

# Drony

Fotografování  
z ptačí perspektivy

Petr Jan Juračka a kolektiv



GRADA



# **Drony** – fotografování z ptačí perspektivy

Co všechno potřebujete  
vědět o dronech a jejich využití  
pro leteckou fotografii a video

Petr Jan Juračka a kolektiv

**Petr Jan Juračka a kolektiv**

Tomáš Báča, Martin Hrazdíra, Petr Lněnička, Tomáš Lněnička,  
Vojtěch Duchoslav, Marie Bulínová, Jindřich Plzák

## **Drony – fotografování z ptačí perspektivy**

**Co všechno potřebujete vědět o dronech**

**a jejich využití pro leteckou fotografii a video**

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 6580. publikaci

Odpovědná redaktorka Věra Slavíková

Grafická úprava a sazba Ondřej Huleš

Fotografie na obálce: Petr Jan Juračka

Fotografie v textu: Petr Jan Juračka [PJ], Tomáš Báča [TB], Martin Hrazdíra – Aircap [AC],

Petr a Tomáš Lněničkovi – Vertical Images [VI], Ilja Mašík [IM], Vojtěch Duchoslav [VD],

Jindřich Plzák [VI] a hosté uvedeni u konkrétních snímků

Počet stran 108

První vydání, Praha 2017

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

© Grada Publishing, a.s., 2017

Cover Design © Ondřej Huleš, 2017

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami  
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

*Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy. Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné  
či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez  
předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.*

ISBN 978-80-271-9767-5 (ePub)

ISBN 978-80-271-9766-8 (pdf)

ISBN 978-80-247-5787-2 (print)

# Obsah

## Když se řekne dron...

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| Ještě než poprvé vzlétnete...                  | 10 |
| Trocha techniky aneb Proč to létá?             | 11 |
| Od helikoptéry ke kvadrokoptěře                | 11 |
| O nestabilitě aneb Za vším je fyzika           | 12 |
| Co dalšího je potřeba?                         | 13 |
| Z čeho se skládá multikoptéra?                 | 13 |
| Rám, tělo letounu                              | 13 |
| Vrtule                                         | 14 |
| Motory                                         | 17 |
| Řídicí jednotky motorů                         | 18 |
| Autopilot                                      | 18 |
| Akumulátor                                     | 19 |
| Dálkový ovladač                                | 20 |
| Kamera a kamerový závěs                        | 21 |
| Dron není jen letadlo                          | 21 |
| Systém pro dálkový přenos obrazu               | 21 |
| Nabíječ akumulátorů                            | 22 |
| Náhradní akumulátory                           | 23 |
| GPS tracker                                    | 23 |
| Bezpečnost až na prvním místě                  | 24 |
| Kdy létat a kdy raději ne?                     | 24 |
| Jak se starat o akumulátory?                   | 27 |
| Komerční využití dronů                         | 28 |
| Pojištění dronů                                | 29 |
| Letecké práce                                  | 29 |
| Drony ve vědě a výzkumu                        | 30 |
| Využití dálkově řízených systémů v archeologii | 31 |
| Výzkum automatického řízení                    | 33 |
| Co nás teprve čeká? Pojdme si zavěštit         | 33 |

## Drony coby létající stativy

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| Základy leteckého fotografa      | 36 |
| Světlo                           | 36 |
| Kompozice                        | 36 |
| Nastavení fotoaparátu            | 40 |
| Konstrukce dronu pro fotografii  | 43 |
| Vibrace                          | 45 |
| Umístění fotoaparátu             | 46 |
| Nastavení řídicí jednotky dronu  | 46 |
| Mechanické nastavení gimbalu     | 47 |
| Nastavení gimbalu                | 47 |
| Statický režim                   | 48 |
| Letové testy                     | 48 |
| Fotografování do RAW vs. JPG     | 49 |
| Letecká panoramatická fotografie | 50 |
| Dron coby nosič světla           | 51 |
| Letecké video                    | 52 |
| Nastavení expozice               | 52 |
| Nastavení clony                  | 54 |
| Nastavení citlivosti             | 54 |
| Nastavení formátu videa          | 54 |
| Nastavení vyvážení bílé          | 55 |
| Cestování s dronem               | 56 |

## O fotkách a jejich příbězích

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Začátky lamy (2012–2013)</b> .....                                         | 62  |
| 22. červen 2012, Rakovník .....                                               | 63  |
| 8. prosince 2012, Pardubice .....                                             | 63  |
| 14. ledna 2013, Pardubicko .....                                              | 63  |
| 9. února 2013, Pardubicko .....                                               | 63  |
| 24. února 2013, Pardubice .....                                               | 63  |
| 6. dubna 2013, Pardubicko .....                                               | 64  |
| 24. dubna 2013, Praha .....                                                   | 64  |
| 28. května 2013, Pardubice .....                                              | 65  |
| 25. července 2013, České Švýcarsko .....                                      | 65  |
| Závěr a doporučení .....                                                      | 65  |
| <b>Chorvatsko (září 2013)</b> .....                                           | 68  |
| <b>Uganda (2014)</b> .....                                                    | 72  |
| Společná slabost pro koptéry .....                                            | 73  |
| První start .....                                                             | 74  |
| Toyota Hiace vs. vrtulník .....                                               | 75  |
| <b>Ve vzduchu s kompaktem (2014–2015)</b> .....                               | 76  |
| <b>Rakousko (2015)</b> .....                                                  | 80  |
| <b>Trabantem napříč Austrálií a Tichomořím (2015)</b> ..                      | 82  |
| <b>Příběh duhy (2016)</b> .....                                               | 88  |
| <b>K2 (2016)</b> .....                                                        | 90  |
| <b>Ekvádor (2017)</b> .....                                                   | 94  |
| <b>Fotografické inspirace ze světa</b> .....                                  | 96  |
| <br>Kam s fotkami z dronů<br>a přehled současných internetových komunit ..... | 103 |

# Předmluva

Když jsem v roce 2013 začínal psát o dronech do časopisu FotoVideo, naprosto jsem netušil, na jak dlouhou cestu jsem se vydal. Jedna z prvních poznámek byla o tom, že je v tomto oboru nutné neustále číst. Nikoliv knihy ani časopisy, ale zahraniční internetová fóra, kde se člověk dočte takřka vše, co potřebuje. Tehdy to byla ještě pravda, neboť žádná kniha o dronech na trhu nebyla. Nyní jsme se to rozhodli změnit. Je jasné, že vývoj technologií jde dopředu každým dnem, a že tato kniha bude zastaralá už v den, kdy vyjde. Ale základní poznatky, které vás navedou k bezpečnému létání, zůstávají již několik let stejné.

Ať už jste ryzí začátečníci, kteří teprve zvažují nákup prvního dronu (anebo jej právě vybalujete z krabice), či jste modeláři stavějící svůj vlastní létající stroj, v této knize naleznete shrnutí současných hlavních poznatků o tom, co drony jsou, jak létají, jak se ovládají a hlavně

– jak se s nimi fotografuje a natáčí videa. Dozvíte se také, jaká jsou základní pravidla platná v České republice a Evropě, kdy potřebujete licenci Úřadu civilního letectví a kdy nikoliv. V neposlední řadě jsme se rozhodli nastínit i budoucnost dronů ve výzkumu a průmyslu.

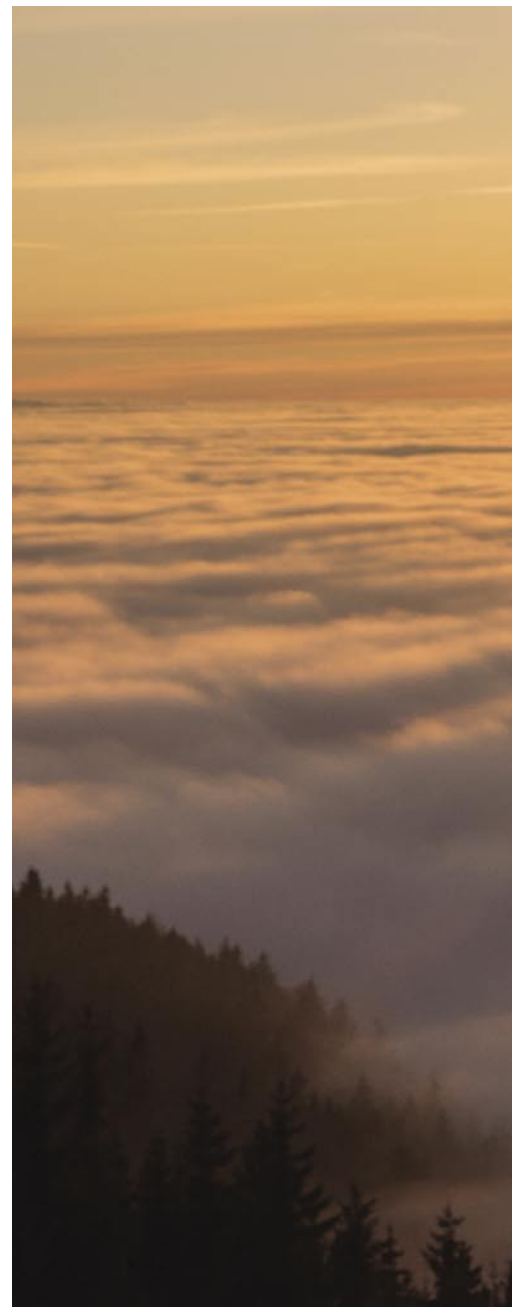
Abychom alespoň částečně čelili zubu času, rozhodli jsme se této knize udělat webovou stránku. Budeme zde publikovat novinky a aktualizovat odkazy na současné online zdroje v češtině i angličtině, včetně sociálních sítí. Naleznete ji na adrese <http://petr.juracka.eu/drony>.

Přeji vám mnoho podařených záběrů z ptačí perspektivy a hlavně žádné, a pokud nějaké, tak ne devastující, pády.

*Mgr. Petr Jan Juračka, Ph.D.  
editor knihy*

# Když se řekne dron...

Slovo dron je v češtině poměrně novým fenoménem. Do nedávna označovalo zpravidla velká vojenská letadla bez pilota na palubě, jejichž účelem byla převážně špionáž území či útok na nepřítele. Svým způsobem by tomu tak mělo být dodnes, ale protože slovo dron je natolik krátké a dobře zapamatovatelné, vžilo se dnes již i jako označení malých bezpilotních letadel, která jsou zpravidla mnohem menší než ta vojenská, a namísto zbraní či speciálních čidel vozí na palubě nejčastěji fotoaparát. Drony již také nejsou výsadou několika zasvěcených odborníků či nadšených amatérů, ale dostanou se do rukou i lidem, kteří s nimi doposud neměli žádnou zkušenost. Mnoho jich tak končí v lepším případě na stromech, v horším na střechách budov či drátech elektrického vedení. Čas od času tak špatně pilotované drony mohou způsobovat zranění kolemjdoucích osob či dokonce jejich pilotů. Tato kniha si klade za cíl toto skóre vylepšit.





## Ještě než poprvé vzlétnete...

Ať jste si svůj první dron koupili sami, anebo jej našli třeba pod stromečkem, s prvním startem chvíli počkejte. Svrbení prstů a těšení se na první vzlet končí totiž obvykle nějakým nezdarem, nezřídka zraněním. Jakkoliv jsou moderní drony autonomní a chytré, stále je to člověk, kdo stroj ovládá. A pokud ten člověk neví o dronech dostatečně mnoho, na průsvih je zaděláno. Možná to bude znít jako klišé, ale pokud nemáte zatím žádnou zkušenost s drony, před prvním vzlétnutím se zakoupeným dronem nezapomeňte:

- Přečíst manuál. Opravdu. Manuály nebývají dlouhé a dočtete se v nich, jak správně nastavit pilotážní režim, že byste měli před prvním použitím dobít baterii nebo naka-librovat kompas.
- Přečíst kapitolku „Bezpečnost především“ této knihy.
- Najděte si otevřený, dostatečně volný prostor. Nejlepší bude velká louka za městem, bez drátů vysokého napětí.

Pro první vzlety si zvolte dostatečně velké a přehledné místo. Zde na snímku profesionální tým se špičkově vyladěným dronem DJI S800, záznamovým zařízením Panasonic GH4 a gimbaelem DJI Z15. [AC]



Jako ideální stav se jeví mít kamaráda, který s daným typem dronu létá pravidelně, a může vás tak na různé neduhy připravit. Pokud takového nemáte, nebo preferujete start v soukromí, čtete. Vyzkoušejte si také funkce kniplů a přepínačů ještě na zemi, bez nasazených vrtulí, které na dron nasaďte až v okamžiku, kdy si myslíte, že už všemu dostatečně rozumíte. Pamatujte, že dokud jsou vrtule v batohu, nemá se příliš co stát a můžete vším hýbat, jak se vám zlíbí.

Pozor, některé drony mohou mít na sobě připevněné součástky, které je nutné před startem odstranit, jinak hrozí nenávratné poškození stroje (tzv. Remove Before Flight). Může se jednat o aretační zařízení závěsového systému (tzv. gimbalu) nebo např. motorů. Pro trénink může být výhodné létat v uzavřené tělocvičně, kde nemusíte řešit počasí či větrné poryvy. Je nutné si ale uvědomit, že zde patrně nebude fungovat držení polohy pomocí GPS, která nebude mít uvnitř dostatečně silný signál.

Jako velmi vhodné se doporučuje před prvním startem trochu trénovat na leteckém simulátoru. Na trhu jich je celá řada, obvykle se dají nainstalovat na stolní počítač a ovládat přímo vaším ovladačem připojeným přes USB kabel. Pokud jste ale zakoupili dron od společnosti DJI, měli byste mít tento simulátor zabudovaný přímo v aplikaci DJI GO, takže můžete let simulovat na vašem telefonu či tabletu bez nutnosti instalace dalších softwarů třetích stran.

Pokud se jedná o váš první let, velmi doporučujeme sledovat pozorně pouze dron, nikoliv obraz přenášený na zem. Nenastavujte kameru a nepouštějte záznam, první let si užíjte jen jako samotnou pilotáž. Pohyb v 3D prostoru totiž vyžaduje plné soustředění a také čas, než si na něj zvyknete.

## Trocha techniky aneb Proč to létá?

Pojďme si shrnout, jakou cestou šly věda a technika při vývoji kvadrokoptéry (tedy dronu se čtyřmi rotory). Na první pohled se může zdát, že není o čem psát. Možná si řeknete: „Přece stačí vzít vrtulník a udělat ho malý. Dát mu více vrtulí a přidat dálkové ovládání“. V praxi tomu tak skutečně je, nicméně je potřeba zmínit několik milníků, které takovou miniaturizaci umožnily. Skutečnost, že až v posledních několika letech zaznamenaly malé, dálkově řízené bezpilotní drony veliký rozmach, má za společného jmenovatele hned několik důležitých vědeckotechnických pokroků.

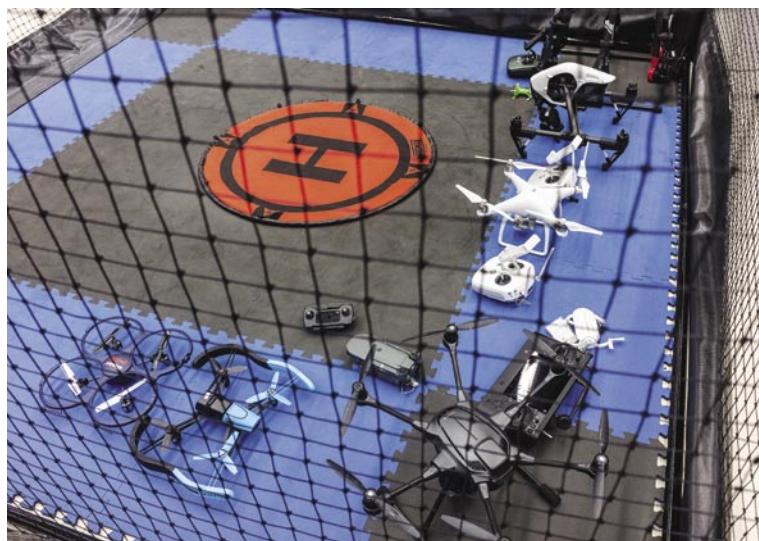
### Od helikoptéry ke kvadrokoptěře

Vývoj letadlové techniky započali bratři Orville Wright a Wilbur Wright na počátku dvacátého století. Letadla se velmi rychle dostala od prvních pokusů do armády a poté k civilní dopravě. Brzy se objevily první Helikoptéry (Igor Sikorsky, 1939), letouny těžší než vzduch, schopné kolmého startu a přistání. Klasická helikoptéra je po technické stránce velmi důmyslný stroj, který pro své řízení vyžaduje zkušeného pilota. Ten ovládá letoun naklápěním listů hlavní a ocasní vrtule, čímž může vrtulník naklopit libovolným směrem (tím směruje tah hlavního rotoru), stoupat, klesat a také otáčet kolem svislé osy. Nevýhoda klasické helikoptéry je ve složitosti mechaniky náklonu listů. Ta vyžaduje přesné seřízení, je náchylná na poškození a produkuje velké množství vibrací. Pokud zmenšíme helikoptéru do rozměrů dnešních dronů, na její konstrukci se prakticky nic nemění. Malé klasické helikoptéry na dálkové ovládání nejsou nic nového, ale

k jejich masovému rozšíření nedošlo. Může za to již zmíněná složitost řešení, náchylnost k poškození, produkce vibrací a v poslední řadě bezpečnost (jeden velký rotor o průměru 0,5 metru může způsobit nemalá zranění).

A tak můžeme namísto jednoho velkého rotoru, se složitým mechanismem proměnlivého náklonu listů, použít několik menších rotorů (třeba čtyř), u kterých bude náklon pevný. Takové řešení vyžaduje hned několik zásadních změn v pojetí řízení helikoptéry. V případě vrtulí s pevným náklonem listů musíme změnu jejich tahu (a tím ovládání letounu) řešit změnou rychlosti jejich otáčení. Toho docílíme upevněním každé vrtule na její vlastní motor. Následně řízením otáček každého motoru a tím řízením tahu vrtulí můžeme docílit stejných nebo podobných manévru jako s klasickou helikoptérou. Naklápění letounu je dosaženo změnou poměru otáček protilehlých vrtulí, ke stoupání a klesání přispívají všechny stejnou měrou a o otáčení kolem svislé osy se dělí vrtule s rotací po směru hodinových ru-

**Zkušebna dronů  
v největším  
světovém obchodě  
s fototechnikou  
a elektronikou, B&H  
v New Yorku. [PJ]**



čiček s těmi s opačnou rotací. Ano, aby tento koncept mohl fungovat a helikoptéra nemusela mít ocasní rotor (nebo jiné speciální řešení), je potřeba zajistit, aby se polovina vrtulí točila opačným směrem než ta druhá. Tento fakt vede k důsledku, že většina běžných dronů má sudý počet vrtulí.

## O nestabilitě aneb Za vším je fyzika

Dobře, máme tedy „helikoptéru“ např. se čtyřmi rotory a čtyřmi motory. Co bránilo jejich rozšíření a proč se s nimi až nyní masově setkáváme v mnoha oborech, kde bychom to před nedávnem nečekali? S odpovědí na tuto otázku nám pomůže fyzika a matematika. Již dlouhou dobu (je starší než létání samo) existuje vědní obor Teorie dynamických systémů, který jde ruku v ruce s Teorií řídicích systémů. Oba obory spojují fyziku a matematiku a zabývají se analýzou toho, jak se dá nějaký systém (stroj) matematicky popsat a jak se dá automaticky (jiným strojem, tzv. regulátorem) řídit. Jejich počátky sahají až do doby parních strojů. Když se pokusíme popsat systém např. známého dronu DJI Phantom, teorie dynamických systémů nám řekne, že pokud bychom ho chtěli (my lidé) řídit pouhou změnou otáček rotorů, potřebovali bychom daleko rychlejší reakce, než jaké nám příroda dala.

Průměrný člověk má reakční dobu na vnější podnět kolem 0,2 sekundy (neboli zvládá vědomě ovlivňovat děje s kmitočtem až 5 Hz). Kvadrokoptéra tak malá, jako je DJI Phantom, ale ke svému řízení potřebuje zpětnou vazbu až 100× rychlejší, než kolik je člověk schopen zajistit. S tím souvisí druhý problém – kvadrokoptéra je tzv. nestabilní systém – pokud ji přestaneme aktivně řídit, její let obvykle rychle končí nehodou. Opakem je stabilní systém, tedy takový, který se po chvíli neřízeného

chování vrátí do své stabilní polohy a zastaví se (třeba pramice na klidné hladině, kyvadlo na tyči atp). Nestabilní systémy vyžadují řízení s tzv. zápornou zpětnou vazbou, aby se chovaly dle našich představ. Není to nic jiného, než že aktivně ovládáme „ovladač“ v opačném směru, než kterým se náš systém vydává od požadovaného stavu. V případě Phantoma a již zmíněného řízení motorů, je potřeba jejich otáčky opravovat nejméně 100× za sekundu, aby Phantom mohl létat dle našich představ. Tohoto není člověk, jak již bylo zmíněno, schopen. A proto se dlouhou dobu čekali na malé, integrované a dostatečně rychlé mikropočítače a senzory, bez kterých by dnešní drony nemohly létat.

Pěkná analogie pro nestabilní systém a jeho zpětnovazební řízení je balancování tužky na špičce prstu. Tato úloha je v leccems podobná řízení malé kvadrokoptéry. Dá se spočítat, že čím kratší je tužka, tím rychlejší reakce musíme mít, abychom ji na prstě bezpečně udrželi. Proto člověk poměrně snadno udrží násadu od koštěte, ale s tužkou se bude potýkat jen těžko. Stejný přírůstek platí i pro kvadrokoptéru. Čím menší letoun je, tím rychlejší a přesnější musí automatické řízení být.

Pro zajištění dostatečně rychlé a přesné zpětné vazby je každý dron vybaven malým mikropočítačem a rychlými senzory náklonu a otáčení. Senzory jsou klíčové pro řídicí systém, bez nich by nevěděl, jaké otáčky má motorům nastavit. Pokud má pilotovi počítač pomoci např. s udržováním vodorovného náklonu letounu, je potřeba připojit senzor náklonu. Často se ve spojení s drony setkáváme s termínem gyroskop. Tím se obvykle myslí inteligentní senzor, který kombinuje mikro-elektro-mechanické gyroskopy (senzory rychlosti otáčení) a akcelerometry (senzory zrychlení). Senzory musí být velmi rychlé, aby stíhaly dávat podněty ke zpětné vazbě. Obvyk-

le provádějí měření řádově 100× během jedné sekundy. Tato technologie se začala rozmáhat kolem roku 2005 s příchodem chytrých telefonů, díky kterým se dosáhlo rychlého vývoje a tím i masového rozšíření a nízkých nákladů na výrobu. Mikropočítače v dronech jsou také často stavěny na příbuzných architekturách jako ty v mobilních telefonech (ARM) a jejich vývoj jde velmi rychle kupředu.

### Co dalšího je potřeba?

Mimo mikropočítačů a rychlých senzorů je potřeba zmínit další faktory, které umožnily nástup malých a chytrých dronů. Nelze nezmínit lehké a výkonné lithiové akumulátory (Li-Poly), schopné dodávat dostatek energie pro let při nízké hmotnosti. Není mimo reality, že baterie do běžného dronu dokáže bez problému nastartovat automobil. Dalším důležitým faktorem je elektronika pro ovládání otáček motorů. Nelze brát jako samozřejmost, že zde dnes máme výkonné proudové spínače (tranzistory), které bez problému zvládají plynule řídit otáčky motorů o spotřebě nad 300 W (slabší rychlovarná konvice).

### Z čeho se skládá multikoptéra?

Ať se jedná o letoun koupený, či po domácku stavěný, pravděpodobně bude obsahovat komponenty, které si popíšeme v následujících odstavcích. U koupených strojů bývají některé elektronické části spojené v jeden díl, nicméně v letounu jistě obsažené jsou, a je tedy dobré vědět, jak svým dílem přispívají k dobrému letu. Stejně jako řidič automobilu by měl elementárně rozumět, jak jeho vůz funguje, tak i obsluha bezpilotního prostředku by měla znát, co je pod kapotou multikoptéry.



Vlastní stavba dronu vyžaduje nejen přesné ruce, ale zejména zkušenosti s modelářstvím a rozsáhlé znalosti elektroniky. [AC]

### Rám, tělo letounu

Rám koptéry (odborně drak) je nosná část, spojující všechny ostatní komponenty. Skládá se z podvozku, trupu a ramen. Její tvar i konstrukční provedení mají zásadní vliv na letové vlastnosti, rozšiřitelnost, údržbu a potenciální



Rám kvadrokoptéry může nabývat dvou základních „konstitucí“, a to „X“ nebo „+“, podle toho, zda dopředu míří jen jedno rameno (+) nebo dvě (X). Plus konstituce je však velmi vzácná. Jednak proto, že se rameno dronu lehce dostane do záběru kamery, a jednak proto, že u X konstituce zabírají pro každý směr hned dva, namísto jednoho rotoru. Dron v X konstituci má tak vyšší účinnost. [PJ]

Tradiční sestava kolem roku 2015 pro létání s akční kamerou obsahovala hexakoptéru DJI F550, gimbal Zenmuse H3-3D, vysílačku s připojeným analogovým displejem, systém pro přenos obrazu, nabíječ akumulátorů a samotné akumulátory. [VI]



opravy stroje. Rámy se dělí na dvě skupiny: skořepinové a trubkové. U skořepinové konstrukce (např. u DJI Phantom) bývá nosná část včetně podvozku obvykle z jednoho kusu plastu či laminátového kompozitu. Bývá vytvářována tak, že pohonná část i většina elektroniky jsou schované v těle letounu. Takový rám často najdeme u koupených dronů. Jejich hlavní nevýhodou jsou obtížná (či nemožná) oprava po havárii a velmi omezené možnosti uživatelského rozšíření či vylepšení.

Druhou kategorií jsou rámy stavebnicového charakteru, které se dají do jisté míry rozebrat či se prodávají přímo jako stavebnice. Obvykle na ně bývají dostupné náhradní díly, např. ramena pro motory či náhradní

podvozek. Ramena pro motory jsou vyrobena z hliníkových či laminátových trubek a profilů a trup je obvykle složen z laminátových desek. Stavebnicové rámy často ne zcela zakrývají kabelové rozvody a elektroniku, je tedy třeba počítat se zvýšenou opatrností při přepravě a zacházením se strojem, aby nedošlo k poškození některých dílů.

## Vrtule

Vrtule (či rotor) je přímo zodpovědná za vytváření tahu, tedy aerodynamické síly, které uvádějí letoun do pohybu. Stejně jako v případě letadla či helikoptéry se vrtule skládají ze dvou či více listů, které svým tvarem připomínají



K2, Pákistán,  
3. července 2016  
Dron DJI Phantom 3  
Advanced letící  
v maximální dosažitelné  
nadmořské výšce  
stanovené výrobcem  
(6000 m n. m.). Pro  
let v ještě vyšších  
polohách musí mít  
drony upravený průměr  
i stoupavost vrtulí, což  
u sériově vyráběných  
dronů, jako je tento,  
nemusí být vždy možné.  
[P]]

křídlo letadla. U většiny multikoptér (oproti letadlu a helikoptéře) však mají listy tzv. pevný úhel náběhu, tedy bývají spolu pevně spojené. Takový rotor je velmi jednoduchý na výrobu, často je to výlisek z plastu, a bývá velmi levný. S pevným úhlem náběhu listů však souvisí, že je zapotřebí měnit otáčky celého rotoru pro to, aby se docílilo změny tahu. Vrtule pro multikoptéry bývají nejčastěji plastové, ty lepší jsou z uhlíkového kompozitu či ze dřeva. Směr otáčení vrtule je daný jejím tvarem a udává se zkratkou v jejím pojmenování. Je tedy potřeba dávat pozor při montáži a vždy si ohlídat směr rotace na každém rameni letounu. Vrtule jsou charakterizovány dvěma čísly, průměrem a stoupáním. Obvykle se udávají v palcových mírách.



DJI Phantom  
v polstrovaném  
přepačním boxu.  
Tento způsob  
transportu je vhodný  
do letadel nebo  
do auta na delší  
vzdálenost, ale na  
větší procházku to  
není. [VI]



Malá nekomerční kvadroptéra – domácí výroba. [PJJ]



Velká filmová hexakoptéra s šesti rameny a gimbaelem umožňujícím nekonečnou horizontální rotaci kamery (360 stupňů). [PJJ]

Jako příklad si uvedme označení 11×4,5, které náleží průměru 11 palců a stoupání 4,5 palců (po jednom otočení se v ideální kapalině posune o 4,5 palců). Přestože je to možné, nedoporučujeme používat jiné rozměry rotorů, než jaké jsou doporučené výrobcem letounu či motoru, může to vést k poškození motoru, elektroniky či nestabilnímu letu.

Pro správné fungování je podstatné, aby byly vrtule vyvážené. Proto se doporučuje udržovat je prosté nečistot a zásadně se vyvarovat používání vrtulí poškozených, obzvláště s ulomenými či naštíplými konci. Vrtule je hlavní zdroj vibrací, které se přes rám dostávají do řídicí jednotky a ke kameře. Vibrace bývají hlavním důvodem špatných letových vlast-



Velká filmová hexakoptéra na uhlíkovém rámu o třech ramenech se skládacím podvozkem. [VI]



Velká filmová oktokoptéra o čtyřech ramenech se zavěšeným gimbaelem MOVI a profesionální kamerou. Na straně je patrný padákový systém. [VI]



Malá komerční kvadrokoptéra (DJI Phantom 3 Advanced). [PJ]

ností a nekvalitních záznamů z kamery. Doporučujeme jim věnovat zvláště velkou péči. V předletové přípravě se vždy ujistěte, že jsou všechny v pořádku.

## Motory

Motorů obsahuje běžná multikoptéra tolik, kolik má vrtulí. Dnes se používají výhradně motory bez komutátoru, tzv. BLDC (Brushless DC) motory. Je to velmi jednoduchý a spolehlivý typ motoru, který nevyžaduje speciální údržbu. Skládají se ze statoru, na kterém je vinutí z měděných vodičů, a z rotoru s neodymovými magnety. Právě drobnými změnami v otáčkách každého motoru se mění tah jednotlivých vrtu-



Motor se skládací vrtulí. [AC]

Autopilot špatně vyhodnotil pozici dronu nad vozidlem, na němž měl přistát.

Výsledkem bylo neplánovaně rychlé přistání na zem. [TB]



lí. Díky tomu je multikoptéra říditelná. Motory se dělí dle výkonu a otáček. Při jejich výběru je nutné brát v úvahu hmotnost a rozměry letounu a s nimi související parametry vrtulí.

### Řídicí jednotky motorů

Každý motor potřebuje regulátor otáček, často nazývaný jako ESC, z anglického Electronic Speed Controller. Je jím elektronická komponenta, která řídí elektrický proud, jenž se do motoru dostává z akumulátoru, tak aby měl motor požadované otáčky. V případě multikoptér jsou požadavky na takové řízení relativně vysoké. Regulátor musí snést vysoké hodnoty proudu (typicky desítky ampérů) a musí umět rychle reagovat na změny požadovaných otáček, řádově 100krát za sekundu. Regulátor si v průběhu řízení zjišťuje, jak rychle se motor aktuálně otáčí, a na základě této informace přizpůsobuje proud do motoru tak, aby otáčky byly správné. Regulátory mohou být k vidění jak ve formě jednotlivých komponent, tak i jako

jeden velký díl „4 v jednom“. Jejich hlavním rozlišovacím parametrem je maximální elektrický proud, kterým jsou schopny motor ovládat.

### Autopilot

Srdcem každé multikoptéry je autopilot, často nazývaný také řídicí deska nebo kontrolér. Je jím počítač (vestavěný počítačový systém), který zajišťuje, že dron je vůbec letuschopný a ve většině případů nám s pilotováním hodně pomáhá. Na trhu je široká nabídka autopilotů. Některé jsou profesionální uzavřené systémy (např. NAZA od firmy DJI), jiné zase nabízejí možnost úpravy softwaru nebo přímo výměnu za software jiný (Pixhawk, Naze32, KK2). Autopilot na jedné straně přijímá signály z dálkového ovladače a na straně druhé vytváří signály pro regulátory motorů. Všeobecně každý autopilot obsahuje (nebo se k němu připojuje) více či méně senzorů, díky kterým odhaduje stavy letounu (zrychlení, rychlosti a pozici). Trojosý gyroskop měří, jak rám letounu rotuje a trojosý akcelerometr pomáhá



Díky pokročilým IMU jednotkám, které zpracovávají nejen informace o poloze a zrychlení dronu, ale také přesné souřadnice GPS a výšku pomocí barometru, mohou být dnes i běžné drony využity k autonomním letům za účelem mapování krajiny a následné analýze obrazu. V závislosti na požadované přesnosti sbíraných dat, a na velikosti území, je pak nastavena letová výška. Dalším důležitým parametrem je překryv jednotlivých snímků, který zajišťuje propojení jednotlivých snímků do mozaiky. Středů jednotlivých snímků jsou již dopočítány automaticky speciálními aplikacemi, stejně jako sestavení výsledného 3D modelu, mračka bodů či jiných, speciálních map. Snímky © Petr Šádek

určit úhel naklonění rámu. Tyto dva senzory dnes obsahuje prakticky každý autopilot. Ty lepší nabízejí možnost připojit přijímač signálu GPS a spolu s magnetometrem (kompasem) a barometrem (tlakoměrem) nám obtížně ovladatelný letoun promění v poslušný dron, který zůstane ve vzduchu tam, kde ho zanecháme. Aktuální modely kvadrokoptéry Phantom jsou dokonce tak pokročilé, že jejich řídicí jednotka používá kameru a ultrazvukový dálkoměr pro usnadnění startu a letu v malé výšce nad zemí. Během posledních pár let autopiloty skutečně dostávají svého jména, protože umožňují obsluhu věnovat se více ovládání kamery než řízení samotného letounu.

## Akumulátor

Zdrojem energie pro motory a palubní elektroniku je dnes nejčastěji Li-Poly (Lithium-Polymer) akumulátor. Tyto baterie jsou schopné

dodávat obrovské proudy a nemají takový pamětový efekt, jaký známe z doby NiMH a NiCD článků. Jejich nevýhodou je komplikovanější nabíjecí proces, kde je zapotřebí inteligentní nabíječky, nutnost zamezit podvybití a v poslední řadě bezpečnostní rizika při zacházení s nimi. Baterie se skládají z několika identických článků zapojených za sebou tak, aby napětí bylo dostatečně velké pro konkrétní letoun. Obvykle nás zajímají tři parametry: počet článků, kapacita a velikost proudu který jsou schopné dodat. Při práci s bateriemi je důležité dodržovat základní bezpečnostní pokyny. Nabíjení by mělo probíhat vždy za přítomnosti poučené osoby a nejlépe v nehořlavém ochranném obalu. Skladování a přeprava by taktéž měly probíhat v nehořlavém obalu. Poškozené a opotřebované baterie (obvykle nafouknuté v důsledku opotřebení) by již neměly být používány a měly by být odevzdány k ekologické likvidaci. Při dlouhodobějším