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](#_Toc192905285)

[**1.** **Analýza oblasti FPV dronů – struktura, komponenty, využití** 2](#_Toc192905286)

[**1.1.** **Historie** 2](#_Toc192905287)

[**1.2.** **Konstrukce (anatomie) dronů** 2](#_Toc192905288)

[**1.2.1.** **Motory** 2](#_Toc192905289)

[**1.2.2.** **Regulátory motorů** 3](#_Toc192905290)

[**1.2.3.** **Vrtule** 3](#_Toc192905291)

[**1.2.4.** **Pohonné baterie** 3](#_Toc192905292)

[**1.2.5.** **Řídící jednotka** 4](#_Toc192905293)

[**1.2.6.** **Antény** 4](#_Toc192905294)

[**1.2.7.** **Dálkové ovládání, přenos obrazu** 4](#_Toc192905295)

[**1.2.8.** **Monitory a FPV brýle** 5](#_Toc192905296)

[**1.2.9.** **FPV Kamery** 5](#_Toc192905297)

[**2.** **Technické řešení chytrého filtrování a výběru komponent – tvorba systému** 7](#_Toc192905298)

[**2.1.** **Návrh webové stránky** 7](#_Toc192905299)

[**2.2.** **Programovací jazyky** 8](#_Toc192905300)

[**2.2.1.** **HTML** 8](#_Toc192905301)

[**2.2.2.** **CSS** 8](#_Toc192905302)

[**2.2.3.** **JavaScript** 8](#_Toc192905303)

[**2.3.** **Webová stránka** 8](#_Toc192905304)

[**2.3.1.** **Funkce a technologie webu** 9](#_Toc192905305)

[**3.** **Ekonomická analýza a optimalizace nákladů na stavení FPV dronu** 10](#_Toc192905306)

[**3.1.** **Analýza cen jednotlivých komponent** 10](#_Toc192905307)

[**3.2.** **Možnosti úspory nákladů** 11](#_Toc192905308)

[**3.3.** **DIY vs. Hotový dron – srovnání nákladů** 11](#_Toc192905309)

[**4.** **Ekonomické vyhodnocení systému s propočtem návratnosti investice** 13](#_Toc192905310)

[**4.1.** **Výpočet nákladů na implementaci systému** 14](#_Toc192905311)

[**4.2.** **Výpočet přínosů a snížení chybovosti** 15](#_Toc192905312)

[**4.3.** **Návratnost investice** 16](#_Toc192905313)

[**Závěr** 19](#_Toc192905314)

[**Seznam použité literatury podle ČSN ISO 690** 1](#_Toc192905315)

[**Přílohy** 2](#_Toc192905316)

# **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 maturitní práce bylo navrhnout a vytvořit systém, který umožní efektivní filtrování komponent pro stavbu FPV dronu. Tento systém byl realizován formou webové aplikace, která funguje podobně jako konfigurátor – uživatel si vybírá jednotlivé díly a webová stránka automaticky filtruje jen ty, které jsou mezi sebou kompatibilní. Hlavním přínosem je eliminace častých chyb při výběru dílů, úspora času a usnadnění vstupu do FPV komunity i méně zkušeným pilotům.

V rámci práce jsem se zaměřil nejen na technické řešení, ale také na ekonomickou analýzu, která zahrnuje optimalizaci nákladů na sestavení FPV dronu a zhodnocení ekonomické udržitelnosti vytvořeného systému. Práce tedy spojuje technologický přístup (vývoj webu, filtrace dat, kompatibilita komponent) s analýzou nákladů a potenciálního obchodního modelu pro další využití systému.

# **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 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.

### **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.

### **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.

### **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 nabíječkami, 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.

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.

### **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. Nejdůležitějším parametrem antény je zisk v decibelech (dBi) a čím větší je zisk, tím větší vzdálenost můžeme uletět. Taky je užší vyzařovací charakteristika antény. Na to je třeba myslet při výběru umístění a natočení antény na dronu a přijímači.

Existují také nejpoužívanější typy antén:

* Lineární / Dipol / Duck antenna – jsou základní všesměrové antény s lineární polarizací a nejnižší hodnotou dBi.
* Cloverleaf / Omni / Skew-Planar-Wheel – jsou všesměrové antény s kruhovou polarizací a nízkou hodnotou dBi.
* Pagoda – jsou všesměrová, kruhově polarizovaná anténa, zisk kolem 2 dBi.
* Mikro – jsou antény s malými rozměry a nízkou hmotností, nejčastěji se nacházejí na závodních FPV dronech a FPV dronech velikosti 2,5-4“.
* Helical – je všesměrová anténa s kruhovou polarizací, dBi závisí na její délce. Efektivní koridor příjmu je ale velmi úzký.
* Patch – je všesměrová anténa s vysokým ziskem, její efektivní koridor je také jako u Helical antény úzký.

### **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 FPV brýle**

FPV brýle mají samozřejmě největší vliv na zážitek z létání. U brýlí, které slouží pro vidění z pohledu první osoby dronu se rozlišují hlavní dvě kategorie: analogový a digitální systém přijímání obrazu videa.

* Digitální systém – rozlišení obrazu je 720 p a kvalita videa je na úplně jiné úrovni oproti digitálnímu přenosu obrazu jediné co je horší oproti analogovému systému je ten, že zpoždění obrazu je trochu vyšší.
* Analogový systém – oproti digitálnímu systému je analogový systém levnější a rozšířenější. Hlavní výhodou analogového systému je ten, že velikost video vysílače je malá a opoždění obrazu je minimální. Avšak nevýhodou je rozlišení přenosu obrazu je 480 p a SD kvality.

FPV brýle lze zakoupit ve variantě s jedním velkým displejem, také známo jako krabicové brýle a klasické FPV brýle se dvěma displeji, kdy každé oko pozoruje svůj displej a tím se zlepšuje zážitek při letu. U displeje by uživatele mělo zajímat nejvíce rozlišení displejů a poměr stran. Nahrávání obrazu lze ve většině brýlích, které mají zařízení DVR (Digitální Video Recorder). Video přijímač v brýlích (VTX) musí umět přijímat video na stejné frekvenci a je buďto integrovaný v brýlích, anebo se zapojí externě.

### **FPV Kamery**

FPV kamery jsou nutné pro FPV drony z důvodu, že FPV kamera je naším okem při létání s FPV dronem a výrazně ovlivňuje zážitek z letu. Při vybírání je dobré pro uživatele, aby se podíval na různá videa pořízena z různých FPV kamer například na sociálních sítích (YouTube apod.). Při výběru FPV kamery by uživatele měly zajímat různé parametry: formát kódování, latence přenosu obrazu, rozlišení, poměr stran a také velikost kamery.

Rozteče mezi montážními otvory rozdělují výběr kamer dle těchto velikostí:

* Standard – 28 mm rozteč, dnes už se moc nepoužívá, ale občas používána na freestyle lety s FPV dronem.
* Mini – 22 mm rozteč, tyto FPV kamery jsou běžně dostupné a v balení je často redukce na velikost standard rozteče.
* Micro – 19 mm rozteč tato velikost FPV kamer je nejvíce používaná, nejčastěji v závodních a freestyle FPV dronech.
* Nano – 14 mm rozteč, kde v balení se nachází často redukce na velikost Micro rozteče, tato velikost FPV kamer je užívána u lehkých závodních, whoopy, Toothpick FPV dronů.

Poté jsou zde Hybridní FPV kamery, které jsou specifickým typem a plní dvojí funkci. Fungují jako HD kamera a zároveň i FPV kamera.

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

Samotným řešením chytrého filtrování a výběru komponent jsem rozhodl že nejlepším řešením tohoto problému bude vytvořit webovou stránku která bude mít a úkol nabídnout uživateli výběr komponent a při vybírání komponentů budou ostatní vyfiltrovány, aby finální výběr měl stoprocentní kompatibilitu.

## **Návrh webové stránky**

Obsah obrázku text, snímek obrazovky, Písmo, Grafika

Obsah vygenerovaný umělou inteligencí může být nesprávný.Před začátkem tvorby webové stránky byl vytvořen samotný návrh webové stránky, jaké funkce by měla webová stránka splňovat. Nejdříve se tedy vytvořil grafický návrh (viz. Obrázek 01. – graficky znázorněný návrh webové stránky) díky kterému lze vidět jaký je celkový cíl tvorby webové stránky.

Obrázek - Grafický návrh webové stránky

Jako první krok na který je potřeba se zaměřit během tvorby webové stránky je vytvořit Hlavní stránku, která je povinností při tvorbě webové stránky která má za úkol filtrovat komponenty pro stavbu FPV dronu. Další co musíme vytvořit je takzvaný katalog komponentů, aby mohl uživatel vybírat z jisté řady druhů komponent. Tato část je samozřejmě důležitá z toho hlediska, že pro správný výběr by měl uživatel mít možnost vybrat si z mnoha druhů komponent. Tato funkce může být kompletní pokud by webová stránka měla funkci automatizovaného web-scrappingu. Uživatel po tom co si vybere jeden komponent by měl přijít o možnosti komponentů takových, které by nebyly s jeho aktuálním výběrem být kompatibilní. Uživatel si vybere komponenty tak, že se bude moci podívat na název, popis,obrázek, cenu, a případné hodnocení od různých uživatelů. Po jeho výběru si uživatel daný komponent uloží do svojí sestavy do které může poté kdykoliv nahlížet, poupravit si ji, změnit počet množství vybraných komponentů a při situaci kdy by uživateli nevyhovoval daný komponent, aby si ho mohl z uložené sestavy odebrat. Wbová stránka bude tedy disponovat jistým katalogem všech dostupných komponentů, které se budou aktivně filtrovat, aby když si uživatel vybere jakoukoliv komponentu tak katalog byl stále aktuální a uživatel vybíral z komponentů které budou s jeho výběrem kompatibilní. Nakonec by uživatel měl vybrané všechny komponenty, které společně mohou skládat FPV dron. Uživatel bude moci poté si vybrané komponenty objednat přes danou webovou stránku.

## **Programovací jazyky**

Během tvorby webových stránek je potřeba využít, naučit a vyznat se a hlavně 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.

## **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.

## **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.

## **Webová stránka**

V rámci této maturitní práce jsem vytvořil prototyp webové aplikace, která slouží jako chytrý konfigurátor pro výběr FPV komponent. Hlavním cílem bylo usnadnit uživatelům sestavení FPV dronu tak, aby si mohli vybírat pouze kompatibilní součásti a vyhnuli se chybám, které by mohly vést k nefunkční sestavě.

Struktura webové aplikace

Webová stránka se skládá z několika hlavních částí:

1. Hlavní stránka – Poskytuje úvodní informace o systému a umožňuje uživatelům začít s výběrem komponent.
2. Katalog komponent – Obsahuje databázi FPV komponent, které jsou kategorizované podle typu (motory, regulátory ESC, baterie, kamery atd.).
3. Chytré filtrování – Po výběru určitého komponentu jsou automaticky skryty všechny neslučitelné možnosti, což zajišťuje, že výsledná sestava bude 100% kompatibilní.
4. Sestava dronu – Uživatel si může uložit vybrané komponenty do seznamu, kde si může zkontrolovat konečnou sestavu dronu.
5. Objednávkový modul (zatím v návrhu) – Plánovaná funkce, která umožní uživateli objednat všechny vybrané komponenty přímo přes doporučené e-shopy.

### **Funkce a technologie webu**

Webová stránka byla naprogramována pomocí HTML, CSS a JavaScriptu. Hlavní funkcí je automatické filtrování kompatibilních komponent, které je realizováno skripty v JavaScriptu. Web pracuje se statickou databází komponent, což znamená, že seznam dílů je momentálně pevně daný a není automaticky aktualizován z externích zdrojů.

Hlavní technologie použité při vývoji:

* HTML – struktura a základní obsah webu
* CSS – vizuální styl a responzivní design
* JavaScript – funkce chytrého filtrování a dynamická manipulace s komponenty

V současné podobě web umožňuje základní filtrování a sestavování dronu. Do budoucna bych rád rozšířil funkčnost o automatické aktualizace databáze komponent pomocí web scrapingu nebo API propojení s e-shopy. Dále by bylo možné přidat uživatelské účty a funkce jako sdílení sestav nebo integrace s existujícími FPV komunitami.

Tento prototyp ukázal, že chytré filtrování komponent je možné a užitečné, a proto by jeho další vývoj mohl pomoci širší komunitě FPV nadšenců.

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

Stavba FPV dronu svépomocí vyžaduje pořízení mnoha velmi důležitých komponent. Celkové náklady na sestavení se skládají z cen jednotlivých komponent, které mohou dohromady dosáhnout od nižších jednotek tisíc korun až po desítky tisíc korun v závislosti na zvolené konfiguraci. Podle odhadů se kompletní výbava pro FPV dron včetně ovladače a brýlí může pohybovat přibližně od 9 000 až do 40 000 Kč v závislosti na kvalitě a funkcích komponent.

Je tedy patrné, že cenové rozpětí je velmi široké od základních sestav až po špičkové závodní či filmové FPV drony. Pro ekonomickou optimalizaci je nutné pečlivě vybírat komponenty a zvažovat poměr cena/výkon u každé součásti.

## **Analýza cen jednotlivých komponent**

Mezi hlavní komponenty FPV dronu patří rám, motory, regulátory ESC, řídící jednotka FC, Baterie, vrtule a FPV vybavení, které tvoří FPV dron FPV dronem (kamera, video vysílač, přijímač signálu, antény). Každá z těchto částí má svou cenovou kategorii. Například základní rámy dronu, které jsou většinou z uhlíkových vláken se prodávají zhruba od 500 Kč (jednoduché, menší rámy) až po 1 500 Kč a více. Do této cenové relace taky spadají odolnější rámy pro freestyle létání či závodění.

Střídavé motory pro 5“ závodní drony mají cenovou relaci okolo 300–600 Kč za jeden motor (kus). Kvalitnější, či výkonnější modely se mohou samozřejmě pohybovat ve vyšší cenové relaci. Celkem je téměř samozřejmé že se bude jednat o FPV kvadrokoptéry, k čemuž je potřeba obvykle čtyř motorů, což významně ovlivní rozpočet uživatele.

Elektronické regulátory otáček (Electronic speed Controller, zkráceně ESC) existují buďto v samotné variantě pro každý motor jeden, což pro uživatel vyjde cca 200-400 Kč za jeden kus, nebo čtyřkanálový 4v1 ESC modul, který se pohybuje v relaci od 800 do 1 500 Kč. Avšak u této cenovky také záleží podle proudu a podpory funkcí daného ESC.

Řídící jednotka (Flight Controller, zkráceně FC) se typicky pohybuje v cenové relaci 800-2000 Kč v závislosti na senzorech a výkonu procesoru.

Další nutnou položkou pro FPV dron je FPV kamera, která se pohybuje v cenové relaci 600-1 500 Kč. U FPV kamer ale záleží také na tom, zda se jedná o analogovou či digitální.

Video vysílač (Video Transmitter, zkráceně VTX) slouží pro přenos obrazu z FPV kamery do FPV brýlí. U analogových video vysílačů se jedná o cenovou relaci od 500 do cca 1 000 Kč, u digitálních video vysílačů se zde ale jedná o několikanásobně vyšší cenovou relaci.

Přijímač ovládání pro komunikaci s dálkovým ovladačem má cenovou relaci cca 300-800 Kč, kde se cenová relace posouvá podle protokolu daného přijímače pro ovládání.

Nesmíme také zapomenout na baterie. Vysokoproudové Li-Po akumulátory pro závodní FPV drony mají cenovou relaci přibližně od 500 až do 1 000 Kč za jeden akumulátor. Cena se také mění podle velikosti kapacity a napětí, pro delší dobu letu je samozřejmé mít více baterií, které se budou moci po vybití vyměnit za jinou, nabitou baterii.

Drobnější položky jako vrtule mají relativně nízkou cenovku (cca 100 Kč za sadu čtyř vrtulí), ale u vrtulí se jedná o spotřební zboží, které je často měněné po haváriích či po dlouhodobém užívání.

Kromě samotného FPV dronu je pro létání také nutná FPV výbava pilota. FPV výbavou jsou zde myšlené FPV brýle a dálkový ovladač. Základní analogové FPV brýle lze pořídit od 2 000 Kč, zde zamýšleny jednoduché boxové brýle, kvalitní digitální brýle však vyjdou v cenové relaci okolo 10 až 15 tisíc Kč. Dálkové ovladače se pohybují cenové relaci 3 000-6 000 Kč. Tyto náklady pilotního vybavení ovšem platíme jednorázově a lze je využívat i s jinými FPV drony. Uživatel si může tedy nejdříve postavit začátečnický FPV dron a vybrat si k tomu odbornější výbavu (FPV brýle a dálkový ovladač), které by poté mohl využít u FPV dronu, který by si uživatel postavil až v čase, kdy by chtěl investovat do lepších komponent pro FPV dron. Z ekonomického hlediska tedy nejvíce ovlivní cenu stavby samotné komponenty dronu, zatímco investice do ovladače a FPV brýlí se rozpočítává mezi více projektů.

## **Možnosti úspory nákladů**

Při sestavování FPV dronu existuje několik možností, jak celkové náklady snížit. První možností je množstevní sleva při hromadném odběru. Pokud nakupujeme více stejných komponent (např. samu motorů či více baterií) nebo koordinujeme nákup s dalšími staviteli, dodavatelé často poskytují slevy za větší objednávky. Tím lze ušetřit několik procent z ceny, což u dražších položek představuje nezanedbatelnou částku. Druhou možností je nákup z Číny prostřednictvím zahraničních e-shopů (např. AliExpress). Ceny komponent z čínských zdrojů bývají výrazně nižší než u tuzemských distributorů díky nižším maržím a přímému napojení na výrobce – často lze narazit na výrazně výhodné nabídky, pokud je kupující trpělivý a počítá s delší dodací lhůtou. Například některé levnější rámové kity, elektronika či motory od méně známých výrobců lze na AliExpressu pořídit za zlomek ceny značkových ekvivalentů. Nevýhodou je delší doprava (typicky 2-4 týdny) a případné řešení reklamací na dálku. Třetí možnost úspor představuje volba alternativních či použitých dílů. Na trhu existují klony populárních komponent (např. rámů nebo řídicích desek) od výrobců, kteří nejsou tak renomovaní – tyto produkty mívají nižší cenu při často podobné funkčnosti. Rovněž lze zvážit nákup bazarových součástí – zkušenější FPV piloti často obměňují vybavení a starší, funkční díly prodávají za sníženou cenu. Tímto způsobem lze získat například starší modely motorů nebo kamer výrazně levněji. Každá z těchto úsporných strategií má ovšem své kompromisy:

* Levnější či použité díly nemusí dosahovat takové životnosti nebo výkonu a nákup ze zahraničí zase klade nároky na znalost prostředí a trpělivost s doručením.

## **DIY vs. Hotový dron – srovnání nákladů**

Z finančního pohledu bývá vlastní stavba FPV dronu ve výsledku levnější než pořízení hotového (komerčně sestaveného) dronu, zejména při srovnatelných parametrech. U hotových RTF/BNF modelů si výrobce a prodejce připočítávají marži za kompletaci, distribuci a často i za značku. Platíme tedy za pohodlí „all-in-one“ a možnost okamžitého létání bez nutnosti cokoliv sestavovat. U vlastního sestavení tyto přirážky odpadají. Uživatelé tedy nakupují přímo jednotlivé díly za jejich tržní ceny a neplatí práci za sestavení (zkompletování) FPV dronu. Například v případě populárního komerčního modelu FPV dronu DJI Avata komunita odhaduje, že obdobný systém sestavený svépomocí by mohl vyjít na méně než polovinu nákladů oproti ceně tohoto modelu FPV dronu. Obecně platí, že výkonný závodní či freestyle FPV dron postavený na míru může stát např. 10-15 tisíc Kč, zatímco hotová sestava s podobnými parametry může být prodávána za 20-25 tisíc Kč. DIY řešení také umožňují postupné investice – nejprve postavit základ a postupně dokupovat či upgradovat komponenty, což rozkládá výdaje v čase. Hotový dron naopak vyžaduje vyšší jednorázovou investici, ale nabízí okamžitou funkčnost a často i záruku nebo technickou podporu. Z hlediska čistě finančního se tedy při znalosti problematiky vyplatí stavět svépomocí, zvláště pokud je cílem co nejlepší poměr výkon/cena. Je však nutné započítat i čas strávený stavbou a možným laděním – pro zkušeného stavitele je to součást hobby, ale pro běžného zákazníka může mít i tento čas svou hodnotu. V této kapitole jsme ukázali, že chytrým výběrem dílů a využitím uvedených úsporných opatření lze dosáhnout významného snížení nákladů na sestavení FPV dronu, aniž by utrpěla výsledná funkčnost zařízení.

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

Jako poslední se zaměřuji na ekonomickou stránku navrženého webového systému pro chytrý výběr komponent – posoudíme možnosti jeho monetizace a zhodnotíme návratnost investice do vývoje. Cílem je určit, jak by mohl systém generovat zisk a zda se vložené prostředky a úsilí mohou v rozumném čase vrátit. Probereme možné obchodní modely (provize, marže, affiliate marketing), výhody navrhovaného řešení oproti běžným e-shopům a následně provedeme propočet nákladů, přínosů a modelový odhad návratnosti investice.

Aby systém dlouhodobě fungoval a rozvíjel se, měl by generovat určitou formu příjmů. Nabízí se několik modelů monetizace, které lze implementovat buď samostatně, nebo v kombinaci:

* Affiliate mode (partnerské provize): web by nesloužil přímo jako prodejce, ale jako rozcestník. Uživatel by si ve systému navolil kompatibilní sestavu komponent a systém by ho poté odkázal na spřátelené e-shopy či přímo výrobce, kde může uživatel vybrané komponenty nakoupit. Za každou uskutečněnou objednávku přes doporučení by provozovatel systému obdržel provizi (typicky ve výši několika procent z ceny objednávky). Tento model nevyžaduje držení skladu ani velké počáteční investice do zboží – výdělek plyne čistě z prostředkování prodeje. Uživatelé získají výhodu v podobě pohodlného nákupu celého balíčku ověřených dílů a případně mohou dostat i drobnou slevu od partnera jako motivaci použít právě tento systém (např. slevový kód při nákupu přes daný odkaz).
* Prodej s marží (vlastní e-shop): Ambicióznější variantou je integrovat do systému vlastní internetový obchod s komponenty. Systém by nejen radil s výběrem, ale rovnou by umožnil doporučené díly vložit do košíku a zakoupit. Příjem by pak plynul přímo z marže na prodaném zboží. Aby byl tento model efektivní, bylo by vhodné navázat spolupráci s dodavateli a výrobci komponent – při velkoobchodním odběru lze získat výrazné odběrové slevy a nakupovat díly levněji. Provozovatel systému by tak nakoupil komponenty ve větším množství za nižší ceny a koncovým zákazníkům by je prodával s určitým procentem marže. Výhodou je potenciálně vyšší zisková marže na každém prodeji oproti affiliate provizi. Nevýhodou jsou vyšší počáteční náklady (nutnost investovat do zásob zboží, logistika, skladování) a také riziko spojené s držbou inventáře (neprodané zásoby, zastarávání komponent apod.).
* Další možnosti monetizace: Mimo výše zmíněné hlavní modely existují i doplňkové zdroje příjmů. Například reklama – při dostatečné návštěvnosti webu lze zobrazovat reklamy od výrobců či prodejců dronů a komponent. Příjem z reklamy by však pravděpodobně nebyl zásadní, jelikož úzce specializovaný web má omezenou cílovou skupinu. Další možností je prémiový obsah či služby – např. placené členství poskytující rozšířené funkce, prioritní podporu při stavbě, či detailní návody. V kontextu maturitního projektu však takové pokročilé úvahy přesahují rámec práce a hlavní reálné scénáře příjmů budou spíše na bázi provizí nebo marží z prodeje dílů.

Výhody systému oproti běžným e-shopům: Navržený systém nabízí funkčnosti, které klasické e-shopy s FPV komponenty zpravidla neposkytují. Největší předností je chytré filtrování a garance kompatibility – uživatel nemůže omylem zkombinovat neslučitelné komponenty, což je u běžného e-shopu vždy riziko. Standardní e-shopy zpravidla umožňují filtrovat zboží podle parametrů (např. vybrat typ baterie podle kapacity), ale už negarantují, že všechny samostatně vybrané položky budou společně fungovat. Náš systém tedy funguje zároveň jako takový „poradce“ – něco na způsob „konfigurátoru PC sestav“, který hlídá kompatibilitu, což v segmentu FPV dronů představuje konkurenční výhodu. To přináší několik ekonomických benefitů: uživatelé mají větší důvěru v nákup (nebude je čekat nemilé překvapení, že jedna z komponent nebude kompatibilní s ostatními komponenty), což může zvyšovat ochotu nakoupit všechny díly najednou přes doporučené odkazy. Pro potenciální spolupracující e-shop to znamená méně vraceného zboží a reklamací z důvodu špatně zvolené kombinace dílů, protože systém takovým omylům předejde. Další výhodou je úspora času – jak pro zákazníka, tak i pro prodejce v oblasti podpory. Méně zkušený uživatel stráví na běžném e-shopu hodiny porovnáváním parametrů a studováním, zda se například daný motor hodí k určitému regulátoru. S využitím chytrého systému, zda se například daný motor hodí k určitému regulátoru. S využitím chytrého systému je proces rychlejší a uživatel je proveden výběrem krok za krokem. Z pohledu byznysu to znamená, že začátečník se díky systému snáze odhodlá k nákupu – bariéra vstupu a obava z nesprávného výběru se snižuje. Systém tak může rozšířit okruh zákazníků i o ty, kteří by si jinak sami netroufli dron sestavit. Ve srovnání s běžným e-shopem tedy náš systém chytrého filtrování komponent pro stavbu FPV dronu poskytuje přidanou hodnotu, která může přilákat specifickou skupinu nadšenců a začátečníků. Tato přidaná hodnota představuje konkurenční výhodu, již lze využít v marketingu a budování značky. Například by bylo možné prezentovat systém jako „jednoduchá cesta ke stavbě vlastního dronu“, čímž se odliší od tradičních prodejců komponent. Díky tomu lze očekávat vyšší loajalitu uživatelů a větší pravděpodobnost, že nákup dokončí právě prostřednictvím tohoto systému, což pozitivně ovlivní generované příjmy.

## **Výpočet nákladů na implementaci systému**

Před zahájením provozu je nutné investovat do vývoje webové aplikace a související infrastruktury. Tyto náklady představují počáteční investici, kterou je třeba vyčíslit. V rámci maturitní práce vznikl funkční prototyp webové stránky, jehož vytvoření trvalo více než 30 hodin programování. Pokud by se vývoj takovéhoto systému zadal komerčně externímu dodavateli, je potřeba zohlednit hodinové sazby práce programátora. Během realizace jsem kontaktoval společnost C&C GROUP s.r.o. mi sdělila, že typická sazba vývoje webu činí kolem 800 Kč/hod (bez DPH). Při této sazbě by práce na současném prototypu (30 hodin) stála cca 24 000 Kč bez DPH (tj. zhruba 29 000 Kč s 21 % DPH). Tato částka pokrývá vytvoření základní funkcionality „chytrého filtrování“ a uživatelského rozhraní. Je však nutné zdůraznit, že v předložené podobě jde o prototyp – plnohodnotný systém připravený pro konečný provoz by vyžadoval další investice do vývoje. Například implementace automaticky se aktualizující databáze komponent a cen (napojení na API dodavatelů) by znamenala další desítky hodin programování navíc. Kromě čisté práce vývojářů je nutno počítat s náklady na IT infrastrukturu, registrovat doménu (cca několik stovek Kč ročně), zajistit webhosting či server. Náklady mohou být v řádu stokorun až nižších tisících korun měsíčně podle výkonu a návštěvnosti, pro začátek lze uvažovat např. 500 Kč měsíčně za spolehlivý hosting. Dále sem spadá základní technické vybavení pro provoz – např. databázový systém, zálohování dat, zabezpečení webu – často lze využít open-source řešení zdarma, ale jejich nastavení a údržba opět vyžaduje čas (či práci administrátora). Do nákladů můžeme započítat i budoucí údržbu a rozvoj: webový systém je třeba udržovat (aktualizace komponent v databázi, bezpečnostní aktualizace, reagovat na změny na trhu komponent) a případně rozšiřovat o nové funkce dle požadavků uživatelů. Pokud bychom vyčíslili tuto údržbu, můžeme odhadnout, že např. několik hodin měsíčně by bylo třeba věnovat aktualizacím (např. 5 h/měsíc). Ročně by to představovalo 60 hodin práce. Při výše uvedené sazbě 800 Kč/h by roční údržba stála cca 48 000 Kč. Pro jednoduchost ale počítejme s tím, že v počáteční fázi bude údržbu zajišťovat autor systému v rámci svého času. Shrnutí počátečních nákladů. Vývoj základní verze systému bude cca 30 000 Kč, zajištění domény a hostingu pro první rok řádově 5 000 Kč (rezerva na případné vyšší nároky), celkem tedy kolem 35 000 Kč investice před spuštěním. Tato částka představuje finanční hodnotu času a zdrojů vložených do vytvoření systému a bude použita v dalším textu pro posouzení návratnosti.

## **Výpočet přínosů a snížení chybovosti**

Navržený systém přináší uživatelům několik významných benefitů, které mají nepřímý ekonomický efekt – šetří čas, snižují chybovost při výběru komponent a usnadňují proces stavby, zvláště pro méně zkušené jedince. Tyto přínosy sice nejsou přímo vyjádřené penězi, ale lze je do jisté míry kvantifikovat či popsat tak, aby bylo patrné, jakou hodnotu systém vytváří.

Prvním přínosem je úspora času při plánování stavby dronu. Bez tohoto systému musí zájemce o stavbu trávit desítky hodin studiem parametrů a kompatibility – pročítat diskusní fóra, technické specifikace jednotlivých dílů a hledat rady, zda se daná kombinace motoru, ESC, baterie atd. hodí k sobě. Začátečník často musí nastudovat velké množství informací, než se odváží objednat si všechny potřebné komponenty. Chytrý konfigurátor tento proces výrazně urychluje: namísto ručního ověřování stačí, aby si uživatel vybral několik základních preferencí (např. velikost dronu, typ létání) a systém mu přes chytré filtrování komponent nabídne pouze kompatibilní komponenty. Tím odpadá zdlouhavé porovnávání a uživatel může návrh své sestavy získat během jednoho sezení, řádově v minutách až nízkých hodinách, namísto dnů či týdnů samostatného zkoumání. Ušetřený čas má svou hodnotu – lze ho věnovat například samotné stavbě a testování dronu, nebo jiným činnostem. Z pohledu méně zkušených stavitelů může být právě časová náročnost průzkumu odrazující. Díky systému je celý proces dostupnější a rychlejší, což může vést k větší ochotě se do stavby pustit.

Druhým významným přínosem je snížení chybovosti při výběru komponent. Lidský faktor a neznalost mohou vést k chybám, jako je volba nevhodné kombinace součástek. Typickým příkladem chybné kombinace může být regulátor ESC, který nezvládne proudový odběr zvolených motorů, nebo příliš výkonný motor s nevhodnou velikostí vrtule, případně nesprávný počet článků baterie (napětí), který může poškodit elektroniku. Takové chyby mohou mít přímé finanční dopady: v lepším případě uživatel zjistí nekompatibilitu ještě před zničením komponent (ale ztrácí čas vracením zboží či sháněním náhrady), v horším případě dojde k poškození drahého dílu (např. spálení motoru či regulátoru), což znamená dodatečné výdaje na opravu. Náš systém těmto situacím předchází tím, že nedovolí zkombinovat díly, které k sobě nepatří. Tím eliminuje celou kategorii začátečnických chyb. Snížení chybovosti lze kvantifikovat například procentem sestav, u nichž by bez podpory systému došlo k nějakému problému. Pokud bychom odhadli, že např. každý druhý začátečník udělá při prvním návrhu sestavy chybu (např. vybere nekompatibilní komponentu), pak použitím systému lze teoreticky redukovat výskyt těchto chyb o 100 % – systém nedovolí žádnou chybnou kombinaci. Samozřejmě zkušenější uživatelé se chyb dopouštějí méně, ale i pro ně může být systém užitečný jako kontrola: i expert může přehlédnout detail v parametrech, zatímco automatizovaný filtr takovou nekonzistenci zachytí vždy. Celkově tedy systém zajišťuje, že výsledná sestava bude funkční „na první pokus“, což šetří jak peníze (za zbytečně nakoupené či zničené díly), tak čas (nutnost přeobjednávat komponenty či řešit opravy).

Třetím přínosem, úzce souvisejícím s předchozími, je zvýšení dostupnosti stavby FPV dronů pro nováčky. Méně zkušení uživatelé často bojují s nejistotou, zda vše zvolili správně. Náš webový konfigurátor jim poskytuje jistotu, že navržená kombinace komponent je ověřená. Psychologicky to znamená, že nováček má větší sebedůvěru pustit se do stavby, když ví, že mu systém „kryje záda“ ohledně kompatibility. Tento přínos se sice těžko vyjadřuje ekonomicky, ale můžeme ho vnímat optikou trhu: čím více nových lidí se odhodlá postavit vlastní dron, tím více potenciálních zákazníků pro výrobce a prodejce komponent (a tím i pro náš systém, pokud z každého nákupu získává provizi). Systém tak nepřímo přispívá k růstu komunity a trhu FPV dronů – odstraňuje některé překážky vstupu do hobby. Z pohledu uživatele se dá říci, že systém šetří peníze nepřímo: minimalizuje riziko špatné investice do nesprávných dílů a tím zajišťuje, že každá vynaložená koruna do vybavení má smysl. Kromě toho šetří i zmíněný čas, který také nepřímo představuje hodnotu (např. v profesionálním nasazení platí „čas jsou peníze“ – kdyby systém využil technik připravující drony pro firmu, rychlejší návrh sestavy znamená nižší mzdové náklady na projekt). Souhrnně lze konstatovat, že náš systém vytváří hodnotu pro uživatele tím, že zjednodušuje proces stavby a eliminuje chyby. Tato hodnota je základem pro generování příjmů – uživatelé jsou ochotnější využít služby či nákupu přes platformu, která jim přináší jasné výhody oproti samostatnému postupu.

## **Návratnost investice**

Návratnost investice u tohoto projektu závisí na dvou hlavních faktorech: výši počátečních nákladů (investice do vývoje a provozu, viz část 4.1) a výši a rychlosti generovaných příjmů (viz potenciál monetizace z části 4. a přínosy v části 4.2). Pro vyhodnocení si vytvoříme modelový scénář, na jehož základě odhadneme, za jak dlouho by se investice vložené do systému mohly vrátit.

Z předchozí kapitoly 4.1 víme, že počáteční investice do vývoje a zavedení systému činí zhruba 35 000 Kč. Nyní uvažujme konzervativní scénář příjmů z affiliate provizí – tedy jednodušší model, kdy systém získává provizi za zprostředkované prodeje komponent. Předpokládejme, že systém po svém spuštění získá dostatečnou publicitu mezi FPV nadšenci a měsíčně ho využije například 50 uživatelů, kteří si nechají sestavit konfiguraci dronu. Z těchto 50 uživatelů bude určitá část skutečně realizovat nákup všech doporučených dílů (ostatní mohou službu využít jen pro orientaci, aniž by nakoupili). Odhadněme konverzní poměr – řekněme 30 % uživatelů opravdu přes odkazy objedná komponenty, to je 15 nákupů za měsíc. Průměrná hodnota objednávky všech dílů pro jeden dron může být například 10 000 Kč (to odpovídá středně vybavenému FPV dronu; někdo utratí méně, někdo více, ale vezměme tuto orientační částku). Pokud je provize zprostředkovatele například 5 % z objemu objednávky, pak z jedné takové kompletní sady komponent by systém vydělal 500 Kč. Při 15 takových nákupech za měsíc je měsíční příjem 15 × 500 = 7 500 Kč. Ročně by to odpovídalo 90 000 Kč příjmů. V tomto případě by se již během prvního roku podařilo pokrýt počáteční investici (90 tis. příjmů vs. 35 tis. nákladů) a systém by začal generovat čistý zisk. To je ovšem optimistický scénář s poměrně vysokou návštěvností i konverzí.

Pro realistické posouzení je vhodné uvést i střízlivější variantu. Pokud by návštěvnost či ochota nakoupit byly nižší – řekněme jen 20 uživatelů měsíčně použije konfigurátor a 5 z nich uskuteční nákup (tj. 25% konverze), pak za měsíc proběhne 5 objednávek. Při průměrné hodnotě 10 000 Kč a 5 % provizi je to 5 × 500 = 2 500 Kč za měsíc, tedy 30 000 Kč za rok. V takovém případě by se počáteční investice 35 000 Kč vrátila zhruba za cca 14 měsíců – což je stále poměrně krátká doba vzhledem k povaze projektu. Je třeba poznamenat, že tyto výpočty nezahrnují průběžné náklady na údržbu; pokud bychom započetli např. náklady na provoz serveru či další vývoj v průběhu roku, čistý zisk by byl nižší a návratnost by se o něco prodloužila řádově na 1,5 roku v tomto scénáři.

Velmi důležitým faktorem je také růst trhu FPV dronů a počet potenciálních uživatelů v budoucnu. Segment FPV závodních a hobby dronů celosvětově dynamicky roste – odhady hovoří o dvojciferném procentuálním růstu ročně. Například podle analytických zpráv globální trh FPV dronů roste tempem okolo 16,7 % ročně v období 2024–2030 díky narůstající oblibě drone racingu a širšímu využití FPV technologií. Tento trend znamená, že každým rokem přibývá potenciálních zákazníků, kteří by mohli náš systém využít. Pokud by se podařilo držet krok s tímto trhem (např. získávat úměrně více nových uživatelů ročně), příjmy systému by mohly meziročně stoupat. To by samozřejmě zlepšilo i návratnost investice – investice by se zaplatila rychleji a zisky by rostly. Na druhou stranu je nutné zvažovat i konkurenci. V současnosti (dle mých zjištění) na českém trhu neexistuje obdobný specializovaný konfigurátor pro drony; to dává našemu projektu výhody. Konkurenti by však mohli reagovat – například velké e-shopy s drony by mohly zavést podobné chytré filtrování, nebo vzniknou nové platformy (popř. zahraniční služby přijdou na lokální trh). Pokud by konkurence nabídla podobnou službu, mohlo by to snížit počet uživatelů našeho systému či tlačit na nižší provize (v případě affiliate spolupráce by e-shopy méně motivovaly zprostředkovatele, pokud by měly vlastní řešení). V modelové kalkulaci s návratností tedy počítáme s jistou nejistotou – riziko spočívá v tom, že očekávaný počet uživatelů či objednávek nemusí být dosažen kvůli konkurenčním vlivům. Pro zmírnění rizika by bylo vhodné budovat kolem systému komunitu a značku, aby uživatelé měli důvod jej preferovat (např. díky kvalitnímu obsahu, pravidelné aktualizaci databáze.).

Závěrem lze konstatovat, že při rozumných předpokladech by navržený systém mohl dosáhnout návratnosti investice v horizontu jednoho až dvou let od ostrého spuštění. Rychlost návratnosti závisí na reálném zájmu uživatelů a úspěšnosti zvoleného monetizačního modelu. V optimistickém případě rostoucího trhu a absence silné konkurence může být investice zpět dokonce za méně než rok. I konzervativnější odhad (při slabším provozu) ukazuje návratnost v jednotkách let, což je pro software relativně příznivé. Důležité je, že systém má potenciál generovat udržitelný příjem díky přidané hodnotě, kterou uživatelům poskytuje – tím se odlišuje od pouhého hobby projektu a stává se ekonomicky smysluplným. Navíc s dalším růstem komunity FPV dronů a případným rozšířením funkcí (např. podpora nových kategorií dronů, integrace s výukovými materiály) může hodnota systému a jeho obchodní úspěch dále stoupat.

# **Závěr**

V této maturitní práci jsem se zabýval problematikou výběru kompatibilních komponent pro stavbu FPV dronu a vytvořil webovou aplikaci, která tento proces usnadňuje pomocí chytrého filtrování.

Během práce jsem nejprve analyzoval strukturu FPV dronů a jejich jednotlivé komponenty. Následně jsem navrhl a naprogramoval základní prototyp webové aplikace využívající HTML, CSS a JavaScript. Tento systém umožňuje uživatelům vybírat komponenty a automaticky filtruje pouze ty, které jsou vzájemně kompatibilní, což pomáhá eliminovat chyby při sestavování dronu.

V ekonomické části jsem se zaměřil na analýzu nákladů na stavbu FPV dronu a zhodnotil možné způsoby optimalizace výdajů. Dále jsem provedl ekonomické vyhodnocení webové aplikace, kde jsem zohlednil náklady na vývoj, možné způsoby monetizace (affiliate provize, odběrové slevy) a výpočet návratnosti investice. Na základě odhadů bylo zjištěno, že při dostatečné návštěvnosti by mohl být systém ekonomicky udržitelný a návratnost investice by mohla být dosažena v horizontu jednoho až dvou let.

Celkově práce ukázala, že automatizované filtrování FPV komponent může být užitečným nástrojem nejen pro začátečníky, ale i pro pokročilé stavitele dronů. V budoucnu by bylo možné systém rozšířit o další funkce, jako je automatická aktualizace cen z e-shopů, podpora více druhů komponent či možnost přímého nákupu.

Tento projekt mi umožnil propojit technické dovednosti s ekonomickou analýzou, což bylo přínosné jak z pohledu programování, tak i podnikatelského myšlení v oblasti FPV dronů.

Na celé maturitní práci jsem pracoval několik týdnů.

Pokud by se tato práce měla stát skutečností, vidím v tom jistou budoucnost.

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

1. **Analýza oblasti FPV dronů – struktura, komponenty, využití**

Drony – Praktická příručka pro majitele dronů DJI

Jaroslav Kocourek, Jaroslav Řešátko

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

1. **Technické řešení chytrého filtrování a výběru komponent – tvorba systému**

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

**2.1.1. HTML**

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

**2.1.2. CSS**

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

**2.1.3.JavaScript**

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

1. **Ekonomická analýza a optimalizace nákladů na stavení FPV dronu**
2. **Ekonomické vyhodnocení systému s propočtem návratnosti investice**

**4.1. Výpočet nákladů na implementaci systému**

**4.2. Výpočet přínosů a snížení chybovosti**

**4.3. Návratnost investice**

**Zapomněl jsem jak se toto dělá přes ty citace ☹ (4:30)**

# **Přílohy**

Teď už vůbec nevím, co sem přidat, a jak.

Dokument Word na SOČ až se vyspím tak překopíruju z tohoto dokumentu do toho SOČ dokumentu.

Doufám, že je toto dostačující.