Střední průmyslová škola dopravní, Plzeň, Karlovarská 99

Maturitní práce

Tvorba systému na chytré filtrování a výběr komponent pro FPV drony

Václav Sontag

PBD4

školní rok

2024/2025

Prohlašuji, že předložená maturitní práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval/a samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal/a, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Plzni 27. března 2025

Obsah

[**Úvod** 1](#_Toc191471561)

[**1.** **Analýza oblasti FPV dronů – struktura, komponenty, využití** 2](#_Toc191471562)

[**1.1.** **Historie** 2](#_Toc191471563)

[**1.2.** **Konstrukce (anatomie) dronů** 2](#_Toc191471564)

[**1.2.1.** **Motory** 2](#_Toc191471565)

[**1.2.2.** **Regulátory motorů** 3](#_Toc191471566)

[**1.2.3.** **Vrtule** 3](#_Toc191471567)

[**1.2.4.** **Pohonné baterie** 3](#_Toc191471568)

[**1.2.5.** **Řídící jednotka** 4](#_Toc191471569)

[**1.2.6.** **Senzory** 4](#_Toc191471570)

[**1.2.7.** **Antény** 4](#_Toc191471571)

[**1.2.8.** **Dálkové ovládání, přenos obrazu** 5](#_Toc191471572)

[**1.2.9.** **Monitory a LCD zobrazovače (FPV brýle)** 5](#_Toc191471573)

[**1.2.10.** **Kamery (FPV)** 5](#_Toc191471574)

[**1.2.11.** **Příslušenství a praktické doplňky** 5](#_Toc191471575)

[**2.** **Technické řešení chytrého filtrování a výběru komponent – tvorba systému** 6](#_Toc191471576)

[**2.1.** **Programovací jazyky** 6](#_Toc191471577)

[**2.1.1.** **HTML** 6](#_Toc191471578)

[**2.1.2.** **CSS** 7](#_Toc191471579)

[**2.1.3.** **JavaScript** 7](#_Toc191471580)

[**3.** **Ekonomická analýza a optimalizace nákladů na stavení FPV dronu** 9](#_Toc191471581)

[**4.** **Ekonomické vyhodnocení systému s propočtem návratnosti investice** 10](#_Toc191471582)

[**4.1.** **Výpočet nákladů na implementaci systému** 10](#_Toc191471583)

[**4.2.** **Výpočet přínosů a snížení chybovosti** 10](#_Toc191471584)

[**4.3.** **Návratnost investice** 10](#_Toc191471585)

[**Závěr** 11](#_Toc191471586)

[**Seznam použité literatury podle ČSN ISO 690** 12](#_Toc191471587)

[**Přílohy** 13](#_Toc191471588)

# **Úvod**

Téma maturitní práce – Tvorba systému na chytré filtrování a výběr komponent pro FPV drony. Toto téma jsem si vybral, neboť v dnešní době je neustále rostoucí oblíbenost v oblasti FPV dronů a z osobních vlastností vím, jak složité je vůbec začít. Ne každý člověk, který si chce sestavit svůj vlastní FPV dron je schopen si vybrat komponenty, které budou schopny mezi sebou fungovat. V dnešní době ještě neexistuje žádné chytré filtrování, které by mohlo dovolit uživateli vybrat si jakékoliv komponenty, které ke konci budou kompatibilní mezi sebou bez žádných problémů.

Cílem mé práce je vytvořit systém, který bude filtrovat komponenty pro stavbu FPV dronu tak, aby si uživatel vždy vybral komponenty takové, které budou bezproblémově kompatibilní.

# **Analýza oblasti FPV dronů – struktura, komponenty, využití**

Pod slovem dron si automaticky v dnešní době představíme těleso, které se drží ve vzduchu pomocí několika vrtulí na koncích ramen, vydává charakteristický zvuk a ve většině případů má na sobě připojenou kameru pro sledování toho, co daný dron vidí z pohledu první osoby. Pro osobu, která není znalá v letecké terminologii je zařízení dronem, z pohledu letecké terminologie se ale jedná o letadlo bez pilota na palubě v bezpilotním provozu.

Letadlu bez pilota na palubě se odborně nazývá bezpilotní prostředek, zkráceně BEP. Bezpilotní prostředek se ale neobejde bez bezpilotního systému.

## **Historie**

Vývoj stavby dronu se urychlil v okamžiku, kdy se na trhu objevily baterie typu Li-Po neboli Lithium polymer a k tomu zároveň začalo využívání střídavých – bezkartáčových motorů. Za pomoci těchto technologií se využití těchto pohonů několikanásobně zvýšilo. Toto je zrychleně řečená historie základních komponentů, poté byla na řadě elektronika, protože je potřeba řídit motor, ale zároveň mu vytvářet střídavý proud. K tomu stabilizovat a zajistit bezpečnost letu. Bylo zapotřebí vyrobit kvalitní regulátory, čidla, a stabilizační systémy. Jejich vývoj byl poměrně urychlený oproti délce vývoje ostatních potřebných částí pro dron. I přes toto vše je ale stále obrovským podílem vývojové práce kvalitních řídících a uživatelských softwarů.

## **Konstrukce (anatomie) dronů**

Tématem mojí práce bude stavba first person view dronů, proto je potřeba se nejdříve zaobírat anatomií neboli konstrukcí first person view dronu. Drony, o kterých je tato práce jsou first person view kvadrokoptéry, jinak se drony rozdělují podle počtu rotorů.

(v Git-hub přidat druhy rámů rozepsat)

V těžišti kvadrokoptéry je umístěna veškerá elektronika z důvodu vyvážení celého stroje. Ve spodní části rámu se nachází přistávací podvozek, tzv. nožičky, které umožňují pilotovi přistát bez obav o zničení některých důležitých komponent.

### **Motory**

Použití elektrických motorů v dronech je nezbytnou nutností, neboť mají krátkou reakční dobu, nízkou hmotnost, minimální vibrace a nevyžadují žádnou pravidelnou údržbu. Navíc neprodukují také žádné spaliny, které by mohly na snímcích vadit. Nevýhodou je bezesporu náročnost na velké elektrické proudy (mluvíme zde o desítkách ampérech) kvůli čemuž máme nakonec poměrně krátké letové časy (i když v posledních letech se situace zlepšuje v řádech minut a více). Se zvětšováním rozměru elektromotoru se zvyšuje jeho točivý moment, ale zároveň také elektrický proud potřebný k jeho provozu. Nejčastěji se používají lehké střídavé bezkartáčové třífázové motory. Tyto motory mají vnitřní část propojenou s vrtulí za pomoci matky, která upevňuje vrtule k motorům. Změnou velikosti motoru, počtu cívek a magnetů a různým počtem závitů je možné určit točivý moment, maximální počet otáček a v neposlední řadě i velmi důležitý výkon.

(v Git-hub přidat druhy vrtulí, rozepsat)

### **Regulátory motorů**

Řízení otáček u motorů zajišťuje na základě pokynů z palubního počítače elektronická jednotka označovaná ESC (Electronic Speed Controller). Tato jednotka musí být schopna regulovat vysoké proudy a reagovat velmi rychle na požadované příkazy pilota. Pilotem v tomto případě je osoba dálkově řídící pohyb dronu. Během provozu se tyto regulátory motorů značně zahřívají, a proto by se mělo kontrolovat jejich chlazení. S každým motorem je tato jednotka propojena třemi kabely, přičemž pořadí kabelů určuje směr otáčení rotoru, pokud daný Electronic Speed Controller nemá v možnostech nastavení otočit směr otáčení u daného motoru.

(v Git-hub přidat druhy vrtulí, rozepsat)

### **Vrtule**

Tato práce se zaobírá stavbou celého first person view dronu, proto jsou vrtule klíčovou součástí při každé stavbě. Použití různých vrtulí ovlivňuje nejen letové vlastnosti, ale i odolnost vůči případným nárazům. Vrtule se vyrábějí z různých materiálů, které ovlivňují dané letové vlastnosti, a i zmiňovanou mechanickou odolnost.

U motorů je vždy polovina levotočivých a polovina pravotočivých vrtulí. Upevnění k motoru, (jak dříve zmiňováno) se provádí za pomoci matice, která udržuje vrtuli připevněnou k motoru. V praxi je vždy důležité zkontrolovat před každým vzletem její stav a v případě že by byla vrtule, jakkoliv poškozena, zajistit její okamžitou výměnu. Nevyvážená vrtule způsobuje vibrace, které nejsou vhodné pro elektronický a mechanický systém a samotné výsledné fungování dronu.

(v Git-hub přidat druhy vrtulí, rozepsat)

### **Pohonné baterie**

U first person view dronů jsou velmi vysoké požadavky kladeny na baterie, které musí při požadovaném napětí dosahovat proud v množstvích desítek ampérů. Takový výkon dokážou v současnosti poskytovat Lithium Polymer baterie, zkráceně Li-Po baterie.

Baterie je složena z několika článků zapojených buďto v sérii (S) či paralelně (P), nebo v kombinaci obou zapojení. Paralelní zapojení zvyšuje výkon akumulátoru, a sériové zapojení zvyšuje kapacitu akumulátoru.

Protože na baterii závisí bezpečnost a spolehlivost letu, je potřeba jí věnovat zvýšenou pozornost, pečlivě ji opatrovat a dodržovat různá doporučení daná výrobcem.

Baterie se nabijí speciálními nabíječi, které po připojení pomocného servisního kabelu (tzv. balanceru), který zjistí napětí jednotlivých článků a upraví nabíjecí proud, aby měly všechny články stejné napětí.

Při letu se baterie nikdy nesmí úplně vybít. Je potřeba přistát dříve, než se vybije baterie, nejlépe když má baterie okolo 30-25% kapacity. Napětí článku by nemělo klesnout pod 3,2 V. Ovládací software má většinou přenastavenou hodnotu, u které vydá varovný signál, pokud na tu danou hodnotu klesne kapacita baterie. Je také potřeba počítat s tím, že se baterie nevybíjejí lineárně, ke konci vybíjení napětí klesá rychleji než normálně.

(nominální napětí Li Po článku – Li Po článku high voltage)

V případě překročení napětí dojde ke zvýšení tlaku uvnitř článku a může nastat i exploze. Pro dlouhodobé uskladnění se doporučuje napětí 3,80 V.

Lithium Polymer (zkráceně LiPo) baterie jsou citlivé na teplotu. Nesmí být skladovány při teplotě nižší než 0 °C, protože případné skladování v nepříznivých podmínkách (nízké teploty) způsobí nenávratné poškození elektrolytu uvnitř článku. Zkrácení životnosti baterie přinese také překročení teploty 50 °C. Obvyklá životnost baterie je 100 až 250 nabíjecích cyklů. Kapacita baterie klesá také s časem (viditelné zhoršování článku je vidět po roce nebo až po dvou letech). Delší životnost baterie nejlépe udržíme dodržováním zásad údržby dodaných výrobcem, jak již bylo zmiňováno.

### **Řídící jednotka**

Let s multikoptérou bez řídicí elektroniky (jednotky) není možný. Flight Controller – FC musí zpracovat obrovské množství informací – od dat z různých senzorů (akcelerometru a barometrického čidla), přes málokdy užívané informace z družicových pozičních systémů (GPS), až po pokyny pilota z dálkového ovládání, respektive z ovládacího systému, možno nazývaného bezpilotního systému (zkráceně BES). Na centrální řídicí jednotku se napojuje i modul iOSD pro vložení telemetrických dat do obrazu, detektory napětí a proudů a také informační LED světla. Všechny získané informace nakonec vyústí v regulaci otáček motorů, která zajistí požadovaný směr pohybu a také stabilizuje horizontální polohu dronu.

Pro umístění jednotlivých elektronických částí platí poměrně striktní pravidla, hlavně u VTX a RX. Vůbec u FPV dronu je nejdůležitější správné umístění antén.

### **Senzory**

Gyroskop MEMS – povinný senzor

Akcelerometr – volitelný

### **Antény**

Pro samotné ovládání dronu na dálku bez pilota na palubě je potřeba, aby měl dron správně nainstalovanou anténu pro příjem. Anténa určena pro přijímání příkazů z vysílačky

VTX (video transmiter) z kamery do brýlí (vysílač)

RX (reciever) z ovladače do dronu (přijímač)

<https://www.fyft.cz/drone-racing-clanky/vse-o-antenach-fpv-dronu/>

### **Dálkové ovládání, přenos obrazu**

U dálkového ovládání a přenosu obrazu jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu signálu, latenci a stabilitu spojení. Pro přenos obrazu se využívají různé technologie v závislosti na požadavcích aplikace. Nejrozšířenější jsou analogové a digitální systémy.

Analogový přenos obrazu je populární zejména u FPV dronů kvůli nízké latenci a jednoduché implementaci. Signál je přenášen na frekvencích v pásmu 5,8 GHz, přičemž dosah a kvalita obrazu závisí na výkonu vysílače, citlivosti přijímače a kvalitě antén. Nevýhodou analogového přenosu je nižší rozlišení a náchylnost k jeho rušení.

Digitální přenos využívá pokročilé kodeky, například H.264 nebo H.265, které umožňují vyšší kvalitu obrazu při nižších přenosových rychlostech. Výhodou digitálního přenosu je vyšší rozlišení a lepší odolnost vůči rušení, nevýhodou pak vyšší latence a vyšší energetické nároky.

Dálkové ovládání využívá různé komunikační protokoly, jako je SBUS, CRSF nebo ExpressLRS, které se liší dosahem, spolehlivostí a přenosovou rychlostí. Moderní systémy pracují v pásmech 2,4 GHz nebo 900 MHz, přičemž nižší frekvence poskytují lepší dosah, ale nižší datovou propustnost.

Kvalitní přenos obrazu a ovládání je zásadní nejen pro drony, ale i pro RC modely, bezpečnostní systémy či průmyslové aplikace. Výběr technologie závisí na konkrétních požadavcích, jako je latence, dosah, kvalita obrazu a odolnost vůči rušení.

### **Monitory a LCD zobrazovače (FPV brýle)**

### **Kamery (FPV)**

### **Příslušenství a praktické doplňky**

Popruh na baterie (FPV suchý zip)

Pouzdra na baterie

Ochrana vrtulí

Go-Pro kamery

Obaly a nálepky

Anemometr

# **Technické řešení chytrého filtrování a výběru komponent – tvorba systému**

<https://prihlaska.soc.cz/archiv43/getWork/hash/57f2ff70-8576-11eb-acaf-005056bd6e49>

<https://prihlaska.soc.cz/archiv43/getWork/hash/8e09c9a2-75d1-11eb-acaf-005056bd6e49>

<https://prihlaska.soc.cz/archiv43/getWork/hash/ed02d962-916d-11eb-acaf-005056bd6e49>

<https://prihlaska.soc.cz/archiv44/getWork/hash/5f8dc5cd-9232-11ec-acaf-005056bd6e49>

<https://prihlaska.soc.cz/archiv44/getWork/hash/5f8dc5cd-9232-11ec-acaf-005056bd6e49#page=13&zoom=100,152,469>

<https://prihlaska.soc.cz/archiv44/getWork/hash/5f8dc5cd-9232-11ec-acaf-005056bd6e49#page=87&zoom=100,152,653>

<https://www.jakpsatweb.cz/jak-udelat.html>

## **Programovací jazyky**

Během tvorby webových stránek je potřeba se naučit, vyznat se a umět psát v různých programovacích jazycích, které jsou potřeba během dané tvorby webových stránek.

## **HTML**

HTML neboli HyperText Markup Language je textový značkovací jazyk, který je používán při vytváření webových stránek. HTML se používá k vytvoření základní obsahové struktury webových stránek.

<https://www.strafelda.cz/html>

## **CSS**

Cascading Style Sheets do češtiny přeloženo na tabulky kaskádových stylů, zkráceně CSS je kolekce metod pro grafickou úpravu webových stránek. Chceme-li dělat webovou stránku je dobré se orientovat v CSS.

CSS se vyplatí použít při tvorbě webových stránek, pokud je za cíl vytvořit vizuálně hezký vzhled webové stránky, což byl můj případ.

<https://www.jakpsatweb.cz/css/css-uvod.html>

## **JavaScript**

JavaScript je z těchto tří programovacích jazyků ten nejvíce obtížný. JavaScript je často zaměňován s jiným programovacím jazykem Java, rozdíl mezi těmito dvěma jazyky je ten, že Java naopak od Javascriptu je samostatný programovací jazyk, zatímco JavaScript má pouze podobnou syntaxi a není samostatný programovací jazyk.

Bohužel JavaScript má jisté omezení, kterým se nemůžeme vyhnout při využívání JavaScriptu.

Jisté omezení jazyka jsou například ta, že existují odlišné verze jazyka i prohlížečů, které následně vedou k častým chybám.

Během vytváření JavaScriptu pro webovou stránku jsem využil pomoci Chat-GPT, když se vyskytl nějaký bug, aby mi mohl pomoci daný bug opravit. Většinu jsem se naučil od ostatních skriptů na cizích stránkách, na některých jsem viděl, jak otevírat takzvané modální okno pro nahlídnutí do detailů daných komponent.

<https://www.jakpsatweb.cz/javascript/javascript-uvod.html>

Webová aplikace

Analýza webové aplikace

Při úvodní analýze si nejprve řekneme, jaké jsou vaše představy a funkční požadavky na vaši webovou prezentaci, řekneme si něco o cílové skupině vašich zákazníků/návštěvníků, o cílech Vašeho projektu, požadavcích na rozsah (velikost) webové prezentace, vašich představách o grafice a o tom, jaké služby a funkčnosti by vaše webová prezentace měla poskytovat.

Architektura webu

Webová aplikace

Úvod

Uživatelské rozhraní

Databáze

# **Ekonomická analýza a optimalizace nákladů na stavení FPV dronu**

# **Ekonomické vyhodnocení systému s propočtem návratnosti investice**

## **Výpočet nákladů na implementaci systému**

## **Výpočet přínosů a snížení chybovosti**

## **Návratnost investice**

# **Závěr**

V této práci jsem se vám pokusil přiblížit, z jakých komponent se skládá FPV dron a co všechno je zapotřebí znát během stavby FPV dronu.

Dále jsem vymyslel a následně naprogramoval v programovacích jazycích HTML, CSS a JavaScript webovou stránku, která je schopna filtrovat komponenty tak, aby finální sestava byla vždy funkční.

# **Seznam použité literatury podle ČSN ISO 690**

Nějaká ta literatura

# **Přílohy**