

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



**Bakalářská práce**

**Hodnocení speciálních plodin metodami dálkového  
průzkumu Země**

**Emin Aliyeu**

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Emin Aliyev

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

**Hodnocení speciálních plodin metodami dálkového průzkumu Země**

Název anglicky

**Evaluation of special crops by remote sensing methods**

---

## Cíle práce

- zpracovat literární rešerši k problematice speciálních plodin a hodnocení porostů metodami DPZ a analýzy obrazu.
- vyhodnotit, jaké metody snímání jsou nevhodnější k daným účelům včetně jejich efektivity a nákladů, a v jakých zeměpisných oblastech jsou vybrané metody DPZ nejvíce využívány a proč.

## Metodika

V úvodu své práce autor popíše problematiku využití dálkového průzkumu Země a následné metody analýzy obrazu k hodnocení stavu porostu speciálních plodin. V návaznosti na literární rešerši i informace popsané v teoretické části bakalářské práce se autor v praktické části zaměří na hodnocení používaných metod snímání porostů speciálních plodin, tj, účel, efektivita, náklady a vhodnost z hlediska zeměpisné oblasti či ekosystému.

**Doporučený rozsah práce**

30–50 stran

**Klíčová slova**

dálkový průzkum Země, družice, bezpilotní prostředky, speciální plodiny, analýza obrazu

---

**Doporučené zdroje informací**

- Comba, L., Gay, P., Primicerio, J., & Ricauda Aimonino, D. (2015). Vineyard detection from unmanned aerial systems images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 114, 78-87.  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.011>
- Kumhálová, J., Chyba, J., Krofta, K., Starý, K., Brant, V. (2021). Evaluation of UAV and Sentinel 2 images to estimate condition of hop (*Humulus lupulus* L.) plants. *Acta Horticulturae*, 1328, 95–102.
- Primicerio, J., Caruso, G., Comba, L., Crisci, A., Gay, P., Guidoni, S., Genesisio, L., Ricauda Aimonino, D., & Vaccari, F. (2017). Individual plant definition and missing plant characterization in vineyards from high-resolution UAV imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 179-186.  
<https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1308234>

**Předběžný termín obhajoby**

2023/2024 LS – TF

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Jitka Kumhálová, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 19. 1. 2024

**doc. Ing. Martin Kotek, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2024

**doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2024

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hodnocení speciálních plodin metodami dálkového průzkumu Země" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2024

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval mé vedoucí doc. Mgr. Jitce Kumhálové, Ph.D. za cenné rady, milé přístupy a odborné vedení, které mi pomohly tuto práci vytvořit. Děkuji také všem, kteří šli se mnou touto cestou.

# Hodnocení speciálních plodin metodami dálkového průzkumu

## Země

### Abstrakt

V posledních letech se dálkový průzkum Země (DPZ) stal nezbytným nástrojem v precizním zemědělství, umožňujícím efektivní monitorování a řízení rostlinné produkce s vysokou mírou přesnosti a adaptability. Cílem této práce je provést komplexní přehled metod DPZ a identifikovat nejúčinnější, nákladově nejvýhodnější a nejvhodnější techniky zpracování a analýzy obrazu pro různé geografické oblasti, s přihlédnutím k charakteristikám ekosystémů a typům speciálních plodin.

Práce představuje základní principy DPZ, včetně historického vývoje a fyzikálních základů. Následuje podrobný přehled různých typů senzorů a technologií využívaných v DPZ. Kromě toho je zkoumána role bezpilotních prostředků (UAV) a jejich unikátní schopnost shromažďovat data velmi vysokého rozlišení pořízených z nízkých výšek. Dále práce zahrnuje SWOT analýzu pro identifikaci silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb spojených s použitím DPZ v zemědělství.

Výsledky práce ukazují, že DPZ nabízí značný potenciál pro zlepšení efektivity a produktivity v zemědělství speciálních plodin prostřednictvím přesnějšího monitorování zdraví plodin, půdních podmínek a mikroklimatu. Práce také poukazuje na význam pokračujícího výzkumu a vývoje v oblasti technologií DPZ pro dosažení udržitelného zemědělství a lepšího řízení přírodních zdrojů.

**Klíčová slova:** dálkový průzkum Země, družice, bezpilotní prostředky, speciální plodiny, analýza obrazu

# **Evaluation of special crops by remote sensing methods**

## **Abstract**

In recent years, remote sensing (RS) has become an indispensable tool in precision agriculture, enabling efficient monitoring and management of agricultural crops with a high degree of accuracy and adaptability. The aim of this thesis is to provide a comprehensive overview of RS methods and to identify the most effective, cost-efficient, and suitable image processing and analysis techniques for different geographical areas, taking into account the characteristics of ecosystems and types of special crops.

The work begins with an introduction to the basic principles of RS, including its historical development and physical foundations. This is followed by a detailed review of various types of sensors and technologies used in RS. Additionally, the role of UAVs and their unique ability to gather high-resolution data from low altitudes are examined. The thesis also includes a SWOT analysis to identify the strengths and weaknesses, opportunities, and threats associated with the use of RS in agriculture.

The results of the work demonstrate that RS offers significant potential for improving efficiency and productivity in the agriculture of special crops through more precise monitoring of crop health, soil conditions, and microclimate. The work also highlights the importance of ongoing research and development in RS technologies to achieve sustainable agriculture and better management of natural resources.

**Keywords:** remote sensing, satellites, unmanned aerial vehicles, special crops, image analysis

## **Seznam použitých zkratek**

EBI – Enhanced Bloom Index. Vylepšený index květu.

DPZ – Dálkový průzkum Země.

UAV – Unmanned Aerial Vehicle. Bezpilotní letadlo.

TIROS – Television Infrared Observation Satellite. Televizní infračervený observační satelit.

EMR – Electromagnetic radiation. Elektromagnetické záření.

TM – Thematic Mapper. Tematický mapovač.

ETM+ – Enhanced Thematic Mapper Plus. Vylepšený tematický mapovač Plus.

RGB – Red, Green, Blue band. Červená, zelená, modrá pásma.

IR – Infrared band. Infračervené pásmo.

NIR – Near-Infrared band. Blízké infračervené pásmo.

SWIR – Short-Wavelength Infrared band. Krátkovlnné infračervené pásmo.

MWIR – Mid-Wave Infrared band. Středovlnné infračervené pásmo.

LWIR – Long-Wave Infrared band. Dlouhovlnné infračervené pásmo.

TIR – Thermal Infrared band. Termální infračervené pásmo.

RADAR – Radio Detecting and Ranging. Rádiová detekce a měření vzdálenosti.

LiDAR – Light Detection and Ranging. Detekce a měření vzdálenosti pomocí světla.

SAR – Synthetic Aperture Radar. Radar s umělou aperturou.

SAVI – Soil-Adjusted Vegetation Index. Index vegetace upravený o půdu.

EVI – Enhanced Vegetation Index. Vylepšený index vegetace.

LAI – Leaf Area Index. Index listové plochy.

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index. Normalizovaný diferenční vegetační index.

NDWI – Normalized Difference Water Index. Normalizovaný diferenční vodní index.



# Obsah

1 Úvod.....	1
2 Cíl práce a metodika .....	3
2.1 Cíl práce.....	3
2.2 Metodika .....	3
3 Teoretická východiska .....	4
3.1 Dálkový průzkum Země .....	4
3.2 Vývoj DPZ .....	5
3.3 Fyzikální Principy DPZ .....	7
4 Typy senzorů DPZ při monitorování zemědělství .....	11
4.1 Pasivní senzory .....	11
4.2 Aktivní senzory .....	12
5 Vlastností získaných dat .....	13
5.1 Prostorové rozlišení .....	13
5.2 Časové rozlišení .....	14
5.3 Multispektrální zobrazování .....	15
5.4 Hyperspektrální zobrazování .....	15
6 SWOT analýza .....	16
7 UAV .....	20
8 Speciální plodiny .....	22
9 Praktická část práce .....	24

9.1	Role vybraných speciálních plodin v ekonomice vybraných zemí.....	25
9.2	Používání metod DPZ při pěstování vybraných speciálních plodin .....	28
10	Zhodnocení výsledků.....	33
10.1	Ekonomické zhodnocení použití DPZ .....	33
10.2	Swot analýza .....	35
11	Závěr .....	37
12	Seznam použitých zdrojů.....	38
13	Přílohy.....	43

## 1 Úvod

Pro zajištění potravinové bezpečnosti již tradiční metody monitoringu stavu porostů nestačí. Tyto metody jsou příliš pracné, finančně náročné a často nepřesné. Proto lidstvo začíná využívat technicky dokonalejších postupů v zemědělství. Jednou z klíčových a nejvýznamnějších technik je metoda dálkového průzkumu Země.

Dálkový průzkum se v posledních letech stal nástrojem precizního zemědělství, který nabízí obrovské inovativní způsoby monitorování a řízení plodin. Tyto inovace umožňují používání nejmodernějších technologií, jako jsou satelity a drony.

DPZ poskytuje informace o zdraví plodin, půdních podmínkách a mikroklimatu. Data sbíraná pomocí technologií využívaných v DPZ jsou nezbytné pro zlepšení zemědělských metod, zvýšení výnosů plodin, monitorování vodních zdrojů, hladiny živin a ochrany plodin před škůdci a chorobami.

Speciální plodiny hrají v moderním zemědělství významnou roli a zahrnují celou řadu rostlin s vlastnostmi, které se využívají v různých odvětvích – od zdrojů energie až po farmaceutický průmysl a výrobu. Tyto plodiny zahrnují například bioenergetické zdroje, léčivé byliny, průmyslové rostliny, stejně jako v ČR tradičně pěstovaný chmel. Speciální plodiny jsou důležitou součástí diverzifikace produkce. Vzhledem k výzvám současné doby, jako je změna klimatu a potřeba potravinové bezpečnosti, nabývají speciální plodiny stále větší význam pro podporu inovací a adaptaci zemědělských metod.

Tato práce bude zkoumat metody snímání, včetně multispektrálního a hyperspektrálního, s cílem vyhodnotit účinnost technologií, nákladovou efektivitu a vhodnost pro monitorování speciálních plodin. Bude zkoumáno, jak mohou tyto technologie identifikovat a kvantifikovat aspekty zdraví a růstu plodin, včetně vodního stresu, napadení škůdci a výskytu chorob. Porovnání různých technologií DPZ nabídne pohled na jejich výhody a omezení v zemědělském prostředí.

Důležitou součástí práce bude sestavení analýzy SWOT s cílem určit výhody, nevýhody, příležitosti a hrozby spojené s využitím DPZ pro řízení pěstování speciálních plodin. Tím, že

tato analýza poukáže na potenciální směry dalšího vývoje zemědělských technologií, rozšíří naše znalosti o výhodách a nevýhodách využití DPZ.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem této bakalářské práce je provést komplexní přehled dálkového průzkumu Země. Práce se také zaměří na identifikaci, jaké techniky zpracování a analýzy obrazu jsou nejefektivnější, nákladové nejvýhodnější a nejvhodnější pro různé geografické oblasti s přihlédnutím k charakteristikám ekosystémů a typům speciálních plodin. Hlavním cílem je poskytnout přehled o současnem stavu využití DPZ zejména v zemědělství speciálních plodin a identifikovat příležitosti pro zlepšení.

### **2.2 Metodika**

Metodika práce zahrnuje literární rešerši k problematice DPZ a analýzy obrazu, s následným zaměřením na aplikace DPZ v zemědělství a hodnocení speciálních plodin. Bude uveden teoretický základ principů DPZ. Za tímto účelem bude podán výklad těchto zobrazovacích metod a jejich analýza ve vztahu k vybraným speciálním plodinám z různých zeměpisných a ekologických podmínek. Účinnost těchto technologií bude vyhodnocena z hlediska nákladů, vhodnosti a dalších faktorů. Zohledněny budou také silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby související s využitím DPZ (SWOT analýza). Účelem této studie je tedy poskytnout široký přehled o příležitostech a výzvách, které přicházejí se začleněním těchto pokročilých technologií do moderního zemědělství.

### 3 Teoretická východiska

*„A picture is worth a thousand words. Is this true, and if so, why?“ (1)*

#### 3.1 Dálkový průzkum Země

Dálkový průzkum Země představuje klíčovou technologii pro bezkontaktní sběr informací o povrchu naší planety, včetně rozličných objektů a přírodních jevů. Tato disciplína se opírá o sofistikovanou analýzu elektromagnetického záření zachyceného ve více spektrálních pásmech. Analýza je základem pro procesy detekce a měření záření, ať už vyzařovaného nebo odraženého, umožňující tak detailní sledování a analýzu široké škály fenoménů. Od zemědělských postupů, přes identifikaci přírodních zdrojů, monitorování změn v životním prostředí, až po analýzu urbanizačních procesů. Nedávný pokrok v oblasti, například rozvoj hyperspektrálních senzorů, využití bezpilotních letounů (UAV) a zlepšení rozlišovací schopnosti družic, rozšiřuje aplikace a možnosti dálkového průzkumu o nové dimenze. Díky těmto inovacím se nyní můžeme ponořit do detailní identifikace a kvantifikace změn s přesností jednotlivých pixelů, což otevírá nové příležitosti pro řízení environmentálních změn, podporu udržitelného zemědělství a plánování urbanistického rozvoje. Přesto se jako klíčová výzva jeví zpracování a analýza obrovských objemů získaných dat, což vyžaduje neustálý vývoj v oblastech datové analytiky a výpočetní technologie, aby bylo možné tato data efektivně využít. (1) (2) (3)

V dálkovém průzkumu Země představují zdroje elektromagnetického záření, ať již pocházejí z přírodních jevů, jako je sluneční světlo, či z umělých aplikací, jako jsou radarové systémy, zásadní prvek celého procesu. Sensory, nainstalované na široké škále platform – od družic přes UAV (bezpilotní letouny neboli drony) až po letadla – jsou nepostradatelné pro zachycení EM záření, které je poté transformováno na informace s vysokou přidanou hodnotou. Sensory jsou schopny detekovat a zaznamenávat data v celém spektru vlnových délek, od viditelného světla až po infračervené a mikrovlnné pásmo. Tato široká paleta detekovaných vlnových délek umožňuje komplexní multidisciplinární přístup k vyhodnocování a interpretaci různorodých charakteristik zemského povrchu a atmosféry. Neodmyslitelnou součástí tohoto procesu je rovněž už zmíněné pokročilé zpracování a analýza dat, která převádí surové informace na prakticky využitelné údaje pro široké spektrum aplikací. Tento krok vyžaduje vysokou úroveň algoritmické sofistikovanosti a robustní výpočetní infrastrukturu schopnou efektivně zpracovat obrovské objemy dat

produkovaných současnými senzorovými systémy. S narůstajícími nároky na přesnost a detailnost získávaných informací je neustálý technologický a metodologický vývoj v této oblasti klíčový pro plné využití potenciálu dálkového průzkumu ve snaze o řízení a pochopení procesů naší planety. (4)

Fundamentálním prvkem pojmu dálkového průzkumu Země se jeví koncept spektrálních signatur. Různé materiály a objekty jedinečným způsobem odrážejí a pohlcují elektromagnetické záření různých vlnových délek. Analýzou těchto spektrálních signatur mohou odborníci na dálkový průzkum identifikovat materiály, zjišťovat změny a klasifikovat objekty na zemském povrchu. (2) (5)

Data z dálkového průzkumu Země najdou svá uplatnění v široké škále oblastí, např. monitorování životního prostředí, sledování změn v ekosystémech, lesních porostech, kvalitě vody a míře znečištění. Využitím dat pořízených DPZ mohou odborníci identifikovat kritické oblasti, které vyžadují okamžitou pozornost nebo ochranu, a navrhnout efektivní opatření pro zmírnění negativních dopadů lidské činnosti na životní prostředí. V konečném důsledku tak dálkový průzkum Země přispívá k udržitelnějšímu rozvoji a lepší ochraně naší planety pro budoucí generace. (2)

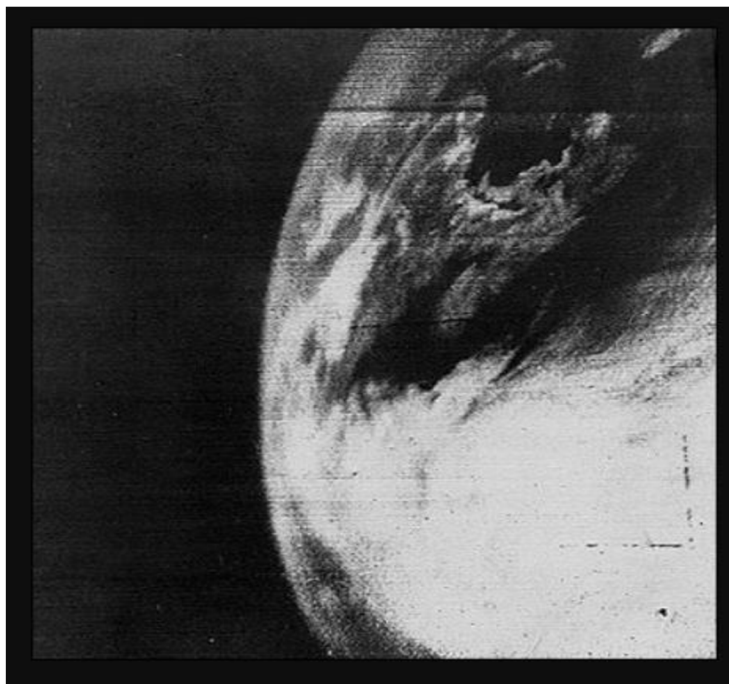
### **3.2 Vývoj DPZ**

Zahájení kosmické éry vypuštěním Sputniku 1 Sovětským svazem dne 4. října 1957 představuje průlom v historii lidského průzkumu vesmíru. Ačkoliv primárním účelem Sputniku 1 nebylo snímání Země, nýbrž vysílání rádiových signálů, jeho úspěšné vynesení na oběžnou dráhu demonstrovalo nevídaný potenciál družicové technologie. Tento historický úspěch nejenže otevřel dveře k dalšímu rozvoji kosmického průzkumu, ale také položil základy pro využití družic jako nástrojů pro pozorování a studium Země z kosmického prostoru. To mělo za následek nespočet misí zaměřených na důkladnější pochopení naší planety a ekosystémů, které jsou její součástí. (6)

Po vypuštění Sputniku začaly Spojené státy pracovat na svých družicových projektech. Toto úsilí vyústilo ve vypuštění družice Explorer 1 v roce 1958. Explorer 1 se zásadně podílel na průlomových objevech, například o odhalení existence Van Allenových radiačních pásů (7). V 60. letech 20. století byly prostřednictvím programu TIROS-1 (Television Infrared Observation Satellite) zaveden první meteorologický satelit. TIROS-1 způsobil revoluci nejen

v meteorologii, ale také umožnil sledovat stav Země. První mise TIROSU položila základ technikám pozorování naší planety a ukázaly potenciál DPZ. Jeden ze snímků je představen na obrázku č.1

*Obrázek č. 1 – Snímek pořízený z družice TIROS-1*



**Zdroj:** [https://www.sci.muni.cz/~dobro/atmosfera\\_1.html](https://www.sci.muni.cz/~dobro/atmosfera_1.html)

Cirkulární denní snímky Země byly sestaveny do komplexního globálního obrazu, který zachycuje planetu i její atmosférické podmínky. Ačkoli tento složený snímek neposkytoval úplný a současný přehled o Zemi, nabízel bezprecedentní denní pohled na celou zeměkouli. Nastala významná změna v tom, jak pozorujeme Zemi. (1)

Představení družice Landsat 1 v roce 1972 znamenalo milník v oblasti zobrazovacích technologií. Tato družice vytvořená pro snímání zemského povrchu významně zvýšila naši schopnost pozorování Země a změnila postoj k přírodním zdrojům. Program Landsat, využívající řadu satelitů vybavených stále dokonalejšími senzory, shromáždil archiv vyvíjejícího se terénu Země. Díky následnému multispektrálnímu snímkování družic Landsat bylo umožněno hloubkové zkoumání vegetace, využití půdy, vodních zásob a dalších oblastí. Tato data hrají důležitou roli ve studiích, zemědělství a výzkumu globálních změn. (1) (6) (2)



Technologie satelitního snímání v průběhu let pokročila. Pokroky, jako je vysoce kvalitní snímání a přechod od analogových metod sběru dat k digitálním, výrazně zvýšily spolehlivost a použitelnost družicových dat. Inovace senzorových technologií, například tematické mapování (TM) na dalších družicích Landsat a modernizované rozšířené tematické mapování Plus (ETM+), navíc rozšířilo naše možnosti pozorování jevů na Zemi a usnadnilo přesnější a důkladnější analýzy životního prostředí. (1) (6) (8)

Dálkový průzkum Země znamená mít nadhled nad vším, co se děje na povrchu Země, vedle nás. Díky technologickému vývoji v této oblasti jsme schopni lépe porozumět skoro všem procesům probíhajícím na naší planetě, od monitorování změn klimatu až po zlepšování výnosů v zemědělství. Místo starých map a odhadů máme teď satelity, které nám posílají přesná data o tom, jak se naše planeta mění. Můžeme zjistit, jaký bude úrodný rok pro naše pole, aniž byste museli čekat na první klíčení. Nebo že můžeme vidět, v jakém stavu naše vegetace je, kde se ztrácí nejvíce vody, a jak to ovlivnit, nebo kde je nedostatek živin v porostu. Dálkový průzkum Země nám dává takové možnosti. (4)

Jde o to rozšířit úhel pohledu – odhalovat, kde a jak rychle se mění naše klima, kde jsou ohrožené ekosystémy, a dokonce i sledovat, jak se mění města a urbanizace. Všechno to pomáhá lidem z různých oborů – od vědců po zemědělce – dělat informovanější rozhodnutí, která vedou k lepší ochraně a správě naší planety. Takže, můžeme optimisticky říci, že DPZ je náš způsob, jak držet krok s tím, jak se svět mění, a snažit se o to, aby byl pro budoucí generace co nejlepší. (9)

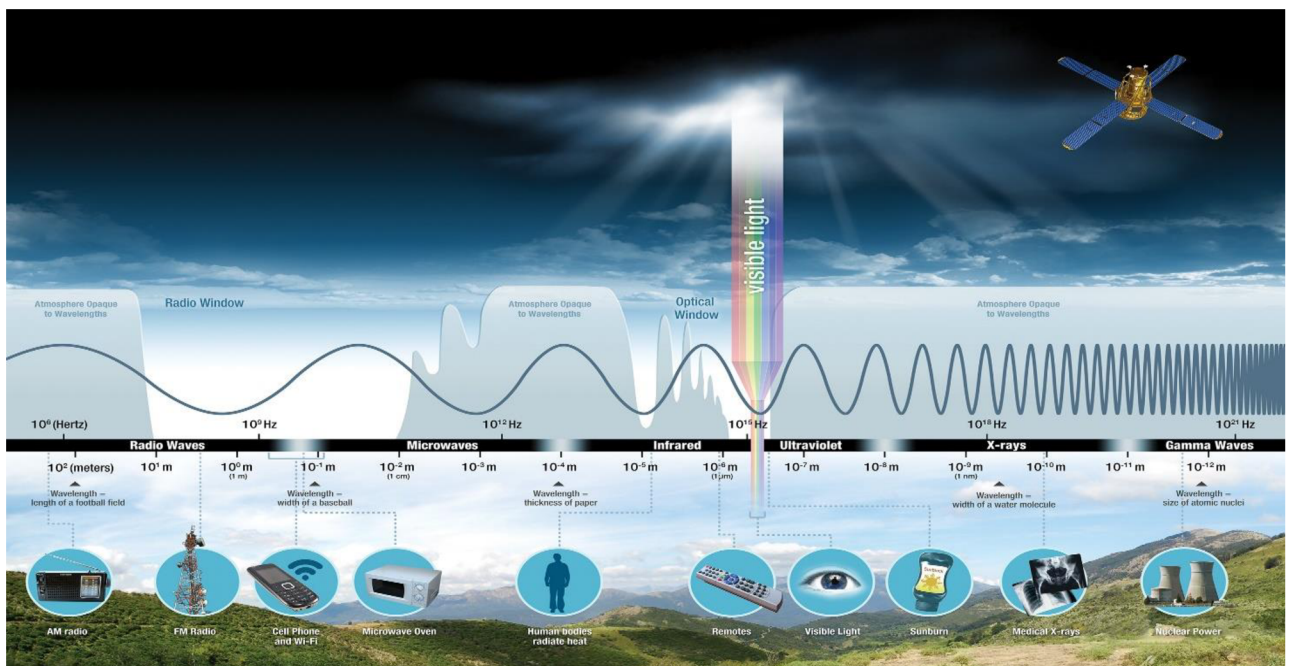
### **3.3 Fyzikální Principy DPZ**

Technologie DPZ otevírá oči naší civilizace směrem k detailnímu pozorování a porozumění složitostem, ze kterých se skládá náš životní prostor. Základem v tomto procesu je elektromagnetické záření (EMR). EMR je energií procházející napříč kosmem rychlostí světla, a to v mnoha podobách, od viditelného světla po mikrovlny. Každá vlnová délka elektromagnetického záření odhaluje rozdílné aspekty materiálů, se kterými přichází do kontaktu, a tím nám poskytuje alternativní pohled na charakteristiky a vlastnosti objektů. (2) (10)

Mimo lidským okem viditelnou část spektra (RGB), existuje celé spektrum nejrůznějších forem záření, které jsou pro lidské oko neviditelné. Od infračervených vln, přes rádiové vlny,

až po ultrafialové záření. Každá část spektra nám ukazuje nějakou novou vlastnost nebo stav objektu, se kterým interaguje. Tyto formy EMR jsou definovány svou vlnovou délkou nebo frekvencí. Příklady neviditelné části spektra jsou rádiové vlny, mikro a infračervené vlny. Vyznačují se delší vlnovou délkou. Naopak, ultrafialové, gama záření a rentgenové paprsky mají vlnovou délku podstatně kratší. Na obrázku č.2 je zobrazen diagram elektromagnetického spektra. (2) (10) (11)

Obrázek 2 - Diagram elektromagnetického spektra



Zdroj: EARTHDATA dostupné z: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>

### 3.3.1 Využívání EMR v DPZ

Elektromagnetické záření tvoří páteř dálkového průzkumu Země a funguje jako médium, jehož prostřednictvím rozeznáváme fyzikální a biologické složení Země. Bez tohoto prostředníka by nám mnoho zůstalo skryto. Každý typ materiálu na Zemi – voda, půda, vegetace nebo umělé objekty – interaguje s EMR unikátně. Objekty v různé míře absorbují, odrážejí nebo propouští různé vlnové délky. Propouštění se obvykle označuje pojmem transmise. Zachycení těchto specifických interakcí, které jsou určeny vlastnostmi každého materiálu, je klíčem k rozpoznání a klasifikaci objektů na povrchu Země. (1) (4)

Senzory, umístěné na různých platformách – satelitech, UAV, letadlech, či dokonce na pozemních stanicích, jsou schopné zachytit široký rozsah vlnových délek. Díky tomu můžeme zjistit mnoho o cílech našeho pozorování. Vývoj v této oblasti přinesl technologie schopné detekovat a analyzovat tyto signály s nevídanou přesností. (4)

### **3.3.2 Spektrum EMR využívané při dálkovém průzkumu Země**

Při pohledu na Zemi z vesmíru se nám otevírá barevný kaleidoskop. Vlnové délky, na které se zaměřujeme, nesou nejširší spektrum informací, pokrývající rozsah od viditelného světla (VIS) přes různé vlnové délky infračerveného záření (NIR, SWIR, MWIR, LWIR, TIR) až po mikrovlnné frekvence. Tato rozmanitost umožňuje získávání komplexních dat o Zemi. (10)

#### **Viditelné světlo**

Viditelné spektrum, i když je úzkou částí elektromagnetického spektra, je zdrojem detailních obrazů s velmi vysokým prostorovým rozlišením, které jsou nezbytné pro podrobné studium zemského povrchu. Analýza viditelného světla, zachyceného přístroji DPZ, umožňuje rozeznat různé vlastnosti terénu, včetně vegetace, vodních ploch a městské infrastruktury. Odlišné odrazové vlastnosti různých materiálů v tomto rozsahu vlnových délek dává možnost rozlišovat a mapovat změny půdního pokryvu a využití půdy v průběhu času. Například zdravá vegetace silně odráží zelené světlo, zatímco stresovaná, postižená nebo nemocná vegetace odráží méně záření v zelené části spektra. Stupeň odrazivosti poskytuje včasné indikátory environmentálního stresu či degradace. (2) (4) (10)

#### **Infračervené záření**

Infračervené záření, označované jako IR, přesahuje hranice toho, co vidíme. Ten fakt, že metody DPZ nám dovoluji podívat se na neviditelné pro lidské oko aspekty světa kolem nás, násobně zvyšuje naši schopnost světu rozumět. IR se podle vlnové délky dělí do kategorií: blízké infračervené záření (NIR), krátkovlnné infračervené záření (SWIR), středně a dlouhovlnné infračervené záření (MWIR, LWIR) a tepelné infračervené záření (TIR). Každé z těchto záření odhaluje rozsáhlé množství informací o prostředí Země. Pásma NIR a SWIR jsou ideální pro kontrolu zdraví rostlin a úrovně vlhkosti, jelikož zdravé rostliny silně odrážejí NIR v počátku spektra díky podílu chlorofylu v rostlině. Schopnost infračerveného záření

odhalit nesrovnalosti s odrazivostí zdravé vegetace činí cenný nástroj pro monitorování životního prostředí. (2) (4) (10)

### **Mikrovlnné záření**

Mikrovlnné záření, které se vyznačuje delšími vlnovými délkami, má jedinečnou schopnost pronikat mraky, vegetací a do určité míry i zemským povrchem. Díky této vlastnosti je mikrovlnný dálkový průzkum zvláště užitečný pro pozorování Země za každého počasí, ve dne i v noci. Mezi aplikace patří hodnocení půdní vlhkosti, které má zásadní význam pro monitorování sucha a produktivity zemědělství, monitorování mořského ledu a ledovců, které přispívá k pochopení dopadů klimatických změn, a mapování geologických prvků a biomasy vegetace. (2) (4) (10)

Vlnová délka každého z uvedených typů záření je uvedena v tabulce 1.

*Tabulka 1 - Spektrální oblasti a vlnové délky používané při DPZ*

<b>Spektrální oblasti</b>	<b>Vlnové délky</b>
Viditelné (V)	0.4–0.7 $\mu\text{m}$
Blízké infračervené (NIR)	0.7–1.1 $\mu\text{m}$
Krátkovlnné infračervené (SWIR)	1.1–1.35 $\mu\text{m}$ 1.4–1.8 $\mu\text{m}$ 2–2.5 $\mu\text{m}$
Středovlnné infračervené (MWIR)	3–4 $\mu\text{m}$ 4.5–5 $\mu\text{m}$

Tepelné nebo dlouhovlnné infračervené (TIR nebo LWIR)	8–9.5 $\mu\text{m}$ 10–14 $\mu\text{m}$
mikrovlnné, radarové	1 mm–1 m

*Zdroj: Robert A. SCHOWENGERDT. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing Third Edition*

## 4 Typy senzorů DPZ při monitorování zemědělství

### 4.1 Pasivní senzory

Pasivní senzory, které jsou umístěny na družicích jako Landsat nebo MODIS a používají převážně ke snímání dat ve viditelném, infračerveném a tepelném spektrálním pásmu, hrají klíčovou roli v precizním zemědělství tím, že poskytují data ve mnoha vlnových spektrech. Také je důležité zdůraznit, že data z družic Landsat a Sentinel jsou volně dostupná, což v kontextu zemědělství zemědělcům umožňuje skoro bez omezení sledovat vývoj a stav jejich pozemku a plodin. Tato data jsou klíčová pro optimalizaci zavlažování, efektivní aplikaci hnojiv a včasné zásahy proti škůdcům, vedoucí k zvýšené produkci a minimalizaci ztrát. Pasivní senzory optické zachycují sluneční záření odražené od plodin a půdy, které se pak využívá k odvození cenných zemědělských ukazatelů. Například Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI) je důležitý pro hodnocení vitality vegetace a fotosyntetické aktivity, což poskytuje neinvazivní prostředek pro hodnocení zdravotního stavu a potenciálu výnosu plodin. NDVI měří míru odrazu světla od listů rostliny. Pasivní senzory mohou být použity i pro měření emitovaného zemským povrchem záření, které vyzařují v termální části spektra. (12)

Výhodou pasivních senzorů jsou jejich schopnosti spektrální analýzy, zejména prostřednictvím multispektrálního a hyperspektrálního zobrazování. Tyto technologie umožňují podrobné pozorování stavu plodin v různých fázích růstu. Hyperspektrální zobrazování umožňuje například odhalit specifické stresové reakce rostlin, jako jsou změny obsahu chlorofylu, dříve, než jsou viditelné pouhým okem. Tento systém včasné detekce je

klíčový pro provedení zásahů ke zmírnění účinků stresu, čímž se optimalizuje výnos plodin. (12)

Navzdory velkým výhodám mají pasivní senzory svá omezení, například závislost na slunečním světle mimo senzory měřící vyzařující energii, která omezuje získávání dat na denní dobu. Také velkým omezením jsou nepříznivé povětrnostní podmínky. Oblačnost může významně narušit kvalitu dat, což představuje problém pro nepřetržité monitorování. Pokrok v technologii senzorů a metodách zpracování dat však vede ke zkvalitnění a lepší přesnosti dat, což umožňuje spolehlivější hodnocení zemědělství. (12)

## **4.2 Aktivní senzory**

Aktivní senzory naproti pasivním poskytují vlastní zdroj energie pro osvětlení zemského povrchu a měří odraz nebo zpětný rozptyl této energie. Do kategorie aktivních senzorů patří radary (Radio Detection and Ranging) a systémy LiDAR (Light Detection and Ranging). Aktivní senzory jsou zvláště cenné pro zemědělské aplikace díky své schopnosti pronikat oblačností a provádět měření bez ohledu na světelné podmínky, což umožňuje sběr dat ve dne i v noci. Radarové senzory, jako je radar se syntetickou aperturou (SAR), se hojně využívají pro mapování půdní vlhkosti, odhad výšky plodin a výpočet biomasy. Schopnost aktivních senzorů pracovat za různých povětrnostních podmínek a jejich citlivost na různé vlastnosti povrchu z nich činí nepostradatelné zařízení pro komplexní monitorování a řízení zemědělství. (12) (13)

### **Synergické využití pasivních a aktivních senzorů**

Synergické využití pasivních a aktivních senzorů zvyšuje přesnost a spolehlivost aplikací dálkového průzkumu Země. Kombinací podrobných spektrálních informací získaných z pasivních senzorů s údaji o struktuře a vlhkosti zachycenými aktivními senzory mohou výzkumní pracovníci a zemědělci získat komplexnější informace o stavu plodin, půdních podmínkách a environmentálních stresorech. Tento integrovaný přístup podporuje informované rozhodování při řízení plodin, plánování zavlažování a předpovídání výnosů.

## 5 Vlastností získaných dat

### 5.1 Prostorové rozlišení

V oblasti DPZ, která zahrnuje využití satelitních a leteckých fotografických platform pro pozorování Země, pojem prostorového rozlišení má jednu ze zásadních rolí. Prostorové rozlišení stanoví úroveň detailů, které lze rozlišit na zemském povrchu. Vysoké prostorové rozlišení umožňuje odhalit i malé objekty z velkých výšek, čímž efektivně zmenšuje propast mezi širokou perspektivou z vesmíru a precizním zobrazením detailů na povrchu Země. (1) (2) (4)

Princip prostorového rozlišení je úzce spjat s fyzikálními rozměry zobrazovacích prvků. Pixel ukazuje ohraničený čtvercový segment na zemském povrchu, který zachytí družicová kamera. Ve scénářích s vysokým prostorovým rozlišením jsou tyto pixely menší, což umožňuje vidět více detailů při pozorování. Podobně funguje i získání jasnějšího obrazu z fotografie s vysokým rozlišením. Naopak, nižší rozlišení, charakterizované většími pixely, vede k sloučení detailů a tím k zhoršení rozlišitelnosti pozorovaných jevů. (1) (2) (4)

Význam prostorového rozlišení lze chápat skrze jeho schopnost pořídit takový úroveň detailů obrazu, aby odpovídal specifickým požadavkům konkrétního pozorovacího úkolu. Snímky s vysokým prostorovým rozlišením jsou nezbytné pro podrobné zkoumání jednotlivých stromů nebo analýzu dopravního prostředí, aby bylo možné dosáhnout optimální zřetelnosti. Oproti tomu, pro širší pozorovací úkoly, jako je sledování rozsáhlých zemědělských oblastí nebo lesů, postačuje nižší prostorové rozlišení. Tím se eliminuje potřeba nadměrného počtu detailů, což zjednodušuje analýzu velkých ploch. (1) (2) (4)

Na základě technických možností kamer a senzorů, stejně jako vzdálenosti od pozorovaného objektu, lze snímky z dálkového průzkumu Země rozdělit na snímky s nízkým, středním a vysokým prostorovým rozlišením. Nejvyšší aktuálně dostupné rozlišení, kterého může družicový snímek dosáhnout, je 30 cm (například družice jako Pleiades Neo, Beijing-3, SuperView-Neo, WorldView-4 a 3). Zatímco snímky s vysokým rozlišením vyžadují značné investice pro jejich pořízení, snímky s nízkým a středním rozlišením jsou většinou k dispozici zdarma (například družice série Landsat a Sentinel). Rozdíly mezi těmito typy rozlišení jsou ilustrovány na obrázku č. 3. (14)



Zdroj: <https://eos.com/blog/spatial-resolution/>

Úloha prostorového rozlišení v dálkovém průzkumu Země je zásadní, protože přímo ovlivňuje specifičnost a použitelnost získaných snímků pro různé analytické úlohy, od cíleného zkoumání detailů až po přehledy širokého území.

## 5.2 Časové rozlišení

Časové rozlišení hraje zásadní roli v dálkovém průzkumu Země, protože definuje, jak často můžeme získat nové snímky stejného místa. Jeho význam se liší v závislosti na typu pozorovacího zařízení: pozemní a letecké platformy nabízejí značnou flexibilitu závislou na provozních podmínkách, u satelitů je frekvence snímků pevně dána jejich oběžnou dráhou. Projekty jako Sentinel, které využívají konstelaci synchronizovaných satelitů, demonstrují, jak technologický pokrok umožňuje snížit intervaly mezi snímky a tím poskytovat důkladnější a častější aktualizace. To nejenže umožňuje detailnější sledování dynamických procesů, jako je růst vegetace, ale také zlepšuje pravděpodobnost získání kvalitních snímků bez zatemnění oblačností. To je obzvláště cenné v oblastech, kde častá oblačnost komplikuje pozorování, a zdůrazňuje, jak vyšší časové rozlišení zlepšuje schopnost monitorovat a analyzovat změny na naší planetě. (2) (4) (11)



### 5.3 Multispektrální zobrazování

Multispektrální zobrazovací systémy, které zachytávají světlo ve více vlnových délkách spektra, jsou klíčové ve zemědělství, kde běžně využívají 3 až 15 spektrálních pásem. Tyto systémy, pracující především v infračerveném (NIR), viditelném (VIS) a krátkovlnném infračerveném (SWIR) pásmu, jsou neocenitelné pro identifikaci a monitorování zdraví plodin a vlastností půdy. I když nabízejí méně pásem než jejich hyperspektrální protějšky, multispektrální senzory poskytují klíčová data pro výpočet důležitých indexů, jako je například SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index), LAI (Leaf Area Index), NDVI (normalizovaný diferenční vegetační index). EVI a podobné indexy umožňují efektivně hodnotit vitalitu, předpověď růstu a výnosnost vegetace, což pomáhá zemědělcům při optimalizaci jejich postupů a zvyšování úrodnosti půdy. (1) (2) (3)

### 5.4 Hyperspektrální zobrazování

Hyperspektrální snímání zásadně rozšiřuje analytické možnosti oproti multispektrálnímu snímání tím, že zaznamenává data ve stovkách až tisících úzkých a sousedících spektrálních pásech pokrývajících široké spektrum vlnových délek. Tato pokročilá metoda umožňuje přesnou spektrální charakterizaci každého pixelu, což vede k detailnímu rozlišení a analýze objektů na základě jejich unikátních spektrálních signatur. (4) (5)

Studie prokázaly převahu hyperspektrálních dat nad tradičními multispektrálními při vysvětlování variability výnosů plodin a zlepšování přesnosti klasifikace typů plodin. Například se ukázalo, že modely založené na hyperspektrálních datech vysvětlují podstatně větší variabilitu biofyzikálních vlastností plodin než modely založené na multispektrálních širokopásmových datech, přičemž hyperspektrální data poskytují mnohem vyšší přesnost klasifikace typů plodin. (15)

Přístroje jako AVIRIS a Hyperion na EO-1 znamenaly revoluci v monitorování životního prostředí a zemědělství díky schopnosti detekovat subtilní změny ve zdraví vegetace, identifikaci patogenů a určení nutričních deficitů. Tyto hyperspektrální data, s jejich nepřekonatelným rozlišením a spektrální specifičností, poskytují významný nárůst v diagnostické přesnosti ve srovnání s tradičními multispektrálními technikami. Nicméně, zpracování a interpretace velkého objemu hyperspektrálních dat představují výzvy, které vyžadují pokročilé algoritmické a výpočetní techniky. (15)

## 6 SWOT analýza

SWOT analýza je důkladná metodická technika určená k posouzení klíčových aspektů podniku – jeho výkonnosti, konkurenceschopnosti, potenciálních rizik a možností pro rozvoj. Tato analýza se neomezí pouze na hodnocení celého podniku, ale aplikuje se i na jeho specifické části, jako jsou jednotlivé produktové řady, divize, odvětví, či jiné relevantní entity. Integrací interních a externích informací SWOT analýza umožňuje podnikům formulovat strategie, které maximalizují šanci na úspěch, zatímco efektivně identifikuje a odvrací strategické směry, které se v minulosti ukázaly jako neefektivní nebo nesou vysoké riziko selhání v budoucnu. Výsledek SWOT analýzy se zahrnuje do tabulky jako je zobrazena na obrázku č.4. (16) (17)

SWOT analýza se opírá o čtyři základní pilíře, které společně tvoří komplexní rámec pro posouzení vnitřních sil a slabostí organizace, stejně jako vnějších příležitostí a hrozeb:

- **Síly (Strengths):** Tato kategorie zdůrazňuje klíčové vnitřní zdroje a výhody, v nichž organizace exceluje a které ji distancují od konkurence. Příklady zahrnují silnou značku, věrnou zákaznickou základnu, stabilní finanční zdraví, proprietární technologie, a další výjimečné zdroje nebo dovednosti.
- **Slabosti (Weaknesses):** Identifikuje vnitřní omezení nebo nedostatky, které brání organizaci v dosažení svého plného potenciálu. Tato oblast vyžaduje kritické sebereflexi k určení aspektů, jako je nedostatečné využití zdrojů, omezené dovednosti pracovní síly, finanční slabiny, nebo zastaralé technologie, které vyžadují zlepšení nebo strategické přizpůsobení.
- **Příležitosti (Opportunities):** Odkazuje na externí faktory a trendy, které organizace může využít ve svůj prospěch. Ty mohou zahrnovat tržní expanzi, technologické inovace, legislativní změny, nebo změny v chování spotřebitelů, které otevírají nové cesty pro růst a zisk.
- **Hrozby (Threats):** V této kategorii jsou zahrnuty externí výzvy a překážky, které mohou ohrozit úspěch nebo stabilitu organizace. Může se jednat o narůstající konkurenci, nepříznivé ekonomické podmínky, změny v legislativě, které omezují obchodní operace, nebo jiné vnější rizikové faktory. (16) (17) (18)

Obrázek 4 – SWOT analýza

	POZITIVNÍ VLIVY	NEGATIVNÍ VLIVY
VNITŘNÍ VLIVY	<p><b>S</b></p> <p><b>STRENGTHS</b></p> <p>přednosti (silné stránky)</p>	<p><b>W</b></p> <p><b>WEAKNESSES</b></p> <p>nedostatky (slabé stránky)</p>
VNĚJŠÍ VLIVY	<p><b>O</b></p> <p><b>OPPORTUNITIES</b></p> <p>příležitosti</p>	<p><b>T</b></p> <p><b>THREATS</b></p> <p>hrozby</p>

**Zdroj:** <https://www.salesman.cz/swot-analyza-odhali-vase-silne-i-slabe-stranky-a-pomuze-s-firemni-strategii/>

Realizace SWOT analýzy zahrnuje několik klíčových kroků:

1. Určení cílů: Jasně vymezení, co chce analýza dosáhnout.
2. Shromáždění informací: Získání relevantních interních a externích dat.
3. Generování nápadů: Identifikace klíčových silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb.
4. Analýza zjištění: Hodnocení a prioritizace získaných informací.
5. Formulace strategií: Vypracování akčních plánů na základě analýzy. (16)

V rámci strategického plánování je SWOT analýza neocenitelným nástrojem, jenž umožňuje identifikovat silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Na základě těchto poznatků lze formulovat čtyři základní strategické přístupy: Max-Max, Max-Min, Min-Max a Min-Min.

Tyto strategie poskytují flexibilní rámec pro rozvoj efektivních plánů v různých kontextech a situacích, přizpůsobených specifickým potřebám organizace.

- **Max-Max strategie:** Zaměření na sílu a příležitosti. Cílem Max-Max strategie je maximalizovat využití interních sil a vnějších příležitostí. Organizace by měla investovat své zdroje do oblastí, kde její klíčové kompetence mohou nejlépe reagovat na tržní příležitosti, například prostřednictvím inovací nebo expanze.
- **Max-Min strategie:** Obrana před hrozbami s využitím sil. Strategie Max-Min se zaměřuje na využití silných stránek organizace k obraně proti vnějším hrozbám. Ideální je vytvoření plánů, které umožní organizaci udržet si konkurenční pozici, i když čelí nepříznivým podmínkám, jako je diverzifikace trhů či investice do inovací.
- **Min-Max strategie:** Překonání slabostí využitím příležitostí. Min-Max strategie vyžaduje, aby organizace řešila své slabé stránky, aby mohla lépe využít vnější příležitosti. Zlepšování v oblastech, kde je organizace nejzranitelnější, může vést k lepšímu využití příležitostí pro růst a rozvoj.
- **Min-Min strategie:** Minimalizace slabostí a hrozeb. Tato strategie je zaměřena na redukci vnitřních slabostí a vnějších hrozeb. Je zvláště užitečná v náročných nebo vysoce konkurenčních prostředích, kde je klíčové zabezpečit organizaci proti rizikům a současně pracovat na odstranění slabých míst.

Výběr mezi těmito strategickými přístupy závisí na aktuálním stavu a potřebách organizace, jejích cílech a vnějším prostředí. Pravidelné provádění SWOT analýzy a přizpůsobení strategií k proměnlivým podmínkám jsou klíčem k udržení konkurenceschopnosti a dosahování dlouhodobých cílů. (19)

#### **Výhody SWOT analýzy:**

SWOT analýza přináší řadu výhod, které napomáhají efektivnímu strategickému rozhodování. Mezi nimi patří:

- Zjednodušení složitých problémů: Umožňuje rozložit komplexní výzvy na základní složky, což usnadňuje jejich řešení.
- Zahnutí vnějších faktorů: Podtrhuje význam vnějšího prostředí v rozhodovacím procesu.
- Univerzálnost: Lze ji uplatnit při řešení široké škály obchodních otázek a výzev.
- Využití různých zdrojů dat: Integruje informace z mnoha kanálů, což zvyšuje robustnost strategického plánování.
- Relativně nízké náklady: Je cenově dostupná i pro menší podniky bez významných finančních zdrojů.

Jako vynikající nástroj pro usměrňování strategických diskusí, SWOT analýza umožňuje podrobně prozkoumat silné a slabé stránky společnosti, identifikovat příležitosti a potenciální hrozby, a vygenerovat akční nápady. Díky SWOT analýze mohou podniky efektivně využívat svých silných stránek, minimalizovat rizika spojená se slabostmi a připravit se na možné budoucí výzvy. Přestože je SWOT analýza cenným nástrojem pro plánování, má svá omezení. Neměla by být využívána izolovaně, ale jako součást širšího souboru analytických nástrojů a plánovacích metod, aby se zajistilo komplexní a porozumění obchodnímu prostředí. (16)

(17)

## 7 UAV

Bezpilotní letecké systémy, běžně známé jako drony, se v posledním desetiletí ukázaly jako revoluční nástroj v oblasti moderního DPZ a precizního zemědělství. Díky neustálému technologickému vývoji nabízejí drony možnosti pro pokročilé monitorování, detailní analýzu a efektivní řízení zemědělských operací s dosud nevídanou úrovní přesnosti a adaptability. UAV jsou mimořádně flexibilní a umožňují snadný přístup k monitorování pozemků z nízkých výšek. (4) (9) (15) (20)

UAV technologie přináší revoluční přístupy v mnoha oblastech – od základního monitoringu zdraví rostlin, přes detekci a řízení chorob, až po pokročilé odhady výnosů a optimalizaci využití zemědělských ploch. Významným přínosem je schopnost dronů nést na palubě širokou paletu senzorů, včetně RGB, multispektrálních, a hyperspektrálních kamer. Jednou z klíčových vlastností UAV je jejich schopnost operovat v nízkých výškách. To umožňuje shromažďovat vysokorozlišovací data s úrovní přesnosti, kterou tradiční pozemní či satelitní metody jednoduše nemohou nabídnout. Díky této unikátní schopnosti mají zemědělci a vědci k dispozici nástroj pro detailní analýzu rozsáhlých i menších ploch s bezprecedentním detailem. Tato vlastnost je neocenitelná pro efektivní správu zemědělských činností a výzkumných projektů, neboť poskytuje podrobné informace potřebné pro rozhodování a optimalizaci procesů. (4) (9) (15) (20)

Hyperspektrální snímání se jeví jako slibná technologie pro revoluci v detekci nutričního stavu rostlin, identifikaci stresových faktorů a monitorování zdravotního stavu vegetace, i když jeho současné využití je omezeno kvůli velikosti, hmotnosti a ceně senzorů. Sensory umožňují podrobnou analýzu celého spektra elektromagnetického záření, čímž otevírají možnosti pro inovativní metody hodnocení a diagnostiky v zemědělství. (4) (9) (15) (20)

I když provoz bezpilotních leteckých prostředků (UAV) nabízí mnoho výhod, setkáváme se také s řadou výzev. Mezi hlavní faktory, které mohou omezovat jejich rozšířenější využití, patří omezená kapacita baterie, legislativní restrikce a požadavek na specifické technické dovednosti. Avšak s neustálým technologickým vývojem a postupným snižováním nákladů se UAV stávají čím dál tím dostupnějšími pro široké spektrum uživatelů. Trend naznačuje, že překážky spojené s nasazením UAV se mohou v budoucnu zmírnit, čímž se otevřou nové možnosti pro jejich aplikaci v různých oborech. Díky pokračujícím inovacím a rozvoji nových

aplikací se očekává, že bezpilotní letecké prostředky (UAV) zaujmou stále významnější místo v oblastech přesného zemědělství a dálkového průzkumu Země. (4) (9) (15) (20)

## 8 Speciální plodiny

Speciální plodiny zahrnují celou řadu produktů od ovoce (hrušky, jablka, citrusové plody), přes tropické ovoce (banány, mango, ananasy) až po zeleninu (okurky, rajčata, saláty), ořechy (arašídý, mandle, pistácie), aromatické produkty (tabák, chmel), vláknité plodiny (len, bavlna, juta), koření (kmín, česnek, cibule), dekorativní rostliny (orchideje, tulipány, růže) a léčivé rostliny (bazalka, máta, šalvěj, heřmánek). Všechny tyto druhy významně přispívají k lidské výživě díky své vysoké nutriční hodnotě. (21)

Pěstování speciálních plodin přináší řadu problémů, které vyžadují pečlivé řízení, aby byla zajištěna jejich kvalita a výnos. Na rozdíl od komoditních plodin, speciální plodiny často vyžadují pracovní sílu, jelikož je nutná ruční manipulace s plody, specifické klimatické podmínky a pečlivá péče pro dosažení požadované kvality produkce. To podtrhuje význam zavádění metod, které umožňují řešit různé složitosti spojené s pěstováním speciálních plodin bez přímých zásahů do samotných rostlin, aby se nepoškodil jejich vzhled. Mezi těmito přístupy se technologie dálkového průzkumu ukazuje jako nástroj schopný poskytnout detailní informace o zdravotním stavu plodin, půdních podmínkách a environmentálních faktorech ovlivňujících pěstování. (22)

Speciální plodiny pokrývají širokou škálu rostlinných druhů, přičemž každý z nich přináší specifické požadavky na trhu. Vyznačují se vysokou ekonomickou a produktivní hodnotou na jednotku plochy, což často vyžaduje použití specializovaných metod pěstování. Na rozdíl od obilovin, které se obvykle pěstují ve velkém, jsou speciální plodiny kultivovány v menších rozsazích, avšak s potenciálem dosáhnout vyšších tržních cen, což má klíčový význam pro generování příjmů zemědělců. V různých regionech navíc pěstování těchto plodin přispívá k udržení kulturních tradic, podpoře biologické rozmanitosti a zachování tradičních zemědělských postupů. (21) (23)

Speciální plodiny mají zásadní význam pro diverzifikaci zemědělství, podporují ekonomický růst a uspokojí specifickou poptávku tím, že poskytují esenciální živiny (vitamíny, minerály a antioxidanty), klíčové pro lidské zdraví a pohodu. Výzvy spojené s pěstováním těchto plodin, jako je jejich citlivost a náchylnost k škůdcům a chorobám, vyžadují od zemědělců značné investice, zejména do moderních technologií, odborného



školení a ochranných opatření. Zásadní je proto vyvinout a uplatnit efektivní strategie a inovační řešení, které zajistí ziskovost a udržitelnost. (21) (23)

Pěstování speciálních plodin představuje řadu výzev, od optimalizace načasování zavlažování a hnojení, přes vývoj strategií ochrany proti škůdcům minimalizujících použití chemických prostředků, až po nutnost udržení vysokých standardů kvality, na kterých závisí tržní hodnota těchto plodin podle jejich vzhledu a nutričního obsahu. Efektivní správa a dohled nad pěstováním vyžaduje pokročilé znalosti v oblasti fyziologie rostlin, charakteristik půdy a mikroklimatických faktorů, které mohou ovlivnit růst a vývoj rostlin. Komplexní porozumění umožňuje zemědělcům přijímat informovaná rozhodnutí a adaptivní opatření pro zajištění zdraví a produktivity svých porostů, což je zásadní pro jejich úspěch na trhu. (21) (22) (23)

## **9 Praktická část práce**

V praktické části práci bude analyzována ekonomická role vybraných speciálních plodin ve vybraných zemích. V následujících kapitolách bude detailně prozkoumáno aplikace metod DPZ v pěstování těchto plodin, ekonomické zhodnocení používání DPZ, a na konci praktické části bude na základě sebraných poznatků vytvořena SWOT analýza.

## **9.1 Role vybraných speciálních plodin v ekonomice vybraných zemí**

### **9.1.1 Export květin a cibulovin z Nizozemska**

Nizozemsko je největším světovým vývozcem květin a cibulovin. Má v této oblasti hluboké kořeny sahající až do doby "tulipánové mánie" v 17. století. Tato historická epizoda, kdy ceny tulipánů dosahovaly nebývalých výšek, skončila ekonomickou bublinou, ale také odstartovala dlouhou tradici pěstování a vývozu květin, kterou Nizozemsko udržuje dodnes. Země nejenže si zachovává dominantní postavení na celosvětovém trhu s květinami, ale také neustále inovuje a prosazuje udržitelné obchodní praktiky. (24) (25)

Květinový průmysl hraje pro Nizozemsko značnou ekonomickou roli. V roce 2022 dosáhl vývoz květinových produktů hodnoty přesahující 4 miliard dolarů, což Nizozemsko řadí na první místo v celosvětovém obchodu s květinami. Kladné saldo obchodní bilance (export – import) se rovnal 3,14 miliard dolarů. Tento sektor přispívá k tvorbě tisíců pracovních míst a je důležitou složkou národní ekonomiky. Díky spojení bohatého historického dědictví, neustálých inovací a závazku k udržitelnému rozvoji si Nizozemsko udržuje pozici světového lídra v květinovém průmyslu. Export květin a cibulovin nejen přináší zemi významné příjmy, ale také přispívá k rozjasnění a zkrášlení světa nizozemskými květinami. (25) (26)

### **9.1.2 Export banánů a ananasů z Kostariky**

Kostarika se na mezinárodním poli výrazně profiluje díky svému úspěšnému exportu banánů a ananasů, což je klíčovým prvkem v mozaice zemědělské efektivity a ekonomických ambicí středoamerické země. V roce 2022 tyto tropické plody nebyly pouze obyčejným ovocem, ale představovaly „zlato“ pro Kostarickou ekonomiku, když tvořily 6 % celkového exportu Kostariky. Příjmy z exportu banánů dosáhly 1,22 miliardy dolarů, zatímco ananasy přispěly dalšími 1,03 miliardy dolarů. Hlavními importéry těchto plodů se staly Spojené státy americké, Nizozemsko a Guatemala.

Celkově příběh Kostariky v oblasti exportu ovoce ilustruje složitou rovnováhu mezi využíváním přírodních zdrojů pro ekonomický růst a nutností udržitelného rozvoje. Země si udržuje vedoucí postavení v globálním zemědělství díky své schopnosti inovovat a přizpůsobovat se měnícím se tržním a klimatickým podmínkám, zatímco zároveň čelí environmentálním výzvám spojeným s moderním zemědělstvím. (27) (28)

### 9.1.3 Export olivového oleje ze Španělska

Pověst Španělska jako hráče na trhu s olivovým olejem podtrhuje jeho rozsáhlá produkce a vývoz. Země je známá produkcí přibližně 1,48 (2022) milionu tun olivového oleje, z čehož přibližně 80 % tvoří vývoz, což upevňuje jeho postavení nejlepšího producenta a vývozce olivového oleje na mezinárodní úrovni. Kvalita španělského olivového oleje je výjimečná díky řadě odrůd oliv a nejmodernějším technikám extrakce, které uspokojují náročné chutě po celém světě. Charakteristickým znakem španělského olivového oleje je jeho ovocná, ořechová chuť a zlatavě-žlutá barva. Výrobky jsou prezentovány v různé škále, včetně extra panenského olivového oleje, bio extra panenského olivového oleje, a také více ekonomických variant, jako je běžný olivový olej a olej z olivového odpadu. Španělsko se může pochlubit rozlohou hájů na celém světě, která činí 2,5 milionu hektarů s 340 miliony olivovníků, což upevňuje jeho pozici největšího pěstitele olivovníků na světě. Také je třeba poznamenat, že ceny olivového oleje začaly prudce stoupat od července 2022, dosahující rekordních úrovní během roku 2023, což vedlo k významnému nárůstu zisku od exportu. (29) (30)

Španělský olivový olej se ve velkém vyváží do více než 160 zemí, což odráží jeho celosvětovou poptávku. I když se značná část produkce olivového oleje ve Španělsku vyváží, je zajímavé, že průměrná cena olivového oleje zůstává v měřítku relativně přiměřená. To lze přičíst objemu vývozu oleje ve velkém do zemí EU, jako je Itálie, kde se olej přebaluje a prodává pod různými značkami. Španělsko nicméně dělá pokroky v posilování své pozice na trzích v čase. Španělsko čelí konkurenci na evropském trhu s olivovým olejem, zejména od hlavních dodavatelů z Itálie a Řecka, stejně jako od rostoucích tržních podílů dodavatelů z Tuniska, Maroka a Turecka. V roce 2022 Španělsko vyvezlo 1,16 milionu tun olivového oleje v hodnotě 4,56 miliardy eur, přičemž většina exportu byla extra panenského olivového oleje (60 %), následovaného rafinovanými a smíšenými oleji (25 %) a dalšími. (31)

Výroba olivového oleje je jedním z nejdynamičtějších odvětví španělského zemědělství a hraje velkou roli ve španělské ekonomice. Mezi hlavní úspěchy španělského olivového oleje patří výrazné zlepšení kvality a rozšíření sortimentu produkce, které je výsledkem vědeckého pokroku a inovací. Modernizace pěstitelských technik, zavedení kapkové závlahy, integrovaná ochrana rostlin a ekologické zemědělství dále přispívají k růstu a prosperitě tohoto odvětví. (32)

### 9.1.4 Export kávy z Brazílie

Brazílie se pěstováním kávy zabývá již 150 let a stále je lídrem v produkci zelené kávy, kávy Arabika i rozpustné kávy. V současnosti se Brazílie snaží zaměřit na produkci kvalitnější kávy investováním do produkce tzv. speciálních káv, zejména v jižních oblastech Brazílie, které pro pěstování těchto káv nabízí ideální klimatické podmínky. Za zmínku stojí úzká spojitost pěstování kávy s historií Brazílie, včetně období po zrušení otrokářství, kdy vláda podporovala imigraci Evropanů, kteří měli pracovat na kávových plantážích. Což vedlo k urbanizaci a rozvoji brazilského průmyslu. (33)

Export kávy z Brazílie nadále zůstává důležitou částí ekonomiky země, čímž potvrzuje její postavení největšího výrobce a exportéra kávy na světě. V roce 2022 Brazílie, navzdory poklesu objemu exportu, dosáhla příjmů z exportu kávy ve výši 8.86 miliard dolarů, což představuje nárůst o průměrně 35 % oproti předchozímu roku. Tento růst byl možný díky výhodnému směnnému kurzu a profesionalitě odvětví, i přes pokles objemů exportu, který byl způsoben nižší úrodností kávy Arabika a logistickými problémy, jako jsou vysoké dopravní náklady a omezená dostupnost místa pro skladování na lodích. (34) (35) (36)

Mezi hlavní importéry brazilské kávy v roce 2022 patřily USA (\$1.83B), Německo (\$1.67B), Itálie (\$818M), Belgie (\$717M) a Japonsko (\$387M). Brazílie je známá produkcí kávy odrůd Arabika a Robusta, s větším důrazem na Arabiku, která tvořila 83 % celkového objemu exportu. Trh s kávou v Brazílii není omezen pouze na export. Vnitřní spotřeba kávy také nadále roste, což potvrzuje vášeň Brazilců pro tento nápoj. Podle údajů IBGE je káva nejčastěji konzumovaným produktem v každodenním životě Brazilců starších 10 let. (34) (37)

## 9.2 Používání metod DPZ při pěstování vybraných speciálních plodin

### 9.2.1 Květiny

Rozvíjející se oblast technologie dálkového průzkumu vyvolala transformační změnu v sektoru produkce květin, poskytující pěstitelům květin bezprecedentní vhled do drobností zdraví plodin, environmentálních podmínek a agronomických proměnných, které ovlivňují pěstování květin. Tato změna je podložena širokou škálou sofistikovaných platforem a senzorů, včetně satelitů s vysokým rozlišením, dronů s obratnou manévrovatelností a pilotovaných letadel s širokým záběrem, vybavené špičkovými technologiemi snímání. Tyto platformy produkují prudký tok dat napříč časovými a prostorovými škálami, obohacený bohatými spektrálními detaily, které byly dříve mimo dosah tradičních zemědělských praxí. (38)

V této vysokotechnologické zemědělské renesanci poskytují satelity, jako jsou Landsat a Sentinel-2, makroúrovňové přehledy pomocí svého multispektrálního snímání, které kreslí široký obrázek o zdraví vegetace nad rozsáhlými plochami květinových polí. Tyto přehledy doplňují drony, jež se prohánějí oblohou v nižších výškách, a zachycují data s takovou přesností, která odhaluje stav jednotlivých rostlin nebo konkrétních částí pozemku, čímž se stávají neocenitelnými pro cílené zásahy. Toto bohatství dat je dekodováno pomocí sofistikovaných indexů, jako je NDVI, který slouží jako barometr pro vitalitu rostlin tím, že analyzuje diferenciální odrazivost v blízkém infračerveném a viditelném spektru, EVI, který tuto analýzu dále zpřesňuje a poskytuje detailnější pohled na zelenost vegetace a strukturu porostu. Vylepšený index květu (EBI), který je navržen pro detekci přítomnosti a rozsahu kvetení u květinových plodin. Zaměřením na specifické spektrální signatury spojené s květy může EBI pěstitelům pomoci optimalizovat načasování sklizně, aby se sklídila nejvyšší kvalita květin v období jejich plného rozkvětu. To je obzvláště důležité v květinářském průmyslu, kde je vizuální atraktivnost produktu klíčová. Analogicky Normalizovaný Diferenční Vodní index (NDWI) poskytuje informace o míře vodního stresu u plodin, umožňující pěstitelům zavádět racionálnější a efektivnější strategie zavlažování. Souhrnná analýza těchto indexů skutečně poskytuje pěstitelům užitečné informace pro optimalizaci jejich pěstitelských metod. Optimalizací závlahových plánů a úpravou hnojení lze maximalizovat zdraví a výnosy květinových plodin, což samozřejmě vede k zisku. (38)

Pro hodnocení plodin se používá velmi často  
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Kde NIR je blízká infračervená část spektra, Red je červená část spektra

Zdroj: <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>

Enhanced Vegetation Index (EVI)

$$EVI = 2,5 \times \frac{(NIR - Red)}{(NIR + 6 \times Red - 7,5 \times Blue + 1)}$$

Kde NIR je blízká infračervená část spektra, Red je červená část spektra, Blue je modrá část spektra

Zdroj: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/arcpy/spatial-analyst/evi.htm>

Enhanced Bloom Index (EBI)

$$EBI = \frac{Red + Green + Blue}{\left(\frac{Green}{Blue}\right) \times (Red - Blue + 1)}$$

Kde Red je červená část spektra, Green je zelená část spektra, Blue je modrá část spektra

Zdroj: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2022.869751/full>

Normalized Difference Water Index

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$$

Kde NIR je blízká infračervená část spektra, Green je zelená část spektra.

Zdroj: <https://eos.com/make-an-analysis/ndwi/>

## 9.2.2 Banány a ananasy

Využití metod DPZ při pěstování banánů a ananasů se ukázalo být významným nástrojem ke zvýšení produktivity banánových a ananasových plantáží. Tento přístup je obzvláště relevantní v oblastech s intenzivním zemědělstvím, jako je Kostarika, která čelí výzvám

spojeným s trvalou oblačností a vysokými srážkami, typickými pro nízké nadmořské výšky v tropických oblastech. To znamená, že využití satelitů pro monitorování DPZ je prakticky nemožné, a proto zde klíčovou roli hrají drony vybavené senzorovými systémy. (39)

Využití UAV pro dálkový průzkum umožňuje přesné mapování prostorových vzorců fotosyntetické aktivity v banánových a ananasových plantážích. Studie provedená v oblasti Rio Frio v Heredii, Kostarika, ukázala, že pomocí UAV lze získat data o NDVI, která jsou silně korelována s několika metrikami výnosu a kvality ovoce, jako jsou hmotnost svazku, počet rukou na svazku, délka největšího prstu a celkový výnos. Tyto informace jsou pro zemědělce klíčové k efektivnější produkci banánů a ananasů a k minimalizaci dopadu na životní prostředí. (39)

Neustálá oblačnost a vysoké srážky představují výzvy pro získání jasných satelitních snímků, což zdůrazňuje význam UAV jako nástroje pro získávání spektrálních dat v plantážích. Tato metodika umožňuje identifikovat specifické oblasti, kde je možné zvýšit produktivitu a řešit problémy spojené s pěstováním banánů, jako je optimalizace využití půdy, řízení nemocí a škůdců, a lepší správa zdrojů. Kromě toho využití UAV pro DPZ v zemědělství otevírá nové možnosti pro zpřesňování zemědělských map a hlubší pochopení prostorových vzorců produktivity a kvality plantáží. (39)

### **9.2.3 Olivové stromy**

DPZ se stal klíčovým nástrojem moderní agronomie, transformujícím přístupy k pěstování olivovníků a zavádějícím inovativní metody pro precizní management olivových hájů. Základem úspěchu DPZ je využití rozličných platform, které zahrnují satelity a UAV. Satelitní systémy, jako jsou Landsat a Sentinel-2, díky jejich rozsáhlému pokrytí a archivům historických dat, poskytují neocenitelné informace o dlouhodobých změnách v dynamice olivových hájů. Satelitní snímky s vysokým rozlišením jsou důležité při mapování olivových hájů, hodnocení jejich zdravotního stavu a při identifikaci potenciálních ekologických problémů, jako je eroze půdy a vodní stres. UAV představují průlom v oblasti precizního zemědělství. Vybavené moderními senzory, UAV poskytují bezprecedentní prostorové rozlišení, které umožňuje detailní monitoring každého stromu. To je obzvláště cenné pro provádění úkolů vyžadujících vysokou přesnost, jako je počítání stromů a detekce chorob. (40) (41)



Pro analýzu dat získaných dálkovým průzkumem se využívají specializované vegetační indexy. Nejčastěji používanými nástroji jsou NDVI a EVI, které umožňují hodnotit zdraví a vitalitu rostlin. NDVI je zvláště účinný při hodnocení úrovně vodního stresu. To je kriticky důležité pro olivové stromy, které vyžadují optimalizované zavlažování. (40)

Eroze půdy v olivových hájích je celosvětovým problémem, který ovlivňuje úrodnost půd a výnosy oliv. Metody dálkového průzkumu umožňují s vysokou přesností odhalovat oblasti s příznaky eroze. Jedním ze způsobů je využití multispektrálních snímků, které poskytují informace o struktuře a stavu půdního krytu. Změny v textuře a barvě půdy mohou indikovat počáteční stadia eroze. Kromě toho mohou být satelitní data, zejména ta poskytující informace o reliéfu terénu, využita k analýze odtoku vody a identifikaci oblastí nejvíce náchylných k erozi. (40) (41)

Dálkový průzkum představuje efektivní nástroj pro ranou diagnostiku nemocí a škůdců, jako například olivová ovocná muška (*Bactrocera oleae*), která způsobuje značné škody na plodech, a verticilóza olivy (*Verticillium dahliae*), plísňové onemocnění, které může vést k významnému úbytku stromů v olivových hájích. Pokročilé techniky DPZ, jako jsou hyperspektrální snímání a analýza vegetačních indexů, umožňují včasnou identifikaci těchto a dalších hrozeb, což je zásadní pro efektivní zásahy a minimalizaci škod. Tyto snímky analyzují široké spektrum vlnových délek odrážených rostlinami a mohou indikovat poruchy ve fotosyntéze způsobené nemocemi nebo škůdci. Obzvláště významný se stal výzkum na jihu Španělska, kde bylo s využitím hyperspektrálních snímků úspěšně identifikováno místa v olivových hájích, postižená bakteriální nemocí *Xylella fastidiosa*. Spektrální změny spojené s touto nemocí, které byly detekované na těchto snímcích, umožnily identifikovat infikované stromy dlouho před objevením vizuálních příznaků onemocnění. To bylo klíčem k včasnému zásahu a prevenci šíření infekce. Význam dálkového průzkumu pro ochranu olivových hájů nelze podceňovat. Tato technologie nabízí unikátní schopnost monitorovat velké plochy s vysokou přesností a v reálném čase, což umožňuje rychlou reakci na vznikající problémy. (40) (41)

#### **9.2.4 Kávové stromy**

DPZ je prospěšná pro pěstování kávy, jednoho z hlavních zemědělských produktů na světě. Agrolesnické systémy pěstování kávy (AFS) je metoda pěstování kávy, která kombinuje produkci kávy s pěstováním dalších stromů a zemědělských plodin na jednom pozemku. AFS

představují jedinečné výzvy pro mapování a monitorování kvůli jejich strukturální složitosti a různorodým environmentálním podmínkám, ve kterých prosperují. Dálkový průzkum nabízí řešení těchto výzev prostřednictvím různých indexů (NDVI, EVI atd.) a metodologií, čímž usnadňuje udržitelné řízení pěstování kávy. (42) (43)

Technologicky DPZ pro pěstování kávy využívá širokou škálu satelitních snímků, od vysoce rozlišených optických senzorů po SAR snímky. Snímky s vysokým rozlišením jsou zvláště účinné při mapování kávových plantáží, umožňujíc identifikaci jednotlivých kávových rostlin a monitorování jejich zdraví a růstu. SAR snímky na druhou stranu jsou cenné v oblastech pěstování kávy s častým výskytem oblaků, protože mohou pronikat oblaky a poskytovat konzistentní monitorování. (42) (43)

Jednou z výhod DPZ v pěstování kávy je jeho schopnost efektivně monitorovat velké oblasti. Tato technologie podporuje praxe přesného zemědělství v pěstování kávy, umožňujíc cílené zásahy, které zvyšují produktivitu a udržitelnost. Například data dálkového průzkumu mohou informovat o řízení zavlažování, optimalizujíc využití vody identifikací oblastí plantáže, které vyžadují více či méně vody. Podobně monitorováním zdraví plodin a vegetačních indexů mohou farmáři aplikovat hnojiva a pesticidy s větší úsporou, snižujíc environmentální dopad a náklady. Kromě toho DPZ usnadňuje detekci změn v oblastech kávových plantáží v čase, pomáhá při hodnocení změn využití půdy a dopadu zemědělských praxí na životní prostředí. (42) (43)

## 10 Zhodnocení výsledků

### 10.1 Ekonomické zhodnocení použití DPZ

DPZ představuje významný technologický pokrok, který transformuje způsoby, jakými přistupujeme k zemědělství a řízení zemědělských plodin. Tato technologie se ukazuje být zásadní pro optimalizaci produkce, zvyšování ekonomické efektivity a minimalizaci environmentálního dopadu v rámci sektoru speciálních plodin. Přínosy DPZ jsou obzvláště patrné v případě květin a cibulovin v Nizozemsku, tropického ovoce v Kostarice, olivového oleje ve Španělsku a produkce kávy v Brazílii.

V Nizozemsku DPZ umožňuje květinovým pěstitelům monitorovat zdraví a růst plodin s nebyvalou přesností. Použití indexů, jako je NDVI a EBI, podporuje efektivní plánování sklizně, což maximalizuje kvalitu a výnos květin. Ekonomické zhodnocení těchto technologií ukazuje, že investice do DPZ vede k redukci ztrát, zlepšení kvality produkce a optimalizaci zavlažovacích a hnojivých režimů. Tím se nejen zvyšuje ziskovost, ale také se snižuje spotřeba vody a hnojiv, což přispívá k udržitelnosti sektoru.

V Kostarice DPZ hraje klíčovou roli v efektivním řízení plantáží banánů a ananasů. Použití UAV a senzorů NDVI umožňuje detekci variabilit v produkci a kvalitě, což zemědělcům umožňuje přizpůsobit pěstitelské metody pro maximalizaci výnosů. Ekonomicky se tato technologie odráží ve zvýšené produkci a snížení ztrát způsobených chorobami nebo špatně řízenou závlahou, což významně přispívá k celkovému hospodářskému výkonu zemědělského sektoru v Kostarice.

Ve Španělsku, největším producentu olivového oleje na světě, DPZ pomáhá v boji proti erozi půdy, optimalizaci zavlažování a detekci nemocí olivovníků. Ekonomické zhodnocení těchto aplikací DPZ odhaluje, že minimalizace ztrát způsobených erozí a nemocemi vede k udržitelnějším a produktivnějším olivovým hájům. To pomáhá zemědělcům zvyšovat ziskovost produkce olivového oleje a posiluje konkurenceschopnost španělského olivového sektoru na mezinárodním trhu.

Brazílie využívá DPZ pro optimalizaci pěstování kávy. To je klíčové pro udržení její pozice jako světového lídra v produkci a exportu kávy. Technologie umožňuje lepší řízení agrolesnických systémů (AFS), identifikaci nemocí a škůdců a efektivní zavlažování. Ekonomický dopad DPZ v brazilském kávovém průmyslu je mimořádný, neboť umožňuje

zvýšit kvalitu a množství produkce při současném snižování výrobních nákladů. Tím se nejen zvyšuje konkurenceschopnost brazilské kávy na globálním trhu, ale také podporuje udržitelnější zemědělské praktiky.

Ekonomické zhodnocení použití DPZ ve vybraných sektorech ukazuje, že tato technologie přináší značné přínosy nejen v podobě zvýšené produkce a efektivity, ale také v redukci environmentálního dopadu zemědělských činností. Investice do DPZ se rychle vrací díky sníženým nákladům na vodu, hnojiva a pesticidy a zvýšeným výnosům z lepší kvality a kvantity produkce. DPZ nabízí revoluční přístup k zemědělství, který umožňuje přesné a včasné rozhodování na základě reálných dat. To nejen zvyšuje ziskovost, ale také podporuje udržitelné zemědělství a ochranu přírodních zdrojů. Navíc globalizace a zvýšená konkurence na mezinárodních trzích vyžadují od zemědělců a výrobců přijetí inovativních technologií, jako je DPZ, aby si udrželi nebo zlepšili svou pozici na trhu.

Vzhledem k rostoucím obavám ohledně změny klimatu a potřeby udržitelnějšího využívání zemědělské půdy se očekává, že význam DPZ bude v budoucnu nadále růst. Jeho schopnost poskytovat přesné a aktualizované informace o stavu plodin a životním prostředí se stane nezbytnou součástí moderního zemědělství, vedoucí k větší produktivitě, ekonomické efektivitě a udržitelnosti.

V konečném důsledku DPZ nepředstavuje pouze technologický posun, ale také ekonomickou nutnost pro zemědělské podniky, které chtějí zůstat konkurenceschopné a udržitelné v rychle se měnícím světě. Rozšíření a adaptace těchto technologií tak bude klíčovým faktorem pro budoucí úspěch a udržitelnost zemědělství na celém světě.

## 10.2 Swot analýza

Na základě všech poznatků, které jsem nasbíral, jsem vytvořil SWOT analýzu metod dálkového průzkumu Země. Tato SWOT analýza je představena v tabulce č. 2.

*Tabulka 2 SWOT analýza*

	Pozitivní vlivy	Negativní vlivy
Vnitřní vlivy	<b>Silné stránky:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zvýšení efektivity využití zdrojů a snížení výrobních nákladů</li><li>• Zvýšení kvality produkce</li><li>• Podpora udržitelného rozvoje</li><li>• Redukce ztrát</li></ul>	<b>Slabé stránky:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vysoké kapitálové náklady</li><li>• Technologická složitost</li><li>• Potřeba odborných znalostí</li><li>• Regulační a legislativní výzvy</li></ul>
Vnější vlivy	<b>Příležitosti:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zlepšení konkurenceschopnosti</li><li>• Globální trhy</li><li>• Rozvoj precizního zemědělství</li><li>• Řešení klimatických změn</li></ul>	<b>Hrozby:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Omezený přístup ke technologiím v některých regionech</li><li>• Technologické zastarávání</li><li>• Globální konkurence</li><li>• Ekonomická nestabilita</li></ul>

*Zdroj: Vlastní práce*

SWOT analýza ukazuje, že použití DPZ ve vybraných speciálních plodinách nabízí značný potenciál pro zlepšení produktivity, efektivity a udržitelnosti, což má přímý pozitivní vliv na ekonomickou výkonnost zemědělských podniků. Přesnější monitorování a řízení plodin mohou vést k vyšším výnosům a kvalitě produkce, což zvyšuje tržní hodnotu zemědělských produktů a konkurenceschopnost výrobců. Z ekonomického hlediska představuje DPZ investici s potenciálem vysokého návratu díky úsporám nákladů na vstupy a zvýšení produktivity.

Na druhé straně je třeba řešit výzvy spojené s počátečními kapitálovými náklady a potřebou odborného vzdělávání. Tyto faktory mohou omezit přístup k DPZ technologiím pro menší zemědělce a mohou vyžadovat podporu ve formě vládních dotací, úvěrů nebo vzdělávacích programů. Navíc rychlé technologické změny a regulace představují neustálé riziko pro dlouhodobou udržitelnost investic do DPZ.

Příležitosti pro rozvoj nových trhů a zlepšení adaptace na změnu klimatu dále posilují ekonomický argument pro investice do DPZ. Technologie nabízí možnosti pro diverzifikaci produkce a vstup na trhy s vyšší přidanou hodnotou. To může vést k dalšímu zvyšování příjmů a stabilizaci zemědělských podniků v obdobích tržní nebo klimatické nestability.

Celkově SWOT analýza zdůrazňuje, že DPZ představuje strategickou investici pro zemědělství, která může výrazně přispět k ekonomickému růstu a udržitelnosti. Pro maximalizaci těchto přínosů je však klíčové adresovat existující slabé stránky a hrozby prostřednictvím vhodných politik, podpůrných programů a kontinuálního vzdělávání a inovací.

## 11 Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval hodnocením speciálních plodin s využitím metod DPZ. Hlavním cílem bylo prozkoumat, jak moderní technologie DPZ mohou přispět k efektivnějšímu monitorování a řízení produkce speciálních plodin ve vybraných zeměpisných oblastech, s přihlédnutím k charakteristikám ekosystémů a specifickým plodin. Tato práce vycházela z přesvědčení, že precizní zemědělství, podporované technologiemi DPZ, může významně přispět k zvýšení efektivity a udržitelnosti produkce zemědělských plodin.

Metodika práce zahrnovala komplexní literární rešerši, analýzu dostupných technologických řešení a jejich aplikaci v praxi. Přístup zahrnoval teoretickou část, kde byly vysvětleny základní principy a vývoj DPZ, a praktickou část, která se zaměřila na využití těchto technologií v konkrétních případech pěstování speciálních plodin.

Výsledky práce ukazují, že DPZ skýtá obrovský potenciál pro zlepšení monitorovacích a řídicích procesů v zemědělství speciálních plodin. Bylo zjištěno, že technologie DPZ, včetně multispektrálního a hyperspektrálního snímání, poskytují cenné informace o zdraví plodin, půdních podmínkách a mikroklimatu, což umožňuje přesnější a rychlejší reakci na vzniklé problémy. Ekonomické hodnocení použití DPZ naznačilo, že ačkoliv počáteční investice mohou být vysoké, dlouhodobé přínosy v podobě zvýšení výnosů a snížení nákladů na ochranu plodin a hnojiva jsou značné.

Na základě zjištěných výsledků doporučuji pro budoucí výzkum a praxi dále rozvíjet a adaptovat technologie DPZ v zemědělství, s důrazem na integraci těchto systémů do celkové strategie farmářského hospodaření. Je také nezbytné pokračovat ve výzkumu nových metod a technologií snímání, které by mohly dále zlepšit přesnost a efektivitu monitoringu speciálních plodin. Navíc je důležité zvýšit povědomí a vzdělávání zemědělců o výhodách DPZ a podporovat přístup k technologiím a datům, což umožní širší adopci těchto metod v praxi.

## 12 Seznam použitých zdrojů

1. CAMPBELL, B. James — WYNNE H. Randolph. *Introduction to Remote Sensing*. 5th. New York : The Guilford Press, 2011. ISBN 978-1-60918-176-5.
2. SCHOWENGERDT, Robert A. *Remote sensing Models and methods for image processing*. 3rd printing. London : Academic Press, 2007. ISBN 13: 978-0-12-369407-2.
3. B., LIANG S. — WANG J. — JIANG. A Systematic View of Remote Sensing. [autor knihy] LIANG Shunlin — LI Xiaowen — WANG Jindi. *Advanced Remote Sensing: Terrestrial Information Extraction and Applications*. Amsterdam : Academic Press, 2012.
4. ŽÍŽALA, Daniel — LUKAS, Vojtěch — KUMHÁLOVÁ, Jitka. Dálkový průzkum Země a precizní zemědělství. *Česká technologická platforma pro zemědělství*. [Online] 2021. [Cit. 7-12-2023]. Dostupné z: [https://www.ctpz.cz/media/upload/1646732225\\_17-precizni-zemedelstvi-5-web.pdf](https://www.ctpz.cz/media/upload/1646732225_17-precizni-zemedelstvi-5-web.pdf).
5. RAJENDRAN, S. — ARAVINDAN, S. — RAJAKUMAR, T. *Hyperspectral Remote Sensing and Spectral Signature Applications*. Delhi : New India Publishing Agency, 2009. ISBN 978-81-89422-34-9.
6. EMERY, W — CAMPS, A. The History of Satellite Remote Sensing. *Introduction to Satellite Remote Sensing*. 2017.
7. SARAH, A. Loff. Explorer 1 Overview. NASA. [Online] 18. Březen 2015. [Cit. 20-01-2023]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/history/explorer-1-overview/>.
8. GOWARD, N. Samuel — WILLIAMS, Dariel L. *Landsat's Enduring Legacy: Pioneering Global Land Observations from Space*. místo neznámé : ASPRS, 2017. 978-1570831010.
9. TOKHI, Sara Arab — MONIRUL, Md. Islam — SHAMSUZZOHA, Md. A Review of Remote Sensing Applications in Agriculture and Forestry to Establish Big Data Analytics.



[autor knihy] Tofael AHAMED. *Remote Sensing Application: Regional Perspectives in Agriculture and Forestry*. Singapore : Springer, 2022.

10. OMI, Emmanuel — BAE, Hyungjin — PARK, Eunsung. Remote Sensing in Field Crop Monitoring: A Comprehensive Review of Sensor Systems, Data Analyses and Recent Advances. *Remote Sensing*. 6. Leden 2023, Sv. 15.

11. What is Remote Sensing. *EARTHDATA*. [Online] NASA. [Cit. 3-02-2024]. Dostupné z :<https://www.earthdata.nasa.gov/learn/backgrounders/remote-sensing>.

12. SISHODIA, Rajendra P. — RAY, Ram L. — SINGH, Sudhir K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing*. 24. Zář 2020, 12.

13. CLARK, J. A. — STEVEN M. D. *Applications of Remote Sensing in Agriculture*. Cambridge : BUTTERWORTHS, 1990. ISBN: 0-408-04767-4.

14. BOROTKANYCH, Natalia. Spatial Resolution In Remote Sensing: Which Is Enough? *EOS DATA ANALYTICS*. [Online] EOS, 22. 12 2022. [Cit. 16-02-2024]. Dostupné z: <https://eos.com/blog/spatial-resolution/>.

15. THENKABAIL, Prasad S. — LYON, John G. — HUETE, Alfredo. *HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING OF VEGETATION: Advanced Applications in Remote Sensing of Agricultural Crops and Natural Vegetation*. 2nd. Boca Raton : CRC Press, 2019. ISBN: 978-1-138-36476-9.

16. KENTON, Will. SWOT Analysis: How To With Table and Example. *Investopedia*. [Online] 30. 10 2023. [Cit.20-02-2024.] Dostupné z: [https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp#:~:text=Error%20Code%3A%20100013\)-,What%20Is%20SWOT%20Analysis%3F,as%20current%20and%20future%20potential](https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp#:~:text=Error%20Code%3A%20100013)-,What%20Is%20SWOT%20Analysis%3F,as%20current%20and%20future%20potential).

17. MARIANI, Giovanna. *M&A AND VALUE CREATION: A SWOT Analysis*. Torino : G. Giappichelli Editore, 2017. ISBN: 978-88-921-0847-9.

18. SWOT analýza odhalí vaše silné i slabé stránky a pomůže s firemní strategií. *SalesMan*. [Online] [Cit. 23-0-2024.] <https://www.salesman.cz/swot-analyza-odhali-vase-silne-i-slabe-stranky-a-pomuze-s-firemni-strategii/>.

19. OTÁHAL, Martin. *Co to je SWOT analýza? A k čemu slouží?* *MladýPodnikatel.cz*. [Online] 2012. [Cit. 26-02-2024]. Dostupné z: <https://mladypodnikatel.cz/co-to-je-swot-analyza-t2797>.
20. KROULÍK, Milan. *Využití bezpilotních prostředků ve sběru dat a řízení vstupu*. *Agromanual.cz*. [Online] 22. 11. 2019. [Cit. 2-03-2024]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/precizni-zemedelstvi/vyuziti-bezpilotnich-prostredku-ve-sberu-dat-a-rizeni-vstupu>.
21. KOCOURKOVÁ, Blanka — PLUHÁČKOVÁ, Helena — RŮŽIČKOVÁ, Gabriela. *PĚSTOVÁNÍ SPECIÁLNÍCH PLODIN*. Brno : Mendelova univerzita v Brně: Agronomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-7509-020-1.
22. LEE, W.S — ALCHANATIS, V. — YANG, C. Sensing technologies for precision specialty crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*. 10 2010, 74, stránky 2-33.
23. OZCELIK, Ali Erdem. Driving initiatives for future improvements of specialty agricultural crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 02 2016, 121, stránky 122-134.
24. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. Tulip Mania. *Britannica Money*. [Online] 17. 02 2024. [Citace: 05. 03 2024]. <https://www.britannica.com/money/Tulip-Mania>.
25. *Blooming Netherlands: A rich bouquet of Dutch stories*. *NL: Netherlands*. [Online] [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: <https://www.holland.com/global/tourism/get-inspired/this-is-nl/blooming-netherlands>.
26. *OEC. Cut Flowers in Netherlands*. *OEC*. [Online] 2022. [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/cut-flowers/reporter/nld>.
27. *Q Costa Rica. Costa Rican pineapple and banana exports bounce back*. *QCOSRARICA*. [Online] 15. 08 2023. [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: <https://qcostarica.com/costa-rican-pineapple-and-banana-exports-bounce-back/>.
28. TrendEconomy. *Pineapples, fresh/dried: Imports and Exports: 2022*. *TrendEconomy*. [Online] 28. 01 2024. [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: [https://trendeconomy.com/data/commodity\\_h2/080430](https://trendeconomy.com/data/commodity_h2/080430).

**29.** MIRALLES, Miguel. *Where is Spanish olive oil produced? Treurer*. [Online] [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: <https://treurer.com/en/blog-olive-oil-culture/spanish-olive-oil/#:~:text=Spain%20is%20the%20largest%20olive,is%20used%20for%20table%20olives.%20%20https://www.statista.com/statistics/463109/olive-oil-production-volume-spain/>.

**30.** *Iberica export*. [Online] [Cit. 08-03-2024]. Dostupné z: <https://iberica-export.com/en/products/olive-oil>.

**31.** *Entering the European market for olive oil. CBI: Ministry of Foreign Affairs*. [Online] 30. 01. 2024. [Cit. 06-03-2024]. Dostupné z: <https://www.cbi.eu/market-information/processed-fruit-vegetables-edible-nuts/olive-oil/market-entry>.

**32.** Olive Oil. *Foods and Wines from Spain*. [Online] [Cit. 08-03-2024]. Dostupné z: <https://www.foodswinesfromspain.com/en/food/products/olive-oil>.

**33.** MELLO, Juliana. *Brazilian Coffee Industry. The Brazil Business*. [Online] 14. 10 2012. [Cit.10-03-2024]. Dostupné z: <https://thebrazilbusiness.com/article/brazilian-coffee-industry>.

**34.** *Brazil nets record \$8.1bn in coffee export revenues despite decline in volume. World Coffee Portal*. [Online] 15. 07 2022. [Cit. 10-03-2024]. Dostupné z: <https://www.worldcoffeeportal.com/Latest/News/2022/July/Brazil-nets-record-coffee-export-revenues-despite>.

**35.** WITS. *Coffee; not roasted or decaffeinated exports by country in 2021. World Integrated Trade Solution*. [Online] 2021. [Cit. 10-03-2024]. Dostupné z: [https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2021/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/090111#:~:text=In%202021%2C%20Top%20exporters%20of,1%2C185%2C525.54K%20%2C%20303%2C551%2C000%20Kg\).&text=Congo%2C%20Dem](https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/ALL/year/2021/tradeflow/Exports/partner/WLD/product/090111#:~:text=In%202021%2C%20Top%20exporters%20of,1%2C185%2C525.54K%20%2C%20303%2C551%2C000%20Kg).&text=Congo%2C%20Dem).

**36.** MALHEIROS, Gabriel. *BRAZIL'S COFFEE EXPORT REVENUE GO TO RECORD HIGHS IN 2022. DatamarNews*. [Online] 18. 01. 2023. [Cit. 11-03-2024]. Dostupné z: <https://www.datamarnews.com/noticias/brazils-coffee-export-revenue-go-to-record-highs-in-2022/>.

**37.** OEC. *Coffee in Brazil. OEC*. [Online] 12 2023. [Cit. 11-03-2024]. Dostupné z: <https://oec.world/en/profile/bilateral-product/coffee/reporter/bra>.

- 38.** GONZALES, Dunia — HEMPEL DE IBARRA, Naralie — KAREN, Anderson. *Remote Sensing of Floral Resources for Pollinators: New Horizons From Satellites to Drones. Frontiers in Ecology and Evolution.* 2022, 10.
- 39.** MACHOVINA, Brian — FEELEY, Kenneth — MACHOVINA, Brett. *UAV remote sensing of spatial variation in banana production. Crop and Pasture Science.* 01. 2016, 67.
- 40.** MESSINA, Gaetano — MODICA, Giuseppe. *The Role of Remote Sensing in Olive Growing Farm Management: A Research Outlook from 2000 to the Present in the Framework of Precision Agriculture Applications. Remote Sensing.* 24. 11. 2022, 14.
- 41.** EVANGELOS, Anastasiou — ATHANASIOS, T. Balafoutis — SPYROS, Fountas. *Trends in Remote Sensing Technologies in Olive Cultivation. Smart Agricultural Technology.* 2023, 3.
- 42.** ESCOBAR-LOPEZ, Augustin — CASTILLO-SANTIAGO, Miguel Angel — MAS, Jean F. *Dentification of coffee agroforestry systems using remote sensing data: a review of methods and sensor data. Geocarto International.* 2024, 1.
- 43.** HUNT, David — TABOR, Karyn — HEWSON, Jennifer. *Review of Remote Sensing: Methods to Map Coffee Production Systems. Remote Sensing.* 06 2020, 12.

## 13 Přílohy

### Seznam obrázků:

Obrázek 1 - Snímek pořízený z družice TIROS-1.....	6
Obrázek 2 - Diagram elektromagnetického spektra.....	8
Obrázek 3 - Druhy prostorového rozlišení.....	14
Obrázek 4 - SWOT analýza.....	17