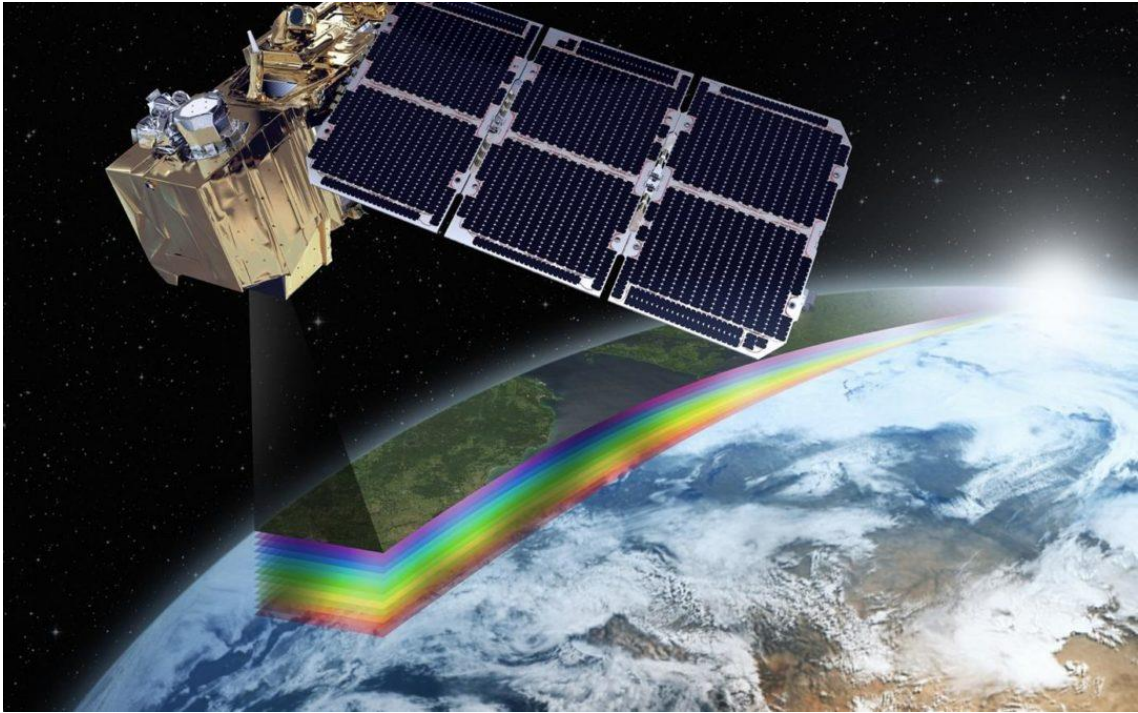


Sborník z konference

Conference proceedings



**Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých
činitelů**

***Remote sensing possibilities in the
detection of forest damaging agents***

**Odborný garant: doc. Ing. Peter Surový, PhD.
Organizační garant: Ing. Roman Modlinger, Ph.D.**

**Termín konání: 10.12. 2021 9:00 – 16:00,
FLD, ČZU v Praze, Dřevařský pavilon, místnost 410**

OBSAH:

1. OBECNÉ DPZ	3
1.1 Využití dálkového průzkumu Země v lesním hospodářství. <i>Remote sensing applications in forestry - a review.</i>	
PETER SUROVÝ.....	3
1.2 Fyziologické procesy a změny u rostlin v důsledku stresu. <i>Physiological processes and changes in plants under stress.</i>	
IVANA TOMÁŠKOVÁ, MEHMET S. ÖZÇELİK	4
1.3 Možnosti detekce lesních škodlivých činitelů prostředky dálkového průzkumu Země. <i>Detection possibilities of forest pests by remote sensing tools.</i>	
ROMAN MODLINGER	5
2. UAV	6
2.1 Bezpilotní letecké prostředky: nástroj pro včasnou detekci stromů napadených kůrovcem. <i>Unmanned aerial vehicles: a tool for early detection of bark beetle-infested trees.</i>	
TOMÁŠ KLOUČEK, JAN KOMÁREK	6
2.2 Automatická detekce stojících stromů pomocí velmi hustého bodového mračka. <i>Automatic Tree stem detection by the very-high density point cloud.</i>	
KAREL KUŽELKA.....	7
2.3 Zjišťování morfologických změn v korunách stromů pomocí ULS. <i>Morphological changes recognition in tree canopy by ULS.</i>	
MARTIN SLAVÍK.....	9
3. LETADLA	10
3.1 <i>Factors associated with Cork Oak mortality – Modeling Diachronic Dieback using aerial imagery to cork oak Decline in Portel region – A case study.</i>	
CONSTANÇA CAMILO ALVES.....	10
3.2 Monitoring zdravotního stavu lesů pomocí leteckých prostředků. <i>Airborne remote sensing in monitoring of forest decline.</i>	
OLGA BROVKINA.....	11
3.3 Detekce změn v lese pomocí laserových letadlových dat. <i>Change detection in forests using airborne laser data.</i>	
ZLATICA MELICHOVÁ	11
3.4 Automatická analýza leteckých dat pomocí metod strojového učení. <i>Automatic analysis of airborne remote sensed materials using machine learning.</i>	
JÚLIA MATEJČIKOVÁ	13
4. SATELITY	14
4.1 Kůrovcová mapa - nástroj pro monitoring lesních porostů napadených kůrovcem. <i>Kůrovcová mapa - a tool for monitoring forest stands infested by bark beetles</i>	
FILIP HÁJEK	14
4.2 <i>Remote Sensing data for predicting spread of Ips typographus.</i>	
AZADEH ABDOLLAHNEJAD, DIMITRIOS PANAGIOTIDIS	18

Doporučená citace: CAMILO-ALVES C., VARANDA C., SARAIVA-DIAS S., DINIS C., FELIX MR, ALMEIDA-RIBEIRO N. Factors associated with Cork Oak mortality – Modeling Diachronic Dieback using aerial imagery . 9–10. In: SUROVÝ, P., MODLINGER, R. (eds.). *Remote sensing possibilities in the detection of forest damaging agents*. Proceedings Prague 10.12.2021, 18 p.

Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.

1. OBECNÉ DPZ

1.1 Využití dálkového průzkumu Země v lesním hospodářství. *Remote sensing applications in forestry - a review.*

PETER SUROVÝ

Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: surovy@fld.czu.cz

Při zjišťování stavu lesů se museli lesníci spoléhat na své vlastní smysly již od nepaměti. Díky technickému pokroku však nyní disponujeme řadou technologií, které dokáží lidské smysly překonat nebo poměrně kvalitně nahradit. Máme k dispozici digitální optické senzory se schopností detekce širokého spektra, které je úzce spjato s fyziologickými procesy v rostlinách. Multispektrální kamery, schopné detekovat tři kombinující se kanály viditelného světla (RGB) a blízké infračervené kanály pomáhající odhalit stresovaný strom. Hyperspektrální kamery dokáží zachytit obraz až o několika stovkách kanálů. V případě snímání trojrozměrné strukturální informace za pomoci laserů je možné zaznamenat i povrch pod korunami stromů a odvodit tak různé dendrometrické veličiny.

Pro vytvoření stratifikace, neboli vytvoření plošných prvků/polygonů jako jsou holiny, těžbové prvky nebo věkové stadia porostu, můžeme pro každý jednotlivý polygon určit počet stromů, tloušťkovou strukturu, zakmenění, zápoj, hustotu, přírůst.

Mezi nástroje DPZ řadíme satelity, letadla a bezpilotní prostředky.

Počátky satelitní technologie se datují do roku 1957, kdy byl vypuštěn vůbec první satelit Sputnik. Úplně prvním družicovým systémem, který využíval satelitních snímků pro lesnické účely byl v osmdesátých letech systém Landsat. Významná změna ale přišla se satelity s vysokým rozlišením (very high resolution VHR), příkladem může být satelit IKONOS z roku 1999, který dosahoval prostorového rozlišení 1 metr a 4 metry pro multispektrální pásma. Od té doby byly vypuštěny další satelity VHR, například: WorldView-1, -2 a -3, Ziyuan-3A, Pléiades, RapidEye, QuickBird, GeoEye-1. Novou inovací byly mikrosatelity se schopností detailního rozlišení v 0,5 metru pro panchromatické zobrazení a rozlišení 2 metry v multispektrálním zobrazení.

Letadla s posádkou jsou osvědčenou metodou, která dlouho slouží jako důležitý nástroj pro pořizování dat pro o stavu lesů, poskytující nejen vizuálně červeno-zeleno-modré (RGB) snímky, ale i již zmiňované multispektrální, hyperspektrální, radarová nebo laserová data. V posledním desetiletí byla největší pozornost věnována právě využití dat leteckého laserového skeneru (ALS) a v menší míře digitální letecké fotogrammetrii (DAP) využívající principy stereofotogrammetrie nebo vícehledové fotogrammetrie.

Drony (UAV) nazýváme bezpilotní prostředky, které se pohybují ve vzduchu většinou v menších výškách. Díky miniaturizaci senzorů, jsou UAV dnes schopny nést široký výběr snímačů. Od RGB kamer s ultra vysokým rozlišením, přes speciální lehké hyperspektrální senzory. Využití bezpilotních nosičů s kamerovými systémy nabízí libovolné časové rozlišení s vhodným prostorovým detailem pro zmapování jednotlivých stromů a současně dostatečné spektrální rozlišení vhodné pro zmapování zdravotního stavu celého porostu. Nevýhodou těchto systémů je jejich využitelnost pouze za příznivého počasí, jejich malá rychlost a krátká výdrž baterie.

Při získávání dat je hlavním výstupem rastr nebo bodové mračno – z něj lze budovat všechny typy hodnocení geometrie. Dnes je možné různými postupy nalézt a spočítat parametry jednotlivých stromů. Výpočet výšky se provádí z rozdílu nejvyššího pixelu na vrcholku stromů a nejnižšího pixelu, který nejčastěji reprezentuje pixel vodní hladiny. Takovýto postup se nazývá *Individual tree detection* ITD – hledání jednotlivých stromů. K němu alternativa existuje *Area Based Approach* ABA – nehledáme jednotlivé stromy, vyčleníme si část snímku – z tohoto snímku pomocí statistiky odhadujeme, kolik je zde stromů (určité vlastnosti mračna nebo rastru statisticky při daném rozlišení odpovídá např. 50 stromům).

Data získaná za pomoci DPZ nám mohou posloužit k hlubšímu pochopení procesů a vztahů v lese i k detailnímu monitoringu aktuálního stavu lesa a jeho vývoje. Z publikovaných prací v této rešerši je zřejmé, že mnoho veličin jako například věk, které nejsou možné přímo měřit je možné získat právě častějším a dlouhodobějším snímkováním.

1.2 Fyziologické procesy a změny u rostlin v důsledku stresu. *Physiological processes and changes in plants under stress.*

IVANA TOMÁŠKOVÁ¹, MEHMET S. ÖZÇELİK²

¹Katedra genetiky a fyziologie lesních dřevin, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

²Faculty of Forestry, Isparta University of Applied Sciences.

e-mail: ¹tomaskova@fld.czu.cz; ²ozceliksmehmet@gmail.com

Physiological measurements help us to determine and quantify the plant stress otherwise the color or shape changes could be caused by many different stress factors. Drought is the most frequent stress factors influencing the plant vitality and survival. Nowadays, it is more pronounced under undergoing climate change. Plants utilize different strategies how to cope with the drought. More osmotic active compounds (i.e. sugars or amino acids) are produced because of changed gene expression leading to maintaining of stable water potential. Production of growth promoting phytohormones (cytokinin) is restricted on the opposite abscisic acid (ABA) production increases turning down the stomata. Next to the drought, European forest ecosystems usually suffer from lower pH values of the soil. Values under the 4.5 limits the absorption of selected mineral ions. Moreover, the positive charged ions (calcium, magnesium) are being released from the cation complex because of hydrogen ions surplus. The tree defense covers the releasing of root exudates to ameliorate the proximity of the fine roots. In case of sulphur surplus, the plant is able to build this element into amino acids and enhance the production of glutathione scavenging the oxygen radicals. Production of other antioxidants is launching also after lower or higher temperatures exposure, especially superoxide-dismutase and peroxidase are on the rise. All abiotic stress factors could be detected by measuring the stress proteins abundance – dehydrins under drought stress, proline under low and heat shock proteins under high temperature stress. Biotic stress factors as fungal or insect infestation induce the production of secondary compounds spectrum targeting to stop or impair further penetration of agent. Moreover, the pathogen related proteins are produced e.g. chitinase to breakdown the main component of pathogen cell wall. Next to the stress phytohormones e.g. ethylene or ABA initiating the production of volatiles (methyljasmonate, methylsalicylate) to inform other plants about the attack.

The plant physiology uses several approaches to reveal the stress at the level of the tree. The water shortage can be estimated using the sap flow measurement in the stem together with precise measurement of stem volume changes. This approach is – among others - helpful in elucidation of the processes in the tree after bark beetle infestation. Recordings from high-resolution dendrometers help to understand the tree strategies in wood investment or in bare survival. Physical stress factors as heat excess or excessive irradiance could be captured by fast kinetics of fluorescence. Spectrophotometric and chromatograph measurements are integral part of the physiological research. Using these approaches the various secondary metabolites, antioxidants, and stress proteins could be measured.

Climate change projections predict an increase in temperature anomalies and the frequency, severity and length of droughts in the near future. For this reason, the precise determination of the results of stress factors in plants will continue to be important for tackling the climate change.

1.3 Možnosti detekce lesních škodlivých činitelů prostředky dálkového průzkumu Země.

Detection possibilities of forest pests by remote sensing tools.

ROMAN MODLINGER.

Excelentní tým pro mitigaci, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

e-mail: modlinger@fld.czu.cz

Během poslední dekády došlo k výraznému rozvoji poznatků v oblasti dálkového průzkumu Země (DPZ), který se stává důležitým prostředkem pro zaznamenávání zdravotního stavu vegetace. Různými prostředky DPZ je sledována defoliace, poškození nebo mortalita lesních porostů. Zpravidla se však jedná o záznam projevů změn bez jejich další klasifikace na druh škodlivého činitele. Přímá identifikace původců poškození tak představuje aktuální směr dalšího výzkumu. V rámci příspěvku byly nastíněny důležité kroky při detekci škodlivých činitelů a byly uvedeny druhy a skupiny škodlivých činitelů se specifickými symptomatickými projevy, jenž by mohly být využity pro přímou identifikaci pomocí DPZ.

Při zjišťování konkrétního škodlivého činitele pomocí DPZ je důležité stanovení cíle detekce (např. zjištění predispozice, záznam rozsahu výskytu, kontrola vývoje pro účely dalšího managementu). Podle zvoleného účelu detekce je následně určeno nejvhodnější načasování procesu snímání, a s ohledem na rozsah oblasti vybrán vhodný prostředek DPZ (UAV, letadlo, satelit) a metoda snímání (pasivní nebo aktivní senzor). V ideálním případě jsou pro daný projev škodlivého činitele známé charakteristické spektrální signatury. Počet druhů škodlivých činitelů, které lze detekovat na základě předchozích srovnávacích studií je doposud pouze omezené množství. Pro získání spektrálních signatur nebo jejich variability je proto třeba obvykle provést detailní srovnávací studii. Základním prvkem v tomto zjišťování jsou charakteristické vlastnosti symptomu konkrétního poškození. Pro detekci pomocí DPZ je podstatné zejména jde-li o symptomy specifické nebo nespecifické, trvalé či dočasné.

Mezi činiteli způsobujícími poškození lesních porostů v Česku lze stanovit skupiny s podobnými symptomy, pro jejichž detekci by bylo možné použít podobných technik DPZ. Pro detekci polomů nebo zlomů vlivem větru, sněhu a námrazy lze s úspěchem použít fotogrammetrických metod či LiDAR. Sucho představuje nespecifický symptom, který však je dobře detekovatelný pomocí indexů citlivých na obsah vody v asimilačních orgánech. Poškození pozdním mrazem je charakteristické vzhledem

k stavu okolní vegetace. Detekce podkorního hmyzu je vzhledem k aktuálně probíhajícímu přemnožení lýkožrouta smrkového intenzivně zkoumanou oblastí. V této oblasti byla provedena řada výzkumů, která dokladuje úspěšnou detekci lýkožroutem napadených stromů. Vzhledem k vysoké variabilitě snímaných objektů, dosahuje detekce v různých podmínkách prostředí proměnlivé úspěšnosti. Lze očekávat, že včasná detekce dalších smrkových druhů jako je *Ips duplicatus* nebo *Pityogenes chalcographus* bude pravděpodobně komplikovanější. Stejně tak u borových kůrovců *Ips acuminatus*, *Tomicus minor* nebo *Tomicus piniperda*. Ze skupiny podkorního hmyzu bude pravděpodobně vyšší úspěšnost detekce u druhů s delším vývojovým cyklem jako je *Dendroctonus micans* nebo u druhů relativně více saprofytických jako je *Ips sexdentatus*. Možnost detekce listožravých druhů pomocí DPZ je obecně vysoká. Problémem může být relativně rychlá regenerace asimilačních orgánů u některých druhů dřevin, nízká intenzita poškození nebo žír na starších ročních jehlic. Poškození asimilačních orgánů v spodních nebo vnitřních částech korun je největším problémem při detekci houbových patogenů, rovněž včasná detekce může selhávat díky dlouhotrvajícímu rozrůstání mycelia. Po vzniku viditelných projevů však může být detekce houbových patogenů velmi úspěšná.

2. UAV

2.1 Bezpilotní letecké prostředky: nástroj pro včasnou detekci stromů napadených kůrovcem.

Unmanned aerial vehicles: a tool for early detection of bark beetle-infested trees.

TOMÁŠ KLOUČEK, JAN KOMÁREK

Katedra prostorových věd, Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: tkloucek@fzp.czu.cz; komarekjan@fzp.czu.cz

Lesní disturbance způsobené škůdci představují vážnou hrozbu jak pro životní prostředí, tak pro samotné lesní hospodářství. Jedním z nejvážnějších škůdců na území České republiky je v dnešní době lýkožrout smrkový. Detekce stromů napadených kůrovcem je proto velkým výzkumným, ale i obecně lesnickým tématem. Pro eliminaci šíření kůrovce je důležitá včasná detekce a s ní spojená asanace nově napadených stromů. Běžně se pro tyto účely používá časově i personálně náročný terénní průzkum zaměřený na hledání viditelných symptomů na kmenech stromů. Zejména z ekonomických důvodů je však v lesnictví enormní snaha nalézt nové přístupy umožňující plošnou včasnou detekci napadení (v tzv. „green-attack stage“) na úrovni jednotlivých stromů. Díky možnosti jejich operativního nasazení se jako potenciálně vhodné platformy nabízí bezpilotní letecké prostředky (Unmanned Aerial Vehicle; UAV), které lze pro potřeby detekce či monitoringu šíření kůrovce osadit řadou standardních i profesionálních senzorů. Cílem našeho výzkumu je posoudit využitelnost (a) běžného RGB, (b) multispektrálního a (c) termálního senzoru a jimi pořízených snímků pro včasnou detekci stromů napadených kůrovcem. Potenciál běžného RGB senzoru byl zkoumán pomocí čtveřice snímků pořízených v roce 2017 fotoaparátem Sony Alpha A7 neseným UAV Zephyros Oktos XL v bezzásahové lokalitě Obří důl ležící v Krkonošském národním parku. Pro hodnocení využitelnosti multispektrální kamery byl naopak použit profesionální miniaturizovaný UAV senzor MicaSense RedEdge-MX nesený platformou senseFly eBee X. Trojice snímků popisující první generaci kůrovce byla tímto senzorem

Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.

pořízena v roce 2020 nad hospodářským lesem v Novém Městě na Moravě. Jako poslední byl v rámci výzkumu hodnocen potenciál termálního sensor senseFly Duet-T umístěného opět na platformě eBee X. Zájmovou lokalitou byl hospodářský les v okolí Školního zemědělského podniku Lány – Amálie, který byl kontinuálně snímán v letech 2020-2021. Z výsledků výzkumu je obecně patrné, že běžné RGB a multispektrální senzory jsou prakticky využitelnými nástroji včasné detekce stromů napadených kůrovcem umožňující velmi přesnou detekci cca po 3 týdnech od napadení. Počátky vnikajících kůrovcových ohnisek jsou viditelné i o týden dříve. Jak v případě RGB, tak multispektrální kamery rozlišitelnost (ne)napadených stromů roste s dobou od jejich napadení kůrovcem. Výsledky termálních snímků jsou zatím experimentální, z provedeného pilotního výzkumu se však ukazuje možná souvislost mezi povrchovou teplotou stromu a pravděpodobností jeho napadení kůrovcem. Na výsledky základního výzkumu přímo navazují aplikace Beetle a Beetle2images. Obě aplikace představují zpoplatněné webové služby, které uživatelům umožňují detailní detekci stromů napadených kůrovcem. Aplikace jsou založeny na hledání spektrálních změn, ke kterým dochází zejména u napadených stromů. K výpočtu jsou využívána data pořízená bezpilotními leteckými prostředky. Zejména pak aplikace Beetle2images je unikátní využitím dvou-snímkového přístupu a pokročilých metod „change detection“. Výstupem obou aplikací je vektorová bodová vrstva, kterou lze stáhnout nebo zobrazit nad mapovým oknem.

Výzkum byl podpořen Technologickou agenturou České republiky (TJ01000428 a TP01010050), grantem „EXTEMIT – K“ (CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/0000433) financovaným OP RDE a Českou zemědělskou univerzitou v Praze (grant GIGA 20184206). Na závěr bychom chtěli poděkovat našemu hlavnímu výzkumnému partnerovi – společnosti HSI spol. s.r.o., členu skupiny Unicorn.

2.2 Automatická detekce stojících stromů pomocí velmi hustého bodového mračna.

Automatic Tree Stem detection by the very-high density point cloud.

KAREL KUŽELKA

Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: kuzelka@fld.czu.cz

Trojrozměrná (3D) laserová bodová mračna pořízená pomocí bezpilotních systémů (UAS) představují relativně nový typ dat dálkového průzkumu Země pro lesnické a environmentální aplikace. Víceodrazové lehké laserové skenery určené pro použití s bezpilotními systémy poskytují statisíce až miliony bodů za sekundu s přesností v řádu milimetrů. Díky nízké letové výšce a malé rychlosti letu dosahují bodová mračna hustoty v řádu tisíců bodů na čtvereční metr. Bodová mračna takovýchto hustot představují vysoce kvalitní reprezentaci individuálních stromů a lesních porostů. Relativně velký rozsah skenovacích úhlů zaručuje dobré pokrytí terénu, korun i kmenů stromů dostatečným počtem bodů.

Pomocí UAS Riegl RiCOPTER vybaveného skenovacím systémem VUX-SYS byla získána bodová mračna sady lesních porostů různých dřevin a strukturních charakteristik. Data byla sbírána s frekvencí pulzů 550 kHz, s pozemní rychlostí letu 6 ms^{-1} a s výškou letu 80 m nad terénem. Výsledkem byla bodová

mračna o hustotách přes 2000 bodů na čtvereční metr. V stejnověkových monokulturních porostech smrku ztepilého a borovice lesní mýtního věku (400 – 500 stromů na hektar) byly jednotlivé stromy reprezentovány v průměru 100 až 150 tisíci body v závislosti na hustotě a struktuře lesního porostu a velikosti jednotlivých stromů. Z tohoto množství připadalo na samotný kmen stromu v průměru 1000 až 2000 bodů, což odpovídalo 20 až 60 bodů na metr délky.

Jednotlivé stromy byly v mračnu automaticky detekovány a segmentovány na základě hustoty bodů v podkorunovém prostoru. Pro měření tloušťek kmene v bodových reprezentacích segmentovaných stromů byly z důvodu velkého množství bodů nepříslušících kmenům stromů (větve, podrost) použity metody Hough transform, random sample consensus (RANSAC) a robust least trimmed squares (RLTS) s kontextovými omezeními pro vyrovnání kružnic. Algoritmus detekce stromů správně identifikoval 99 % stromů ve vzrostlém stejnověkém lese. Jednotlivé metody detekce kružnic v bodovém mračnu vykazovaly rozdílné výsledky. Metoda Hough transform detekovala kružnice pouze v kvalitních bodových reprezentacích s dostatečným počtem bodů a malým šumem. Výrazně lepších výsledků v méně kvalitních bodových reprezentacích dosahovaly metody RANSAC a RLTS, přičemž algoritmus RLTS dokázal nalézt kruhy v bodových strukturách o něco přesněji než RLTS. Celková průměrná chyba určení výčetní tloušťky na jednotlivých plochách nepřekročila 1,7 cm (6 %); střední kvadratická chyba 6 cm (22 %).



Figure 1 The workflow od data collection, tree segmentation and diameter estimation

2.3 Zjišťování morfologických změn v korunách stromů pomocí ULS. *Morphological changes recognition in tree canopy by ULS.*

MARTIN SLAVÍK

Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: moslavik@fld.czu.cz

High-resolution laser scans from unmanned aerial vehicles (UAV) provide a highly detailed description of tree structure at the level of fine branches. Apart from ultrahigh spatial resolution, unmanned aerial laser scanning (ULS) can also provide high temporal resolution due to its operability and flexibility during data acquisition. We examined the phenomenon of bending branches of dead trees during the year from ULS multi-temporal data. In a multi-temporal series of three ULS datasets, we detected a synchronized reversible change in the inclination angles of branches of 43 dead trees in a stand of blue spruce (*Picea pungens* Engelm.). The observed phenomenon has important consequences for both tree physiology and forest remote sensing. First, the inclination angle of branches plays a crucial role in solar radiation interception and thus influences the total photosynthetic gain. The ability of a tree to change the branch position has important ecophysiological consequences, including better competitiveness across the site. Branch shifting in dead trees could be regarded as evidence of functional mycorrhizal interconnections via roots between live and dead trees. Second, we show that the detected movement results in a significant change in several point cloud metrics often utilized for deriving forest inventory parameters, both in area-based approach (ABA) and individual tree detection approaches, which can affect the prediction of forest variables. To help quantify its impact we used point cloud metrics of automatically segmented individual trees to build a generalized linear model to classify trees with and without the observed morphological changes. The model was applied to a validation set and correctly identified 86% of trees that displayed branch movement, as recorded by a human observer. The ULS allows for the study of this phenomenon across large areas, not only at individual tree levels.

3. LETADLA

3.1 *Factors associated with Cork Oak mortality – Modeling Diachronic Dieback using aerial imagery .*

CONSTANÇA CAMILO ALVES^{1,2}, CARLA VARANDA^{1,2}, SUSANA SARAIVA DIAS⁴, CATI DINIS^{1,2}, MARIA ROSÁRIO FÉLIX^{1,2}, NUNO DE ALMEIDA RIBEIRO^{1,3}

¹ Plant Science Department, University of Evora, Évora, Portugal.

² MED - Mediterranean Institute for Agriculture Environment and Development.

³ ICT - Institute of Earth Sciences

⁴ The Polytechnic Institute of Portalegre (IPP), Portugal

e-mail: ¹ calves@uevora.pt

The University of Évora was called to perform a diagnosis of cork oak mortality in two nearby farms. Both belonged to the same private owner and mortality events were observed since the early 00's. In general, symptoms associated with cork oak mortality are defoliation and upper branches dieback. Those are unspecific and indicate tree water stress. Although the soilborne pathogen *Phytophthora cinnamomi*, coupled with unfavorable climatic conditions, is usually associated with cork oak mortality, by now it is known that cork oak decline is a function of several abiotic-biotic factors acting conjointly. To perform the diagnosis, a diachronic approach was performed, using aerial images taken in two periods, 2004 and 2012. The aerial photos were processed following Surovy et al. (2004a, b) methodology, with algorithms to identify Mediterranean trees from high-resolution remote sensed imagery, using near Infrared (NIR) and visible spectrum (RGB). The NIR and RGB spectral procedure contrasted features essential to the visual detection of dead cork oaks. Afterward, living cork oak trees were discriminated from the background using the B-square index. The processed images can be used for diagnosing tree physiological status (dead/ alive) for mapping tree mortality and also to calculate crown cover. Additionally, soil type, slope and aspect were obtained through cartographic and topographic maps. The intersection of all maps and images resulted in polygons with unique values for each parameter. Maps of the kernel density of tree mortality were generated to select key spots for pests and diseases field survey. Detection of soil pathogens was performed using baiting method and molecular analyses. General Mixed Model Analyses showed that both farms had the same predisposing and inciting factors associated with tree decline: shallow soils, *P. cinnamomi* presence, strong sunlight exposure and inappropriate cultural practices such as soil disking (information gathered with the owner). Shallow soils limit root expansion, the pathogen cause root rot, soil disking destroys the root system - these factors cause tree water stress by reducing trees' capacity to absorb water; on the other hand, sunlight exposure increases water demand by means of evapotranspiration. However, the relative importance of each factor varied among farms. As a result, the dieback processes also differed, despite their similarity regarding mortality intensity. In one farm, deep soil disking and sun exposure were the strongest factors, and in the other farm very shallow soils and *P. cinnamomi* were more associated with mortality. The diachronic approach associated with field survey and information compilation resulted in a better comprehension of the tree dieback on a small scale and proved its usefulness in future decision-making regarding tree mortality mitigation.

3.2 *Airborne remote sensing in monitoring of forest decline.*

OLGA BROVKINA, PETR LUKEŠ, LUCIE HOMOLOVÁ, TOMÁŠ FABIÁNEK, JAN NOVOTNÝ, VOJTĚCH BÁRTA
Global Change Research Institute of CAS, Department of Remote Sensing Bělidla 986/4a,
Brno, 603 00
e-mail: brovkina.o@czechglobe.cz

Remote Sensing Department of CzechGlobe (Global Change Research Institute CAS) actively participates in monitoring of spruce forest health status based on airborne and satellite data. The Flying Laboratory of Imaging Systems (FLIS), which is the key research infrastructure of the Department, consists of an airborne carrier, imaging spectroradiometers and a laser scanner. Photogrammetric airplane Cessna 208B Grand Caravan with two hatches serves as an airborne carrier. The basic sensor equipment consists of hyperspectral sensors CASI-1500, SASI-600 and TASI-600, produced by company Itres. The LMS Q780 airborne full-waveform laser scanner positioned on the board of the plane is a product of the company Riegl. All four scanners acquire data simultaneously.

Three methods have been developed at the Department:

- Identification of dry trees from airborne hyperspectral (VNIR) data using PCA analysis and invert mask of vegetation above 2m from airborne laser scanning. The method is robust, automatic, applicable for large area, and do not need field measurements.
- Identification of spruce decline categories from airborne hyperspectral (VNIR) data to: initial decline, initial to moderate decline, and dead. The composite indicator of spruce health status was found as a promising field characteristic included Dead_trees, Discoloration, Dry_tree_top and Vitality parameters. The method requires an intensive field work.
- Pre-visual identification of infested by bark-beetle spruce trees from airborne hyperspectral (VNIR) data. The next spruce tree classes were distinguished: healthy, green attack (pre-visual), red attack (visual) and grey attack (dead wood). The method is semi-automatic, allows the early detection of infested spruce trees, can be used to track changes in spruce health decline.

3.3 *Detekce změn v lese pomocí laserových letadlových dat.* ***Change detection in forests using airborne laser data.***

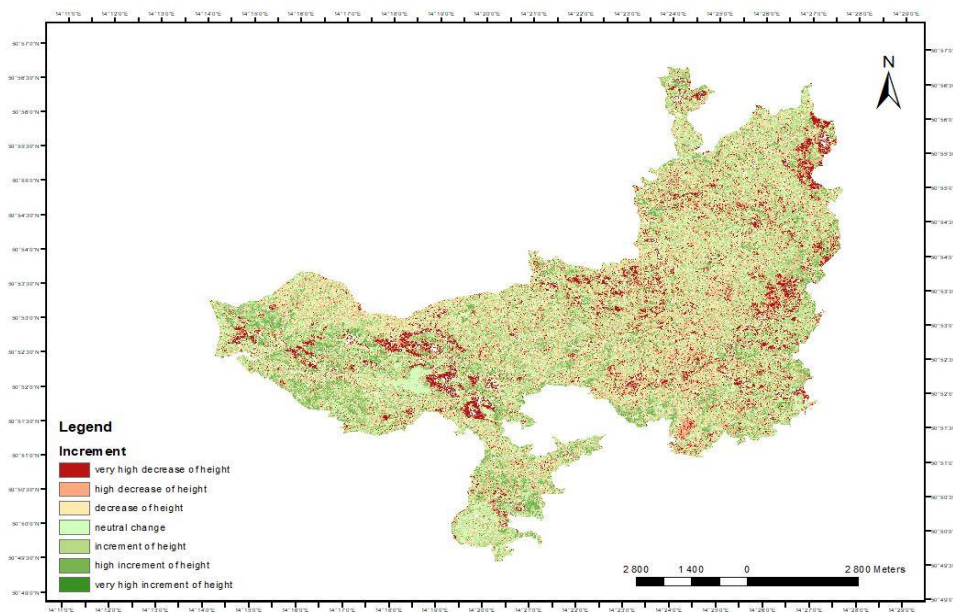
ZLATICA MELICHOVÁ

Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: melichovaz@fld.czu.cz

Získavanie informácií o lese sa už niekoľko desaťročí opiera o dáta leteckého laserového snímkovania. Dynamika a rast lesa je esenciálnou súčasťou hospodárskej úpravy lesa. Aby sa docielilo trvalo udržateľné hospodárenie v lesoch, sú potrebné informácie o súčasnom stave, ale aj budúcom raste lesa. Letecké laserové skenovanie je založené na meraní vzdialenosti. Vzdialenosť sa vypočíta na základe času medzi vyslaním pulzu a prijatím odrazu. Rast z diaľkového prieskumu možno hodnotiť na

Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.

základe opakovaných meraní (oddelených časovým intervalom) toho istého stromu alebo porastu, pričom rozdiely merania priamo naznačujú rast. Najmä v chránených územiach (oblastiach kde sa nezasahuje a dochádza len k prirodzenému vývoju lesa) by na odhad rastovej dynamiky lesa mohol byť aplikovaný diaľkový prieskum Zeme. V našej štúdii sme hodnotili dynamiku pomocou opakovaného laserového skenovania v Národnom parku České Švýcarsko a v ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Boli použité historické dáta z Národného parku České Švýcarsko, ktoré boli vyhotovené v roku 2005 Technickou univerzitou v Drážďanoch z Nemecka a nové dáta z nového snímkovania v roku 2019 pre Národní park České Švýcarsko a letecké laserové dáta z roku 2019 a 2020 z Kostelce nad Černými Lesy. Historické letecké dáta boli vyhotovené spoločnosťou Toposys a typ použitého skeneru bol Falcon II. Letecké dáta z roku 2019 a 2020 boli vyhotovené firmou Primis a použitý typ Leica ALS60. Na validáciu leteckých dát boli na celom území NPCČ a ŠLP vytvorené zkusné plochy o výmere 3, 5 a 10 árov. Na týchto plochách boli pre každú drevinu zmerané výšky, hrúbky stromov a vyvrátené vývrty na hodnotenie prírastku. Dáta boli zapisované do aplikácie ArcGIS Collector. Pred samotnou analýzou dát boli dáta spracované v programovacom prostredí Anaconda. Na rozčlaďovanie dát, identifikáciu groundu, filtráciu a prevedenie dát z laserového súboru na rastrový sa použila knižnica PDAL. Na zistenie prírastku sa použila rozdielová analýza v aplikácii ArcGIS. Ako výsledok tejto analýzy bola mapa prírastku. Dáta ktoré museli byť z analýzy odstránené boli prípady, kedy nastalo k poklesu prírastku a prírastku ktorý bol väčší ako 15 metrov. Na štatistické spracovanie dát sme použili R software. Prírastok sme rozdelili podľa výškových tried a tie sme vyrovnali Korfovou a Chapman- Richards rastovou funkciou. Korfova funkcia kopírovala tvar výškových rozdelení lepšie. Za pomoci zobecného lineárneho modelu s použitím normálneho rozdelenia sme zistili vplyv triedy pre danú bonitu. Zistili sme tri najlepšie a tri najhoršie bonity. Ďalej sme zistili, že prírastky súvisia so stanovištnými podmienkami ako sú podmáčané a živné stanoviská.



3.4 Automatická analýza leteckých dat pomocí metod strojového učení. *Automatic analysis of airborne remote sensed materials using machine learning.*

JÚLIA MATEJČÍKOVÁ

Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.
e-mail: matejcikova@fld.czu.cz

Klasifikácia je proces pri ktorom dochádza k zatriedovaniu vzdialene snímaných bodov do tried alebo tém. Pri klasifikácii môže byť využitá spektrálna a priestorová informácia obrazu. Na základe toho, či je použitá ako základná jednotka pri klasifikácii pixel alebo objekt je klasifikácia delená na pixel based a object based classification. Pixel based classification (klasifikácia založená na pixeloch) spočíva v klasifikovaní každého pixelu do vopred definovanej triedy a je využívaná pri klasifikácii rozsiahlych území, ako napríklad detekcia zastavaných plôch v rámci štátu. Object based classification, je klasifikácia založená na pixeloch a využíva spektrálnu aj priestorovú informáciu obrazu. Obraz je tvorený homogénnymi segmentami, ktoré sú väčšie ako pixel. Pri segmentácii dochádza k rozdeleniu obrazu na niekoľko oblastí (segmentov). Medzi druhy segmentácie patria napríklad: šachovnicová segmentácia (Chessboard segmentation), multiresolution segmentation a Quadtree-based segmentation. Klasifikácia sa ďalej delí na neriadenú a riadenú klasifikáciu. Neriadená klasifikácia (unsupervised classification) je klasifikáciou bez ľudského rozhodovania. V realite je ľudská účasť nutná na orientačné dodanie počtu tried, ich rozdielu alebo zastúpenia. Riadená klasifikácia (supervised classification) využíva vopred identifikované homogénne vzorky, ktoré reprezentujú klasifikačné triedy. Tieto vzorky sú nazývané trénovacie vzorky a slúžia na „naučenie“ klasifikátora o spektrálnej informácii jednotlivých segmentov. Pre klasifikáciu obrazu sú využívané rôzne štatistické metódy, ako napríklad Maximumlikelihood classifier, distance measure, logistická regresia. Ďalej sú používané metódy strojového učenia a hlbokého učenia. Medzi metódy strojového učenia patrí support vectore machine a metóda Random Forest. Hlboké učenie zahŕňa konvolučné neurónové siete. Random Forest patrí medzi neparametrické klasifikátory strojového učenia. Je tvorený kombináciou viacerých rozhodovacích stromov, ktoré hodnotia dôležitosť každého vstupujúceho prvku pomocou procesu delenia prvkov. Postačuje len niekoľko parametrov (počet stromov (N) a počet predikčných prvkov (m)). Support vector machine zapadá pod riadenú klasifikáciu a využíva metódu jadrového učenia, čo predstavuje algoritmy pre analýzu vzorov. Táto metóda je používaná hlavne pri klasifikácii hyperspektrálnych snímok pozostávajúcich zo stoviek kanálov s úzkymi frekvenčným pásmami. Klasifikácii obrazu predchádza zber pozemných dát. Pre zber dát môže byť využitá mobilná aplikácia ArcGIS Collector. Napríklad pri klasifikácii mŕtvych stromov je poloha jednotlivých mŕtvych stromov zaznačovaná do bodovej vrstvy. Dáta sú automaticky ukladané na cloudové úložisko. Bodová vrstva je následne rozdelená na trénovacie a validačné vzorky, napríklad v softvéri ArcGIS Pro. Validáčnne vzorky tvoria 20% z celkového dátového súboru vzoriek a tréningové 80%. Rozdelenie dátového súboru medzi validačné a trénovacie vzorky prebieha stratifikovane. Analýza snímok v lesníctve môže mať rozsiahle využitie, napríklad pri klasifikácii druhov drevín, automatickej detekcii mŕtvych stromov alebo detekcii požiarov. Automatická detekcia mŕtvych stromov môže poskytnúť informácie o rýchlosti šírenia sa kôrovcevej kalamity v priebehu rokov a o percentuálnom prírastku za rok. Pre analýzu snímok sa dajú využiť komerčné aj nekomerčné softvéry. Medzi najčastejšie používané softvéry patria eCognition od kalifornskej firmy Trimble, Inc, ktorý bol vyvinutý na spracovanie obrazu a využíva poznatky analýzy obrazu založenej na objektoch, tzn. skúma pixely v kontexte jednotlivých objektov. Obsahuje rôzne

prístupy strojového a hlbokého učenia. Ďalej je to softvér ArcGIS Pro, ktorého súčasťou sú klasifikátory ako Support vector machine, Random Forest a Maximumlikelihood. Ďalej môže byť na klasifikáciu využitý aj nekomerčný softvér R.


4. SATELITY

4.1 Kůrovcová mapa - nástroj pro monitoring lesních porostů napadených kůrovcem.

Kůrovcová mapa - a tool for monitoring forest stands infested by bark beetles

FILIP HÁJEK

Specializované pracoviště Dálkový průzkum Země a fotogrammetrie, ÚHÚL Brandýs nad Labem.
e-mail: Hajek.Filip@uhul.cz

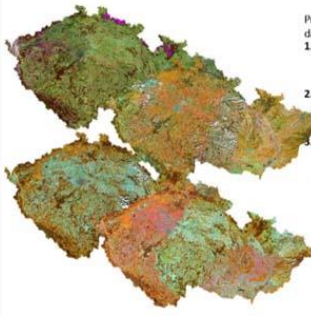


KUROVCOVÁ MAPA.CZ
Pomůcka vlastníků lesů pro monitoring rizika šíření kůrovců

Filip HÁJEK, Radim STREJČEK, Petr LUKEŠ, Markéta KANTOROVÁ
Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
pobočka Frýdek - Místek
hajek.filip@uhul.cz


www.uhul.cz | Informace o lesích

Obrazová data z DPZ na ÚHÚL




Pro lesnické mapování v současnosti používáme 3 zdroje dat DPZ:

1. data LMS z Národního leteckého snímkování ČÚZK – velmi přesné (pixel 20cm), štvrtletá perioda, sdělení s ÚHÚL na základě meziresortní dohody z roku 2010
2. družicové snímky s vysokým rozlišením ESA Sentinel-2, Landsat – dostatečný prostorový detail (pixel 20m), aktualizace 1x – 2x ročně, zdarma
3. družicové snímky s velmi vysokým rozlišením Planet labs, Inc. – dostatečný prostorový detail (pixel 3m), možnost aktualizace 1x měsíc, placená služba



www.uhul.cz | Informace o lesích

Družicový systém Planet




- 175 mikro satelitů PlanetScope – 3 m rozlišení, RGB + NIR, snímkování každý den pro celou Zemi
- 5 satelitů RapidEye – starší systém, 5 m rozlišení, RGB + NIR + Red Edge
- 5 satelitů SkySat – prostorové rozlišení 0,8 m, omezená oblast snímkování
- kromě satelitních scén k dispozici i měsíční a tří měsíční mozaiky a WMS služby


	PLANETSCOPE	RAPIDEYE	SKYSAT
Roční kapacita	1000000000	1000000000	1000000000
Prostorové rozlišení	3 m	5 m	0,8 m
Frekvence snímání	1x denně	1x denně	1x denně
Podpora barev	RGB + NIR	RGB + NIR + Red Edge	RGB + NIR + Red Edge
Podpora formátů	GeoTIFF, GeoJSON, KML, WMS	GeoTIFF, GeoJSON, KML, WMS	GeoTIFF, GeoJSON, KML, WMS
Podpora API	REST API	REST API	REST API
Podpora SDK	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin
Podpora SDK	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin	Python, Java, JavaScript, PHP, Ruby, Swift, Kotlin

www.uhul.cz | Informace o lesích

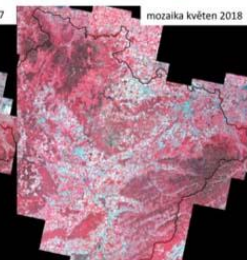
Detekce těžeb ze systému Planet



mozaika květen 2017



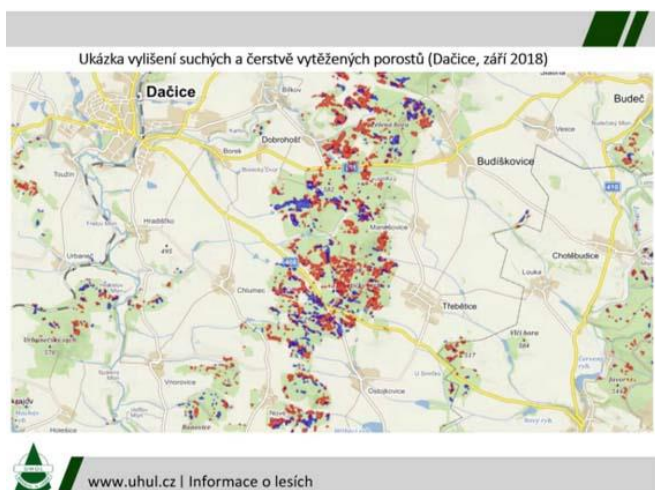
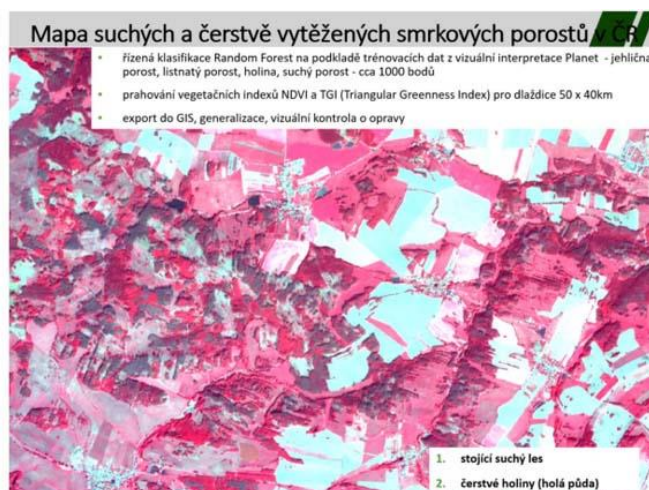
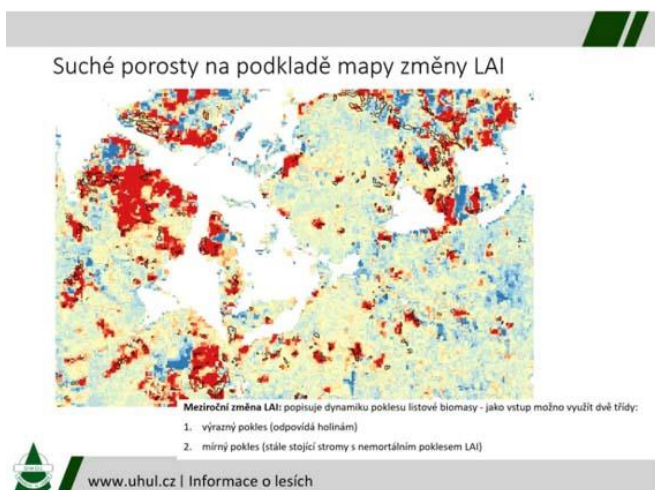
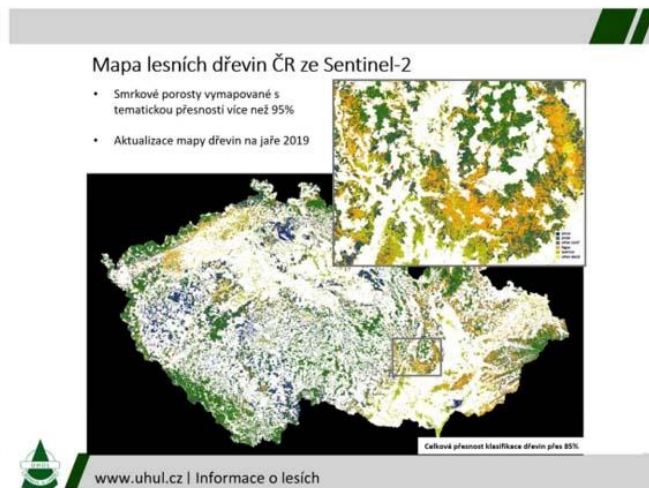
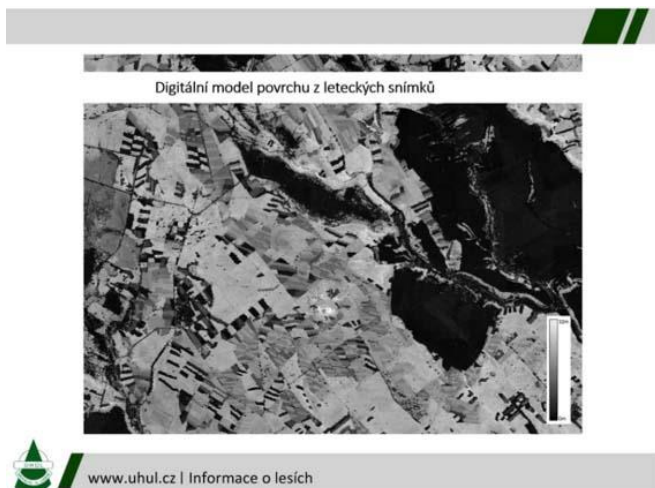
mozaika květen 2018



V návaznosti na oběd „Generel obnosy lesa po kůrovcové kalamitě“ vznikla potřeba rychle vymapovat aktuální hodiny v nepříje postížené oblasti Moravy, tj. v Moravskoslezském, Olomouckém a Zlínském kraji.

www.uhul.cz | Informace o lesích

Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.



Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.

Shrnutí



Satelitní snímky Planet se jeví jako ideální zdroj optických dat pro rapidní mapování změn vegetace i vizuální interpretaci stavu lesních porostů tj. vývoj těžeb, kůrovcové kalamity, větrné polomy, škody zvěří, apod...

- Aplikace zobrazující plochy s rizikem šíření kůrovců v ČR představuje zcela nový způsob využití satelitních snímků v monitoringu lesních porostů.
- Ve spolupráci s autory projektu KŮROVCOVÉ INFO byla mapa suchých a čerstvě vytěžených smrkových porostů publikována přes aplikaci www.kurovcovomapa.cz
- Kůrovcovou mapu najdete i na www.uhul.cz v katalogu mapových informací v sekci Stav a vývoj lesa z DPZ:

<http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyDpz.html>

Pro účely monitoringu šíření rizika kůrovců je mapa aktualizována v cca 3 měsíčních intervalech.

Trendy zdravotního stavu lesa

<https://trendy.uhul.cz>



www.uhul.cz | Informace o lesích



www.uhul.cz | Informace o lesích

Děkujeme za pozornost!



Kolektiv pracovních fotografmetrie a DPZ:

Filip Hájek
Ondřej Tomančík
Markéta Kantorová
Petr Lukeš
Radim Strojček
Honza Vrobel
Iva Šabranová

6 operátorů stereoskopie

kontakt:

hajek.filip@uhul.cz

<http://geoportal.uhul.cz/mapy/MapyDpz.html>

www.facebook.com/uhul.cz



www.uhul.cz | Informace o lesích

Konference „Možnosti DPZ při detekci lesních škodlivých činitelů“ FLD, ČZU v Praze 10.12. 2021, byla uspořádána v rámci řešení výzkumného projektu NAZV QK1920458 – „Objektivizace způsobu zjišťování dynamiky výskytu škodlivých činitelů moderními prostředky DPZ jako podklad pro rozhodování státní správy lesů“.

4.2 *Remote Sensing data for predicting spread of Ips typographus.*

AZADEH ABDOLLAHNEJAD¹, DIMITRIOS PANAGIOTIDIS^{1,2}, PETER SUROVÝ^{1,3}, ROMAN MODLINGER³

¹ Katedra hospodářské úpravy lesů, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

² Excelentní výzkum EVA 4.0, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

³ Excelentní tým pro mitigaci, Fakulta lesnická a dřevařská, Česká zemědělská univerzita v Praze.

e-mail: abdollahnejad@fld.czu.cz; panagiotidis@fld.czu.cz; surovy@fld.czu.cz; modlinger@fld.czu.cz

In the last decade, thousands of hectares of forests have been lost in the Czech Republic, primarily related to European spruce bark beetle (*Ips typographus* L.), while more than 50% of the remaining Czech forests are in great danger, thus posing severe threats to the resilience, stability, and functionality of those forests. The role of remote sensing in monitoring dynamic structural changes caused by pests is essential to understand and sustainably manage these forests. This study hypothesized a possible correlation between tree health status and multisource time series remote sensing data using different processed layers to predict the potential spread of attack by European spruce bark beetle in healthy trees. For this purpose, we used WorldView-2, Pléiades 1B, and SPOT-6 images for the period of April to September from 2018 to 2020; unmanned aerial vehicle (UAV) imagery data were also collected for use as a reference data source. Our results revealed that spectral resolution is crucial for the early detection of infestation. We observed a significant difference in the reflectance of different health statuses. More specifically, several bands from two different satellites in 2018 perfectly predicted the health status classes from 2020. This method could be used to evaluate health status classes in the early stage of infestation over large forested areas, which would provide a better understanding of the current situation and information for decision making and planning for the future.