

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Studijní program: Krajinářství

Studijní obor: Územní technická a správní služba



Lucie Šimová

Využití bezpilotních systémů pro účely precizního zemědělství.

The use of Unmanned Aerial Systems in precision agriculture.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí Bakalářské práce : Ing. Jan Komárek

Praha 2018

Prohlášení :

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze dne

Podpis:

.....

Poděkování:

Nejdříve bych ráda poděkovala svému školiteli panu Ing. Janu Komárkovi za jeho odborné rady, čas, který věnoval pomoci při zpracovávání získaných dat a za trpělivý a profesionální přístup k vedení mé bakalářské práce. Nesmím zapomenout poděkovat mé rodině a příteli za trpělivost a nevyčerpatelnou podporu během celého mého studia. Ráda bych také poděkovala svému zaměstnavateli panu JUDr. Václavu Žluvovi za jeho velkou podporu.

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o využití bezpilotních leteckých systémů pro účely precizního zemědělství. Nejdříve je stručně popsáno, co vlastně je precizní zemědělství a historický vývoj používání bezpilotních leteckých systémů a jejich využití v různém prostředí. Dále je zde podrobně popsáno využití bezpilotních leteckých systémů přímo pro účely precizního zemědělství. Využívá se hlavně pro multispektrální snímání a mapování pozemků a v neposlední řadě monitoring půdy a jiných ekosystémů. V další části jsou uvedeny důsledky a také efektivita využívání bezpilotních systémů v českém zemědělství a pro demonstraci využití těchto prostředků na konkrétních vybraných případech. Součástí této bakalářské práce jsou i zahraniční studie a příklady z praxe i odborné rešerše s odkazy na vybrané projekty.

Klíčová slova: precizní zemědělství, bezpilotní systémy, monitoring půdy, efektivní zemědělství

Abstract

This bachelor thesis deals with the use of unmanned aerial systems in precision farming and precise agriculture is briefly described. At first it contains the historical development of the use of unmanned aerial systems in different environments. The unmanned aerial systems and its application directly for the purposes of precision farming is described in detail below. The main use for multispectral mapping and plotting of land and, last but not least, the monitoring of soil and other ecosystems. The second part describes the consequences and the effectiveness of the use of unmanned systems in the Czech Republic agriculture and demonstrations in specific cases. Part of this bachelor's thesis includes also foreign studies and examples from practice and professional research with references to selected projects.

Key words: precision farming, unmanned systems, soil monitoring, efficient agriculture

Obsah:

1. Úvod	9
2. Precizní zemědělství	10
2.1. Co je precizní zemědělství	11
2.2. Obecné principy precizního zemědělství	11
3. Bezpilotní letecké systémy	13
3.1. Historie bezpilotních leteckých systémů	14
3.2. Vývoj bezpilotních leteckých systémů	15
3.2.1. Vývoj trhu s komerčními BLS	16
4. Rozdělení bezpilotních leteckých systémů	17
4.1. Typy bezpilotních leteckých systémů	17
4.2. Možnosti využití bezpilotních leteckých systémů	18
4.2.1. Meteorologické podmínky vzletu BLS	20
5. Výhody a nevýhody využití BLS	21
6. jednotlivé druhy využití BLS	22
6.1. Zábava	22
6.2. Transport a logistika	23
6.3. Letecká videa a fotografie, monitoring a mapování	24
7. Využití BLS v zemědělství	27
7.1. Multispektrální snímání a satelitní snímky	30
7.2. Využití GIS pro precizní zemědělství	32

7.3. Druhy map používané pro precizní zemědělství	34
8. Legislativa a důsledky používání BLS	36
9. Projekty využití BLS v praxi	38
9.1. Projekt využití BLS v ochraně přírody	39
9.2. Snižování škod na zvěři při sklizni	42
9.3. Projekt vertikální farmaření	44
10. Závěr	47
11. Doslov	48
12. Bibliografie	49
13. Seznam obrázků	52

1. Úvod

Původně byly bezpilotní letecké systémy (BLS) sestrojeny a využívány výhradně pro válečné účely. V současné době zaznamenaly, hlavně v posledních několika letech, rozšíření i do dalších sfér využití i v běžném životě nás všech. Jejich význam je postupně rozšiřován k použití pro letecký monitoring, letecké fotografie, mapování, využití pro transport a logistiku, zemědělství a v neposlední řadě, k naší velké radosti i pro zábavu.

V této bakalářské práci se zaměřuji na využití BLS v precizním zemědělství. Podle studie s názvem Clarity from above (tj. volně Jasný nadhled), kterou vypracovala společnost PwC, má být sféra infrastruktury potenciálně nejsilnějším trhem s hodnotou až 45 miliard USD a jakou druhý uvádí výše zmíněná studie, trh právě ve sféře zemědělství s hodnotou přesahující 32 miliard USD. Předpokládá se využití BLS nejen ke sledování stavu úrody a půdy v reálném čase pomocí GPS a senzorů, ale také třeba k nasazení těch správných hnojiv a jejich dávkování i případné aplikaci postřiků na konkrétním kusu oblasti.

Motivem k napsání mé Bakalářské práce byl můj obdiv a zájem k tak rychle se rozvíjející technice, která podle světových odborníků může přinést významnou pomoc při ochraně rostlinné i živočišné sféry a nespočet dalšího prospěšného využití pro celý náš civilní svět.

Práce je rozdělena do několika kapitol. Nejprve bych Vás ráda seznámila se základy precizního zemědělství, kde se dozvíte, co to precizní zemědělství je a jeho obecné principy. Dále se zaměřím na BLS, jejich historii, původ a vývoj, což může být pro většinu z nás velmi zajímavá část této práce, protože se budu podrobněji procházet jednotlivé fáze vývoje a využití bezpilotních prostředků, je zde hodně patrné, jak rychle se tyto technologie za posledních několik let změnili a co všechno to může pro nás znamenat.

V další kapitole se podíváme, jaké jsou výhody a nevýhody jejich použití a v neposlední řadě i využití v různých sférách. V této kapitole bude zajímavé sledovat v jakém oboru a jak můžeme BLS používat, bude zde část věnovaná také současné legislativě, která umožňuje používání BLS v ČR. Postupně přejdu

do dalších částí této práce, kde se zaměřím již na podrobnější možnosti využití BLS přímo v precizním zemědělství. Dozvíte se, jak a kde využívat multispektrální snímkování a mapování pozemků, co Vám řeknou satelitní snímky, jak nám může pomoci monitoring půdy nebo zemědělských oblastí. Tato kapitola nás zavede i k důsledkům používání BLS a jejich efektivitě.

Konec práce je věnován konkrétním příkladům využití BLS v precizním zemědělství, jak v ČR, tak jsou zde uvedeny i zahraniční studie o uvedení BLS do praxe, zhodnocení výsledků, výhody, zvýšení výnosů a snížení nákladů v konkrétních případech. Na závěr provedu celkové zhodnocení využití BLS v precizním zemědělství pro případnou diskuzi.

2. Precizní zemědělství

Už generace před námi věděly, že musí o své půdě vědět maximální množství informací, aby mohli o svá pole a pozemky správně pečovat a to s největší možnou sklízni. Tento fakt ve velké míře zajišťovalo předávání si majetku z generace na generaci, protože tím si automaticky budovali vztahy ke svým půdám. Věděli, která část jejich pozemku je úrodnější a která naopak méně a jak obhospodařovat svá pole.

Historie nám přinesla velké změny ve všech sférách. Samozřejmostí tedy byli i změny v zemědělství. Důsledkem zmíněných změn došlo ke vzniku nových zemědělských podniků, které najednou hospodařily na velmi rozsáhlých pozemcích, kde už nebylo možné řídit se diferencovaným přístupem, nebyly zde vybudované generační vztahy a nestačilo ani technické vybavení těchto zemědělských podniků.

S příchodem výpočetní techniky a vznikem nových technologií jako jsou Globální navigační satelitní systémy (GNSS), které nám pomohly při určování rozdílů na jednotlivých polích a jejich identifikaci, se podařilo zpřesnit práci zemědělců. Ano, tomuto způsobu hospodaření říkáme precizní zemědělství.

2.1 Co je precizní zemědělství

Definice zní (Lipavský, 2000) „ Jde o hospodaření na půdě využívající možnosti současných informačních technologií. Hospodaření, které využívá podobně prostorově orientované, lokálně specifické informace o půdě a plodinách k zpřesnění vstupů podporujících produktivitu plodin.“ Od dosavadního hospodaření je rozdíl v pohledu na jednotlivé pole (hony). V precizním zemědělství se na hon dívá jako na heterogenní plochu, kde jsou vymezeny oblasti s vyšší a nižší úrodností. Naopak v dřívějších metodách hospodaření se na hon dívalo, jako na homogenní plochu (Lipavský, 2000).

Další citace, která pochází z Centra precizního zemědělství při České zemědělské univerzitě v Praze, zní: „Precizní zemědělství je dlouhodobě využívaný pojem pro moderní přístupy hospodaření v rostlinné i živočišné výrobě, které respektují přirozenou variabilitu výrobního prostředí a snaží se na ni reagovat. Nejdůležitější zásada je: „ Provést pěstební zásah v pravý čas na správném místě a se správnou intenzitou.“

Systém precizního zemědělství by nemohl být používán bez spojení s novými technologiemi jako je Globální polohový systém (z anglického Global Positioning System) GPS, Geografický informační systém (z anglického Geographic information system) GIS, Dálkový průzkum země DPZ a různé senzory, které umí sledovat odrazivost. Precizní zemědělství má tu výhodu, že za pomoci znalostí rozdílnosti pozemků a zemědělských oblastí, je schopno zabývat se každým místem zvlášť a hodnotit ho individuálně. Tím se nám zásadně snižují náklady, množství vstupů, jako jsou hnojiva a je šetrný k našemu životnímu prostředí.

2.2 Obecné principy precizního zemědělství

I když víme, že prostorová proměnlivost půdy a heterogenita významným způsobem ovlivňují produkci dané oblasti, tak jsme dosud nebyli schopni dostatečně korigovat podmínky růstu a vývoj plodin, které pěstujeme. Tradiční zpracování půdy, totiž

vnímá pole jako homogenní jednotku, následně se dle těchto zásad uplatňují i způsoby setí, hnojení, ale i ochrana plodin. S příchodem nových technologií je možné vnímat a sledovat konkrétní stav daného půdního prostředí a dbát na požadavky jednotlivých plodin, jejich šetrné ošetřování a tím chránit životní prostředí a snažit se, o co největší snížení nákladů na pěstování rostlin a plodin, čímž se zefektivňuje i jejich schopnost konkurovat na prodejním trhu.

Díky technickému pokroku, který nám umožňuje lokalizaci přesné plochy půdního prostředí, monitorování výnosů a automatické regulaci dávkování, vznikl nový systém hospodaření (v anglické terminologii Precision Farming – Precizní zemědělství).

Americká společnost zemědělských inženýrů (ASAE) definuje základní cíle precizního zemědělství takto: „ Usměrnovat vstupy a technologie v závislosti na lokálních podmínkách v rámci pole tak, aby bylo možné vykonat správný zásah na správném místě ve správném čase a správným způsobem.“

První informace o půdě nám dává výnosová mapa, která odráží půdní potenciál. Další mapy, které jsou potřeba k využití v precizním hospodaření, jsou mapy půdní reakce, druhu půdy, zásoby živin, výskytu chorob a škůdců aj. Dále je potřeba určit velikost a tvar pozemků. Na základě těchto sebraných dat je zapotřebí vytvořit aplikační mapy, podle kterých se řídí strategie palubních systémů strojů pro přípravu půd, aplikaci hnojiv nebo pro jejich osetí. K tomu všemu využíváme navigační systémy GPS a DGPS (Diferenciální globální polohový systém). GPS je globální navigační systém vyvinutý původně pro vojenské účely v USA. Díky velkému technickému pokroku, miniaturizaci a značnému snížení ceny, je tento systém používán v dopravě, turismu, námořnictvu, dále je využíván orgány státní správy, bezpečnosti, mohou jej využívat zemědělci, hasiči, letci, atd. DGPS je diferenciální GPS, jsou schopni navíc přijímat diferenční signál z pozemní stanice.

Vzhledem k tomu, že precizní zemědělství v sobě obsahuje velké množství moderních poznatků z ekonomických, biologických i technických věd, tak se bohužel nepodařilo zavést tyto 25 let staré myšlenky do praktického využití v tak rychlém tempu, jak bylo původně v plánu. Proto jsou zatím principy precizního zemědělství užívány jen částečně (výnosové mapy, hnojení a aplikace, navigace strojů). Základními principy precizního zemědělství je používání moderní techniky,

kdy lze celý pozemek efektivně obdělávat a reagovat na místní podmínky a potřeby. Principy precizního zemědělství je možné využívat, jak v rostlinné tak i v živočišné výrobě, kdy je nejdůležitější individuální přístup k obdělávané půdě či zvířeti, jejich potřebám i požadavkům s maximálním využitím a snížením nákladů.

3. Bezpilotní letecké systémy

Bezpilotní systém (UAS z anglického Unmanned Aerial Vehicle nebo také dron z anglického Drone) je systém, který je složen z bezpilotního letadla, zařízení pro vypuštění a návrat, řídicí stanice a komunikačního spojení. Těchto zařízení může bezpilotní systém obsahovat i více. Bezpilotní letadlo je určeno k létání, vznášení se bez potřeby pilota na palubě, ve většině případů bývá jako součást bezpilotního systému. V České republice podle naší legislativy jsou považována za bezpilotní letadla, kromě modelů letadel, ty co nepřesáhnou vzletovou hmotnost 20 kg.

Bezpilotní systémy jsou hlavně používány k útočným i průzkumným letům a armádě. V současné době již mohou být použity i k hašení požárů, zkoumání terénů nebo k policejnímu sledování. Bezpilotní systémy neboli bezpilotní letecké prostředky, které jsou již delší dobu využívány převážně v obranném systému, se nazývají letecké systémy.

V 21. století, díky uvolnění některých technologií se začaly vyrábět i ke komerčnímu využití, jsou menší a lépe ovladatelné. Tím se otevřely možnosti použití BLS do dalších sfér, jako je zemědělství, letectví, doprava, ale i zábava pro nás všechny.

Definice (Kraus, J, Tichý, T. 2016) „ Bezpilotní letecké prostředky, známé také jako drony (z anglického „ drone“), jsou letecké prostředky bez posádky na palubě, které jsou ovládány manuálně na dálku nebo mohou létat automaticky dle předem nadefinovaných letových plánů nebo pomocí složitějších dynamických autonomních systémů.

3.1 Historie bezpilotních leteckých systémů

Známý americký vynálezce srbského původu Nikola Tesla si v roce 1898 nechal patentovat tzv. „Teleautomatizaci“, bylo to dálkové ovládání motorové loďky na vodě. První myšlenka a úvahy na sestavení bezpilotních systémů se dochovaly právě v jeho poznámkách. Za zmínku jistě také stojí první horkovzdušné balóny bez pilotů, které při útoku Rakouska – Uherska v roce 1849 shazovaly výbušniny na nepřátele v Benátkách.

Anglický inženýr a vynálezce řízených raket a torpéd Archibald Montgomery v roce 1916 vyprojektoval první bezpilotní letadlo „Aerial Target“ (vzdušný cíl).

Následovaly samozřejmě další BLS, v té době bylo jejich hlavním úkolem sloužit jako dálkově ovládaná torpéda, např. experimentální bezpilotní letadlo „Kettering Bug“ (obr.1), které již v roce 1918 bylo schopno zasáhnout svůj cíl až na 64 km.



Obrázek 1 - Kettering bug - jeden z prvních bezpilotních letounů

V 30 letech 20. století sloužila řada bezpilotních prostředků také jako cvičné terče, mezi nejznámější té doby patří BLS, které se přezdívaly „Včelí královna“. Dále můžeme zmínit BLS „Ryan Firebee“ (Ryanovy ohnivé včely), ty se využívali v 50. letech 20. století v Americké armádě.

Přibližně v 60. letech se tehdejší pradědečci dnešních moderních vojenských BLS začali používat i k průzkumu. Zájem o bezpilotní letouny upadá a vývoj je omezen jen na vojenskou úroveň.

3.2 Vývoj bezpilotních leteckých systémů

K většímu využití sledovacích bezpilotních prostředků dochází až někdy v 90. letech při monitorování válečného konfliktu v Bosně a Kosovu. V roce 1994 byl poprvé vypuštěn neznámější vojenský BLS od firmy „General Atomics“ „MQ-1 Predator“, který byl nasazen i při hledání Usámy Bin Ládina a je využíván letectvem Spojených Států. Největší změny ve vývoji BLS přišli až po teroristickém útoku 11. září 2001 ve Spojených Státech. Tyto souvislosti vedly k tomu, že původní průzkumný účel využití BLS se změnil na plnohodnotný systém určený k likvidaci teroristů ve vzdálených zemích světa. Vývoj BLS se v té době hodně modernizoval a celkově vyvíjel, začal se více používat při válečných konfliktech, např. Irák, Pákistán, Somálsko, atd..

Česká republika měla také svůj známý bezpilotní průzkumný letoun „Sojka III“, byl využíván armádou České republiky až do roku 2010. V současné době je již vyřazen z provozu, můžeme ho vidět v muzeu v pražských Letňanech. Nový trend dnešní doby, který našel uplatnění v některých armádách světa, jsou tzv. „nanodrony“, jsou to miniaturní BLS, které se vejdou do dlaně a jsou využívány ke zkoumání podezřelých budov uvnitř a k přenosu obrazů vojáku v jejich blízkosti (obr.2).



Obrázek 2 - Nano dron - miniaturní chytrý dron

Je zřejmé, že v posledních 20 letech zaznamenal rozvoj BLS velký technologický posun. Jako příklad můžeme uvést volné šíření GPS. Vývoj technologií, motorů, eliminace vibrací, pohonných baterií, ovládání software, minimalizaci, tak dávají možnosti využívání BLS v civilním životě, průmyslu, zemědělství, ale i v zábavě.

3.2.1 Vývoj trhu s komerčními BLS

Největší rozvoj výroby BLS je zaznamenáván v posledních 10 letech, nárůst desítek výrobců z celého světa, vzniklo nespočet mezinárodních i lokálních asociací, které sdružují nejen výrobce, různé výzkumné organizace, školící organizace a konference, pro všechny, kdo mají chuť a zájem se v tomto oboru nějakým způsobem pohybovat.

Největším výrobcem BLS jsou Spojené Státy, Čína a Indie. Trendem dnešní doby je BLS neustále zmenšovat a zdokonalovat, čímž se nám otevírají další a další možnosti využití v profesionální sféře, ale tato výroba je určena i pro uživatele bez dřívějších zkušeností k zábavě, tak i nově třeba k závodění.

Nejvíce se komerční BLS začaly prodávat až kolem roku 2006, kdy přišla další možnost využívání GPS signálu a dalších technických vylepšení, např. baterie na elektronický pohon tzv. „multirotorové systémy“ (mají různý počet vrtulí / motorů). V této době se postupně začaly vyrábět i komerční letounové typy BLS, dříve používané jen v armádě, které je možné vystřelovat z katapultu nebo házet z ruky.

Ještě před 6 lety vážily BLS i několik kg a jejich velikost dosahovala i několik metrů, sloužily hlavně pro mapování a technické účely, byly sestrojeny ze speciálních materiálů, např. uhlíkových vláken, tomu odpovídala i jejich vyšší cena.

V dalších letech bylo pro výrobce BLS prioritou zmenšení, zlevnění a zjednodušené ovládání (tablet, telefon), aby tak mohlo dojít k rozvoji jejich komerčního využití. Podle Evropské komise je na světě přibližně 1800 různých BLS, vyrobených v 500 společnostech z celého světa a zmíněná čísla neudržitelně každým rokem stoupají. Zdroj Business Insider uvádí, že komerční trh v dalších 10 letech dosáhne až k hranici 4 miliard amerických dolarů.

4. Rozdělení bezpilotních leteckých systémů

Samozřejmě existuje nespočet možností, jak komerční BLS rozdělovat, ale nejdříve je určitě potřeba rozlišit BLS určené primárně pro běžné uživatele pro zábavu (většinou nemají pokročilé funkce) a BLS, které slouží profesionálům ke komerčnímu užívání. Jsou vyrobeny z jiných materiálů, liší se velikostí, váhou, nastavením a v neposlední řadě i cenou. Mezi nejprodávanější patří Kvadrokoptéra DJI – pro začátečníky, Kvadrokoptéra DJI – pro pokročilé a Hexakoptéra – pro profesionální uživatele a technické aplikace.

Vznikají výrobní série pro pokročilé, je to výsledek snahy výrobců o zmenšení rozdílů mezi profesionálními BLS a bezpilotními leteckými systémy pro běžné uživatele. Pravda je, že BLS k profesionálnímu využití musí být odolnější vůči horším podmínkám, musí být zkonstruovány, tak, aby vydržely častější provoz, musí mít více funkcí, být nastavitelné a většinou je pro jejich ovládání potřeba dvou. Pilot pro ovládání pohybu BLS a operátor, který ovládá nezávisle na pilotovi pohyb kamerového systému. Rozdělovat BLS můžeme ještě podle zaměření (běžný uživatel, pokročilý a profesionál), podle pohonu (elektrický, spalovací), podle celkové hmotnosti (určeno přímo Úřadem pro civilní letectví – ÚCL), podle ovládání (manuálně, automaticky, autonomně a kombinovaně) a podle typu (multikoptéry, letouny – křídla).

4.1 Typy bezpilotních leteckých systémů

Multikoptéry – jsou to vlastně vrtulníky s kolmým vzletem, k tomu musí mít určitý počet vrtulí / motorů, je to nejdůležitější pro označování multikoptér. Rozlišujeme 4 – Kvadrokoptéra, 6 – Hexakoptéra a 8 – Oktokoptéra (obr.3). Je známo, že čím více motorů / vrtulí, tím je lepší stabilita a pohyb BLS ve vzduchu, vyšší výkon a větší bezpečnost při přistání.



Obrázek 3 - Oktokoptéra DJI S1000 - označují se podle počtu motorů a vrtulí

Jsou vhodné i do interiérů, protože mají přistání i vzlet kolmo vzhůru, tak nepotřebují tolik prostoru. Velkou nevýhodou multikoptér je příliš velká hmotnost a náročnější pohyb ve vzduchu a tím se zkracuje i doba, kterou jsou schopny vydržet ve vzduchu. Multikoptéry mají díky speciálnímu závěsu, tzv. „gimbal“, možnost měnit senzory, které jsou přímo pod BLS, proto jsou multikoptéry hojně využívány k leteckému monitoringu v reálném čase.

Bezpilotní letouny – křídla (z anglického fixed-wings), jsou to specifické BLS, jejich tvar i účel více odpovídá vojenským BLS. U těchto BLS je přímo umístěn senzor nebo fotoaparát, který není možné měnit, proto je jejich využití omezené k účelům mapování a monitorování. Vzlétnout může tento BLS buď z odpalovací rampy nebo hodem z ruky. Bezpilotní letouny – křídla jsou určeny ve většině případů pro profesionály a tak i cena je mnohem vyšší než u multikoptér a logicky máme ve světě i méně výrobců zmíněných BLS.

4.2 Možnosti využívání bezpilotních leteckých systémů

Není možné zmínit všechny možnosti použití BLS, jsou jich až stovky a každým dnem se objeví nový způsob využití v nespočtu různých přírodních podmínkách pro letecký monitoring, mapování a jiné z celého světa. Mohli bychom BLS používat tím nejjednodušším způsobem, a to pro zábavu, ale široké spektrum využití bezpilotních leteckých systémů nám nabízí neomezené možnosti. Jejich využíváním

dochází ke zjednodušení si práce, můžeme čerpat z daleko přesnějších a kvalitnějších výstupů než z klasických pilotovaných leteckých prostředků.

Velký potenciál využívání BLS díky jejich hmotnosti a flexibilitě, je určité při nebezpečných situacích. Přesto můžeme rozdělit užití BLS na letecké fotografie, letecké video, letecký monitoring, mapování prostoru a terénu, transport a logistika, speciální aplikace ve spojení se speciálními senzory a zábava.

Z toho vyplývá, že BLS mají v naší budoucnosti své čestné místo a je zřejmé, že se s nimi budeme setkávat stále víc i v běžném životě (obr.4) nebo právě v precizním zemědělství (obr.5).



Obrázek 4 - letecká fotografie - Vodopády Iguazu - jeden ze sedmi přírodních divů světa

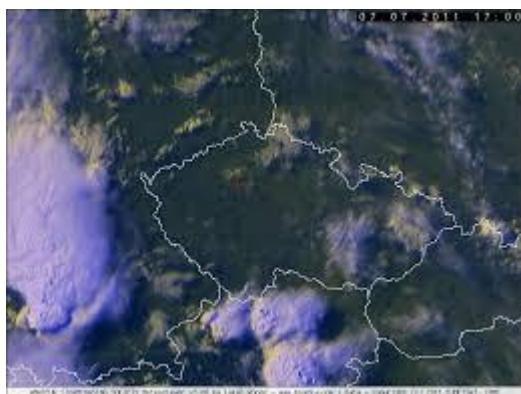


Obrázek 5 - ortofotomapa - normalizovaný vegetační index, podle kterého lze vytvořit aplikační mapu pro zemědělské stroje, které samy automaticky přizpůsobí potřebné hnojení dle mapy

4.2.1 Meteorologické podmínky vzletu BLS

Máme vše připraveno k létání, personální zabezpečení, zadání a požadavky, plánování a následná příprava, identifikace vhodného letového dne, předletová příprava terénu, létání a letový deník, stažení dat a postprodukce a to nejdůležitější je předpověď počasí, protože na tom je závislý úspěch letu BLS.

Bohužel předpověď počasí nebývá úplně přesná a tak musíme využít co nejvyššího procenta pravděpodobnosti, že počasí bude tak jak zněla předpověď a jak my potřebujeme, proto se nemůžeme spolehnout jen na dlouhodobou předpověď počasí. Samozřejmě musíme ještě večer před samotným vzletem, ověřit zmíněnou předpověď. V dnešní době máme výhodu, že je možné používat předpověď z více zdrojů a mít mobilní aplikace v mobilním telefonu, kde je možné si zkontrolovat aktuální situaci (obr.6). Zajímají nás hlavně srážky, vítr, teplota a stav oblačnosti. Každý by měl znát do jaké rychlosti stálého větru a pohybu větru, je bezpečné létat se svým BLS. Je známo, že nemá smysl létat při rychlosti stálého větru vyšší než 7m za sekundu a v nárazech přes 10 metrů za sekundu.



Obrázek 6 - pohled na aktuální stav - bouřky - z družice Meteosat druhé generace

Samozřejmě je velmi důležité kolik daný BLS váží, kolik má vrtulí a jiné další parametry, abychom díky tomu byli schopni určovat, v jakých povětrnostních podmínkách můžeme létat. Je důležité znát i venkovní teplotu v lokalitě, kde se bude s BLS létat, podle ní můžeme dobře předpovídat, jak rychle se nám budou vybíjet baterie, může se lišit od běžné teploty a tak docházet i k zahřívání motorů. Teď už nám nic nebrání vypravit se do terénu k samotnému létání.

5. Výhody a nevýhody využití BLS

Vzhledem k tomu, že BLS se neustále vyvíjejí a nemají příliš velkou historii, tak je zde samozřejmě spousta výhod, ale i nevýhod při jejich používání. Můžeme říci, že výhody BLS jsou zřejmé, díky jejich hlavním parametrům, menší velikost a velmi jednoduché ovládání a provoz.

Mezi hlavní výhody použití BLS můžeme zařadit, výrazně levnější provoz (ve srovnání s pilotovanými stroji), snadná mobilita a manipulace, flexibilita, použití i na špatně přístupných místech, online přenos obrazu z BLS na velkou vzdálenost, vysoké rozlišení videí a fotek, výhody při pořizování specifických dat pomocí různých mikro senzorů, velmi nízká hlučnost, možné využití i za nízké oblačnosti a možnost využívání i v určitých typech interiérů. BLS mají oproti klasickým pilotovaným prostředkům nízkou cenu provozu a možnost v případě potřeby rychle převést v jakémkoliv autě k místu nasazení a okamžitě použít. Dále víme, že potřebují velmi malou plochu k vzletu a přistání.

BLS jsou schopny v reálném čase přenášet obraz do přijímače, proto jsou často nasazovány při monitorování nebezpečných oblastí, při přírodních katastrofách a jiných incidentech, tím je zaručena bezpečnost pilota, což pilotované prostředky nemohou splnit.

Díky tomu, že komerční trh s BLS existuje poměrně krátkou dobu nevýhod užití BLS není tolik a navíc snahou výrobců je tyto nevýhody neustále snižovat. Mezi zásadní nevýhody řadíme hlavně krátký dolet, bývá to jen několik kilometrů, krátký letový čas, jen několik desítek minut, nízká hmotnost, jednotky kilogramů a v neposlední řadě i nedořešená legislativa, v každé zemi je zatím legislativa používání BLS jiná.

V současné době vzniká v USA a Evropské unii jednotný legislativní systém pro možnost využívání BLS za stejných podmínek. V každém případě je už teď jasné, že vždy bude mít větší prioritu klasický komerční letový provoz.

6. Jednotlivé druhy využití BLS

Je zřejmé, že BLS se neustále vyvíjejí, jsou menší, mají lepší technické vybavení, jejich cena se snižuje a na jejich výrobu vznikají desítky firem. Z toho všeho plyne, že BLS jsou na vzestupu a jejich možnosti použití se každým dnem zvětšují a vznikají nové a nové obory využití. Legislativní systém se snaží dostat používání BLS pod kontrolu, to je samozřejmé na druhou stranu určitě není třeba se obávat, že by nám nad hlavami neustále létalo hejno BLS, proto je také hlavním cílem identifikovat, kde má smysl použití BLS a kde je ho potřeba. Různé užití BLS.

6.1 Zábava

Létání BLS pro zábavu má několik kategorií a i když jsou letecké modely a létání s nimi složitější, tak využití BLS navazuje právě na letecké modelářství. V současné době již není problém pořídit BLS i pro běžného uživatele v různých kamenných obchodech a na e-schopech, tím se samozřejmě snižuje cena. Ve volném čase lze BLS využít k létání, natáčení a focení, k letecké akrobacii nebo k průzkumu okolí. BLS se dnes využívají i k závodění, např. FPV (First Person View) závody (obr.7).



Obrázek 7 - Závody FPV - First Person View

6.2 Transport a logistika

Je zřejmé, že využívání BLS pro transport, může mít velký význam pro přepravní společnosti z hlediska efektivity, kde se očekávají minimální náklady při co nejrychlejší doručení zásilky, ale to vše budeme moci používat až v případě jednotného legislativního nastavení. Víme, že budeme muset zajistit vzdušné koridory, které budou opatřeny senzory, aby byl možný samostatný let BLS, zajištěna bezpečnost majetku a všech zúčastněných osob.

Některé malé zásilky jako např. léky, jsou v současné době takto přepravovány na ostrovy v Severním moři.

Dalším příkladem je určitě využití BLS k transportu zdravotních pomůcek nebo k záchraně lidských životů, doprava záchraného kruhu k tonoucímu dříve než pobřežní hlídka (obr.8).



Obrázek 8 - záchranářský dron pro poskytnutí první pomoci

Velký potenciál využívání BLS najdeme i v logistice, např. při expedici zboží ve velkých skladech a průmyslových halách nebo i v restauracích namísto lidské obsluhy (obr.9).



Obrázek 9 - roznáškový dron s jídlem v restauraci v Singapuru

6.3 Letecká videa a fotografie, monitoring a mapování

Podle všeho je použití BLS pro letecké fotografie nejjednodušší a také nejčastější možností využití, protože většina BLS již obsahuje kameru nebo fotoaparát. Každá letecká fotografie ukazuje celkovou členitost daného území a poskytují nám pohled na celou krajinu a okolí, kde můžeme vidět, jestli určená stavba nebo objekt nenarušují celkový ráz krajiny nebo oblasti. Nespornou výhodou těchto fotografií je i to, že si sami určíme úhel pohledu, kompozici a to všechno na zemi, vše vidíme na monitoru a to nám umožňuje nastavit si výslednou fotografii podle našich potřeb. Takto pořízené výstupy se dají použít hlavně pro technickou dokumentaci, v marketingu, a podobně. (obr.10).



Obrázek 10 - Letecká fotografie Ještědu z dronu určená pro marketingové účely

Prakticky stejně hojně využívané jsou i letecká videa pořízena BLS. Můžeme je využít pro filmové účely (přímé přenosy, videoklipy), pro účely marketingu (reklamní spoty, promo videa měst nebo přírodních památek). BLS umožňují natáčet různé situace v reálných časech a zároveň sdílet tato videa. Letecká videa se dají využít i při dokumentování stavu (průběh stavby nebo jiných událostí).

Velký potenciál vidí výrobci BLS v leteckém monitoringu v krizových situacích. BLS umí zobrazit data přímo v reálném čase i z těžko dostupných míst, kam se záchranáři nemohou dostat, tím jsou v mnoha odvětvích nenahraditelným pomocníkem. Může být použit v různých oborech např. monitoring rozsáhlých přehrad, elektráren nebo výškových objektů. Ve velké míře se letecký monitoring využívá u policie, hasičů a záchranných složek, užitečný je i při zemětřeseních a živelných pohromách (zemětřesení v Nepálu). Dalším velkým odvětvím, kde můžeme použít letecký monitoring, je příroda sama a vše s ní spojené, např. monitorování slonů v Keni. Do budoucna se předpokládá častější a postupné uplatňování BLS i při pátrání po pohřešovaných osobách. V České republice bylo využito BLS pro monitoring sesuvu na dálnici D8, při výbuchu muničních skladů ve Vrběticích, ale i při povodních v roce 2013 (obr.11).



Obrázek 11 - letecká fotografie pořízená při povodních v roce 2013

Při mapování terénu a prostoru jsou ideální letecké mapy, tzv. ortofotomapy, které pocházejí z velkoformátových leteckých kamer. To bylo doposud možné pouze z družice nebo speciálních pilotovaných letadel, jejich obrazové rozlišení se pohybovalo od půl metru (družice), až po 20 centimetrů (letadlo). S příchodem BLS je možné pořídit ortofotomapu ve velmi vysokém obrazovém rozlišení, blíží se k 1 centimetru na pixel. To v reálu může znamenat, sledovat na monitoru půdu

nebo jakýkoliv jiný terén do nejmenších detailů. Je těžké odhadnout všechny možnosti využití takových výstupů, které se tímto otevírají. Pravdou je, že BLS nemohou být konkurence schopné, co do velikosti zmapovaného území oproti klasickému mapování z družice či letadla. BLS jsou a budou využívány k mapování menších oblastí při obrazovém rozlišení v rozmezí 5 – 10 centimetrů na pixel.

Nespornou výhodou, ve srovnání s klasickými letadly a družicemi, je rychlé nasazení BLS a aktuálního zmapování daného území do druhého dne, což se hojně užívá při různých přírodních událostech, které vzniknou náhle. V zemědělství podle podmínek v reálném čase. Ortofotomapy jsou opatřeny GPS souřadnicemi, proto je možné ve zmíněných ortofotomapách například překreslovat další digitální mapy, vypočítávat vzdálenost nebo plochu oblasti, vizualizovat reálné území ve 3D a promítnout do něho třeba ještě nezrealizovaný projekt (obr.12).



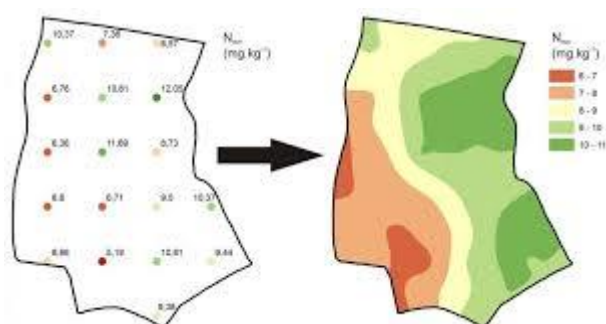
Obrázek 12 - 3D model nejvyšší hory Sněžky vytvořený letounovým dronem

Vše, co nám nabízí mapování terénu pomocí BLS, je za mnohem nižší náklady oproti mapování pomocí družic a letadel. Zásadní výhodou je využívání BLS v nepředvídatelných situacích v různých přírodních podmínkách. Toho lze velmi dobře využít právě v zemědělství, kde je často potřeba reagovat okamžitě na vzniklou situaci, způsobenou změnou klimatických podmínek a na různé fáze růstu plodin.

K mapování větších ploch se používají letounové BLS a naopak v případech, kde je potřeba vysoké obrazové rozlišení jsou upřednostňovány multikoptérové BLS. V komerčním světě jsou BLS určené pro mapování jedním z nejvíce se rozvíjejících trhů, s největším objemem prodeje od celosvětových výrobců BLS.

7. Využití BLS v zemědělství

Bezpilotní letecké systémy jsou využívány zejména jako doplněk, k mapování území s větší přesností, ale menšího rozsahu. Výhodou jsou určitě menší ekonomické nároky, nejen na pořízení stroje, ale i na jeho následnou údržbu a provoz, jednodušší ovládání, nižší emise atd. (Vilém Pechanec, Aleš Vávra. 2014). Dále jsou v precizním zemědělství používány manuální senzory, např. na měření pH půdy, obsahu dusíku (tzv. N testery) aj. (Škoda. 2014) (obr.13).



Obrázek 13 - tvorba celoplošné mapy obsahu N_{min} v půdě z bodových dat půdního vzorkování

BLS jsou využívány v precizním zemědělství až z 60 % celkového využití v oblasti životního prostředí (Shahbazi, Théau, & Hénard. 2014). Precizní zemědělství je spojení běžného zemědělského hospodaření s moderními technologiemi, BLS jsou jednou z nich. Pokud by se podařilo rozšířit způsob tohoto hospodaření, tak by se mohlo zlepšit využití krajiny a současně zabránit jejímu dalšímu poškození, snížit eutrofizaci a kontaminaci vod a zvýšit celkovou produkci plodin (Naresh, Kumar, Chauhan, & Kumar. 2012).

BLS mohou doplnit provoz pilotovaných letadel a to při podstatně nižších nákladech, nižší letové hladině a vyšší přesnosti pořízených dat. Navíc jsou šetrnější k životnímu prostředí z hlediska nežádoucích emisí.

BLS jsou schopny zareagovat okamžitě i při nečekaných událostech, zajistit data celého území, proto jsou pro zemědělství významným nástrojem k zefektivnění a k levnějšímu získávání potřebných informací. Tím se trh s BLS stal nejrychleji rostoucím právě pro zemědělství. Bohužel v České republice ještě úplně není správně

nastavena legislativa k používání BLS. Pro zemědělství má toto odvětví nesporné výhody a nespočet možností.

V dnešní době jsme schopni do několika hodin po vzletu, získat z BLS k využití v precizním zemědělství hlavně výstupy v podobě přesných map o oblasti a umožnit přesnou aplikaci hnojiv a pesticidů.

BLS se také používají k získání speciálních map, např. Mapa normalizovaného indexu vegetace (NDVI), k identifikaci problematických míst na pozemku a speciální software umožní získat přesný počet plodin na daném území (obr.14).



Obrázek 14 - využití BLS pro precizní zemědělství - vysoké rozlišení

Bezpilotní letecké systémy se dají použít k monitorování vodních ekosystémů, vodního režimu půdy, zjišťování zdravotního stavu rostlin, mapování výnosů, posuzování dopadu hnojení na růst rostlin a plodin aj. (Khaival, Fulton & Shearer. 2017).

BLS nelze srovnávat s mapováním pomocí družic, protože družice byly původně navrženy k odlišným účelům. V případě, že bychom se o takové srovnání pokusili, zjistili bychom, že BLS nejsou tak moc závislé na klimatických podmínkách a jejich rozlišení pořízených snímků, je mnohem větší, oproti družicovým snímkům. Nutno dodat, že družice mohou mapovat rozlehlejší a větší území.

V současné době na Ministerstvu zemědělství probíhají testy, např. jak ochránit zvěř na polích před sklizní, aby nedocházelo k usmrcení těžkou technikou. Pomocí BLS zkoušejí nalézt podzemní drenážní systémy, které dokážou zásadním způsobem ničit zemědělské půdy (obr.15).



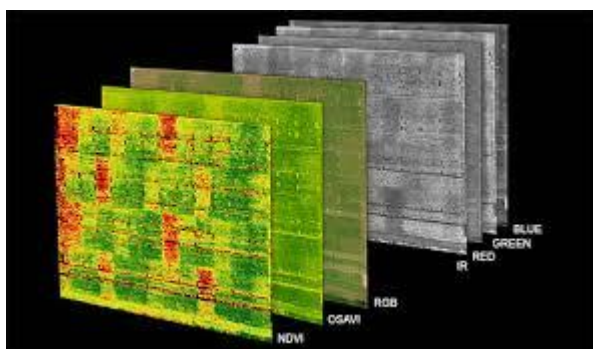
Obrázek 15 - ukázka suché půdy

Mohlo ba se zdát, že využití precizního zemědělství je vhodné jen pro velké hospodářské zemědělské podniky, ale opak je pravdou. Určitě stojí za zmínku případ menšího farmáře. Kyle Miller z Iowa City zavedl na své rodinné farmě inovace s pomocí bezpilotních leteckých systémů a principů precizního zemědělství. Díky použití BLS, mimo jiné i infračerveným kamerám, lépe monitorovat své pozemky. Kyle Miller si naprogramoval BLS na svém laptopu a nastavil několik sérií trasových bodů (waypointů), tím BLS mohou létat autonomně. Infračervené snímky pořizuje každou druhou vteřinu, navíc snímky jsou georeferencované pro precizní monitorování pozemků.

Precizní zemědělství v kombinaci s použitím BLS, může ušetřit spoustu nákladů, je přesnější a navíc ekologičtější. K danému území se může přistupovat individuálně, doplňovat živiny jen tam, kde je opravdu třeba. Vzhledem k tomu, že se nemusí tolik používat těžká technika, tak se dá ušetřit na pohonných hmotách a tím šetříme životní prostředí proti emisním vlivům a zároveň nedochází k dalšímu utužování půd, které má negativní dopad na krajinu. Precizní zemědělství se řídí principy udržitelného rozvoje.

7.1 Multispektrální snímání a satelitní snímky

Multispektrální snímání (anglicky Multispectral Imaging) je metoda, při které se měří množství elektromagnetického záření vyzařovaného nebo odráženého zemským povrchem. Zdrojem záření může být každý objekt, který dosahuje větší teploty než 0°K (Kelvin – je jednotka termodynamické teploty, je též vhodnou jednotkou teplotního intervalu nebo rozdílu a je stejně velký jako stupeň Celsia). Výstupem jsou multispektrální snímky, které jsou zachyceny v určité vlnové délce elektromagnetického spektra (obr.16).

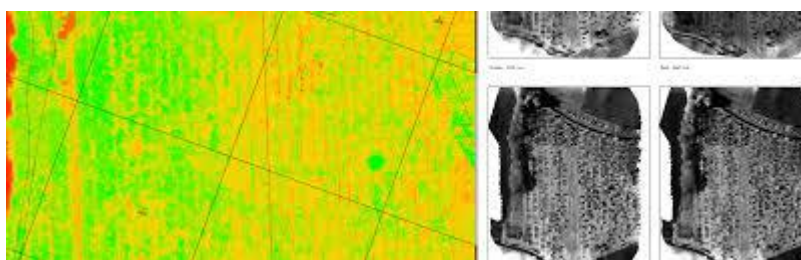


Obrázek 16 - multispektrální snímek - vegetační index

Výstupní data z radiometrů naměřená v určité oblasti, ale hned v několika pásmech spektra se nazývají multispektrální snímky. Spektrální snímek se skládá z řad čísel a sloupců, která mají vlastnosti vyzářené energie (barva, světlo, frekvence a vlnová délka) a pozici pixelu. Podobně probíhá i hyperspektrální snímkování. To na rozdíl od multispektrálního snímkování, které v sobě má data několika jednotek spektrálních pásem o šířce několika desítek nm (nanometr), obsahuje několik desítek až stovek těchto pásem, tím samozřejmě dosahujeme ještě podrobnějších informací o daném objektu.

Spektrální třídy můžeme různě kombinovat podle účelu, pro který ho potřebujeme použít. Pro vytvoření požadovaného snímku je potřeba ještě udělat určité úpravy, korekce a nastavení, aby byl požadovaný výstup, tak jak potřebujeme a abychom mohli provést následnou analýzu.

Určitě budeme provádět prostorové rozlišení, to je schopnost rozpoznat i nejmenší detail na snímku. Spektrální rozlišení se zabývá citlivostí senzoru na rozsah frekvencí. Potom následuje rozlišení, které měří světlost objektů nebo intenzitu signálu. Dokáže měřit také periodu času, která probíhá mezi jednotlivými snímky při snímkování jednoho objektu. Po té musíme data zpracovat ve speciálním programu. Díky zkreslení původních dat při zpracování, je nutné provést předběžné a pak následné zpracování snímků. Při předběžném zpracování se provádějí geometrické a radiometrické korekce. Radiometrická korekce upravuje zkreslení snímku na hodnoty světlosti objektu na zemském povrchu a geometrická korekce opraví chyby mezi souřadnicemi snímku a reálného měření. Dále se také dělají korekce terénní, systémové a precizní. Při následném zpracování snímku musíme použít vhodný software, který zlepší interpretaci dat a kvalitu obrazu. Tímto se třeba redukuje šum nebo zlepšuje stupeň kontrastu, čímž snímek zjemníme. Detekce změn porovná dva snímky pořízené v jiné době na stejné lokalitě. Potom potřebujeme zkušeného pracovníka, který provede počítačovou analýzu a tím dosáhneme nejlepšího porovnávacího snímku (obr.17).



Obrázek 17 – multispektrální snímkování pro precizní zemědělství

Satelitní fotografie nebo satelitní snímek je fotografie země a jiných planet pořízená z umělých družic. Americká družice Explorer 6 pořídila dne 14. 8. 1959 první satelitní snímky země. Mezi další prvotní snímky patří satelitní fotografie země, kterou pořídila družice na sledování počasí Tiros – 1 v dubnu 1960. Jsou známé též první satelitní fotografie odvrácené strany měsíce, které pocházejí z družice Luna 3 z roku 1959.

Největší velmoci USA a Sovětský svaz vypouštěly do konce 20. století desítky špionážních družic ročně. Ve většině případů to byla družice, která měla nejlepší fotografické vybavení té doby a zpět na zem posílala návratová pouzdra

s exponovaným filmem. Sovětský svaz i USA tím získaly podrobné mapy území potencionálních protivníků. Postupně přibývají satelity dalších území. Špionážní družice fungují stále, ale z klasických filmů přešly na polovodičové snímací čipy. Největší program na světě pro získávání obrázků země Landsat byl spuštěn USA v roce 1972 a nejnovější družice Landsat 7 v roce 1999. Americký satelitní systém KH – 11 získal v roce 1977 první satelitní snímky v reálném čase. V Earth Observatory můžeme najít všechny satelitní obrázky od Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku NASA (americká vládní agentura zodpovědná za americký kosmický program a všeobecný výzkum v oblasti letectví), jsou volně přístupné. Samozřejmě také ostatní země mají vlastní programy satelitních obrázků. V dnešní době již existují i soukromé společnosti, které mohou poskytovat komerční satelitní snímky (obr. 18).



Obrázek 18 - Blue Marble 3000 - zraw radar - projekt na zmapování viditelné barvy země

Satelitní snímky můžeme použít v geologii, lesnictví, vzdělávání, zpravodajství, vojenství, v regionálním plánování a v zemědělství. Satelitní snímky mohou být ve viditelných barvách, ale i v dalších částech spektra. Fotografičtí interpreti (anglicky photographic interpretation „PI“) vedou analýzu satelitních snímků.

7.2 Využití GIS v precizním zemědělství

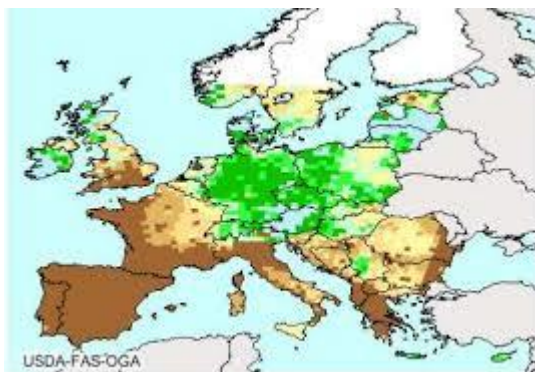
V precizním zemědělství musíme neustále zkoumat a sledovat stav živin, změny plodin, obnovu porostů, řeší se hranice pozemků a jejich zjednodušená evidence a v neposlední řadě i navigace zemědělské techniky. V současnosti jsme za pomoci

GPS kontrolovat pohyb strojů a pracovníků, plánovat náklady, tvořit logistiku zemědělských strojů i správného dávkování hnojiv. Díky využití geografického informačního systému (anglicky Geographic information system) GIS můžeme získat objektivní a přesné odhady globální zemědělské produkce a všechny ostatní okolnosti, které mají samozřejmě vliv na zajištění potravy pro celý svět.

DPZ (technika sběru dat o modelech osetí, data do programů pro výpočty výnosů a ploch a data o podnebí) jsou sady dat poskytující tyto informace denně nebo týdně a jsou uložena na centrálním serveru. Pro zpřesnění výše zmíněných dat existuje síť asistentů z celého světa FAS (Foreign Agricultural Service), kteří musí cestovat po přiděleném území a posuzují okolnosti ovlivňující odhady o sklizni v jednotlivých zemích nebo o podnebí či živelných pohromách. K tomu jsou zapotřebí ještě další související úřední zprávy, které mají vliv na přesné odhady, např. USDA (United States Department of Agriculture), která vytváří oficiální statistiky. Společnost PECAD (Production Estimates and Crop Assessment Division) vytváří každých 10 dní odhady produkce a používá k tomu všechny evidované zdroje.

Tyto odhady jsou využívány pro oficiální statistiky USDA, monitoring v zemědělství, monitorování katastrof a následná pomoc, trendy trhu, obchodní politiku, stanovení hlavních ekonomických ukazatelů, stanovení podmínek pro úrodu, atd.

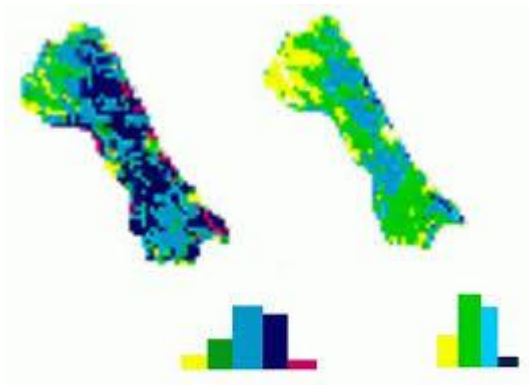
USDA využívá nejmodernější technologie. Od roku 2001 je vybavena produkty ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, www.esri.com), ArcGis Desklop a další. Hlavní součástí GIS je databáze CADRE (Crop Condition Data Retrieval and Evaluation), která slouží pro podporu při rozhodování. Jedná se o komplexní prostorovou databázi, která je založena na gridu (vkládá data denně, 10 a měsíčními intervaly). Využívá zdroj dat o modelech srážek, stavu úrody, půdní nasáklosti, teplot a pro měření kvality vegetace ze satelitních dat, ze kterých se počítají vegetační indexy. Ve webové aplikaci Crop Explorer jsou k dispozici informace nutné pro odhad úrody téměř v reálném čase (obr.19).



Obrázek 19 – odhady zemědělské produkce v precizním zemědělství pomocí GIS

7.3. Druhy map používané pro precizní zemědělství

Už víme, že precizní zemědělství se řídí zásadou: „Provést pěstební zásah v pravý čas a na správném místě a se správnou intenzitou.“ K tomu nám pomáhá využívání nejnovějších technologií, především GPS, GIS a též DPZ. V precizním zemědělství je nejdůležitější heterogenita pozemku. Heterogenita označuje neregulárnost neboli různorodost, znamená to skutečnost, že určitý celek je složen z rozdílných částí. Podstatné je získat maximální množství informací o daném pozemku, zásobenost živinami, složení půdy a dále změny hodnot v rámci jednoho pozemku. Abychom získaná data mohli správně přiřadit k danému pozemku, potřebujeme ještě znát data o poloze GPS přijímače. Všechny zmíněné informace jsou důležité pro vytvoření mapy ukazující heterogenitu pozemku, za pomoci specializovaných GIS aplikací. Dále používáme specializované aplikační mapy a z údajů získaných ze sklízecích strojů při sklizni, pak můžeme vytvářet výnosové mapy. Díky získaným informacím o rozdílnosti pozemku můžeme použít individuální přístup k danému místu tím, že aplikujeme dávku jen tam, kde je zapotřebí. To samozřejmě představuje značné ušetření nákladů a navíc využíváme ekologicky šetrnější postup než při plošné aplikaci dávky na celý pozemek (obr.20).



Obrázek 20 - aplikační a výnosová mapa

V zemědělské praxi ČR je hodnota výměnné půdní reakce a zásoba přístupných živin sledována v rámci Agrochemického zkoušení půd (AZP). Probíhá každých šest let od roku 1961 a to podle zákona č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích, substrátech a agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech) ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky č. 275/1998 Sb., o agrochemickém zkoušení zemědělských půd a zjišťování půdních vlastností lesních pozemků ve znění pozdějších vyhlášek.

Nejvíce ovlivňující faktory kvality produktu a výnosu pozemku jsou agrochemické vlastnosti půdy, zásoba živin (P, K, Mg) a výměnná půdní reakce vyjádřená pH. K zásobě živin P, K, Mg používáme bilanční metodu. To znamená, že do půdy navracíme živiny, které byly odebrány ve sklizených produktech. Na základě plánovaného výnosu plodin a odběrem živin na jednotku produkce se stanoví výše normativní dávky. Zmíněná dávka je ještě upravená (tzv. korekcí normativu) podle zásoby živin v dané půdě.

V případě, že máme k dispozici výnosové mapy, můžeme přistoupit k variabilní aplikaci hnojiv, protože známe prostorové diferenciované úrovně výnosu na jednotlivých částech území. Pro diferenciovanou aplikaci je základní vstupní informací prostorová variabilita pozemků. „Zjištění variability je prvním a kritickým krokem v precizním zemědělství, neboť nelze obhospodařovat variabilitou, pokud ji neznáme“ (Pierce et al., 1999).

Půdní úrodnost dále ovlivňuje půdní reakce, má vliv na rozpustnost živin a poutání živin, na lepší koloběh vody a vzduchu v půdě, na strukturní stav půdy, tvorby

humusu a pohyblivost těžkých kovů v půdě a na mikrobiální aktivitu půd. Dělíme je podle povahy na výměnnou (potenciální) a aktivní (aktuální). Výměnnou půdní reakci zjistíme za použití roztoku neutrální soli, aktivní reakci zjistíme v suspenzi vody a zeminy. Jelikož, v průběhu roku dochází ke kolísání půdní vlhkosti, díky sezónním výkyvům, tak v praxi více používáme měření výměnné půdní reakce. Můžeme jí také použít ke stanovení potřeb vápnění půdy, tím dosáhneme optimálního rozpětí pH v půdě (obr.21).



Obrázek 21 - výnosové potenciály jednotlivých plodin ve Středočeském kraji

8. Legislativa a důsledky používání BLS

Letectví je regulováno velmi složitým systémem provozních předpisů a postupů a nadřazených zákonů. Díky tomu, že obor letectví překračuje hranice států, tak musí být součástí mezinárodního práva. Akceptování všemi státy je základním předpokladem k zajištění efektivního a bezpečného letového provozu. Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO) je úmluva o celosvětové podpoře zmíněných pravidel a o přijetí jejich příloh (annexů). Z těch jsou pak tvořeny letecké předpisy jednotlivých států. Každý uživatel vzdušného prostoru je mimo platných právních norem se musí řídit i těmito pravidly.

Letectví je bezpochyby velmi pružný a rychle rozvíjející se obor. V roce 1989 bylo nutné definovat nové zákonné normy k provozu ultralehkých letadel. V současné době jsme se dostali do podobné situace v oblasti BLS. V tomto případě, se ale

setkáváme s úplně novým zásahem do letového provozu. Díky miniaturizaci a zlevnění BLS a výrazně jednodušší pilotáži si může BLS zakoupit a pilotovat i běžný uživatel, který nezná základní pravidla vzdušného prostoru. Na základě masového rozšíření BLS vznikl v posledních letech předpis, který upravuje zejména profesionální využití BLS. Zatím máme v ČR tuto legislativu vztahující se k používání BLS.

V ČR podléhá jakékoli civilní užívání vzdušného prostoru a provozu letadel zákonu č. 49/1997 Sb. o civilním letectví. Dle jeho § 2 odst. 2 se pro účely tohoto zákona nepovažuje za letadlo model letadla, jehož maximální vzletová hmotnost nepřesahuje 20 kg. Pro používání modelů letadel je tak dostačující občanský zákoník a vyplývající odpovědnost pilota. Dne 1. 3. 2012 však vešel v platnost Doplněk X předpisu L2 dle ustanovení § 102 odst. 2 zákona o civilním letectví, který již zavedl nový pojem „bezpilotní letadlo“, oddělil tak modelářské létání od komerčního užívání dálkově ovládaných systémů. Pro všechny pojmy užívané pro BLS, platí v Doplněku X stejná definice jako pro uváděný název „bezpilotní letadlo“. V ČR provádí dohled nad veškerým provozem Úřad pro civilní letectví (ÚCL).

V Doplněku X předpisu L2 jsou, mimo jiné uvedeny definice vymezení pojmů, pravidla bezpečnosti, ukončení letu, dohled pilota a jeho odpovědnost. Důležité je, že Doplněk X přesně vymezuje v jakém prostoru a ochranném pásmu smí být BLS používán. Z dalších podmínek provozu můžeme uvést, že evidenci ÚCL podléhá jak pilot, tak BLS. Pilot musí prokázat, že umí bezpečně řídit BLS a že zná i požadovaný teoretický rozsah, který určuje ÚCL a vlastní povolení k létání vydané ÚCL. V Doplněku x jsou i požadavky a omezení kladené na pilota i BLS a zároveň jsou zde uvedena i schémata, která popisují jednotlivé letecké scénáře (obr.22).



Obrázek 22 - základní požadavky na BLS

V současné době Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA) připravuje s národními úřady pro civilní letectví všech členských států EU regulační rámec (A-NPA, Advance Notice of Proposed Amendment), který bude sjednocovat národní předpisy. Cílem je úplné sjednocení legislativy v oblasti letectví do roku 2020. Vzhledem ke vzniku stále nových a technicky vyspělejších technologií v oboru BLS, dá se předpokládat, že se možnosti jejich využití budou ještě rozšiřovat.

Zásadním tématem v souvislosti s používáním BLS je ochrana osobnosti a ochrana osobních údajů, která je upravena občanským zákoníkem (např. § 81 zákona č. 89/2012 Sb.) nebo také zákonem č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů. Úřad pro ochranu osobních údajů (ÚOOÚ) vydal stanovisko č. 1/2013 – „Zpracování osobních údajů prostřednictvím záznamu z kamer, kterými jsou vybavena bezpilotní letadla“. Vývoj bezpilotních technologií je sice velmi rychlý, ale také krátký, proto vznikají obrovské rozdíly v úrovni legislativy BLS v různých částech světa. Západní státy považují oblast bezpilotního letectví za velkou obchodní příležitost. Naproti tomu asijské nebo africké státy zatím vůbec neřeší začlenění oblasti BLS do svého právního řádu. I když EASA připravuje jednotný evropský regulační rámec, tak Německo nebo Francie už v současné době předběhli svými odvážnými letovými scénáři dobu minimálně o pět let. V USA je komerční provoz BLS zatím vázán dost přísnými pravidly. Evropa si chce udržet a zajistit nejlepší postavení v oboru bezpilotního létání ve světě. Budoucnost nám ukáže, jak bude vývoj BLS dále pokračovat a sjednocovat se pro celý mezinárodní letecký prostor.

9. Projekty využití BLS v praxi

Víme už, že používání BLS vyžaduje určité znalosti a možnosti. To můžeme zjistit jen tak, že vědečtí odborníci, většinou za podpory ministerstva zemědělství, zpracují daný projekt. V této Bakalářské práci bych Vám ráda představila některé z nich. Všichni cítíme, že dnešní možnosti a potřeby s pomocí nejvyspělejších technologií a precizního zemědělství, nás mohou posunout k daleko lepšímu, levnějšímu a hlavně ekologičtějšímu způsobu v zemědělské činnosti a ochraně přírody.

9.1 Projekt využití BLS v ochraně přírody

Cílem autorů tohoto výzkumu (Běhounek, Hůda) bylo ověření možnosti využívání podrobných fotomap k dokumentaci populace chráněných druhů rostlin a jejich přesnému mapování. V oblasti dálkového průzkumu země se používají pro sběr dat přesné ortofotomapy s vysokým rozlišením. Umožňují zaznamenávat nebo studovat například stav a změny přírodních biotopů, šíření invazivních druhů, trasy migrujících zvířat a spoustu dalších charakteristik. Pomocí fotomap s vysokým rozlišením můžeme na povrchu rozeznat i květy rostlin.

V tomto projektu se autoři zaměřili na pozorování populace bledule jarní (*Leucojum vernum*) v Přírodní rezervaci (PR) Arba v k.ú. Srbská Kamenice, okres Děčín a populaci prstnatce májového (*Dactylorhiza majalis*) ve významném krajinném prvku (VKP) Vstavačová louka u Libouchce, k.ú. Libouchec, okres Ústí nad Labem.



Při vzniku zmíněného projektu byla prvotní úvaha, zda by za pomoci vysoce podrobných fotomap šlo monitorovat výskyt populace chráněných rostlin. Cílem projektu bylo získat informace o možnostech tvorby zmíněných podrobných výstupů, stanovovat podmínky pro jejich vytváření, prozkoumat interpretační hodnotu získaných výsledků a popsat charakter biotopu nejvhodnější pro tento způsob mapování.

Použili dvě lokality s odlišnou rozlohou, charakteristikou porostu a odlišnou četností výskytu zkoumaného druhu. Výsledky projektu mohou mít i cenu pro hodnocení managementu, protože na vybraných lokalitách je pravidelně prováděn management, který má za cíl podporovat prosperitu chráněných rostlin.

V PR Arba práce v terénu proběhla 31. 3. 2016 při zatažené obloze s občasnými přeháňkami. Práce v druhé lokalitě byla uskutečněna 24. 5. 2016 bez deště za polojasné oblohy. Před samotným letem bylo třeba udělat přípravu a naplánování letu, identifikace letových omezení, případných překážek, výškové poměry, rozloha a samozřejmě letový plán. Je potřeba vědět. Jak podrobnou ortofotomapu potřebujeme. Cílem autorů projektu bylo vytvořit ortofotomapu s rozlišením pod 5mm/pixel, takže výška letu byla kolem 8m nad zkoumaným terénem. K letu byl použit BLS DJI Phantom 3 Professional, obsahující kameru s pevným ohniskem

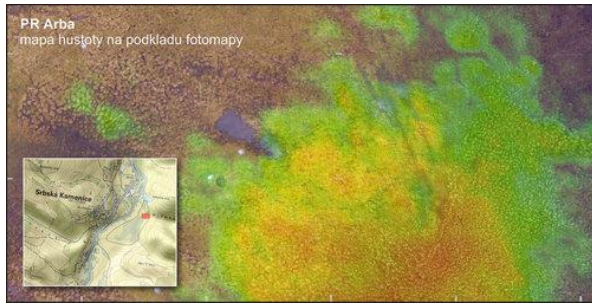
5mm a čipem o úhlopříčce 1/2,3 s12 Mpix rastrem. Ten je vybaven GNSS přijímačem, který však není dostatečný pro přesnou polohovou nebo délkovou kalibraci a správné umístění mapy, proto je nutné model kalibrovat.

V lokalitě PR Arba autoři pořídili 202 šikmých i kolmých snímků a v prostoru VKP Vstavačová louka u Libouchce 355 snímků. Tím se jim povedlo získat fotografie opatřené geotagem (informací o poloze) a přesné souřadnice vlíčovacích bodů. Potom následovalo zpracování dat. Výstup po zpracování dat je ortofotomapa lokality s potřebným rozlišením a georeferencovaný model. Souřadnice z GNSS nejdříve transformují do S-JTSK, pak je provedeno zarovnání a doplnění vázacích bodů (potřebné při mapování bylinné vegetace bez výrazné textury nebo vyšší trávy). Z těchto dat bylo sečteno bodové mračno, to je možné analyzovat, potom přímo načíst do GIS programu nebo vyexportovat georeferencovaný digitální výškový model a georeferencovanou ortofotomapu, autoři zvolili formát GeoTIFF.

Parametr	PR Arba	VKP Vstavačová louka u Libouchce
počet snímků	202	355
rozišení fotomapy	5,9 mm/pixel	4,7 mm/pixel
rastr DMP	94,6 mm/pixel	38,2 mm/pixel
pokrytá oblast	7402 m ²	2725 m ²
počet GCP	9	12
náhled neoříznuté fotomapy		

Tab.1 - srovnání modelů 1

Vyhodnocení dat z PR Arba, cílem mapování byl podklad pro hodnocení stavu populace a porovnání s dalšími lety. Na ploše 2269 m² bylo identifikováno 45 708 květů bledule jarní (obr.23).



Obrázek 23 - mapa hustoty výskytu bledule jarní

Na druhé lokalitě VKP Vstavačová louka u Libouchce byl použit odlišný postup při zpracování dat. V prostředí GIS byly nad ortofotomapou ručně vytvořeny body v místě výskytu každého z jedinců sledované populace, toto bodové pole bylo základem pro další analýzy. Tento postup je přesnější a je možné ho použít pro rozsáhlejší analýzy. Z bodového pole vzniká mapa hustoty výskytu na zvolenou plošnou jednotku. Autor v tomto případě použil pro způsob výpočtu rozdělení hustoty Gaussovu distribuci. Bodové pole lze také vizualizovat i jinými způsoby (nalezením polygonů vymezující ty části plochy, které jsou nejbližší ke každému z prvků bodového pole). Autoři zjistili výskyt prstnatce májového v počtu květů 1419 a o poloze každého z nich (obr. 24).



Obrázek 24 - výřez z fotomapy VKP Vstavačová louka u Libouchce

Při používání BLS v kombinaci dalších postupů se můžeme dostat ke kvalitnějším datům o některých chráněných druzích. Bez využití BLS by nebylo možné tyto data získat a pokud ano, tak by to bylo příliš drahé. Využívání fotogrammetrie se nemusí týkat jen mapování jednotlivých rostlin, můžeme pořízené ortofotomapy skládat a získat model terénu. Velmi zajímavé je dvoučlenný tým je po sběru dat schopný dodat výsledky monitoringu do 24 – 48 hodin.

9.2 Projekt snižování škod na zvěři při sklizni

Ztrát na zvěři při zemědělských pracích přibývá každým rokem, situace dle statistických úřadů je již alarmující. Příčinou této situace je rostoucí výkonnost sklízecích strojů, zvětšování ploch píceňin a z důvodu krmení hospodářských zvířat a bioplynových stanic i tlak na sklizeň v květnu a červnu. V neposlední řadě má na tuto skutečnost negativní vliv i nedostatek spolupráce a komunikace mezi zemědělci, myslivci a státní správou.

Zákon 449/2001 Sb. o myslivosti a zákon 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny, ukládají nájemcům a vlastníkům půdy ohlásit uživatelům honitby, místo a dobu provádění zemědělských prací v noci, používání chemických přípravků a pokud to je možné provádět sklizeň tak, aby byla zvěř vytlačována od středu ke kraji, ale když chybí vzájemná komunikace a dozor nad dodržováním těchto zákonů, tak není možné zajistit pro zvěř bezpečí. Ani příprava novely zákona o myslivosti a zapojení laické veřejnosti (sociální sítě, média a další periodika) neochrání zvěř před usmrcením.

Za všechny aktivity stojí za to zmínit anketu „Zachraňte srnčata“, která vznikla iniciativou časopisu Myslivost a zapojilo se do ní na 200 myslivců ze 47 okresů a 183 honiteb České republiky. Z ankety vyplynulo, že na 1000 ha lučních porostů připadne 50 posečených srnčat.

Další iniciativa vznikla na České zemědělské univerzitě v Praze, na webových stránkách byl založen projekt „Senoseč online“, který má za cíl vylepšit komunikaci a spolupráci mezi myslivci a zemědělci a využít i dobrovolníků k vyhledávání srnčat před sklizní.

Podpora Ministerstva životního prostředí, Ministerstva zemědělství, Českomoravské myslivecké jednoty, Agrární komory a také významných osobností přispěla k získání finanční podpory ve veřejné soutěži, kterou vypsala Národní agentura pro zemědělský výzkum (NAZV) v rámci výzkumného programu Komplexní udržitelné systémy (KUS) na řešení projektu s názvem „Prevence a snižování škod působených zvěří a na zvěři při zemědělském hospodaření pomocí legislativních opatření a nových technických řešení“. Na řešení zmíněného projektu se podílí

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. a Mendelova univerzita v Brně. Projekt byl zahájen v dubnu 2017 a bude dokončen v prosinci 2018 (obr.25).



Obrázek 25 - smutná realita dneška

Cílem tohoto projektu je minimalizovat usmrcení zvěře při sklizni zemědělskými senoseči (obr.26).



Obrázek 26 - záchrana srnčete před sklizní

Hlavními aktivitami bude analyzovat bezpečnost, účinnost a efektivnost stávajících opatření, návrh nových opatření a technických řešení, metodiku pro přípravu nových legislativních požadavků a správné postupy příslušných zúčastněných stran (zemědělská a myslivecká veřejnost a příslušní pracovníci státní správy).

Jednou z možných metod bude vyhledávání mláďat pomocí teleskopické tyče (Wildretter), je na ní umístěno 10 pohybových čidel PIR a při roztažení je možné indikovat živou zvěř v pruhu až 6m. Wildretter vyrábí firma ISA Industrieelektronik GmbH podle licence společnosti DLR. V roce 2006 v Rakousku bylo pomocí zmíněného zařízení nalezeno 2388 srnčat a jen 56 přehlédnuto.

Pro tento projekt bylo vybráno zařízení vlastní konstrukce, které je lehčí a má širší záběr. Projekt bude také zkoušet metodu, při které se na stroj připevní dvě malé piezosíreňy (krabička o rozměru 10,6x10,6x3,2cm), která je napájena 12V a může být v průběhu sečení zapínána v režimu 10, 20 a 30 vteřin. Všechny metody v rámci tohoto projektu budou probíhat na pozemcích o rozloze 10 – 50 ha a počítá se s vytvořením 5 – 10 modelových experimentů. V první fázi proběhne noční sledování pomocí termovize, k ránu vyhledávání za pomoci BLS s termovizí, po té vyhledávání s použitím teleskopických tyčí s pohybovými čidly a následně přijdou na řadu dobrovolníci, myslivci a psy.

9.3 Projekt vertikální farmaření

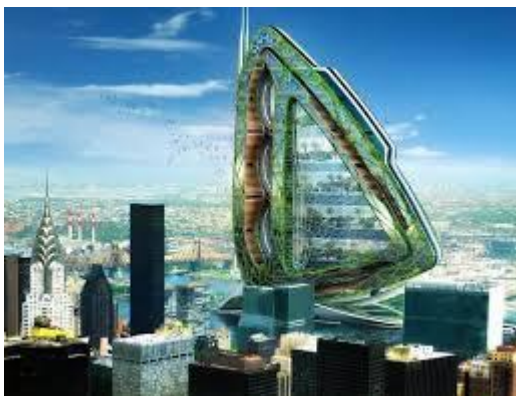
Vertikální farmaření je pěstování rostlin uvnitř speciálních hal pomocí moderních technologií a za přísné kontroly. Vertikální farma nepotřebuje žádnou půdu a může fungovat třeba i v městské zástavbě. Je označována za budoucnost, která by mohla pomoci vyřešit možné potravinové krize. Může to být způsob farmaření, který slibuje velké výnosy při malých nárocích na prostor. Pěstování rostlin probíhá pod umělým osvětlením (obr.27).



Obrázek 27 - vertikální farma

Japonská společnost Mirai otevřela v rámci projektu první velkou městskou farmu o rozloze 2300 metrů čtverečných, která produkuje salát ve speciální budově. Společnost uvádí, že je možné na stejné ploše vypěstovat až 100x více zeleniny, než při klasickém pěstování v půdě, rostliny mohou růst při kontrolovaných podmínkách až 2,5x rychleji, spotřeba energie je o 40 % menší a dokáží ušetřit až 99 % spotřeby vody.

Nespornými výhodami vertikálního farmaření nejsou jen vysoké výnosy, ale také nepotřebujeme žádné pesticidy ani jiné jedovaté látky, nejsou zapotřebí žádné stroje (traktor, kultivátor, atd.) a z toho vyplývá, že ani žádnou naftu. Tím výčet výhod nekončí. Dalším důležitým faktorem je, že nám odpadá největší environmentální problém, přeprava potravin ke spotřebitelům, protože vertikální farma je uprostřed města. Pěstování může probíhat kontinuálně a není závislé na ročním období a mohlo by nám přinést i nové pracovní příležitosti (obr.28).



Obrázek 28 - Vincent Callebaut - návrh obří farmy

Technologických postupů pěstování ve vertikálních farmách je několik. Hlavní zásadou je pěstování bez půdy a samozřejmě pod umělým osvětlením za pomoci Led světél, přizpůsobuje se jen barva světla (fialová, modrá a zelená) a střídání světla a tmy. K pěstování rostlin se využívá hydroponie, kde se o výživu stará živný roztok a rostlina je upevněna v anorganickém nosiči a nebo auqaponie. Při použití auqaponie jsou kořeny volně uloženy ve vodě a rostliny upevněny jen na patě stonku.

Dále může být použita modernější varianta a to je aeroponie, kde kořeny neplavou pod hladinou, jako v auqaponii, ale volně visí ve vzduchu, který je nasycen jen mlhou z živného roztoku (uvádí se bujnější růst). Nejnovější metoda je ultraponie, při které používáme ultrazvuk k výrobě živné mlhy.

Pěstování rostlin ve vertikálních farmách má i své nevýhody. Zásadní nevýhodou je velká technologická náročnost (záložní zdroje energie, suroviny, atd.), tyto rostliny jsou více citlivé na výkyvy teplot. Někoho určitě odradí i příliš průmyslový charakter tohoto způsobu pěstování rostlin a zeleniny. Je potřeba zmínit velmi vysoké náklady (závlahové systémy, led světla a elektronika).

V současné době existují vertikální farmy pouze v Japonsku a Číně, ale v několika zemích, např. USA, je již farma ve výstavbě. Odborníci z celého světa připouští možnost, využívat vertikální farmy i pro hospodářská zvířata, protože produkují zdarma potřebné hnojivo a obnovitelné zdroje, tím by se dalo vertikální farmaření lehce propojit.

Na závěr bych ráda uvedla, že v České republice vzniká první vertikální farma. Největší zpracovatel žlutého fosforu společnost Fosfa z Břeclavi, která vyrábí hnojiva, potravinářské přísady nebo prací prášky, postavila v areálu společnosti první vertikální farmu u nás. Jedná se o 60 metrů čtverečných, kde je několik pater sazenic salátu (obr.29).



Obrázek 29 - firma Fosfa - unikátní pěstování zeleniny

Pěstovat zeleninu začali už v roce 2004, 3 roky probíhali testy na technologie, společnost Fosfa při vývoji projektu testovala výhradně technologie z České republiky, kromě osvětlení společnosti Philips.

Investice do tohoto projektu zatím dosahuje částky kolem 10 miliónů korun. V současné době se ještě prověřují technologie, jedná se o prototyp.

Celosvětový odborníci z tohoto odvětví předpokládají, že globální vertikální trh do roku 2022 poroste každým rokem zhruba o 25 % na celkovou hodnotu 5,8 miliardy dolarů.

10. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo poukázat na možné využívání bezpilotních leteckých systémů pro precizní zemědělství. Ukázat, jejich výhody a nevýhody, široké spektrum použití a hlavně podrobněji popsat multispektrální snímání, satelitní snímky, mapování pozemků a uvést příklady využití BLS v praxi.

Zemědělská výroba je v současné době považována za největšího znečišťovatele životního prostředí. Změnit by to mohlo masové rozšíření systému precizního zemědělství, za pomoci moderních technologií, včetně bezpilotních leteckých systémů.

BLS spolu s dalšími systémy už dnes nabízí velké množství dostupných variant, jak zpřesnit a zlepšit potřebné výstupy. Pomocí multispektrálního snímání, lze získat podrobné ortofotomapy ve vysokém rozlišení, ze kterých je možné vytvářet aplikační mapy, mapy půdního profilu, výnosové mapy, atd. Samozřejmě nelze nahradit pilotovaná letadla BLS, ale je možné přispět ke zjednodušení, zmírnění nákladů a zpřesnění zemědělské výroby.

Pro precizní zemědělství je klíčový sběr dat, který díky BLS může probíhat efektivněji, s menším ekonomickým zatížením a v neposlední řadě šetrněji k životnímu prostředí.

Rychle se rozvíjející moderní technologie a technický pokrok v používání bezpilotních leteckých systémů, nejen pro precizní zemědělství, umožňuje stále větší dostupnost a tím se samozřejmě rozšiřuje i využití BLS. Precizní zemědělství nám může pomoci udržet a ochránit životní prostředí na celém světě pro další generace.

10. Doslov

Musím přiznat, že ve chvíli, kdy jsem si vybírala téma své Bakalářské práce, jsem neměla dostatek potřebných informací k jejímu zpracování. Při přípravě a studiu precizního zemědělství a využití BLS jsem si uvědomila o jak složité a zároveň potřebné odvětví se jedná.

Používání BLS nejen v precizním zemědělství má v současné době neomezené možnosti využití. Je až neuvěřitelné, jak pomocí BLS můžeme zpřesnit měření při průzkumu země, mapování nebo multispektrálním snímkování. Podstatnou výhodou je dostupnost a velmi nízká ekonomická náročnost.

Nejvíce jsem byla překvapená na jak vysoké úrovni se v současné době používání BLS pro precizní zemědělství pohybuje. Projekt na ochranu zvěře před stroji při sklizních nebo využití BLS pro správné a individuální hnojení, jsou pro ochranu životního prostředí a zvěře obrovským přínosem. Přiznám se, že o vertikálním farmaření jsem se dozvěděla až při zpracování této práce.

Nejsem si jistá, zda je dostatek odborné literatury nebo jen není dostatek vůle v každém z nás informovat se.

Uvědomuji si jak málo informací, a to i těch všeobecných, o životním prostředí, precizním zemědělství nebo BLS máme a nejhorší na tom je, že si ani neuvědomujeme, že nám nějaké informace chybí.

Nakonec si myslím, že odborné literatury není nikdy dost, ale většina z nás laických obyvatel nemá vůbec ponětí o existenci takových zdrojů. Napadá mě jedině, možná by bylo dobré zmíněnou problematiku více pozitivně medializovat, aby se široká veřejnost dozvěděla, v jak alarmujícím stavu se nachází naše planeta a jak důležitá a potřebná je sebemenší pomoc při ochraně přírody.

Za sebe mohu říct jen tohle: „ Jsem vděčná za možnost studovat na České zemědělské univerzitě. I když nevím, jestli mé studium bude úspěšné, nebudu toho nikdy litovat. Děkuji.“

12. Bibliografie

- Aplikace GIS v precizním zemědělství, 2018: Informační systém UK. LIPAŤSKÝ, J., 2000. [ONLINE] 6.1.2018 <http://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/130178688>
- CAMPBELL, B.J.B., & WYNNE, R.H., 2011: Introduction to Remote Sensing (5th ed.). New York: The Guilford Press.
- CENIA, 2016: Základní informace a princip DPZ. Copernicus v ČR. [ONLINE] 15.3.2018 <http://copernicus.gov.cz/zakladni-informace-a-princip-dpz>
- COUFALOVÁ, O., & LUKAS, V., & KŘEN, J., 2016: Multispektrální snímkování porostů obilnin. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně <http://docplayer.cz/11403271>
- DOLEŽEL, M., 2015: Nalezeno.cz. vertikální farmaření – lék na budoucí potravinové krize. [ONLINE] 2.4.2018 <http://www.nalezeno.cz/vertikalni-farmareni>
- DroneWeb, 2018: Informační portál o světě bezpilotních prostředků. DroneWeb. [ONLINE] 12.2.2018 <http://www.droneweb.cz/co-je-dron>
- DroneWeb, 2018: Informační portál o světě bezpilotních prostředků. DroneWeb. [ONLINE] 7.1.2018 <http://www.droneweb.cz/57/studie-pwc-drony-pusobi>
- DroneWeb, 2018: Informační portál o světě bezpilotních prostředků. DroneWeb. [ONLINE] 25.1.2018 <http://www.droncentrum.cz/oktokoptera-dji-spreading-wings-s1000/>
- DroneWeb, 2018: Informační portál o světě bezpilotních prostředků. DroneWeb. [ONLINE] 3.2.2018 <http://droneweb.cz/aktuality/item/53-fpv-zavody-jan-mittner-drone-race-2016>
- EISENBEISS, H., 2011: The Potential of Unmanned Aerial Vehicles for Mapping. Photogrammetrische Woche 2011, s. 125 – 135.
- EURO PORTÁL, 2017: Mladá fronta. Vertikální farma Fosfa začne prodávat unikátně pěstovanou zeleninu. [ONLINE] 3.4.2018 <http://www.euro.cz/vertikalni-farma-fosfa>

HŮDA, V., & BĚHOUNEK, J., 2016: Využití bezpilotních prostředků v ochraně přírody. *Ochrana přírody*, roč. 71, č. 5, s. 26-31. ISSN1210-258X.

CHEN, J.M., & BLACK, T.A., 1992: Defining leaf area index for non-flat leaves. *Plant, Cell & Environment*, 15 (4), s. 420 – 427.

IoT Cluster, 2016: Využití metody NDVI snímkování zemědělských kultur v přesném zemědělství. IoT Cluster. [ONLINE] 15.2.2018 <http://www.iotcluster.cz/vyuziti-metody-ndvi-snimkovani-zemedelskych-kultur-v-presnem-zemedelstvi>

KARAS, J., & TICHÝ, T., 2016: Drony. 1. vydání. Brno. Computer Press, s. 264. ISBN978-80-2514-680-4.

KÁRA, J., & KROULÍK, M., & SOUČEK, J., & PRAŽAN, R., 2016: Uplatnění polních robotů v podmínkách českého zemědělství. *Zemědělec*, r. 24, č. 30, s. 13, ISSN 1211-3816.

KHANAL, S., & FULTON, J., & SHEARER, S., 2017: An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, s. 139, 22 – 32.

KREBS, C.J., 2008: *The Ecological World View* (1st ed.). California: University of California Press.

KŘEPELKA, J., 2010: Precizní zemědělství a jeho přínosy. *Zemědělec*. [ONLINE] 16.1.2018 <http://www.zemedelec.cz/precizni-zemedelstvi-a-jeho-prinosy>

KUMHÁLA, F., 2017: Česká zemědělská univerzita v Praze. O CPZ. [ONLINE] 11.2.2018 <http://cpz.czu.cz/cs/>

MACHÁLEK, A., & HAVRÁNEK, F., 2016: K problematice prevence a snižování škod na zvěři při zemědělských pracích. *Myslivost*, r. 64, č. 4, s. 26 – 28.

MENSURO, 2018: Drony pro přesné zemědělství pomáhají v Iowa City. [ONLINE] 10.4.2018 <http://mensuro.cz/drony-pro-presne-zemedelstvi-pomahaji-v-iowa-city>

MINAŘÍK, P., 2016: Dron centrum. [ONLINE] 29.3.2018 <http://www.droncentrum.cz/kvadroptery-vs-hexakoptery-vs-oktokoptery>

NARESH, R. K., & KUMAR, Y., & CHAUHAN, P., & KUMAR, D., 2012: Role of precision farming for sustainability of rice – wheat cropping system in western indo gangetic plains. *International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research*, 1 (4), 87 – 97.

PECHANEC, V., & VÁVRA, A., 2014: Využití UAV technologie pro získávání dat v precizním zemědělství na příkladu plochy s cukrovou řepou. *Listy cukrovarnické a řepářské*, s. 130 (5-6), 162 – 165.

PIERCE, F.J., & NOWAK, P., 1999: Aspects of Precision Agriculture. *Advances in Agronomy*, 67, s. 1 – 65.

SHAHBAZI, M., & THÉAU, J., & MÉNARD, P., 2014: Recent applications of unmanned aerial imagery in natural resource management. *GIScience & Remote Sensing*, 51 (4), 339 – 365.

STAFFORD, J.V., 2000: Implementing Precision Agriculture in the 21st Century. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76 (3), s. 266 – 273.

ŠKODA, V., 2014: Možnosti využití technologií precizního zemědělství v zemědělském podniku. Mendelova univerzita v Brně. Brno.

TECHNOLOGY EVOLUTION, 2018: Tag Archives: Dron. [ONLINE] 23.2.2018
<http://www.techevo.cz/tag/dron/>

WIKIPEDIA, 2018: GIS zemědělství [ONLINE] 25.3.2018
<http://wiki.cs.vsb.cz/images/c/c9/hlo042-gis-zemedelstvi.pdf>

WIKIPEDIA, 2018: Multispektrální snímkování. [ONLINE] 25.1.2018
<http://cs.wikipedia.org/wiki/multispektralni>

WIKIPEDIA, 2018: Satelitní fotografie. [ONLINE] 25.1.2018
<http://cs.wikipedia.org/wiki/sateltni>

WIKIPEDIA, 2018: Precizní zemědělství. [ONLINE] 6.1.2018
<http://cs.wikipedia.org/wiki/precizni>

13. Seznam obrázků

Obrázek 1: Katering Bug – jeden z prvních bezpilotních letounů (<http://owlcation.com/humanities-history>)

Obrázek 2: nano-dron – miniaturní chytrý dron (www.androidtip.cz/onago-fly-chytry-dron-kapsy/)

Obrázek 3: ortokoptéra DJI S1000 – označují se podle počtu motorů a vrtulí (KARAS, J., & TICHÝ, T., 2016: Drony. 1. vydání. Brno. Computer Press, s. 264, ISBN978-80-2514-680-4).

Obrázek 4: letecká fotografie – vodopády Iguazu – jedním ze sedmi přírodních divů světa (<http://cs.wikipedia.org/wiki/iguacu>)

Obrázek 5: ortofotomapa – normalizovaný vegetační index, podle kterého lze vytvořit aplikační mapu pro zemědělské stroje, které samy automaticky přizpůsobí potřebné hnojení dle mapy (www.geoportalpraha.cz/mapove-aplikace)

Obrázek 6: pohled na aktuální stav – bouřky – z družice Meteosat druhé generace (<https://zpravy.idnes.cz/snimky-z-druzice>)

Obrázek 7: závody FTP – First Person View (<https://pressoko.webnode.cz/news/dronfest-se-blizi/>)

Obrázek 8: záchranářský dron pro poskytnutí první pomoci (www.wikipedia.cz/zachranarsky-dron)

Obrázek 9: roznáškový dron s jídlem v restauraci v Singapuru (<http://www.wikipedia.cz/roznaskovy-dron-v-restauraci-v-singapuru>)

Obrázek 10: Letecká fotografie Ještědu z dronu určená pro marketingové účely (www.zptacihopohledu.cz/fotografie/)

Obrázek 11: letecká fotografie pořízená při povodních v roce 2013 (www.zptacihopohledu.cz/fotografie/)

Obrázek 12: 3D model nejvyšší hory Sněžky vytvořený letounovým dronem (<https://hradec.idnes.cz/drony-mapovaly-snezku-a-okoli/>)

Obrázek 13: tvorba celoplošné mapy obsahu Nmin v půdě z bodových dat půdního vzorkování (www.agris.cz/clanek/118815/)

Obrázek 14: využití BLS pro precizní zemědělství – vysoké rozlišení (<http://cs.wikipedia.org/wiki/precizni>)

Obrázek 15: ukázka suché půdy (www.suchovkrajine.cz/)

Obrázek 16: multispektrální snímek – vegetační index (<http://cs.wikipedia.org/wiki/multispektralni>)

Obrázek 17: multispektrální snímkování pro precizní zemědělství (<http://cs.wikipedia.org/wiki/multispektralni>)

Obrázek 18: Blue Marble 3000 – zhaw radar – projekt na zmapování viditelné barvy země (www.radar.zhaw.ch/bluemarble3000.html/)

Obrázek 19: odhady zemědělské produkce v precizním zemědělství pomocí GIS (<http://wiki.cs.vsb.cz/images/c/c9/hlo042-gis-zemedelstvi.pdf>)

Obrázek 20: aplikační výnosová mapa (<http://wiki.cs.vsb.cz/images/c/c9/hlo042-gis-zemedelstvi.pdf>)

Obrázek 21: výnosové potenciály jednotlivých plodin ve středočeském kraji (www.vukoz.cz/acta/dokumenty/acta_99/acta-99_barevna-priloha.pdf/)

Obrázek 22: základní požadavky na BLS (www.wikipedia.cz/pozadavky)

Obrázek 23: mapa hustoty výskytu bledule jarní (HŮDA, V., & BĚHOUNEK, J., 2016: Využití bezpilotních prostředků v ochraně přírody. Ochrana přírody, roč. 71, č. 5, s. 26-31, ISSN1210-258X).

Obrázek 24: výřez z fotomapy VKP Vstavačová louka v Libouchce (HŮDA, V., & BĚHOUNEK, J., 2016: Využití bezpilotních prostředků v ochraně přírody. Ochrana přírody, roč. 71, č. 5, s. 26-31, ISSN1210-258X).

Obrázek 25: smutná realita dneška (www.google.cz/usmrcena-srncata-pri)

Obrázek 26: záchrana srnčat (www.google.cz/zachranena-srnkata/)

Obrázek 27: vertikální farma (www.google.cz/vertikalni-farma)

Obrázek 28: Vincent Calabaut – návrh obří farmy (www.wikipedia.cz/vincent-calabaut/)

Obrázek 29: firma Fosta – unikátní pěstování zeleniny (<http://www.euro.cz/vertikalni-farma-fosfa>)

Tabulka 1: srovnání modelů (HŮDA, V., & BĚHOUNEK, J., 2016: Využití bezpilotních prostředků v ochraně přírody. Ochrana přírody, roč. 71, č. 5, s. 26-31, ISSN1210-258X).

