostupnou, ale i nejvýkonnější deskou je Arduino Intel Galileo. Co se výkonosti týče, je v očekávání deska Arduino Tre, která by měla být uschopněna pro běh nejnáročnějších operací. Díky své hardwarové výbavě by také měla konkurovat menším počítačům jako je Raspberry Pi (Voda, 2017).

### **3.3 Arduino Shieldy**

Pokud deska nedokáže vše sama, přichází na řadu tzv. shieldy. Někdy se shieldy označují také jako moduly. Jedná se o rozšíření podobné jako u počítače. Například připojení zvukové karty pro poslech hudby. Shieldy, které se prodávají na oficiálních stránkách, jsou



Ethernet, Wifi a další. Desky z oficiálního prodeje jsou kompatibilní. Některé jsou však vytvořeny tak, aby přesně seděly na daný typ (Voda, 2017).

### **3.4 Arduino IDE**

Arduino IDE je software, který vznikl z dříve používaného prostředí Processing. Toto prostředí bylo upraveno a spolu s tím byly přidány další různé funkce, jako například podpora jazyka Wiring. Zkratce IDE (Integrated Development Enviroment) můžeme rozumět jako Integrované Vývojové Prostředí. Arduino IDE je napsané v jazyce Java. Stažení je velice jednoduché a k dostání na oficiálních stránkách Arduina. V současné době je k dispozici verze 1.8.13 a je kompatibilní se všemi systémy. Dostupná verze je i v češtině (Voda, 2017).

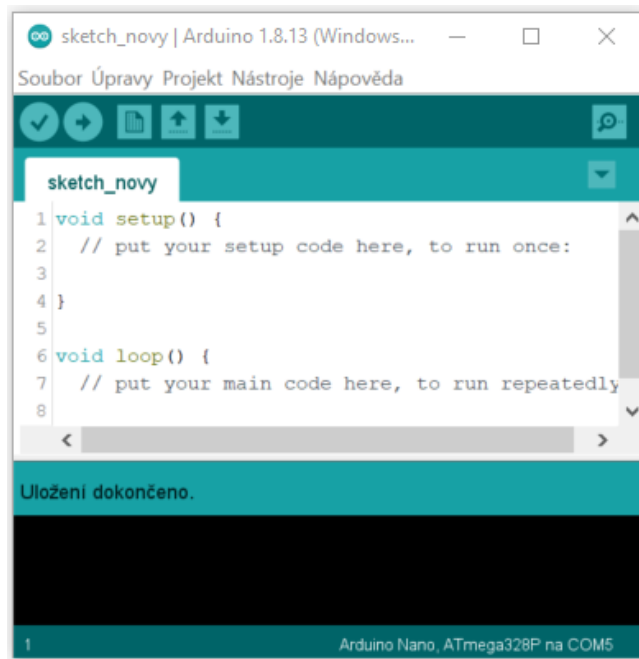
Pro Windows existuje nově více možností instalace. Můžeme zvolit mezi standardní instalací, a to stažením ZIP archivu. ZIP následně rozbalíme a spustíme soubor s koncovkou exe. Další postup instalace probíhá tak, jak je zvykem u ostatních produktů. Druhou možností jak provést instalaci je pomocí Microsoft Store. Tam lze stáhnout produkt Arduino IDE ve formě aplikace. Tento způsob je velice jednoduchý a vede ke stejnému výsledku, jako instalace pomocí archivu (Voda, 2017).

Součástí instalace je složka Drivers, která obsahuje ovladače pro komunikaci s PC. Ve složce Examples nalezneme jednoduché příklady. Důležitou částí je složka Libraries. Do ní se ukládají knihovny, které jsou nutné ke komunikaci s moduly a dalšími přidávanými komponenty. Knihovny lze nalézt buď v oficiální databázi, ale častěji je k dispozici na stránkách výrobce daného komponentu (Voda, 2017).

#### **3.4.1 Popis prostředí**

Vývojové prostředí Arduino IDE je velice intuitivní a rychle zapamatovatelné. Náhled okna při vytvoření nového projektu je na obrázku 3.2. V záložce Soubor můžeme otevřít předchozí práce nebo založit nové, popřípadě máme možnost uložení. Záložka Úpravy nám umožňuje přizpůsobit si prostředí, například zvětšením písma. V další záložce Projekt kompilujeme nebo nahráváme program do připojené desky. V této rozbalovací nabídce můžeme také přidávat stažené knihovny. Nástroje nám ukazují připojenou vývojovou desku. Poslední záložkou je Nápověda, určená k základnímu seznámení s prostředím. Pod těmito záložkami můžeme nalézt tlačítka se zkratkami jako otevření, ověření nebo nahrání programu.

Na levé straně v této liště je odkaz na sériový monitor, který slouží ke komunikaci s deskou. Ve spodní části se nachází okno, kde se zobrazují chybová hlášení nebo stav nahrávání programu. Střední část je určena k vlastní části kódu (Voda, 2017).



Obrázek 3.2 – Náhled prostředí Arduino IDE

### 3.4.2 Programovací jazyk a knihovny

Programovací jazyk, kterým je možné programovat Arduino, je C nebo C++. Nejjednodušší je používat knihovnu Wiring. Tato knihovna je velmi komplexní a často se o ní mluví jako o samostatném programovacím jazyku (Selecký, 2016).

Důležitou součástí, jak bylo řečeno, jsou knihovny. Po stažení knihovny, například ze stránek výrobce, je nutné knihovnu správně vložit. To se dá provést po otevření rozbalovací nabídky Projekt a přejít na nabídku Přidat knihovnu. Můžeme si vybrat z předem vybraných knihoven nebo přidat staženou knihovnu ve formátu ZIP. Pokud chceme knihovnu odstranit pokračujeme v možnosti Spravovat knihovny a následně knihovnu odinstalovat. Určení nebo přidání aktivní připojené desky Arduina najdeme v nabídce Nástroje a vybráním správného portu. Většinou se jedná o jediný aktivní port (Voda, 2017).

## 4 MATLAB

Jedná se o velice výkonný a ohromně všestranný matematicko-grafický systém. Programový balík MATLAB představila společnost The MathWorks, Inc. v roce 1984. Zkrácený název MATLAB představuje spojení dvou anglických slov. Matrix, přeloženo jako matice a laboratory neboli laboratoř. Z názvu je již tedy patrná základní filozofie. Taková, že se jedná o maticově orientované programování (Zaplatílek, 2004).

MATLAB je napsaný programovacími jazyky C, C++, Fortran a Java. V prostředí MATLAB lze provádět zejména matematické výpočty, modelování, analýzu, zpracování nebo virtualizaci dat, různé návrhy řídicích i komunikačních systému a mnohé další (Zaplatílek, 2003).

### 4.1 Možnosti využití

Mezi základní komponenty, nebo lépe části, které tvoří MATLAB, patří výpočetní jádro, grafický podsystém, pracovní nástroje, toolboxy a otevřenou architekturou. Jako absolutní část, která provádí numerické operace je výpočetní jádro. Kromě matic může MATLAB pracovat také s datovými strukturami. Zde nejsou prvky jako v matici značeny souřadnicemi, ale jménem (Zaplatílek, 2004).

Druhou částí je grafický podsystém, nebo také subsystém. Ten umožňuje zobrazení výsledků vypočtené výpočetním jádrem. Dokáže zobrazovat grafy ve 2D i 3D prostoru s modifikacemi a nejrůznějšími nastaveními. Pracovním nástrojem rozumíme nástroj, který umožní zcela úplné programování zdrojových kódů nebo aplikací. MATLAB disponuje také možnostmi vytváření grafických prvků, jako tlačítko menu. Tyto i další prvky je možné dále samostatně upravovat dle vlastního uvážení (Zaplatílek, 2003).

V tomto prostředí není ani žádný problém načítání dat z jiných zdrojů. Toolboxy výrazně rozšiřují možnosti výpočetního jádra a můžeme si je představit jako knihovny funkcí. Často jsou tyto knihovny orientovány na konkrétní vědní nebo technické obory. Některé toolboxy je možné stáhnout z oficiálních stránek MATLABu. Jiné, většinou konkrétně určené pro různé obory, jsou k dostání za poplatek (Zaplatílek, 2004).

## 4.2 Simulink

Podprogram sloužící ke grafickému programování v prostředí MATLAB je Simulink. Ten umožňuje pracovat s funkcemi a příkazy jako s jednotlivými grafickými bloky. Bloky se vkládají operací „drag and drop“, tedy vybraný blok přetažením myši vložíme na pracovní plochu. Jako hlavní využití Simulinku je možnost modelovat a simulovat dynamické systémy. Mezi vhodné systémy, které se dají modelovat, patří například fyzikální soustavy, systémy pro zpracování signálů, různé algoritmy pro řízení systémů. Dají se také simulovat reálná zařízení, jako jsou stejnosměrné motory a spousta dalších (Zaplatílek, 2003).

## 4.3 MATLAB App Designer

App Designer, neboli návrhář aplikací, umožňuje vytvářet profesionální aplikace přímo v prostředí MATLAB. App Designer je stejně jako Simulink rozšíření MATLABu a je součástí základního instalačního balíčku. Dříve se tento nástroj jmenoval GUIDE. Projekty vytvořené v GUIDE se dají otevřít právě v App Designer. Jednoduchý návod, jak otevřít starší projekty, lze nalézt na stránkách mathworks.com. Práce s tímto nástrojem je velice intuitivní a nemusí ho tedy obsluhovat jen profesionální softwarový vývojář (MATLAB App Designer, 1994-2021).

### 4.3.1 Programování v MATLAB App Designer

Jednotlivé vizuální komponenty lze vložit na pracovní plochu jednoduchým přetažením. Tímto způsobem dojde k vlastnímu návrhu grafického uživatelského rozhraní (GUI). Jednotlivé komponenty jsou k nalezení v Component library, ale je možné vytvořit si i vlastní. Chování celé plochy nebo jednotlivých nástrojů lze naprogramovat pomocí integrovaného editoru. Programování v tomto editoru je stejné jako v normálním prostředí MATLAB. Rozdílem v postupu programování aplikace je ten, že se jedná o Objektově orientované programování (Zaplatílek, 2004; MATLAB App Designer, 1994-2021).

### 4.3.2 Sdílení vytvořené aplikace

Sdílení aplikace je možné s ostatními uživateli MATLABu nebo vytvořením samostatné desktopové a webové aplikace. S ostatními uživateli lze sdílet libovolnou aplikaci pomocí

MATLAB Desktop, MATLAB Online nebo jako instalační balíček vytvořený nástrojem MATLAB Compiler (Zaplatílek, 2004).

Aplikaci sdílenou přes MATLAB Desktop je nutné zabalit do jednoho souboru. Vytvoří se instalační soubor aplikace s koncovkou mlappinstall. Ten umožňuje ostatním uživatelům instalovat aplikaci do galerie aplikací v MATLABu. Vytvořenou aplikaci dále můžete šířit mezi ostatní uživatele MATLAB Online nebo MATLAB Drive. Tyto prostředky umožňují také spolupracovat na designu aplikace a úpravě souborů (MATLAB App Designer, 1994-2021).

Vytvoření samostatné aplikace lze pomocí MATLAB Compiler, který je možné si zdarma doinstalovat. Sdílení s ostatními uživateli je bez licenčních poplatků. Na MATLAB Web App Server je možné aplikaci sdílet jako interaktivní webovou aplikaci. Uživatelé zde mohou spouštět aplikace přímo z prohlížeče a nemusí instalovat další software (MATLAB Compiler, 1994-2021).

## 5 POUŽITÝ HARDWARE

### 5.1 Arduino NANO

V této bakalářské práci byl použit klon Arduina NANO, a to od výrobce ESES. Celý název je tedy ESES klon Arduino NANO CH340. Klon si zachovává všechny důležité parametry originální desky Arduino NANO. Zařízení je kompatibilní a programovatelné v prostředí Arduino IDE. V případě použití tohoto klonu je nutná instalace ovladačů pro USB převodník CH340. Šíření a instalace ovladačů je volně dostupné.

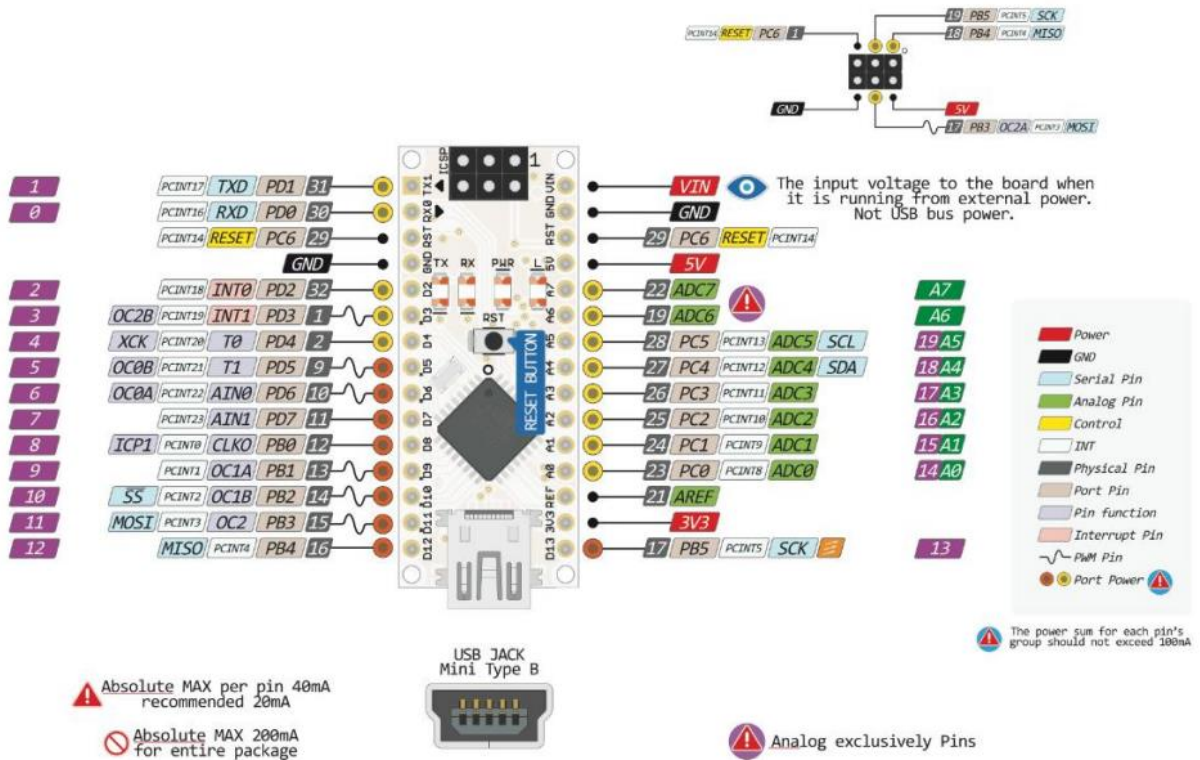
Tabulka 5.1 – Specifikace Arduino NANO CH340

<b>Mikroprocesor</b>	ATmega328	<b>Počet digitálních I/O pinů</b>	14
<b>Architektura</b>	AVR	<b>Počet digitálních PWM I/O pinů</b>	6
<b>Převodník USB</b>	CH340	<b>Počet analogových vstupních pinů</b>	8
<b>FLASH</b>	32 kB	<b>Pracovní napětí</b>	5 V
<b>SRAM</b>	2 kB	<b>Vstupní napětí</b>	7 až 12 V
<b>EEPROM</b>	1 kB	<b>Proud</b>	19 mA
<b>Frekvence procesoru</b>	16 MHz	<b>Proud na digitální I/O piny</b>	40 mA
<b>Rozměry, mm</b>	18 x 45	<b>Hmotnost</b>	7 g

#### 5.1.1 Popis pinů

Použitelnost jednotlivých pinů je znázorněn na obrázku 5.1. Arduino NANO disponuje celou řadou vstupně/výstupních pinů. Některé mají přesně definovanou funkci, například pin VIN slouží k připojení externího napájení. Na vývojovém kitu je také jedno tlačítko, které slouží k resetování. Dále je k dispozici velice nápomocná čtveřice LED diod. Dvě z těchto čtyř, označené jako TX a RX, slouží k zobrazení komunikace. LED dioda POW nebo také PWR značí připojení napájení desky. Poslední dioda označena písmenem L je vnitřně připojena na

pin D13. Tato dioda vždy po připojení proklikne. Toto chování má nastaveno již od výrobce a můžeme s ní kontrolovat správné nahrání programu.



Obrázek 5.1 – Zapojení desky Arduino NANO CH340 (Eses klon Arduino NANO CH340, 2021)

## 5.2 GPS modul

Jedná se o malý satelitní modul, který je schopný získávat informace prostřednictvím satelitní sítě GPS. Přímou k počítači ho lze připojit pomocí TTL převodníku a zabudovaného USB konektoru, nebo přes moduly Arduina. Při přímém připojení k PC, a tedy použití TTL převodníku, je vhodná aplikace U-centr, která slouží ke komunikaci a grafickému zobrazení dat. Pro připojení k Arduinu je připravena šestice pinů v pořadí VCC, GND, TXD, RXD, PPS.

Možnost volby je i mezi osazenou pasivní anténou nebo aktivní anténou. Pasivní anténa je tedy součástí zařízení a není odnímatelná. Pasivní anténa je naprosto dostačující pro získání platných dat, pokud je modul umístěn v otevřeném prostoru a má volný výhled k obloze. Uvnitř místnosti nebo v oblasti s vysokou koncentrací jiných signálů může dojít i k nepřipojení GPS modulu. Aktivní anténa není součástí a je nutné před jejím použitím osadit modul SMA konektorem. Pokud je připojena aktivní anténa, je pasivní anténa nečinná. Při provozu aktivní

antény také stoupá odběr proudu modulu o 20 mA. Aktivní anténa je více odolná vůči negativnímu vlivu okolních signálů a je tedy vhodná pro měření v náročnějších podmínkách.

Tabulka 5.2 – Specifikace GPS modul NEO-7M-C

<b>Hlavní čip</b>	NEO-7M-C	<b>Pracovní napětí</b>	2,7 až 5 DCV
<b>Oscilátor</b>	TCXO	<b>Impedance TXD/RXD</b>	510 $\Omega$
<b>Baud rate</b>	9600 bps	<b>Komunikační protokol</b>	NMEA/UBX
<b>Proud</b>	35 mA	<b>Trackovací citlivost</b>	-162 dBm
<b>Obnovovací frekvence</b>	10 Hz	<b>Pracovní teplota</b>	-40 až 80 °C
<b>Rozměry, mm</b>	40 x 25 x 13	<b>Hmotnost</b>	21 g



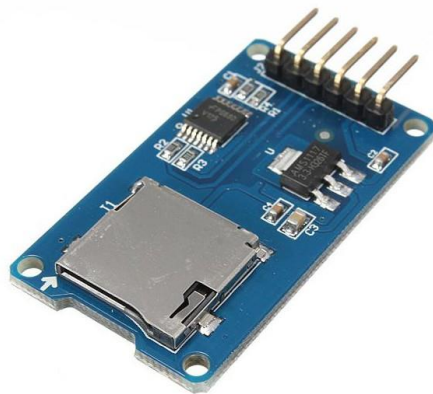
Obrázek 5.2 – GPS modul NEO-7M  
(ECLIPSEERA MODULES: GPS modul NEO-7M, 2017)

GPS modul odesílá data ve formě NMEA protokolu. Pro správné rozluštění a manipulaci s modulem v Arduino IDE je nutné implementovat knihovnu TinyGPS+. Knihovna je možné volně stáhnout a bude součástí přílohy na CD.



### 5.3 Čtečka microSD karet

Čtečka umožňuje zápis nebo čtení dat na média jemu určená. Podpora této čtečky je pro mikro SD karty typu Mikro SD nebo vysokorychlostní Mikro SDHC. Používaná mikro SD karta se jednoduše vloží a zacvakne. Vyjmutí karty je možné vmáčknutím karty více do modulu a karta se tímto uvolní. Napájení modulu je 5 V a komunikuje přes standardní SPI rozhraní. Na tomto modulu jsou i vyvrtané díry pro uchycení. Modul má celkem šest pinů v pořadí CS, SCK, MOSI, MISO, VCC a GND.

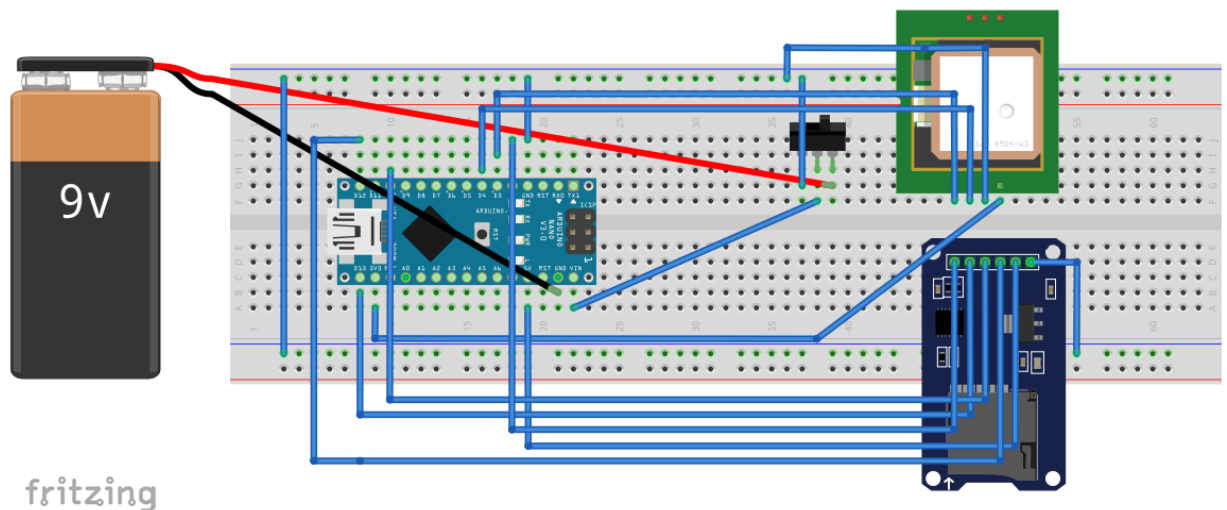


Obrázek 5.3 – Čtečka microSD karet (Čtečka micro SD karet, 2021)

### 5.4 Baterie a přepínač

Napájet měřicí přístroj je možné jakoukoli baterií s napětím alespoň 7 V, nebo baterie s menší hodnotou a zároveň připojit stabilizátor napětí. V tomto zapojení je použita 9V baterie, která je zároveň dobíjecí. Drobným komponentem pro vypnutí a zapnutí celého zařízení je posuvný přepínač SS12D00G4. Tento přepínač je velice malý. Měří 8,5 mm na šířku, 3,7 mm na délku. Výška přepínače i nožkami je 7,2 mm.





Obrázek 6.2 – Zapojení v nepájivém poli

### 6.1.2 Připojení GPS modulu

Napájení GPS, tedy VCC, je připojeno na pin 3V3 z Arduino. Pro připojení VCC je možné použít také 5 V. Pro připojení na 5 V se doporučuje zapojit k VCC jednoduchý odporový dělič. Pin GND, neboli zem, je připojen do jednoho uzlu a následně s GND pinem Arduino. U GPS jsou datové piny pro komunikaci s Arduinem značeny TxD a RxD. Transmit Data (TxD) slouží jako výstup z modulu. Receive Data (RxD) naopak slouží pro přijímání dat do modulu. TxD je připojeno na digitální pin D4 a RxD na D3. Toto nastavení je důležité a stejně musíme nastavit i v programu.

### 6.1.3 Připojení čtečky microSD karet

Čtečka je připojena přes SPI sběrnici. Pro správnou komunikaci čtečky je nutné připojit celkem šest vodičů. Řízení komunikace tedy zajišťuje Master, který představuje Arduino. Slave je modul čtečky a komunikace je prováděna se synchronizovaným hodinovým signálem. Průběh komunikace zkráceně funguje tak, že master nastaví na sběrnici pomocí signálu CS zařízení, se kterým chce komunikovat. Pak začne generovat hodinový signál na SCK, a jak Master na Slave odesílají data. Přičemž MOSI je výstup z Master na vstup Slave. MISO je opačný chod, tedy data jsou od Slave do Master. Přerušování a navázání komunikace zajišťuje pouze Master. Zde je připojeno CS na pin D2, hodinový signál SCK na pin D13, MISO připojen k D12, a nakonec MOSI na D11. Napájení modulu je připojeno na 5 V z Arduino a GND je spojena do uzlu a zem Arduino.

### 6.1.4 Napájení zařízení

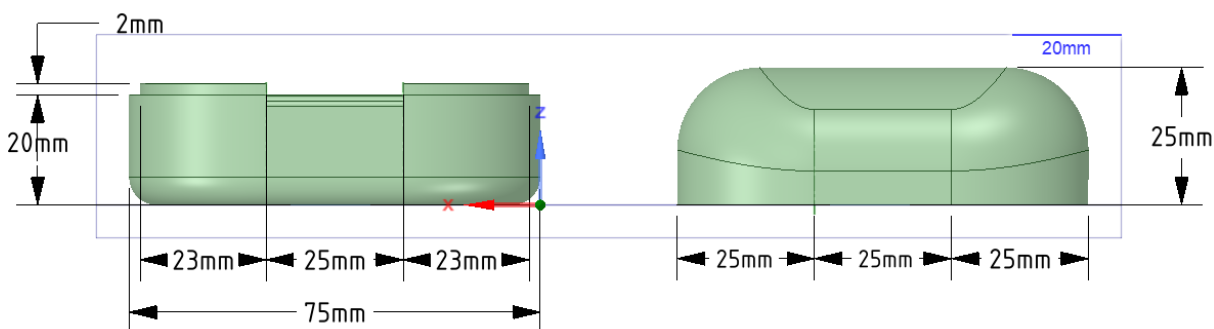
K napájení celého zařízení slouží 9V baterie. Kladný pól baterie je připojen na krajní polohu posuvného vypínače. Záporná pól je připojen na GND pin Arduina. Po sepnutí vypínače dojde k připojení baterie do obvodu.

## 6.2 Reálné zapojení

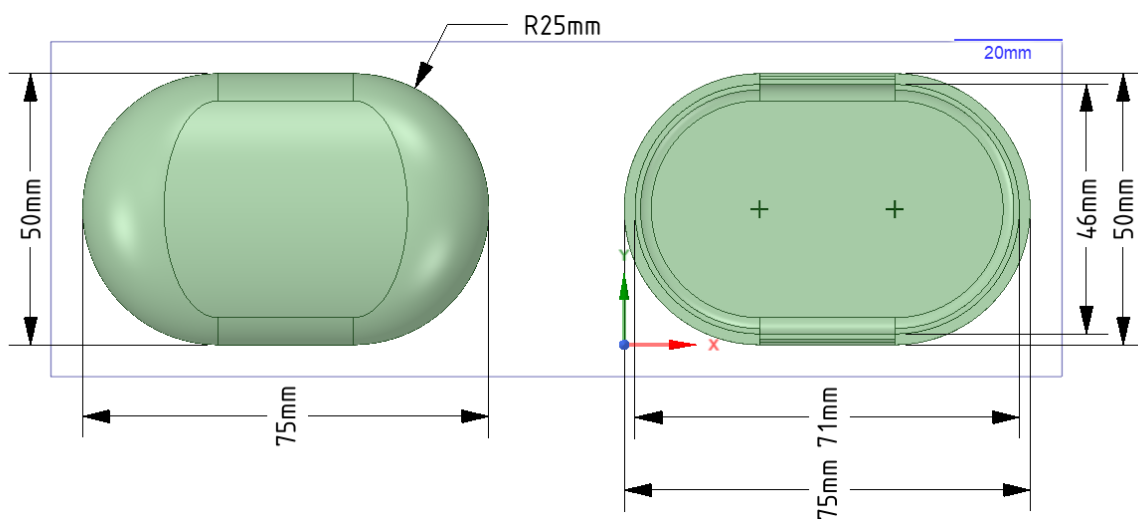
V reálném zapojení nebyla použita nepájivá deska, ale přímé propojení pomocí připájení jednotlivých propojovacích vodičů. Je to zvoleno záměrně proto, aby se dalo jednoduše manipulovat s jednotlivými komponenty. Snadná manipulace je zapotřebí pro snadnější vložení a uchycení komponentů do krabičky.

## 6.3 Krabička

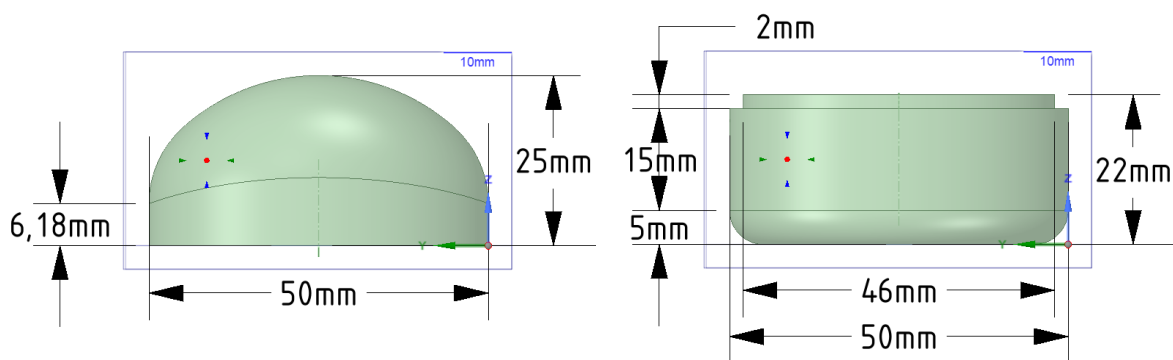
Pro použití měřicího zařízení ve venkovních podmínkách bylo zapotřebí vytvořit krabičku. Jelikož se jedná o jednokusovou výrobu, nejvhodnější bylo použít 3D tisk. Celý model krabičky je konstruován tak, aby byl co nejmenší. Zároveň je dbán ohled na nutnost snadného přístupu, protože zachycená data na SD kartě je nutné vyjmout a vložit do počítače. Nárys vrchního i spodního dílu krabičky je na obrázku 6.3. Půdorys je vyobrazen na obrázku 6.4 a bokorys na obrázku 6.5. Součástí obrázků jsou kóty rozměrů krabičky v mm.



Obrázek 6.3 – Nárys krabičky



Obrázek 6.4 - Půdorys krabičky



Obrázek 6.5 – Bokorys krabičky

## 7 VYTVOŘENÍ PROGRAMU PRO MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Program je vytvářen v programovacím studiu Arduino IDE. Celý program pro měřicí přístroj bude součástí odevzdané práce v příloze na CD. Zde budou probrány jednotlivé části tohoto programu. Podrobnější popisky jednotlivých řádkům programu jsou vždy vloženy jako komentáře za znaky dvojitého lomítka (*//*).

### 7.1 Inicializace knihoven

V první části programu jsou zavedeny knihovny, které pokud nejsou instalovány, je nutné je vložit do paměti. Vložení knihovny ve formátu ZIP je možné přes rozbalovací lištu *Projekt*. Průběh vložení je možné sledovat v dolní části dialogového okna. Další způsoby vložení jsou probrány v teoretické části této bakalářské práce. Po úspěšném vložení je nutné připojit knihovnu do programu. Připojení knihovny proběhne díky funkci *include*. V tomto programu jsou připojeny tři knihovny. První knihovna *SPI.h* je součástí běžné instalace Arduina a slouží ke komunikaci. Knihovna *SD.h* bývá také součástí instalace. Pokud tomu tak není, je volně ke stažení a díky ní lze jednoduše pracovat s SD kartou. Poslední připojená knihovna se týká práce s GPS a jmenuje se *TinyGPS++.h*. Tato knihovna je důležitá pro překlad NMEA protokolu na srozumitelná data získávána s GPS modulu.

### 7.2 Konfigurace microSD karty

Tato část programu popisuje, na který pin je čtečka microSD karet připojena. Dále je definována podoba vytvořeného souboru, který bude ukládán. Je definován název, maximální počet souborů, které se mohou vytvořit. Dále pak označení jednotlivých sloupců dat, které se budou zaznamenávat. Je zde také definována obnovovací frekvence pro zápis nových dat a globální proměnná pro zachování posledního přihlášení.

### 7.3 Konfigurace GPS modulu

Nejdříve jsem nastavil objekt *tinyGPS* pro překlad informací z NMEA protokolu. Dále jsem definoval výchozí přenosovou rychlost GPS modulu, která je doporučována výrobcem na 9 600 baudů za sekundu.

### 7.3.1 Vložení knihovny a definování objektu

V této části kódu jsem nejdříve vložil poslední používanou knihovnu *SoftwareSerial.h* a definoval jsem v ní i objekt *ssGPS*. Díky této knihovně jsem vytvořil sériovou komunikaci s GPS. Podle reálného zapojení jsem nastavil pin Arduina D3 jako RDX a D4 naopak TXD. Dále jsem tento hardwarově vytvořený sériový port definoval pro Arduino. V posledním kroku jsem vytvořil sériovou komunikaci i s počítačem.

### 7.3.2 Smyčka pro nastavení

Nezbytnou součástí programu je nastavovací smyčka *void setup()*. Začne se otevřením sériové komunikace mezi počítačem modulem GPS. Dále jsem kontroloval přítomnost SD karty a možnost, zda jde inicializovat. Při chybě připojení SD karty dojde k vypsání chybové hlášky na sériovém monitoru. Pokud se podaří otevřít SD kartu, dojde ke skoku do další smyčky. Smyčka *updateFileName*, která bude popsána dále, zajistí vytvoření nového jména souboru, respektive změnou čísla v názvu. Po vytvoření nového jména se do tohoto souboru vypíše nastavené záhlaví. Vypsání a nastavení záhlaví se provede ve smyčce *printHeader*.

### 7.3.3 Smyčka pro otestování dat

Ve smyčce *void loop()* jsem zjišťoval použitelnost dat, která přichází přes nastavenou sériovou komunikaci. Pracoval jsem zde s nastavenou frekvencí dotazování na nová data. Díky přidané knihovně a objektu *tinyGPS* jsem zjistil, zda jsou data validní. Pokud byla, zapsala se na sériový monitor a dále také do souboru připraveného na SD kartě. Při chybě příchozích dat se vypíše místo nich chybová hláška. Rozlišoval jsem dva možné způsoby chyb. První možnost je, pokud se GPS modul vůbec nepřipojí. Druhá možnost je, je-li počet viditelných satelitů příliš malý. Přičemž minimální počet připojených satelitu jsou tři.

## 7.4 Zápis dat na SD kartu

Při příchodu validních dat jsem zapsal tato data do předem připraveného souboru na SD kartu. V prvním kroku jsem otevřel tento soubor podle jména uloženého jako globální proměnnou. Pro zápis jednotlivých údajů používám k překladu z protokolu NMEA objekt *tinyGPS*, který překládá data do srozumitelných čísel. Na SD kartu jsou v pořadí zeměpisná šířka, zeměpisná výška, nadmořská výška, rychlost, kurz, datum, čas a počet připojených

satelitů. Po přijetí dojde k přechodu na nový řádek a uzavření souboru. Na konci tohoto procesu jsem zkontroloval také správnost zapsání funkcí return.

## 7.5 Nastavení souboru pro uložení dat

V poslední části programu jsem nastavil nejdříve hlavičku vytvořeného souboru a dále nové jméno. Smyčka pro nastavení hlavičky nese jméno *printHeader*. Nejdříve jsem tedy otevřel soubor pro zapsání hlavičky. Po jeho otevření jsem postupně zapsal každou hlavičku, kterou odděluji čárkou. To se dělo do té doby, pokud bylo číslo počtu sloupců stejné, jako přičítaná hodnota. Poté došlo k zavření souboru.

Smyčka pro vytvoření a zapsání nového jména souboru má název *updateFileName*. První jméno souboru je nastaveno na číslo 0. Pokud došlo k detekci, že této soubor již existuje, musel jsem vytvořit nový název. Před vytvořením nového názvu jsem musel číslo nového souboru porovnat s maximální hodnotou. Jestliže bylo menší, zvýšil jsem ho o jedna. K takto vytvořenému souboru jsem přiřadil také sufix neboli koncovku. Název souboru jsem porovnal s dříve vytvořenými soubory na SD kartě. Když jsem zjistil existenci stejného názvu, musel jsem toto nastavení jména opakovat. Po úspěšném nastavení jména nového souboru jsem zobrazil toto jméno do sériového monitoru.

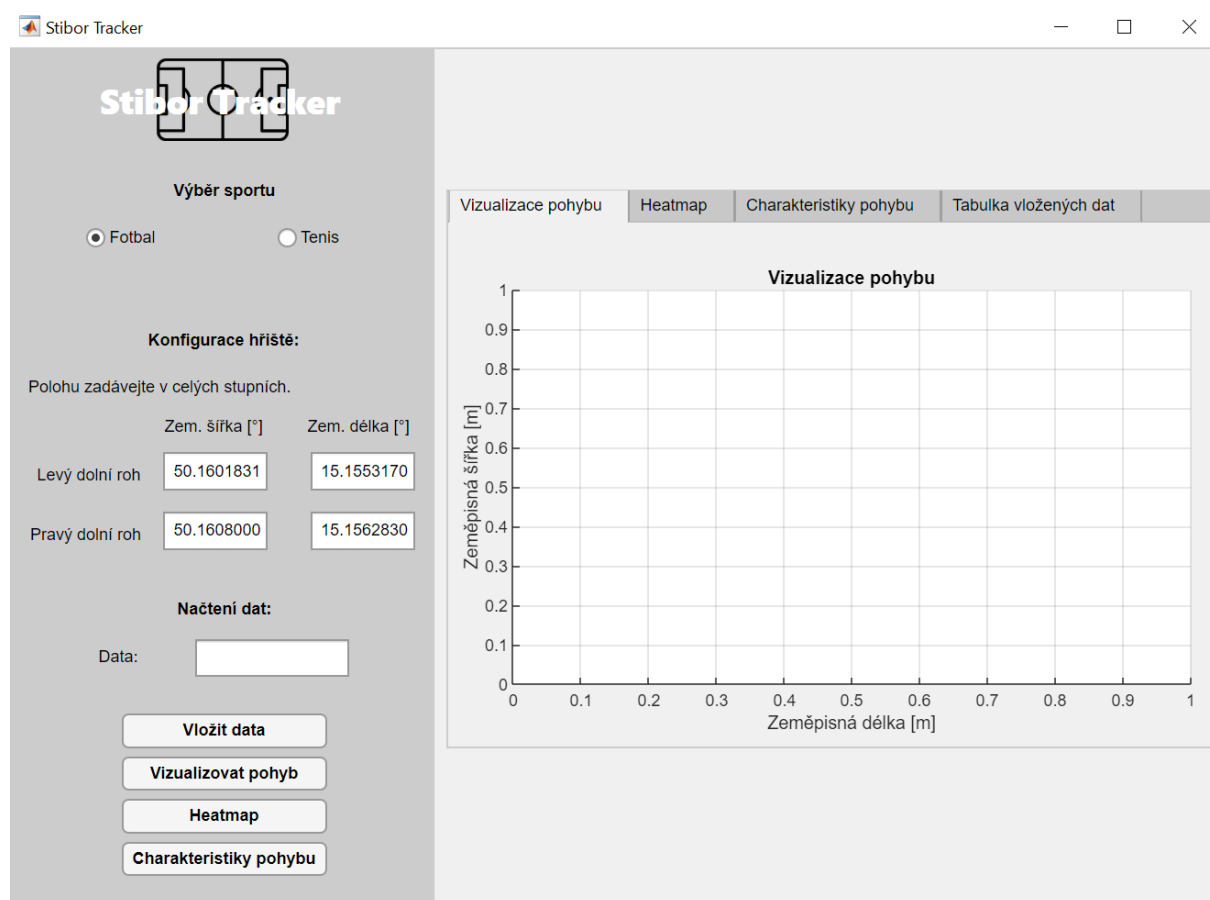


## 8 TVORBA UŽIVATELSKÉ APLIKACE

Uživatelské prostředí aplikace bylo vytvořeno v MATLAB App Designer. Vytvořená aplikace se snaží být maximálně zjednodušená. Ovládání je srozumitelné i pro uživatele, kteří se v problematice analytického zobrazení ve formě teplotních map a GPS navigace vůbec nevyznají. Jednotlivé části ovládacích a zobrazovacích prvků jsou popsány po jednotlivých kapitolách. Programový kód aplikace se nachází v příloze na CD této práce. V programovém kódu jsou také podrobně rozebrány jednotlivé části programu v podobě komentářů.

### 8.1 Vzhled aplikace

Vzhled aplikace se snaží ukázat jako minimalistický produkt, v němž uživatel nemá kam zabloudit. Volba jednoduchých celistvých barev se snaží o elegantní pohled na aplikaci. Aplikace je určena pro zobrazení tréninkových či zápasových biometrických hodnot. Plocha byla optimalizována pro zobrazení na počítači, kde uživatel získá ideální rozložení ovládacích a zobrazovacích prvků. Pracovní plochu po spuštění aplikace interpretuje obrázek 8.1.



Obrázek 8.1 – Vzhled aplikace

## 8.2 Rozdělení okna

Uživatelská aplikace je rozdělena, jak je vidět na obrázku 8.1, na dvě hlavní části. Část vlevo se stará o ovládání aplikace a část vpravo o zobrazení dat. Důvod k tomuto rozdělení je zjednodušení orientace po ploše aplikace.

### 8.2.1 Ovládání aplikace

Ovládání je tedy na levé straně okna aplikace a uživatel zde má na výběr z několika možností. První volbu volí uživatel podle typu sportu, který vykonával. Zde je na výběr mezi sporty tenis a fotbal. Dle této volby se dále nastavuje velikost hřiště pro vyhodnocení.

Jako další možnosti, které může uživatel aplikace měnit, je konfigurace hřiště. Konfigurací hřiště je myšleno nastavení levého dolního rohu a pravého dolního rohu hřiště, kde se sport vykonával. Zadání hodnot je jednoduché a stačí k tomu například telefon nebo jakýkoli GPS přijímač. Hodnoty lze také získat z internetových map, například Google Map nebo portálu Mapy.cz. Pro získání dat přímo na hřišti se uživatel jednoduše postaví do rohu hřiště a odečte své GPS souřadnice. Tuto akci provede ve všech čtyřech rozích a do aplikace zaznamená jen dva. Určení, které dva rohy má zadat je nutné vyzkoušet nejlépe metodou pokus, omyl. Vždy se zadává delší strana hřiště. Takže možných způsobů, jak zadat data, jsou jen čtyři a z nich je jeden správný. Díky této možnosti lze tuto aplikaci použít na jakékoli hřiště, kde se uživatel bude pohybovat. V místě pro zadání rohů jsou přednastavená data, která jsou vztažena na hlavní hrací plochu klubu TJ Pátek.

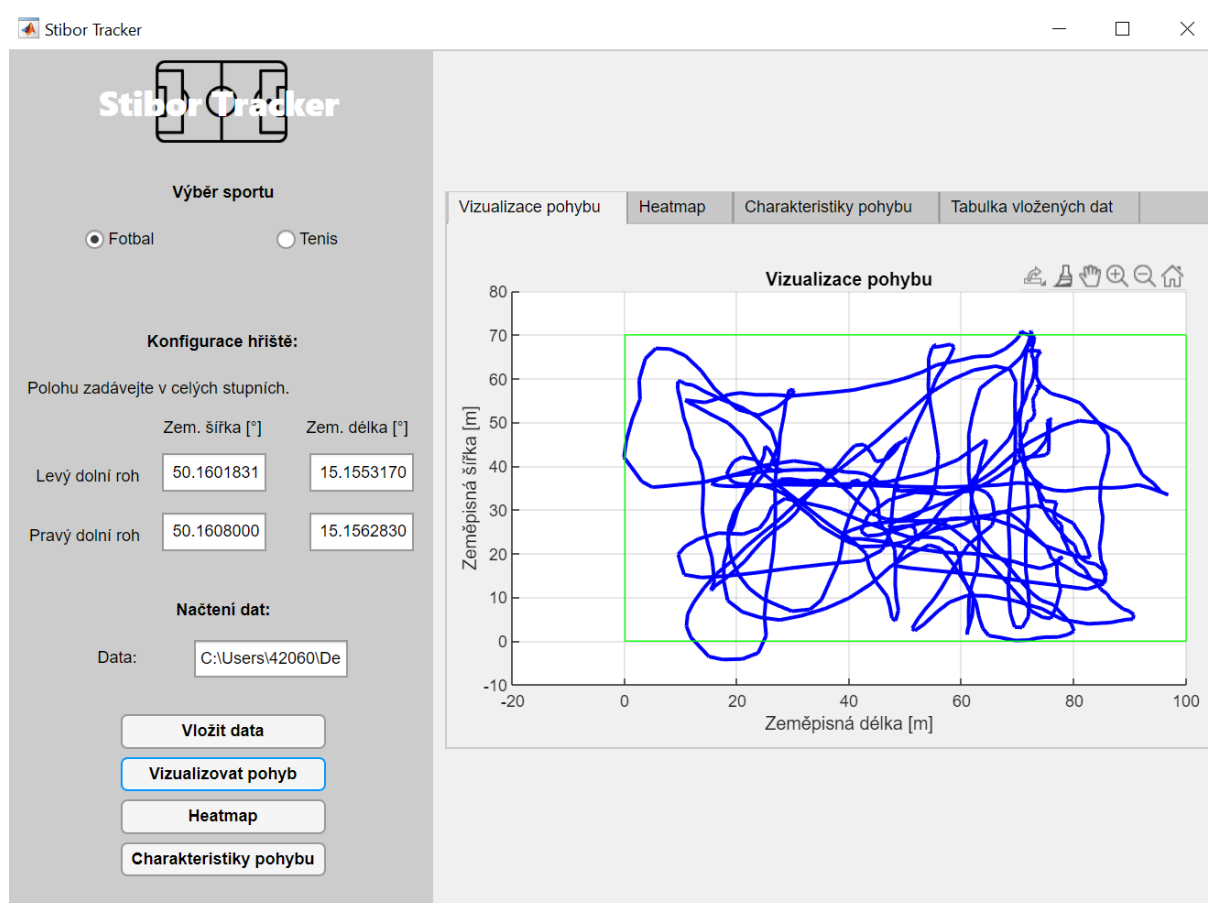
Další blok ovládání se týká načtení dat z měřicího zařízení. Pro vložení dat je nutné vyjmout SD kartu z přístroje a vložit ji do počítače. Přes tlačítko Vložit data se uživateli otevře Průzkumník souborů a uživatel vybere soubor, který chce vykreslit. Po výběru se cesta k souboru ukáže také v kolonce Data.

Dále jsou už jen volby, co uživatel hodlá zobrazit. Na výběr je k dispozici vizualizace křivky pohybu, vykreslení teplotní mapy a zobrazení charakteristik.

### 8.2.2 Zobrazování dat

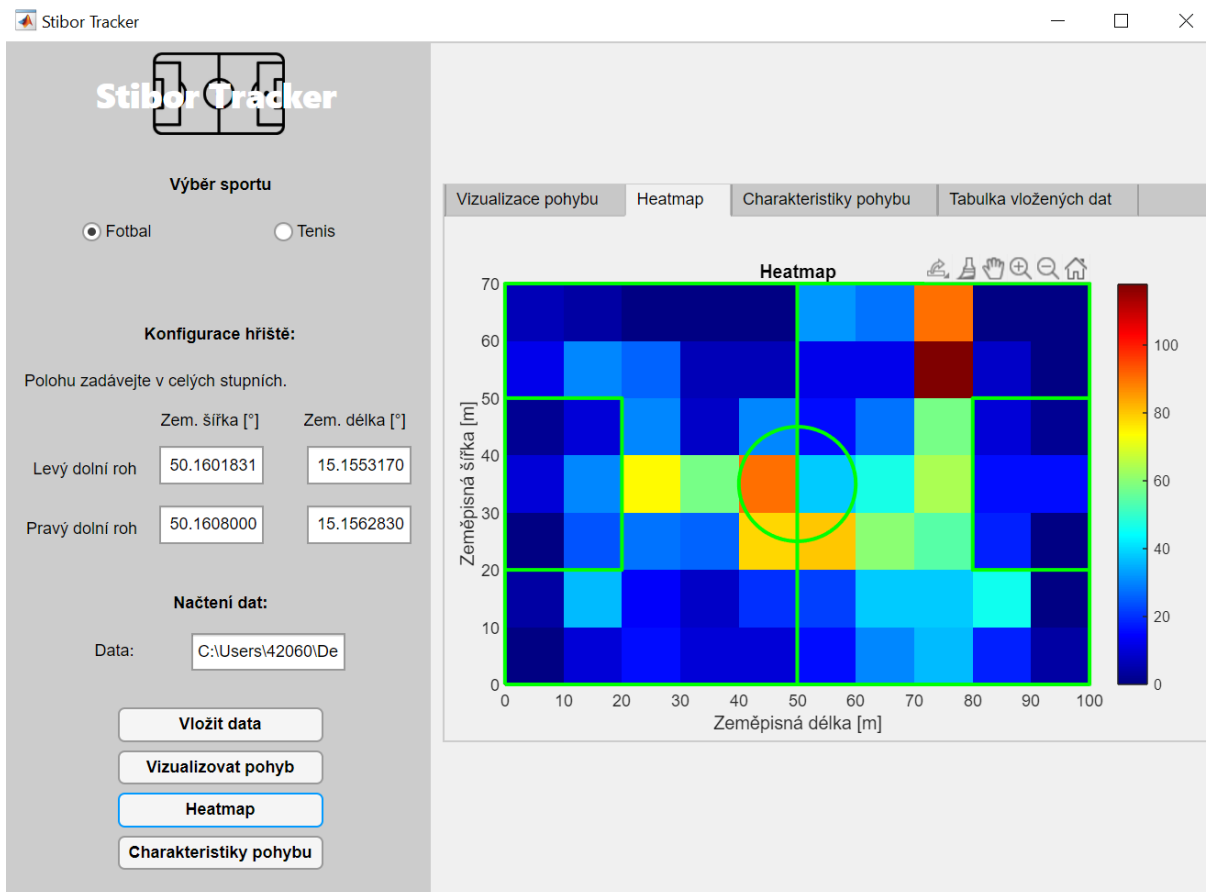
K zobrazení jednotlivých dat slouží pravá část aplikace. Pro výběr, kterou vizualizaci chce uživatel zobrazit, slouží jak tlačítka v ovládání, tak je může uživatel přepnout kliknutím v horní liště panelu. Po stisku tlačítka Vizualizovat pohyb se v pravé části vykreslí dráha

pohybu hráče a spolu s tím i rozměry vybraného hřiště. Tento i další zobrazované grafy jsou zobrazeny v zeměpisných osách, které jsou přepočítány na rozměry v metrech. Díky tomu může uživatel odhadovat vzdálenosti jednotlivých úseků běhu. Příklad vykreslených hodnot je na obrázku 8.2.



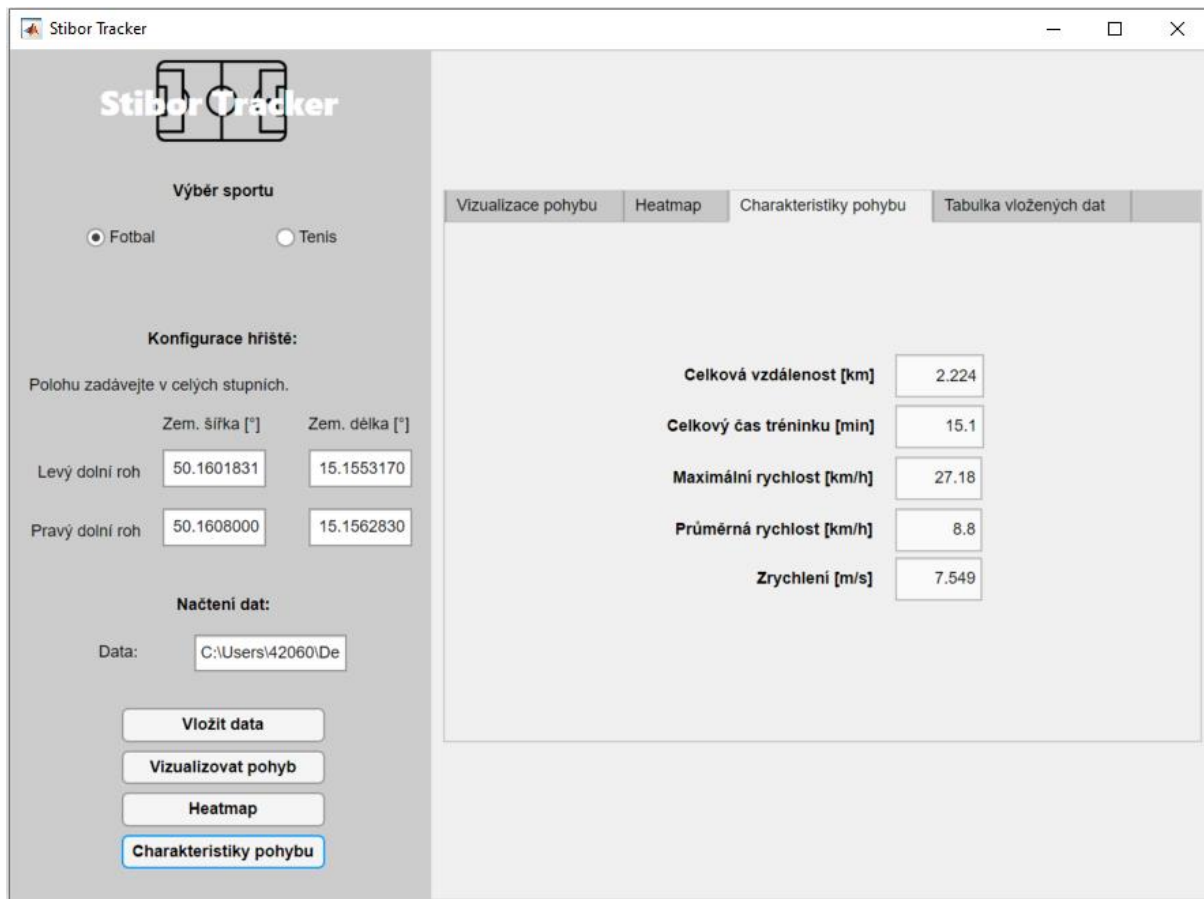
Obrázek 8.2 – Okno aplikace s vizualizací pohybu

Druhou možnost, jak zobrazit data, je tlačítkem Heatmap. Zpracovaná a vykreslená data jsou na obrázku 8.3. Heatmapa, nebo také teplotní mapa, zobrazuje pohyb v jednotlivých sektorech hřiště. Barevné rozpětí je od temně modré přes zelenou, žlutou a červenou, až k temně rudé. Určení barvy, kterou se sektor vybarví, reprezentuje, kolikrát se hráč v daném sektoru objevil. Tedy pokud by hráč zůstal jen na jednom místě, byla by hodnota v tomto sektoru vybarvena temně rudou a okolní části temně modrou barvou. Počet naměřených bodů vztažených k tomu, jakou vykreslují barvu, zobrazuje také sloupec barev vpravo od vykreslené teplotní mapy.



Obrázek 8.3 – Okno aplikace a teplotní mapa

Další možností, jak zobrazit informace o pohybu hráče, se skrývá pod tlačítkem Charakteristiky pohybu. Po stisknutí se uživateli zobrazí analýza chování na hřišti. V této části je zobrazeno několik hlavních údajů, které charakterizují jeho sportovní výkon. Jako první je vypočtena celková vzdálenost v kilometrech. Dále celkový čas tréninku v minutách, maximální dosažená rychlost, průměrná rychlost, zrychlení a překonané převýšení. V poslední záložce pro zobrazení dat jsou k nahlédnutí vložená data. Záložka je pojmenována jako Tabulka vložených dat a slouží hlavně k účelům kontroly a vnitřním výpočtům.



Obrázek 8.4 – Okno aplikace a charakteristiky pohybu

### 8.2.3 Vypočtení parametrů běhu

Celková vzdálenost je počítána jako velikost přepony trojúhelníku. Strany tohoto trojúhelníku jsou aktuální rozdíly velikosti po sobě jdoucích souřadnic. Konstanty  $x_1$  a  $x_2$  představují vždy po sobě jdoucí souřadnice zeměpisné šířky. Zeměpisné délky jsou pod konstantami  $y_1$  a  $y_2$ . Souřadnice již nejsou ve stupních, ale v přepočítaných metrech. Výpočet jedné vzdálenosti souřadnic představuje vzorec (8.1). Součtem těchto jednotlivých vzdáleností je získána celková vzdálenost pohybu. Po vypočtení celkové vzdálenosti je tato hodnota přepočítána na jednotky kilometrů.

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2}, \quad (8.1)$$

kde  $s$  – vzdálenost, m,

$x_1$  – zeměpisná šířka prvního bodu, m,

$x_2$  – zeměpisná šířka druhého bodu, m,

$y_1$  – zeměpisná délka prvního bodu, m,

$y_2$  – zeměpisná délka druhého bodu, m.

Výpočet času, po který byl pohyb zaznamenáván, je získán z dat měřicího přístroje. Hodnota času je tedy rovna rozdílu změření první a poslední souřadnice. Zobrazená hodnota je poté v jednotkách minut. Dále zobrazené parametry jsou maximální rychlost, průměrná rychlost a zrychlení. Pro výpočet rychlostí je použita první derivace dříve vypočtené vzdálenosti. Každá vypočtená vzdálenost je přesná vzdálenost za jednu vteřinu.

K získání hodnot rychlostí použijeme první derivaci vzdálenosti, kterou se hráč mezi dvěma body souřadnic pohyboval. Výpočet rychlosti je nastíněn v rovnici (8.2). Pro maximální rychlost je funkcí nalezena maximální hodnota této derivace, která je dále přepočítána na jednotky kilometry za hodinu. Průměrná rychlost je součtem těchto derivací a následným podílem počtu změřených hodnot. Zobrazená hodnota je také v jednotkách kilometrů za hodinu.

$$v = \frac{ds}{dt}, \quad (8.2)$$

kde  $v$  – rychlost,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

$s$  – dráha, m,

$t$  – čas, s.

Pro výpočet maximálního zrychlení lze využít jak rychlost, tak vzdálenost. Zrychlení je totiž rovno derivací rychlosti, nebo druhé derivaci vzdálenosti. Rovnice (8.3) představuje výpočet zrychlení. Hodnota zrychlení dále není přepočítána, a tak její hodnota je v metrech za sekundu.

$$a = \frac{dv}{dt}, \quad (8.3)$$

kde  $a$  – zrychlení,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ,

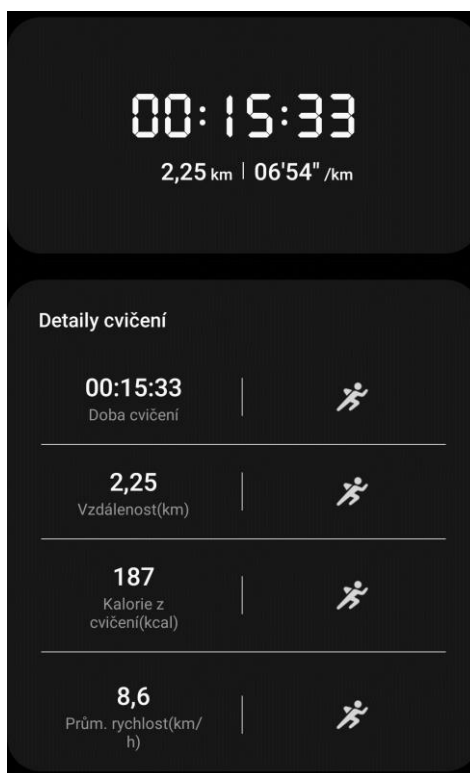
$v$  – rychlost,  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,

$t$  – čas, s.

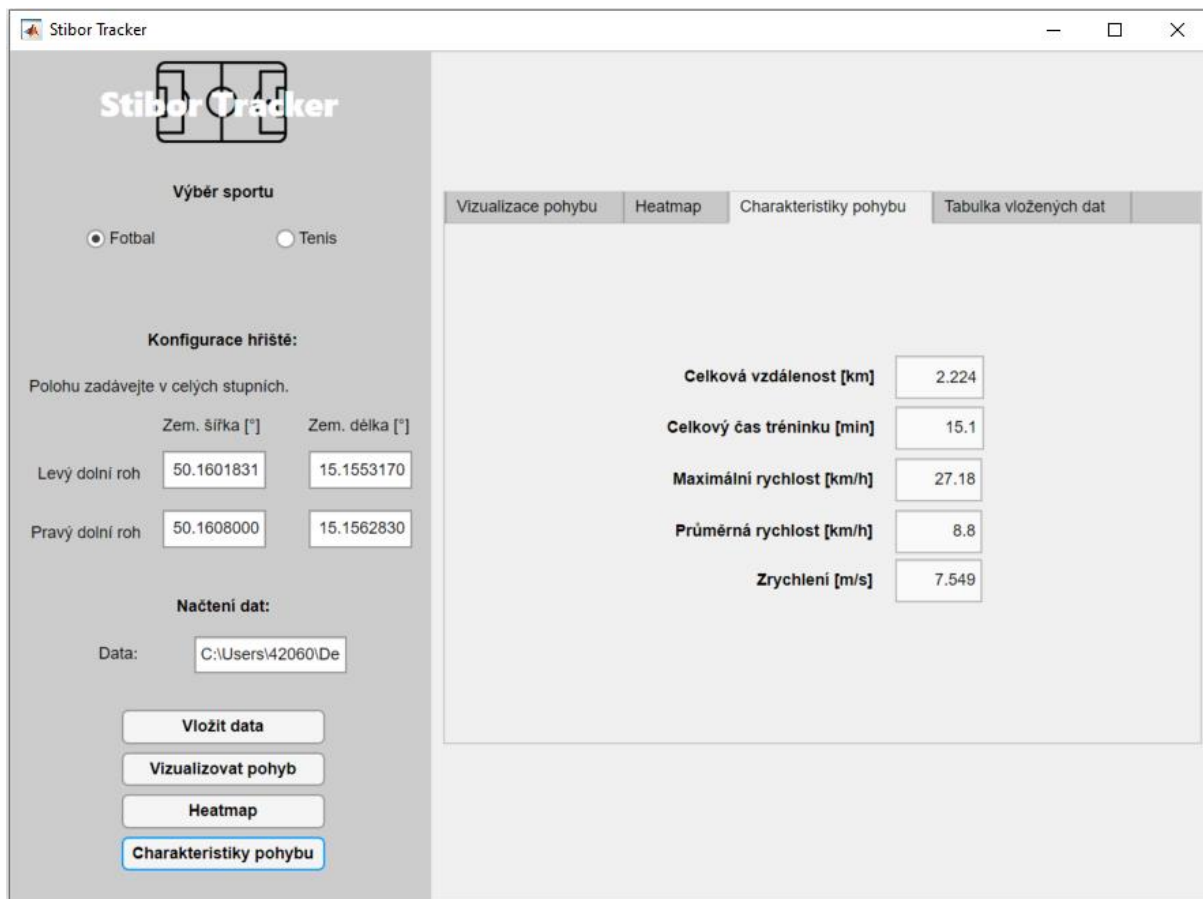
## 9 POROVNÁNÍ STATISTIK

Pro porovnání funkce měřicího přístroje byl použit mobilní telefon a chytré hodinky. Oba tyto přístroje měly vlastní GPS přijímač. Jako etalon měření jsem bral v potaz data z mobilního telefonu. Myslím si, že právě mobilní telefon s ohledem na jeho parametry by měl být nejpřesnější. Mobilní telefon Samsung Galaxy S10e podporuje GPS, GLONASS i Beidou. Nejdříve jsem porovnal hodnoty měřené právě telefonem a hodinkami. Použité hodinky Samsung Gear Fit2 podporují pouze GPS, nicméně výstupní data byla velice podobná s daty z telefonu. Proto jsem pro porovnání hodnot dále použil vždy jen jeden přístroj.

Hodnoty cvičení, které byly získány z hodinek, jsou na obrázku 9.1 a z vytvořeného měřicího zařízení na obrázku 9.2. Z porovnání hodnot je patrný rozdíl u celkové vzdálenosti. Změřená vzdálenost hodinkami je 2,25 km s průměrnou rychlostí  $8,6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Měřicí přístroj ukazoval hodnotu vzdálenosti 2,224 km s průměrnou rychlostí  $8,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .



Obrázek 9.1 – Hodnoty změřené hodinkami



Obrázek 9.2 – Hodnoty změřené sporttestrem



## 10 ZÁVĚR

Cíle této bakalářské práce lze rozdělit na dvě hlavní části. V prvních kapitolách praktické části se zabývám vytvořením hardwaru sporttesteru. Hardware byl sestaven z komponentů platformy Arduino nebo jejich klony, které ale z této platformy vycházejí. Součástí zařízení jsou mikropočítač Arduino NANO, čtečka mikro SD karet a GPS modulu. Naprogramování hardwaru, aby fungoval jako funkční celek, bylo použito prostředí Arduino IDE.

Ve druhé části praktické práce je realizace uživatelské aplikace. K návrhu i programování posloužilo vývojové prostředí MATLAB, konkrétně jeho podsystém MATLAB App Designer.

Porovnání naměřených hodnot vytvořeného sporttestru byl využit mobilní telefon a chytré hodinky. Mobilní telefon i hodinky mají vlastní GPS přijímač. Při kalibraci hřiště byl použit pouze mobilní telefon. Odchylka mezi ustálenými hodnotami GPS přijímačů sporttesteru a telefonu, po přepočítání na metry, byla vždy do hodnoty dvou metrů. Proto se v aplikaci zvolilo hřiště o jeden metr větší na každé straně, což je pro výsledek vizualizace teplotní mapy naprosto zanedbatelné.

Při porovnání odchylek celkové uběhnuté vzdálenosti vycházela o něco větší u hodnot sporttesteru. Při měření na vzdálenost 3 km podle hodinek ukazoval sporttester 3,2 km. Myslím si, že tato chyba mohla být způsobena horším počasím, protože v den měření bylo velmi zataženo. Při jiném měření, takřka za ideálních podmínek, byla vzdálenost odečtena hodinkami jen o necelých 300 m větší. To se dá považovat za akceptovatelnou chybu měření. Statistiky rychlostí vycházely s ještě menšími odchylkami a za ideálních podmínek byly prakticky totožné. Bohužel pro porovnání hodnot grafické vizualizaci teplotní mapy nebylo možné použít ani jeden přístroj, protože tuto službu neposkytují.

Hlavním přínosem je samotné vytvoření přístroje spolu s aplikací. Tento systém umožňuje trenérům analyzovat přednosti hráčů, ale i jejich chyby a nedodržování taktických pokynů. Podobné produkty již na trhu existují. Nicméně výhoda, oproti jiným systémům, je poskytnutí analýzy ve formě teplotní mapy. Díky tomuto grafickému znázornění dat lze efektivněji vyhodnotit korektnost dodržování taktických pokynů. Poskytování grafického znázornění pohybu sportovce pomocí teplotních map je trend poslední doby. I přes to poskytovatelů této služby není moc, a nebo jsou jejich produkty velice drahé.

Další vylepšení je možné například rozšířením možností výběru sportů a jejich hřišť. Také by bylo možné aplikaci doplnit o další analytické statistiky běhu.

## POUŽITÁ LITERATURA

- BABČANÍK, Jan, 2006. Jak funguje GPS?. *Vyvoj.hw.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://vyvoj.hw.cz//teorie-a-praxe/jak-funguje-gps.html>
- BERGMANN, 2006. Jak funguje GPS?. *Svethardware.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. ISSN 1213-0818. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/jak-funguje-gps/21826-5>
- ČÁBELKA, Miroslav, 2008. *Úvod do GPS* [online]. In: . Univerzita Karlova [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/ostatni-studijni-material/uvod-do-gps/view>
- Čtečka micro SD karet. In: *Drátek.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/993-ctecka-microsd-karet.html>
- ECLIPSE MODULES: GPS modul NEO-7M, 2017. In: *Drátek.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/474/1502177743.pdf>
- Eses klon Arduino NANO CH340, 2021. In: *Drátek.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://dratek.cz/docs/produkty/0/766/eses1500635974.pdf>
- FAJFER, Zdeněk a Andrea MAHROVÁ, 2013. *Trenér fotbalu mládeže (16-19 let)*. Praha: Olympia ve spolupráci s Českomoravským fotbalovým svazem. ISBN ISBN978-80-7376-351-0.
- JAKL, Michal, 2019. *Inerciální navigační systém pro mobilní telefony* [online]. Praha [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: [http://infa.mjakl.cz/DP\\_Jakl.pdf](http://infa.mjakl.cz/DP_Jakl.pdf). Diplomová práce. Univerzita Karlova.
- LEHNERT, Michal, 2010. *Trénink kondice ve sportu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-2614-3.
- LINHARTOVÁ, Denisa, 2009. *Tenis* [online]. Praha: Grada [cit. 2021-05-04]. ISBN ISBN 978-80-247-2703-5.
- MATLAB App Designer* [online], 1994-2021. In: . The MathWorks, Inc: © 1994-2021 [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer.html>
- MATLAB Compiler* [online], 1994-2021. In: . The MathWorks [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.mathworks.com/products/compiler.html>
- MOCHAN, Marcel, 2007. *Globální navigační systémy* [online]. Pardubice [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/30163/MochanM\\_Globalni%20navigacni\\_TK\\_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/30163/MochanM_Globalni%20navigacni_TK_2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Bakalářská práce. Univerzita Pardubice.
- POHL, Ondřej, 2020. Čína dokončila svůj navigační systém BeiDou. In: *Mobilnet.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/cina-dokoncila-svuj-navigacni-system-beidou-41062>
- SELECKÝ, Matuš, 2016. *Arduino: uživatelská příručka*. Brno: Computer Press. ISBN ISBN978-80-251-4840-2.

- STEINER, Ivo a Jiří ČERNÝ, 2004. *GPS od A do Z*. 3., aktualiz. vyd. Praha: eNAV. ISBN 80-239-3314-0.
- ŠAFRÁNEK, Jakub, 2020. Zapalovači rozněcují fotbalovou republiku. Ale základ je gymnastika, zní ze Strahova. In: *Aktuálně.cz* [online]. Economia, a.s. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://sport.aktualne.cz/fotbal/otakar-mestek-facr/r~ccf74fca5e3b11eab408ac1f6b220ee8/>
- VÁCLAVÍK, Lukáš, 2019. Čínský navigační systém BeiDou je nejrozsáhlejší na světě. Jak si stojí oproti GPS?. In: *Cnews.cz* [online]. [cit. 2021-05-04]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/beidou-gps-glonass-galileo-pocet-satelitu>
- VODA, Zbyšek, 2017. *Průvodce světem Arduina*. Vydání druhé. Bučovice: Martin Stríž. ISBN ISBN:978-80-87106-93-8.
- VOTÍK, Jaromír, Jiří ZALABÁK, Marta BURSOVÁ a Petra ŠRÁMKOVÁ, 2011. *Fotbalový trenér: základní průvodce tréninkem*. Praha: Grada. Sport extra. ISBN ISBN978-80-247-3982-3.
- ZAPLATÍLEK, Karel a Bohuslav DOŇAR, 2003. *MATLAB pro začátečníky* [online]. Praha: BEN - technická literatura [cit. 2021-05-04]. ISBN 80-730-0095-4.
- ZAPLATÍLEK, Karel a Bohuslav DOŇAR, 2004. *MATLAB: tvorba uživatelských aplikací* [online]. Praha: BEN - technická literatura [cit. 2021-05-04]. ISBN 80-730-0133-0.

# **PŘÍLOHY**

**A – CD**

**Příloha k bakalářské práci**

Sporttester pro analýzu pohybu sportovce

Petr Stibor

**CD**

## **Obsah**

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF.
- 2 Úplný zdrojový kód pro měřicí zařízení.
- 3 Úplný zdrojový kód aplikace.
- 4 3D model krabičky na měřicí zařízení.