

Návrh metod pro sběr a zpracování údajů

Sledování a vyhodnocování škod na vegetaci pomocí dronů, 5G a AI“

Datum: 4.8.2025

Číslo verze: 1.0

1. Historie dokumentu

Číslo dokumentu	Předmět dodání	Datum dodání
0.1	Návrh metod pro sběr a zpracování údajů	30.7.2025
1.0	Návrh metod pro sběr a zpracování údajů – zpracování připomínek	4.8.2025

2. Obsah

1.	Historie dokumentu	2
2.	Obsah	3
3.	Slovník pojmů.....	5
1.	Úvod.....	6
2.	Předmět dodávky projektu	7
2.0	Požadavky na dodávku	9
2.0.0	Požadavky na organizaci a výstupy projektu	9
3.	Architektura	11
3.0	Motivační diagram	11
3.0.0	Stakeholderi	12
3.0.1	Motivace.....	12
3.0.2	Cíle	13
3.1	Byznys architektura	14
3.1.0	Aktéři a role	14
3.1.1	Služby	15
3.1.2	Procesy	16
3.2	Aplikační architektura	21
3.2.0	Rozhraní	21
3.2.1	Moduly	21
3.2.2	Zařízení v rámci aplikační architektury	22
4.	Funkční, nefunkční a technické požadavky	23
5.	Návrh metody sběru a zpracování údajů	27
5.0	Úvod	27
5.1	Typy sbíraných údajů	27
5.2	Metodika sběru dat.....	27
5.3	Předzpracování a anotace dat.....	28
5.4	Zpracování dat pomocí AI	28
5.5	Validace a kontrola kvality	28
5.6	Vizualizace a export dat	28
5.7	Doporučení pro projekt.....	29
6.	Návrh architektury systému (5G, dron, cloud, technologie).....	30
6.0	Úvod	30
6.1	Přehled komponent systému	30
6.2	Architektura komunikace (5G)	30
6.3	Architektura dronového systému	30
6.4	Edge computing vrstva	31

6.5	Cloudová infrastruktura	31
6.6	AI a analytická vrstva	31
6.7	API a integrace.....	32
6.8	Změna dodávky 5G technologií	32
6.9	Doporučení pro implementaci.....	33
7.	Návrh služby segmentace obrazu a jej API	34
7.0	Úvod	34
7.1	Architektura segmentační služby.....	34
7.2	API rozhraní služby	34
7.3	Datový tok služby	37
7.4	Validace a metriky	38
7.5	Bezpečnost a škálování	38
7.6	Integrace a rozšíření	38
7.7	Doporučení pro implementaci.....	38
8.	Návrh aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků.....	39
8.0	Úvod	39
8.1	Uživatelské role a scénáře použití	39
8.2	Funkční požadavky aplikace	39
8.3	Uživatelské rozhraní (UX/UI)	39
8.4	Datové vrstvy	41
8.5	Export a sdílení výstupů	41
8.6	Doporučení pro implementaci.....	41
9.	Návrh postupu publikace, prezentace údajů a výběr licenčních podmínek	43
9.0	Cíle publikace a prezentace dat	43
9.1	Formy publikace.....	43
9.2	Metadata a dokumentace	43
9.3	Výběr licenčních podmínek	43
9.4	Doporučení pro použití konkrétních licencí	44
9.5	Kanály prezentace.....	44
9.6	Právní a etické aspekty	44
10.	Přílohy.....	45
	Příloha č.1 - Specifikace - 5G SA řídicího systému sítě a zajištění konektivity a podpory	45

3. Slovník pojmů

Pojem	Význam
AI segmentace obrazu	Automatizované rozpoznávání a vymezení oblastí poškození vegetace pomocí algoritmů strojového učení (např. detekce sucha, škůdců, mechanického poškození)
Trénovací dataset	Datová sada sestávající z anotovaných snímků vegetace, sloužící pro natrénování AI modelu segmentace
Edge computing	Výpočetní model, kdy se zpracování dat provádí co nejbližší k místu jejich vzniku (např. v edge cloudu na farmě), což snižuje latenci a umožňuje provoz bez stálého připojení k internetu
5G SA síť	Samostatná (standalone) 5G síť, umožňující vysokorychlostní a nízkolatenční přenosy dat nezávisle na 4G LTE infrastruktuře
Intervence	Cílený zásah do zemědělského provozu na základě analýzy škod (např. postřik, přihnojení, výsev)
Opendata	Veřejně přístupná data bez licenčního omezení, publikovaná k dalšímu využití (AI Model)
REST API	Rozhraní pro komunikaci mezi systémy, umožňující přístup k funkcím a datům systému pomocí HTTP protokolu.
Anotace	Ruční nebo automatizované označování oblastí na snímcích (např. vyznačení poškozených oblastí v obraze) pro účely tréninku AI.“
Vizualizace výsledků	Nástroje a metody sloužící k grafickému zobrazení výstupů AI segmentace na mapových podkladech
Swagger / OpenAPI specifikace	Strojově čitelný formát popisu API, používaný pro integrace
IAC (Infrastructure as Code)	Přístup k správě infrastruktury pomocí verzí kódu
CI/CD	Soubor nástrojů a metod pro automatizaci buildování, testování a nasazování softwaru
LLM	Large Language Model – velký jazykový model pro zpracování textu a generování obsahu

1. Úvod

Dokument představuje návrhový materiál, který komplexně popisuje technické řešení projektu zaměřeného na monitorování vegetačních škod prostřednictvím pokročilých technologií 5G a AI.

Je určen odbornému publiku – zejména zadavatelům projektu, vývojovým týmům, technickým expertům, konzultantům a partnerským organizacím zapojeným do realizace.

Cílem dokumentu je systematicky prezentovat návrhová rozhodnutí, která tvoří technický rámec projektu.

Specifikace projektu je popsána v kapitolách “Předmět dodávky projektu“, “Architektura“ a „Funkční, Nefunkční a Technické požadavky“

Výsledky návrhů jednotlivých oblastí projektu, které tvoří věcný základ pro specifikaci projektu jsou popsány v kapitolách 5-9.

Hlavní ambicí je poskytnout metodicky konzistentní podklad pro realizaci řešení, které umožní **efektivní detekci, kvantifikaci a vyhodnocení škod na vegetaci** v různých podmínkách.

Výstup dokumentu slouží zároveň jako referenční rámec pro projektové řízení, rozhodování v jednotlivých fázích vývoje a pro koordinovanou komunikaci mezi všemi zainteresovanými stranami.

2. Předmět dodávky projektu

Projekt „Sledování a vyhodnocování škod na vegetaci pomocí dronů, 5G a AI“ má za cíl vyvinout, nasadit a publikovat referenční řešení pro detekci a vizualizaci škod na vegetaci pomocí bezpilotních prostředků (dronů), 5G infrastruktury a umělé inteligence. Výstupy projektu budou publikovány jako otevřená data a open-source komponenty pro další využití v praxi nebo v akademickém prostředí.

Předmět dodávky projektu:

Implementace

5G Technologie a HW:

Dodávka, instalace a konfigurace 5G technologií

- Dron
 - DJI Matrice 350 RTK
 - DJI Care Enterprise Basic minimálně na 1 rok
 - Minimálně 4x aku baterie
- Multispektrální kamera s veškerým příslušenstvím zajišťujícím plnou integraci kamery s DJI Matrice 350 RTK
 - Minimální parametry kamery:
 - Multispektrální kanály (Blue 475 nm, Green 560 nm, Red 668 nm, Red Edge 717 nm, Near infrared 842 nm)
 - Prostorové rozlišení alespoň 8 cm na pixel z výšky 120 m
 - Rozlišení jednotlivých obrázků 1280 x 960 (1.2 MP x 5 obrázků)
- Edge server
 - EDGE server včetně další nezbytné infrastruktury serveru a software:
 - server šasi, osazené 2ks servery: 1x procesor Intel Xeon, 512GB RAM, 4x 1.92TB SSD disk, 1x NVIDIA Ampere A2 GPU, 1x Broadcom 57414 Dual Port 10/25GbE
 - SW komponenty: Harvester v1.2, SUSE Rancher 2, NVIDIA Cuda drivers for Linux, Kubernetes k3s via Rancher
- 5G SA řídící systém sítě, zajištění konektivity a podpory (5G core)
 - Specifikace viz. Příloha č. 1

AI a strojové učení

Nalítaní vybraných typů vegetace při různém zdroji poškození

- Realizace letů dronů a sběr relevantních dat na vybraných typech vegetací a v různých fázích růstu.
- Zajištění, aby drony dokázaly identifikovat specifické znaky poškození.
- Programování algoritmů pro segmentaci obrazu a identifikaci poškozených oblastí.

Implementace služby segmentace

- Integrace s dalšími komponentami projektu.

Zpracování datové sady a trénování modelu

- Zpracování dat ze senzorů a kamer dronu
- Anotace obrázků z dronu
- Trénování modelů pro identifikaci poškození na základě strojového učení
- Vyhodnocení úspěšnosti modelů

SW řešení:

Implementace aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků

- Vývoj uživatelské aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat.
- Zajištění propojení s backendovými systémy a API.
- Integrace na data ČHMU
- Implementace a integrace GIS serveru

Nasazení

Nasazení 5G technologií do provozu

- Plné nasazení 5G sítí a zařízení do provozu na testovacích polích.
- Optimalizace síťových parametrů pro dosažení maximální účinnosti.

Nasazení aplikačních služeb do provozu

- Tvorba IaC skriptů pro automatizované nasazování
- Zavedení výsledků projektu do běžného provozu nasazením do Edge cloud prostředí

Publikace

Publikace zdrojových kódů, instalačních balíků a dokumentace

- Zveřejnění zdrojových kódů, instalačních balíků a podrobné dokumentace pro potenciální uživatele a vývojáře.
- Publikace OpenAPI rozhraní
- Publikace návodů na použití

Publikace opendata:

- Zpřístupnění dat pro výzkum a další vývoj v rámci otevřených dat

Prezentace řešení na konferenci:

- Prezentace výsledků a postupů na odborných konferencích a setkáních.
- Zodpovídání otázek a získání zpětné vazby od odborné komunity.

Výše uveden předmět projektů je detailně popsán v kapitolách níže.

Výstupem bude provozuschopná aplikace v Edge cloud prostředí s otevřeným API a dokumentací.

2.0 Požadavky na dodávku

2.0.0 Požadavky na organizaci a výstupy projektu

2.0.0.1 Aktivita a výstupy

Následující kapitola shrnuje požadovanou organizaci projektu a výstupy jednotlivých fází v rámci realizace projektu. Výstupy jsou označeny kódem výstupu (D1 - Dodávka 1).

- Projektový management
 - D1: Projektový plán
 - Aktivita, milníky, Výstupy, Součinnost ČZU
- Vývoj
 - D2: Instalační balíčky ve formátu Docker image
 - D3: API kontrakty ve formátu OpenAPI
- Dokumentace
 - D4: Instalační příručky
 - D5: Uživatelská příručka
- Testování
 - D6: Report úspěšnosti natrénovaného modelu
- Nasazení
 - D7: IAC skripty (Helm)
 - D8: AI modely jako opendata
 - D9: Report z instalace 5G prvků
 - D1: Report z nasazení SW
- Publikace
 - D11: Prezentace ve formátu pptx výstupů a výsledků projektu

2.0.0.2 Projektové řízení

Řízení projektu je požadované metodologií Prince2.

2.0.0.3 Návrh a design architektury

Při komunikaci o návrhu a designu architektury je požadováno využít framework TOGAF a modelovací jazyk ArchiMate.

2.0.0.4 Vývoj

Při vývoji je požadováno dodržovat v maximální smysluplné míře následující principy, metodiky a postupy:

- Clean code
 - yagni
 - DRY
 - Idempotentní operace
 - Používání Final
 - + další
- Microservices
 - 12 Factor

- Saga
- Database per service
- Service per container
- API Gateway
- Observability
- Reliability
- Security
- + další

Při vývoji je požadovaný vývoj softwaru s použitím verzovaného repositáře s podporou větví a kolaborace vývojáře pomocí požadavků na zapracování nové funkcionality do hlavní větve (Pull / Merge request) a statickou analýzou kódu.

Rovněž je požadována automatizovaná integrace kódu a nasazování.

2.0.0.5 Testování

Je požadované automatizované testování AI modelu. Reporty a výstupy z testování jsou součástí výstupů projektu.

2.0.0.6 Nasazování

Prostředí musí být v co největší míře automatizované a definované jako IAC (Infrastructure as a Code) deploynutelné pomocí automatizačních nástrojů. Součástí projektu je také instalace a nasazení na Edge Cloud prostředí.

3. Architektura

Architektura pokrývá všechny vrstvy systému – od motivace, přes byznys vrstvu až po aplikační komponenty. Je navržena modulárně, aby umožnila flexibilní rozšiřování systému, s důrazem na otevřenost, bezpečnost a provoz v distribuovaném Edge cloud prostředí. Tvoří základ pro návrh technického řešení, rozdělení rolí a stanovení požadavků. Architektura řešení byla navržena v souladu s metodikou TOGAF a modelována pomocí ArchiMate. Zajišťuje strukturované zachycení klíčových komponent, vazeb mezi vrstvami systému, a integraci s externími systémy. Architektura zároveň pokrývá bezpečnostní, provozní i integrační aspekty implementace. Obsahuje všechny klíčové vrstvy potřebné pro porozumění cílovému informačnímu systému, jeho funkcionalitě, komplexitě, vazbám na byznys a požadavkům stakeholderů.

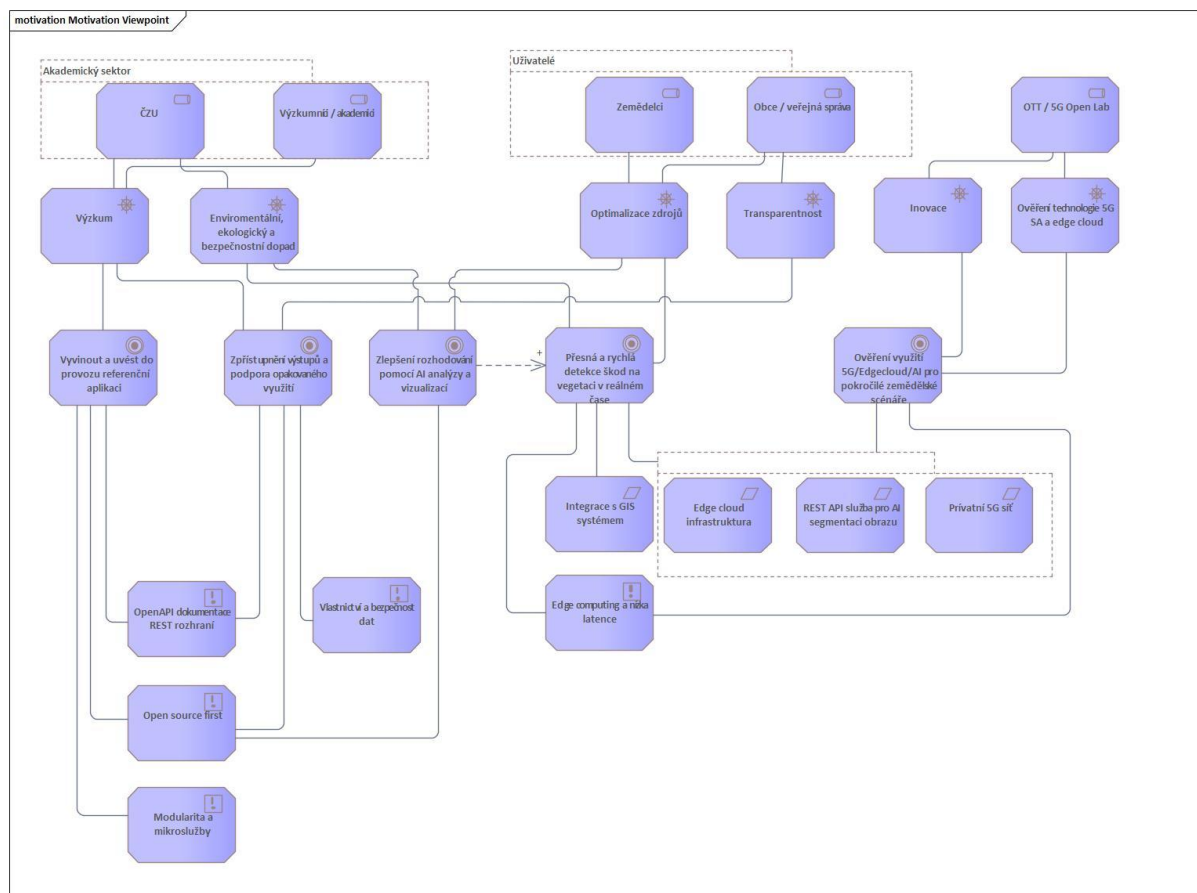
Cílem architektury je:

- pokrýt celkovou funkčnost a chování systému z pohledu uživatelů i provozovatelů
- odvodit požadavky na vývoj a implementaci
- zarámcovat rozsah projektu

3.0 Motivační diagram

Motivační vrstva popisuje hlavní důvody a cíle, proč je systém navrhován. Zohledňuje stakeholdery zapojené do projektu, jejich motivace a na ně navázané cíle.

Cíle jsou dále přeloženy do konkrétních požadavků a jsou podpořeny klíčovými principy návrhu systému. Tento model zajišťuje, že systém odpovídá reálným potřebám uživatelů a stakeholderů.



3.0.0 Stakeholderi

- **Česká zemědělská univerzita (ČZU)**
 - akademický garant projektu, realizátor výzkumu, správce výsledků
- **Výzkumníci / akademici**
 - vývoj AI modelů, metodiky a standardy pro označování, zpracování a vyhodnocování, výuka, publikační výstupy
- **Zemědělci**
 - hlavní uživatelé výsledků projektu v praxi, potřeba rychlé identifikace škod
- **Obce / veřejná správa**
 - využití pro správu veřejných ploch, lesů, parků, krizové řízení
- **OTT / 5G Open Lab**
 - technologické zázemí, ověření pokročilých technologií (5G, Edge computing)

3.0.1 Motivace

- **Výzkum**
 - podpora vývoje technologií 5G v oblasti zemědělství a lesnictví, AI, segmentace obrazu
 - publikace a open-source výstupy
 - vzdělávací účely (studenti, akademici)
- **Environmentální, ekologický a bezpečnostní dopad**
 - reakce na změny klimatu, degradaci půdy, výskyt škůdců
 - ochrana úrody, veřejného majetku, optimalizace zásahů
- **Optimalizace zdrojů**
 - kvantifikace poškození
 - efektivní využití hnojiv, vody, výsadby
 - prevence škod a snížení ekonomických ztrát

- **Transparentnost**
 - dostupnost AI modelů a výstupů veřejnosti
 - openAPI, opendata, přehledné vizualizace
- **Inovace**
 - nové využití 5G technologií, Edge cloudu a AI v zemědělství
 - unikátní přístup ke kvantifikaci škod na vegetaci v reálném čase
- **Ověření technologie 5G SA a Edge Cloud**
 - demonstrace využití privátní 5G sítě a nízkolatenčního zpracování dat

3.0.2 Cíle

- **Vyvinout a uvést do provozu referenční aplikaci**
 - aplikace pro vyhodnocení stavu vegetace pomocí AI nasazená do edge cloud prostředí
- **Zpřístupnění výstupů a podpora opakovaného využití**
 - zveřejnění API, zdrojových kódů, dokumentace a dat
- **Zlepšení rozhodování pomocí AI analýzy a vizualizací**
 - podpora uživatelů při rozhodování o zásazích na poškozených oblastech
- **Přesná a rychlá detekce škod na vegetaci v reálném čase**
 - AI segmentace na edge cloudu – minimalizace zpoždění
- **Ověření využití 5G / Edgecloud / AI pro pokročilé zemědělské scénáře**
 - aplikační ověření výhod 5G technologie v praxi

3.1 Byznys architektura

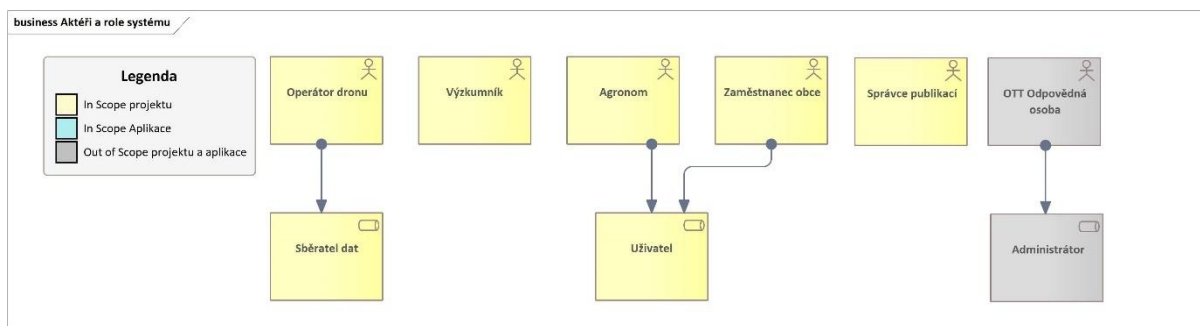
Byznysová vrstva zachycuje způsob, jakým je systém využíván z pohledu koncových uživatelů a jaké poskytuje služby. Identifikuje klíčové role aktérů a jejich interakce se systémem pomocí byznysových služeb a procesů.

Součástí jsou:

- Byznys služby
- Byznys procesy, které tyto služby realizují
- Interakce mezi uživateli a systémem

Tato vrstva slouží jako základ pro návrh aplikační architektury systému.

3.1.0 Aktéři a role



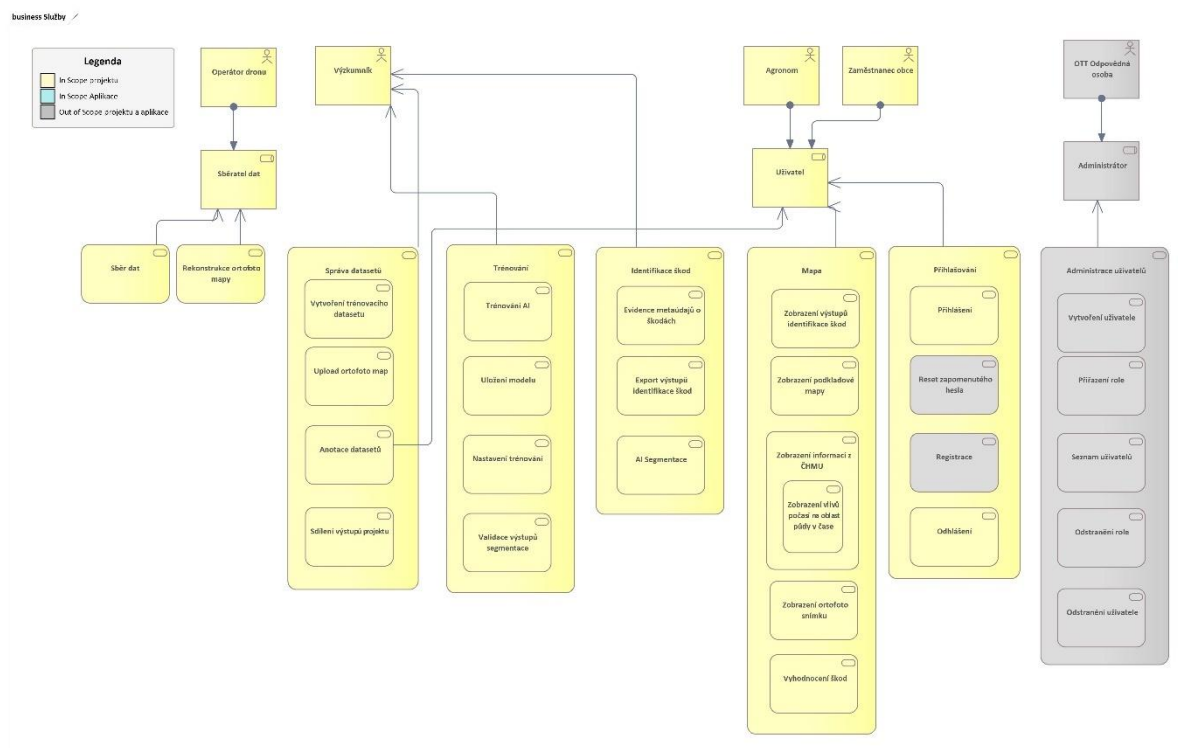
- Operátor dronu (Sběratel dat) – obsluhuje dron a zaznamenává snímky oblasti
- Výzkumník – anotuje datasety a spouští trénování AI modelů
- Agronom / Zaměstnanec obce (Uživatel) – interpretuje výstupy detekce škod
- Správce publikací – zajišťuje zveřejnění kódů, dat a dokumentace

Použití existujícího systému pro správu uživatelů rolí a přihlašování (např. existující instanci KeyCloak nebo Entra M365)

- OTT Odpovědná osoba (Administrátor) – správa uživatelů, oprávnění a nastavení systému (mimo dodávaného systému)

3.1.1 Služby

Služby pokrývají celý cyklus od sběru a zpracování dat, přes trénování modelu pomocí strojového učení a segmentaci pomocí AI, až po vizualizaci a publikaci výstupů. Každá služba je navržena jako samostatný mikromodul, s definovaným vstupem, výstupem a odpovědnostmi



- Sběr dat – Projekt zahrnuje nalétání oblastí dronem pro sběr snímku potřebných pro rekonstrukci ortofoto mapy, samotný sběr dat a let zabezpečuje software dronu
- Rekonstrukce ortofoto mapy – rekonstrukce ortofoto mapy z pořízených snímku, které byly sesbírané při nalétávání dronem pomocí softwaru mimo projektu jako např. DJI Terra
- Správa datasetů (Vytvoření trénovacího datasetů, Upload ortofoto map, Anotace datasetů pro poškozené oblasti, Sdílení výstupů projektu) - Kroky potřebné k vytvoření zlaté datové sady pro trénování AI modelu
- Trénování (Trénování AI, Uložení modelu, Nastavení trénování, Validace výstupů segmentace) - Trénování AI modelu segmentace na základě anotované datové sady mimo systému
- Identifikace škod (Evidence metaúdajů o škodách, Export výstupů identifikace škod, AI Segmentace) - Služby aplikace pro segmentaci ortofotomap a export shape souborů
- Mapa (Zobrazení výstupů identifikace škod, Zobrazení podkladové mapy, Zobrazení informací z ČHMU, Zobrazení ortofoto snímku, Vyhodnocení škod) - Služby pro koncového uživatele pro práci s daty a sledování výstupů
- Přihlašování (Přihlášení, Reset zapomenutého hesla, Registrace, Odhlášení) - Tyto služby jsou mimo systému. Předmětem projektu je poskytnutí technologie OAuth2, která umožní využít pro tento účel jednotlivé aplikaci uživatelů
- Administrace uživatelů (Vytvoření uživatele, Přirazení role, Seznam uživatelů, Odstranění role, Odstranění uživatele) - Administrace uživatelů je mimo systému. Přihlášení uživatele je možné využít pomocí OAuth2 technologie.

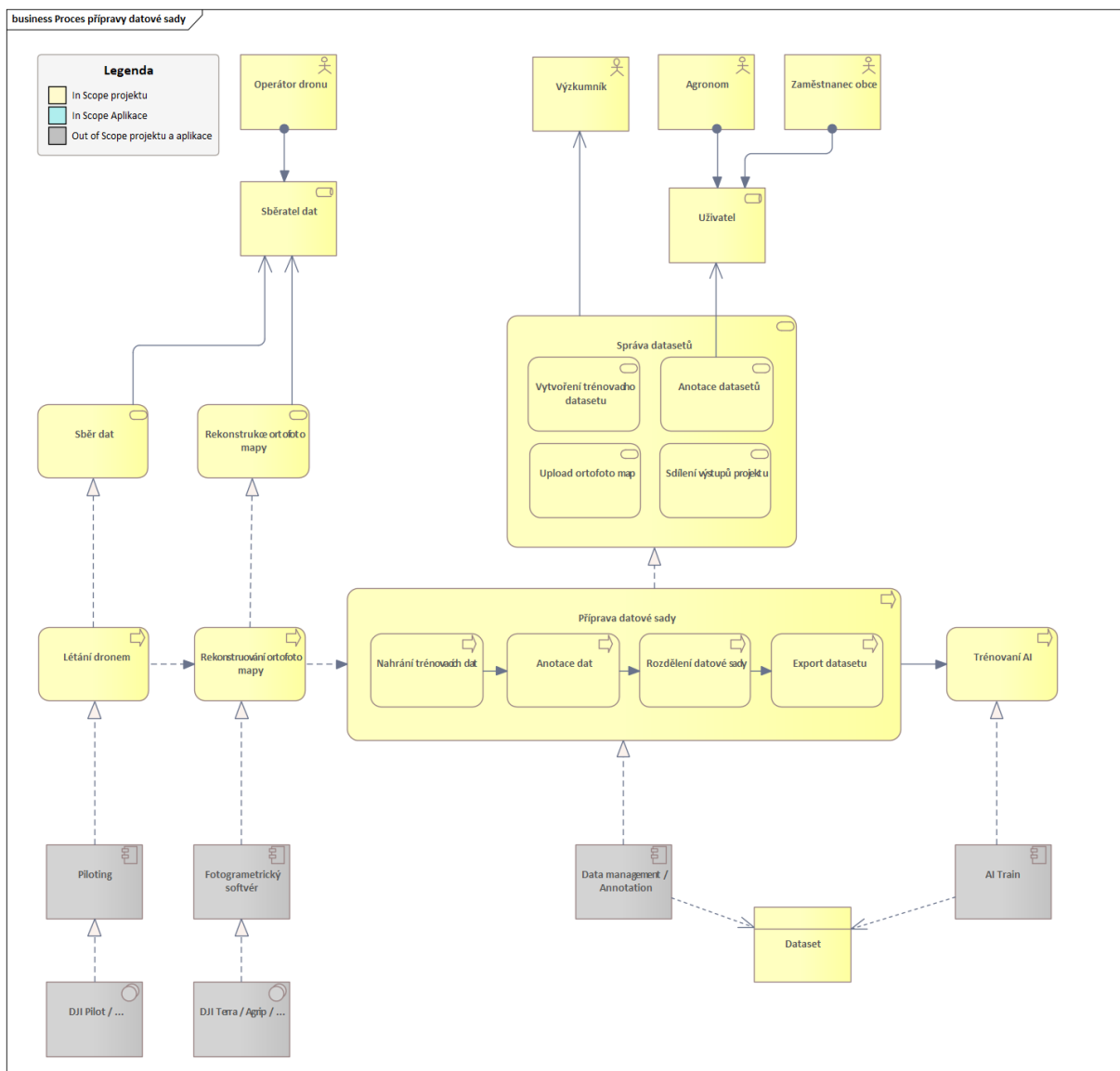
Detailnější popis služeb je v rámci procesů.

3.1.2 Procesy

Procesy zahrnují pohled na potřebné kroky k dosažení výstupů projektu a také procesy, které budou probíhat v rámci nového systému pro identifikaci škod na mapě.

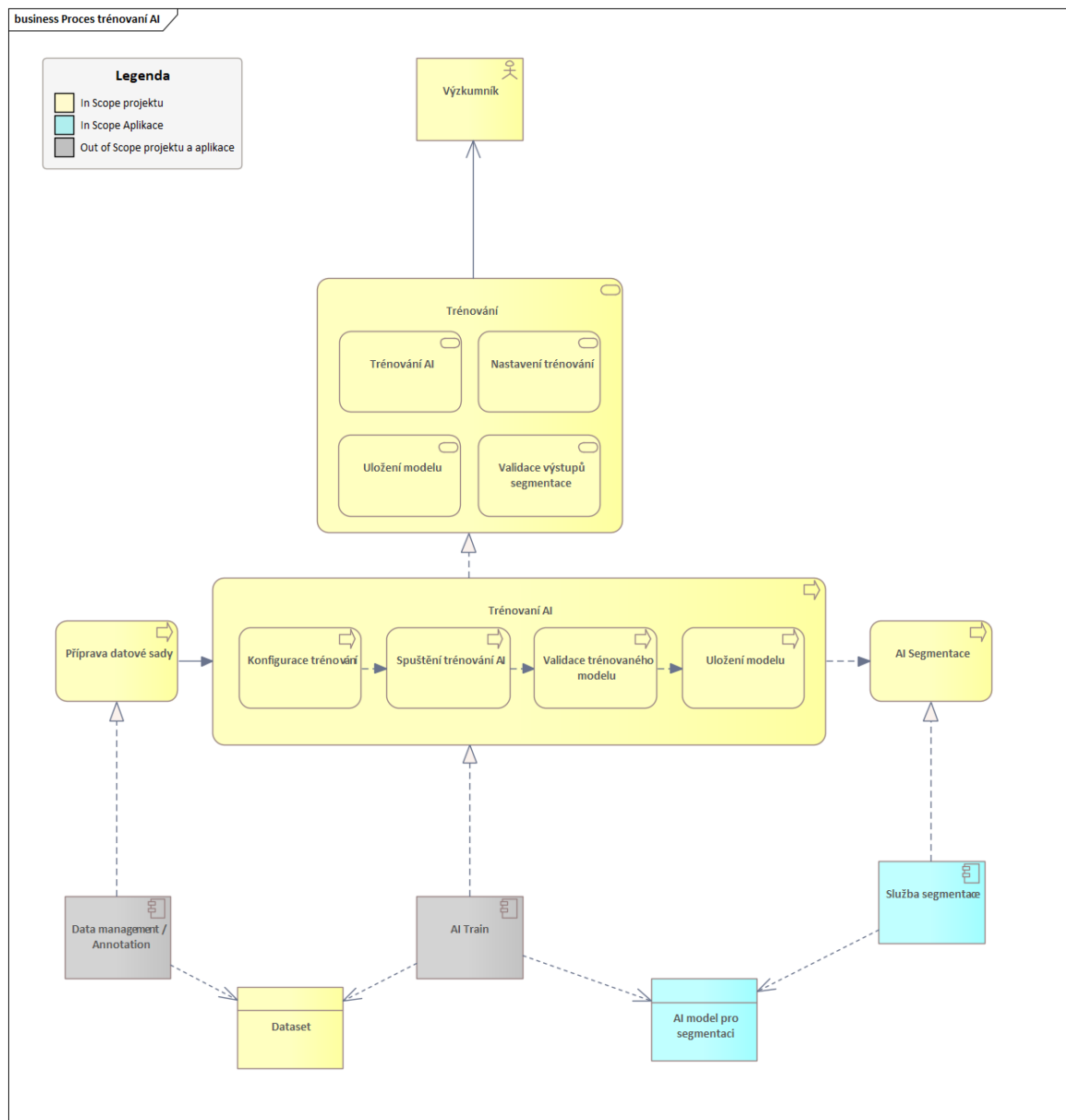
3.1.2.1 Proces přípravy datové sady

Tento proces zahrnuje sběr snímků pomocí dronu, ze snímků rekonstrukce ortofoto map, které jsou pak nahrány do systému pro anotaci škod a vytvoření strukturovaného datasetu určeného k trénování AI. Tento proces zajišťuje vstupní kvalitu dat pro budoucí trénovací proces. Systém pro anotaci dat není součástí dodávky aplikace a využije se existující nástroj jako Labelstudio nebo Roboflow.



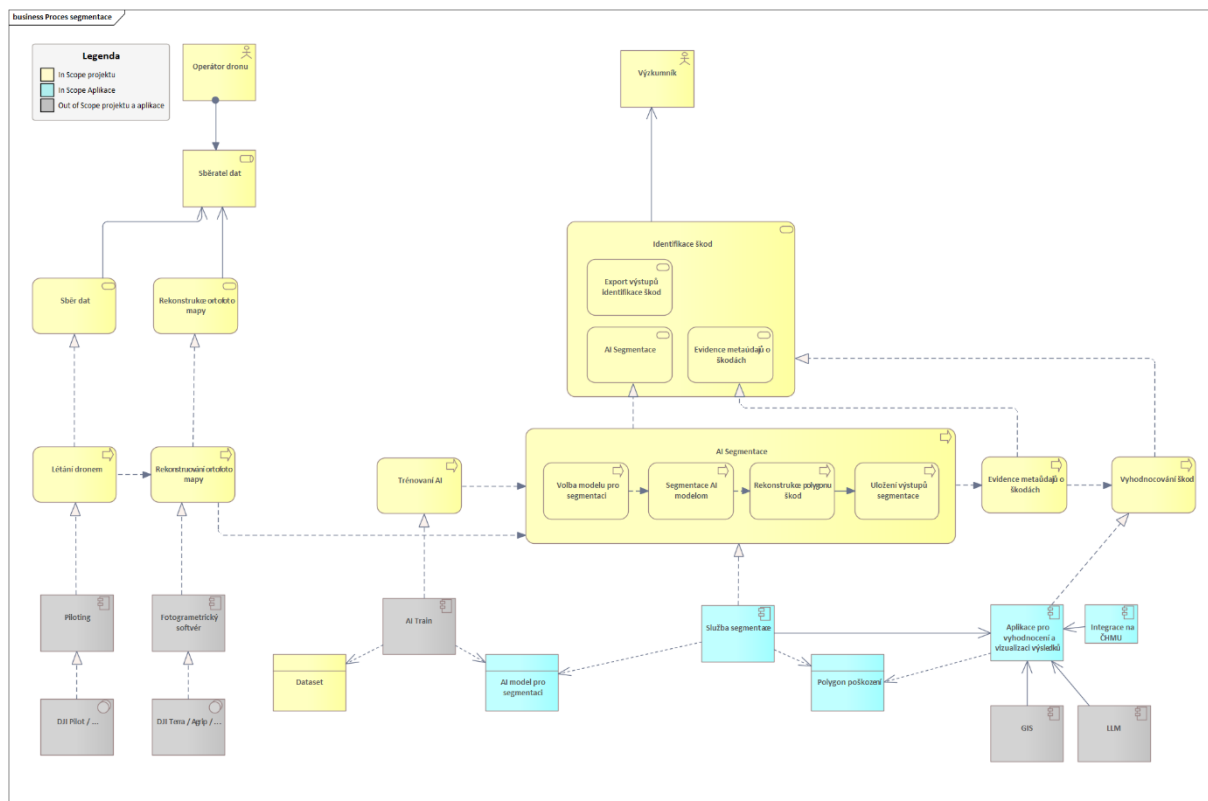
3.1.2.2 Proces trénování AI

Na základě připravených datasetů výzkumník dělá trénink AI modelu. Proces zahrnuje nastavení parametrů, spuštění trénování, uložení modelu a jeho validaci na testovacích datech. Výsledkem je funkční model připravený k použití pro segmentaci. Toto trénování se vykonává mimo dodávané aplikace a to přímo v Roboflow nebo přes python skript.



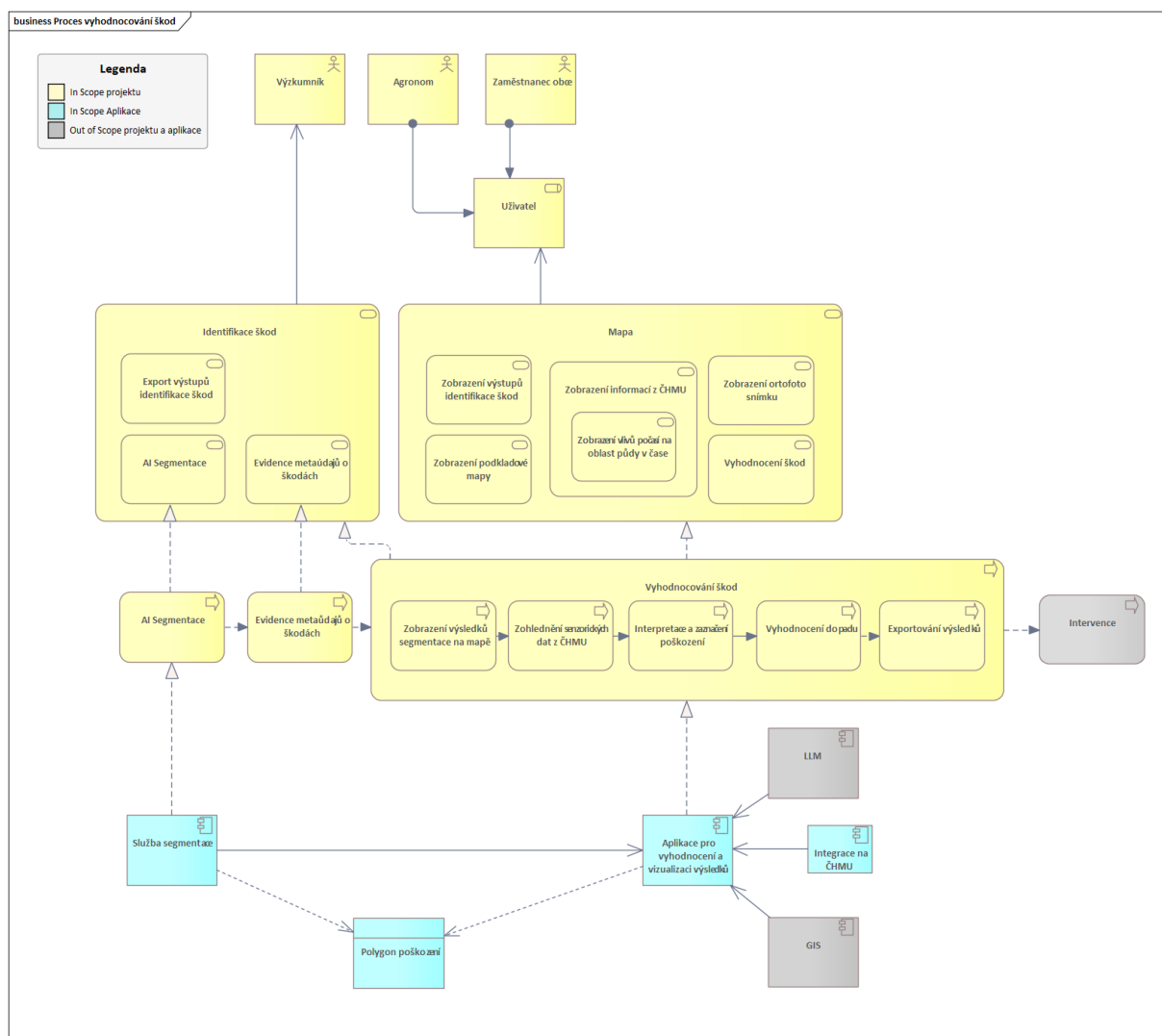
3.1.2.3 Proces segmentace

Zahrnuje výběr natrénovaného AI modelu z procesu „Trénování AI“, spuštění segmentace AI modelem nad ortofoto snímky a generování segmentovaných vrstev. Výstupem je vrstva poškození (polygon) znázorňující detekované škody. Tento proces je součástí dodávané aplikace a budou ho moci spouštět uživatelé přes uživatelské rozhraní aplikace pro vyhodnocování škod anebo přes REST technické rozhraní.



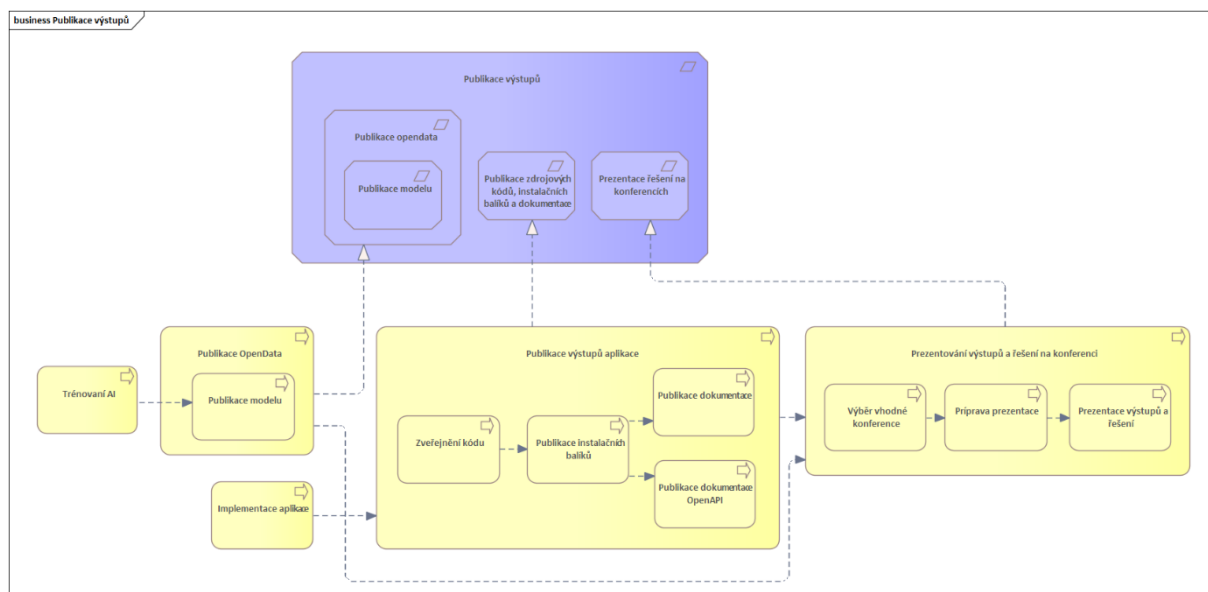
3.1.2.4 Proces vyhodnocování škod

V tomto procesu jsou výsledky segmentace interpretovány. Při interpretaci se využívají informace poskytnuté agronomem, identifikované poškozené oblasti pomocí AI a data z ČHMU v stanoveném časovém rozsahu. Tyto informace jsou provedeny do textové podoby a odeslány na vyhodnocení do LLM AI systému, který vyhodnotí a sumarizuje výsledky do výsledné správy.



3.1.2.1 Proces publikace výstupů a jejich prezentování

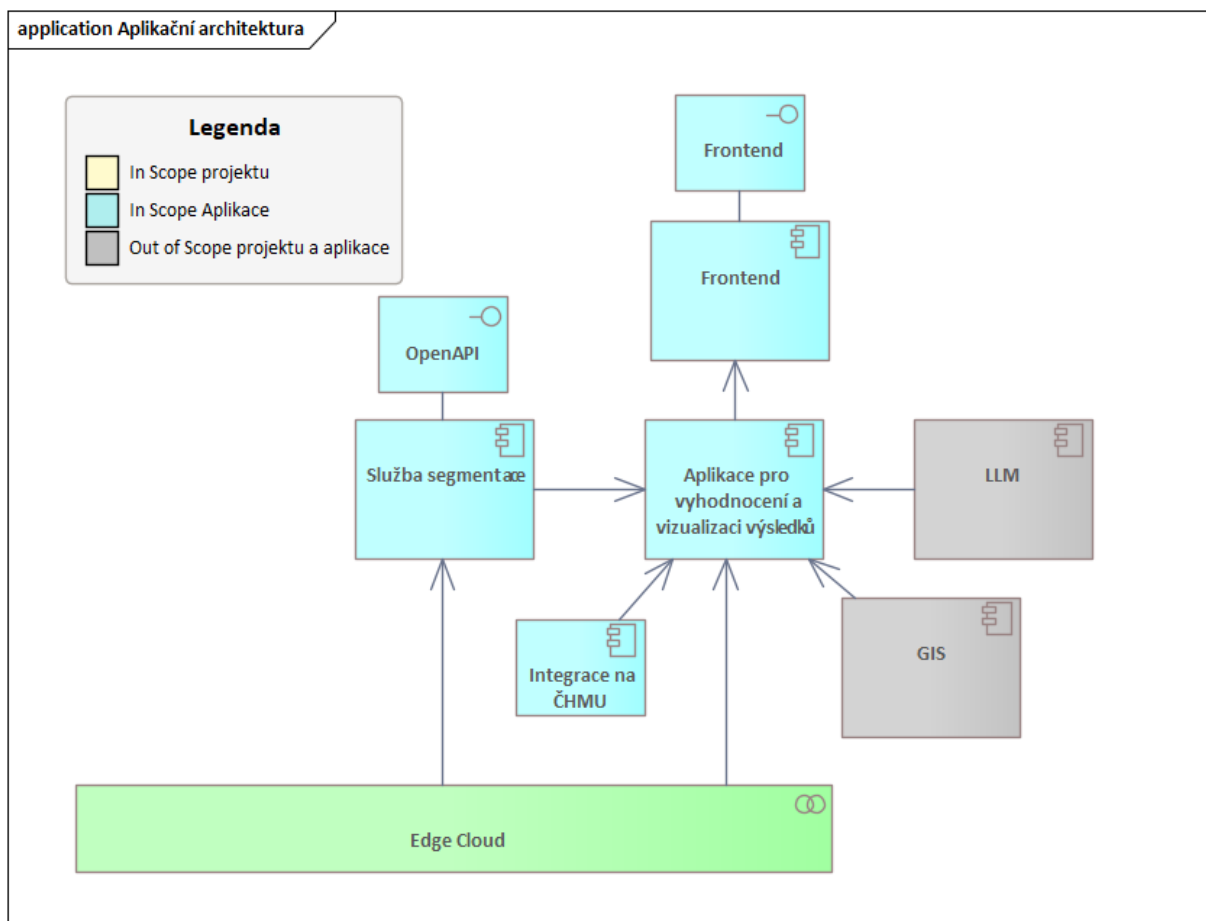
Cílem procesu je zajistit transparentní, opakovatelné a udržitelné zpřístupnění výsledků projektu – včetně modelů, softwarových komponent i znalostí – cílovým skupinám, odborné veřejnosti a dalším zájemcům o opětovné využití.



3.2 Aplikační architektura

V aplikační vrstvě architektury jsou popsány komponenty, které zabezpečují funkcionalitu systému, včetně zařízení, dat a rozhraní. Jejich úkolem je podpořit byznysové služby a procesy identifikované v byznys vrstvě.

Architektura je navržena s důrazem na škálovatelnost, otevřenost (OpenAPI), modularitu a bezpečné zpracování dat.



3.2.0 Rozhraní

- OpenAPI pro Službu segmentace
 - REST rozhraní umožňující volání segmentační služby
- Frontend aplikační rozhraní pro Aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků
 - uživatelské grafické rozhraní pro vizualizaci výsledků, map, segmentace a výstupů určené pro webový prohlížeč

3.2.1 Moduly

- Služba segmentace
 - hlavní backendová služba využívající AI modely pro rozpoznání poškozené vegetace
 - běží na Edge cloudu pro zajištění nízké latence
- Aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků
 - uchovává stav vegetace, výsledky segmentace, výstupy z ČHMÚ a další vrstvy
 - frontend komunikuje s touto aplikací a aplikace také integruje data z ČHMÚ, GIS a využívá LLM
- Frontend

- Zobrazuje mapu a data z aplikace pro vyhodnocování a vizualizaci výsledků
- Integrace na ČHMU – Integrovaný modul, který bude zpracovávat data z externích API ČHMU. Vybraná data z ČHMU budou zpracována přes LLM pro vyhodnocení dopadu škod.

Integrace na externí systémy:

- GIS systém - základné mapy systému. Není součástí projektu a využije se existující GIS systém nebo systém pro poskytování podkladových map (Agrip GIS, Google maps, Open Street Maps, MapBox ...)
- LLM – integrace na velký jazykový model pro interpretaci výsledků poškození. Není součástí projektu. Využije se API (OpenAI, Anthropic, ...).

3.2.2 Zařízení v rámci aplikační architektury

- Edge Cloud
 - lokální výpočetní prostředí s nízkou latencí
 - umožňuje rychlé zpracování dat z dronů (obrazové snímky) a aplikaci AI modelu
 - hostuje modul segmentace i aplikační logiku

4. Funkční, nefunkční a technické požadavky

ID	Kategorie	Oblast	Požadavek	Popis
ID_1	Technický požadavek	5G Technologie a HW	Dron	1. Matrice 350 RTK - DJI 2. MicaSense RedEdge MX + DJI skyport
ID_2	Technický požadavek	5G Technologie a HW	5G SA řídicí systém sítě, zajištění konektivity a podpory	Specifikace viz příloha č.1
ID_3	Technický požadavek	5G Technologie a HW	Využití privátní 5G sítě	Potřeba využití 5G sítě a její konfigurace pro maximální využití nízké latence pro přenos velkého objemu dat.
ID_4	Ne-Funkční požadavek	5G Technologie a HW	Edge computing a nízká latence	Využití a konfigurace Edge cloudu. Konfigurace parametrů nízké latence budou laděny v rámci testování aplikace. Cílem parametrů je přiblížení se k minimálním odezvám.
ID_5	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Možnost přihlášení	Podpora OAuth2 pro autentifikaci externím IDP.
ID_6	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Zobrazení výstupů identifikace škod	Zobrazení identifikovaných oblastí poškození na mapě.
ID_7	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Zobrazení podkladové mapy	Zobrazení základní mapy jako pozadí pro další vizualizační vrstvy. Využívá se integrace na existující GIS (Agris GIS, Google Maps, OpenStreetMap, MapBox ...)
ID_8	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Integrace na datasety ČHMÚ	Integrace na opendata.chmi.cz, průběžné stahování dat a jejich zpracování.
ID_9	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Zobrazení informací z ČHMÚ	Zobrazení vrstev meteorologických dat z ČHMÚ (akumulace srážek za den, maximální rychlost větru za den, minimální denní, maximální denní a průměrná teplota za den, průměrná vlhkost za den, teplota půdy v

				stanovené hloubce) pro vybrané meteorologické stanice.
ID_10	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Zobrazení ortofoto snímku	Zobrazení vstupní ortofoto snímky jako podkladu ke kontrole výsledků segmentace.
ID_11	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Vyhodnocení škod	Spuštění procesu interpretace AI výsledků s dalšími daty (meteorologické data, kontextové informace z evidence, vlastnosti polygonu) pro určení typu a rozsahu škod a výslednou zprávu o škodách. Využije se jazykový model LLM.
ID_13	Funkční požadavek	Aplikace pro interaktivní vyhodnocení a vizualizaci dat	Evidence metaúdajů o škodách	Zaznamenávání informací o rozsahu, typu a lokalitě zjištěných škod včetně zdrojů dat.
ID_12	Funkční požadavek	Identifikace škod	AI Segmentace	Automatizované rozpoznání oblastí škod pomocí natrénovaného AI modelu nad vstupními daty.
ID_14	Funkční požadavek	Identifikace škod	Export výstupů identifikace škod	Export segmentovaných výsledků do formátů jako shapefile nebo GeoJSON pro použití v GIS.
ID_18	Funkční požadavek	Identifikace škod	Export dat ve formátu kompatibilním s GIS	Systém musí být schopen exportovat výsledky detekce škod (např. polygonové vrstvy) do formátů, které lze načíst do GIS softwaru. Umožňuje agronomům, výzkumníkům i samosprávám analyzovat prostorové dopady škod na konkrétní pozemky a provádět rozhodnutí přímo nad mapou.
ID_19	Funkční požadavek	Identifikace škod	REST API služba pro AI segmentaci obrazu	Vystavení AI modelu jako služby, která přijímá vstupní snímek (ortofoto) a vrací výstupní mapu škod. API umožňuje integraci s externími systémy (GIS nebo uživatelská rozhraní). V souladu s ID_6.
ID_15	Ne-Funkční požadavek	Nasazení	Edge cloud nasazení	Vyžaduje se nasazení služby na prostředí Edge cloud
ID_16	Ne-Funkční požadavek	Publikování výstupů	Publikace zdrojových kódů, instalačních balíčků a dokumentace	Požadována je publikace výstupů projektu včetně modelů, OpenAPI kontraktů, instalačních balíčků
ID_17	Ne-Funkční požadavek	Publikování výstupů	Prezentace řešení na konferencích	Požaduje se prezentace řešení a výstupů na konferenci
ID_20	Ne-Funkční požadavek	Správa datasetů	Vytvoření trénovacího datasetu	Vytvoření specifického datasetu určeného pro trénink AI modelu.
ID_21	Ne-Funkční požadavek	Správa datasetů	Anotace datasetů	Ručně prováděné označování oblastí poškození na snímcích jako trénovací vstup pro AI.
ID_22	Ne-Funkční požadavek	Správa datasetů	Sdílení výstupů projektu	Publikace AI výstupů jako.opendata. Podporuje přenositelnost řešení i validaci třetí stranou.

ID_23	Ne-Funkční požadavek	Správa datasetů	Létání s dronem	Součástí projektu je nalítání dronem a sběr snímků pro přípravu datasetu pro trénování AI. Je potřeba nalítat 200 ha (100/jedna vegetace) plodin celkově při přesnosti minimálně průměrně 10cm/px GSD. Sběr snímků je potřebné realizovat ve vhodném počasí. Škody se musí vyskytovat na minimálně 5% plodin. Požadované typy plodin pro sběr snímků jsou Smrk ztepilý (Picea abies) a Řepka ozimá (Brassica napus) .
ID_24	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	OpenAPI dokumentace REST rozhraní	Všechny REST API služby musí být zdokumentované dle standardu OpenAPI pro snadnou integraci a správu.
ID_25	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Open source first	Komponenty systému musí být vyvíjeny jako open source pro podporu sdílení a transparentnosti.
ID_26	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Modularita a mikroslužby	Architektura systému musí být modulární a založená na mikro službách pro snadnou údržbu a rozšiřitelnost. Systém je rozdělen do jednotlivých samostatných částí (např. správa dat, segmentace, export). To umožňuje lepší škálování, výměnu komponent a paralelní vývoj více týmů. Principy: - 12 Factor - Saga - Database per service - Service per container - API Gateway - Observability - Reliability - Security
ID_27	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Vlastnictví a bezpečnost dat	Systém musí zajistit ochranu osobních údajů, mapových dat a trénovaných modelů s jasně definovaným vlastnictvím.
ID_28	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Clean code	yagni DRY Idempotentní operace Používání Final + další
ID_29	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Verzování zdrojových kódů a statická kontrola	Při vývoji je požadovaný vývoj softwaru s použitím repositáře s podporou větví a kolaborace vývojáře pomocí požadavků na zapracování nové funkcionality do hlavní větve (Pull / Merge request) a statickou analýzou kódu.
ID_30	Ne-Funkční požadavek	SW řešení	Instalace a kontejnerizace	Instalační balíky ve formátu Docker a Helm s popisem instalace
ID_31	Funkční požadavek	Trénování modelu	Trénování AI	Spuštění procesu učení modelu nad vybraným datasetem. Vyhodnocení úspěšnosti AI modelu. Počet modelů 2. Jeden pro každou vybranou plodinu. Ověření kvality modelů je požadováno pomocí K-fold metodiky. Ověření pomocí K-fold modelu, známé také jako K-násobná křížová validace, je

				statistická technika používaná zejména ve strojovém učení k hodnocení výkonu modelu.
--	--	--	--	---

5. Návrh metody sběru a zpracování údajů

5.0 Úvod

Efektivní sběr a zpracování údajů je základním pilířem systému pro identifikaci a vyhodnocení škod na vegetaci. Vzhledem k rozsahu projektu, technologickému zázemí (5G, drony, edge computing, AI) a požadavkům na reálný čas je nutné navrhnout **modulární, škálovatelnou a robustní metodiku**, která umožní sběr, předzpracování, analýzu, interpretaci a prezentaci dat.

5.1 Typy sbíraných údajů

Primární data (senzorická a obrazová)

Zdroj	Typ dat	Popis
Dron DJI Matrice 350 RTK	RGB, multispektrální, termální	Vysoké rozlišení, geolokalizace, snímky vegetace
MicaSense RedEdge MX	NDVI, RedEdge, NIR	Vegetační indexy, zdraví porostu, vodní stres
GPS/RTK modul	Geolokační data	Přesné určení polohy snímků
ČHMU API	Meteorologická data	Srážky, teplota, vítr, vlhkost, půdní vlhkost

Sekundární data

- Historické výnosy plodin
- Mapy půdních typů
- GIS vrstvy (katastr, pozemky, vegetační typy)
- Kontextové informace z evidence (např. typ plodiny, datum výsadby)

5.2 Metodika sběru dat

Plánování letu dronem

- Automatizované plánování pomocí software (např. DJI Pilot)
- Definice letových zón, výšky, překryvu snímků
- Použití RTK pro přesnou geolokaci

Snímkování vegetace

- RGB snímky pro vizuální analýzu
- Multispektrální snímky pro výpočet vegetačních indexů (NDVI, GNDVI)
- Termální snímky pro detekci vodního stresu

Vytvoření ortofoto mozaiky

- Fotogrammetrické zpracování (např. Pix4D, Agisoft Metashape)
- Výstup: georeferencovaná ortomozaika ve formátu GeoTIFF

Rozsekání na dlaždice

- Automatizovaný skript rozdělí mozaiku na snímky (např. 512×512 px) s překryvem
- Vhodné pro trénování AI modelu

5.3 Předzpracování a anotace dat

Anotace snímků

- Ruční označení poškozených oblastí odborníkem
- Nástroje: Label Studio, CVAT, Roboflow
- Výstup: masky ve formátu PNG nebo JSON

Tvorba datasetu

Typ datové množiny	Popis
Trénovací	70–80 % dat, slouží k učení modelu
Testovací	20–30 % dat, slouží k validaci a evaluaci
K-fold validace	Rozdělení dat do K částí pro robustní testování

5.4 Zpracování dat pomocí AI

Segmentace obrazu

- Model: CNN (např. U-Net, DeepLabv3+)
- Vstup: dlaždice snímků + anotace
- Výstup: maska poškozených oblastí

Klasifikace škod

- Model: LLM (např. GPT, BERT)
- Vstup: výstup segmentace + meteorologická data + kontext
- Výstup: typ škody, rozsah, doporučení

Predikce vývoje

- Model: LSTM, XGBoost
- Vstup: časové řady z ČHMU + historické výnosy
- Výstup: prognóza šíření škod, doporučený zásah

5.5 Validace a kontrola kvality

Metody validace

Metoda	Popis
K-fold cross-validation	Testování modelu na různých částech dat
Precision / Recall / F1	Metriky přesnosti segmentace a klasifikace
Vizualizace výstupů	Porovnání AI výstupu s reálnými snímky a anotacemi

Testovací scénáře

- Různé typy vegetace (pšenice, kukuřice, vinice)
- Různé typy škod (sucho, plíseň, vítr)
- Různé podmínky snímkování (slunečno, zataženo)

5.6 Vizualizace a export dat

Formáty výstupů

Formát	Využití
GeoJSON	Interaktivní mapy, webové aplikace
Shapefile	GIS software (QGIS, ArcGIS)
PNG / TIFF	Vizualizace segmentace
PDF / HTML	Zprávy pro agronomy, samosprávy

Exportní služby

- REST API pro externí systémy
- OpenAPI dokumentace
- Integrace s GIS serverem (např. GeoServer)

5.7 Doporučení pro projekt

- Používat standardizované formáty dat (GeoTIFF, GeoJSON, OpenAPI)
- Zajistit automatizaci sběru a zpracování pomocí skriptů a CI/CD pipeline
- Využívat edge computing pro zpracování dat v lokalitě
- Zahrnout zpětnou vazbu od uživatelů pro ladění modelů
- Publikovat výstupy jako open data pro validaci třetí stranou

6. Návrh architektury systému (5G, dron, cloud, technologie)

6.0 Úvod

Moderní systémy pro monitoring vegetace vyžadují **integrovanou architekturu**, která propojuje senzory, drony, výpočetní infrastrukturu, síťové technologie a analytické nástroje. Cílem je zajistit **spolehlivý, škálovatelný a bezpečný systém**, který umožní sběr, přenos, zpracování a vizualizaci dat v reálném čase.

6.1 Přehled komponent systému

Klíčové komponenty

Komponenta	Popis
Drony	Sběr obrazových a senzorických dat
5G síť	Rychlý přenos dat mezi dronem, edge a cloudem
Edge computing	Lokální zpracování dat pro nízkou latenci
Cloud platforma	Dlouhodobé ukládání, analýza, vizualizace
AI moduly	Segmentace, klasifikace, predikce škod
API rozhraní	Integrace s externími systémy (GIS, agronomické nástroje)

6.2 Architektura komunikace (5G)

Využití 5G sítě

- **Nízká latence (<10 ms)** pro přenos snímků a telemetrie
- **Vysoká propustnost** pro streamování multispektrálních dat
- **Síťové slicing** pro oddělení datových toků (telemetrie vs. video)
- **Edge-enabled 5G** pro lokální výpočty (např. detekce škod přímo v poli)

Integrace s dronem

- Dron vybaven 5G modemem (např. Quectel RG500Q-EA)
- Přímé spojení s edge serverem nebo cloudem
- Možnost přenosu dat do více uzlů (redundance)

6.3 Architektura dronového systému

Dron DJI Matrice 350 RTK

- **Modulární konstrukce** pro různé senzory (RGB, multispektrální, termální)
- **RTK modul** pro přesnou geolokalizaci
- **Autonomní letové plánování** pomocí DJI Pilot 2
- **Komunikační modul:** 5G, Wi-Fi, Bluetooth

Senzorická výbava

Senzor	Funkce
RGB kamera	Vizuální snímky vegetace
MicaSense RedEdge MX	Multispektrální snímky (NDVI, NIR)
Termální kamera	Detekce vodního stresu
GPS/RTK	Geolokační data

6.4 Edge computing vrstva

Lokální výpočty

- **Zařízení:** NVIDIA Jetson Xavier, Raspberry Pi 5, Intel NUC
- **Funkce:**
 - Předzpracování snímků
 - Detekce škod pomocí AI
 - Odeslání výsledků do cloudu
- **Výhody:**
 - Nízká latence
 - Nižší nároky na přenos dat
 - Možnost off-line provozu

6.5 Cloudová infrastruktura

Platforma

- **Typ:** Edge cloud
- **Funkce:**
 - Ukládání ortomozaik a výstupů AI
 - Trénování modelů (GPU clustery)
 - Vizualizace dat (dashboardy, mapy)
 - API pro přístup třetích stran

Bezpečnostní prvky

- Autentizace pomocí OAuth2

6.6 AI a analytická vrstva

AI moduly

Modul	Funkce
Segmentace	Detekce poškozených oblastí vegetace
Klasifikace	Určení typu škody (sucho, plíseň, vítr)
Predikce	Prognóza vývoje škod na základě časových řad

Vizualizace

- Interaktivní mapy (Leaflet, Mapbox)
- Dashboardy (Grafana, Power BI)

- Export do PDF, GeoJSON, Shapefile

6.7 API a integrace

REST API

- Přístup k datům pro agronomy, obce, výzkumníky
- Dokumentace pomocí OpenAPI (Swagger)
- Možnost webhooků pro notifikace

Integrace

- GIS systémy (QGIS, ArcGIS)
- Zemědělské ERP systémy (služba segmentace)

6.8 Změna dodávky 5G technologií

- Odůvodnění projektové změny dodávky 5G technologií - V současné době je v oblasti Školního zemědělského podniku Lány – Amálie provozována testovací privátní 5G SA síť společnosti T-Mobile. Tato síť je vhodná pro základní testování technologií postavených na standardech 5G NR vyvinutých organizací 3GPP. Ovšem z důvodu vzdálenosti mezi lokalitou Amálie a umístěním 5G Core (ČVUT CIIRC) a i z důvodu použité síťové konektivity mezi oběma lokalitami dochází k zásadní degradaci parametrů 5G konektivity pro koncová zařízení.
- Z technické analýzy vyplynulo, že pořízení a implementace vlastního 5G Core bude pro potřeby projektu přínosnější než původně zamýšlené rozšíření sítě o sektorové aktivní antény. Toto nám umožní při realizaci navrhovaných use cases naplno využít všech benefitů, které nabízí moderní 5G SA síť jako je nízká latence a vysoká datová propustnost. Pak lze velmi snadno umístit požadovaný výpočetní výkon na EDGE server.
- Analýza ukázala, že efektivní způsob komunikace je vhodné realizovat pomocí ovladače dronu připojeného přímo na 5G SA síť. Z toho důvodu není potřebné expandovat signál do leteckých výšek dronu pomocí sektorových aktivních antén. Z důvodu efektivního využití finančních zdrojů navrhujeme nahradit sektorové aktivní antény za vlastní 5G core, kterého přínosy pro projekt jsou popsány níže.

3GPP 5G Core pro privátní 5G síť

3GPP 5G Core (5GC) je klíčovou součástí architektury moderních 5G sítí, navrženou podle standardů organizace 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Pro privátní 5G síť, které slouží specifickým podnikům, průmyslovým odvětvím nebo organizacím, nabízí 5G Core řadu pokročilých funkcí a výhod:

Hlavní vlastnosti 5G Core pro privátní síť:

- Flexibilní architektura: 5GC využívá službově orientovanou architekturu (Service-Based Architecture, SBA), která umožňuje dynamickou správu a snadné přizpůsobení sítě konkrétním potřebám.
- Podpora síťového sliceování (Network Slicing): Umožňuje rozdělit fyzickou síť na několik virtuálních segmentů (slices), přičemž každý segment je optimalizován pro konkrétní aplikace, např. IoT, průmyslovou automatizaci nebo multimediální služby.
- Nízká latence: Privátní 5G síť s jádrem 5GC mohou dosahovat extrémně nízké latence, což je klíčové pro aplikace v reálném čase, jako je robotika, autonomní vozidla nebo zdravotnické technologie.
- Bezpečnost: 5GC nabízí pokročilé bezpečnostní funkce, jako je šifrování dat, autentizace zařízení a uživatelů, a ochranu proti kybernetickým hrozbám. To je zásadní pro průmyslové podniky a organizace pracující s citlivými daty.

- Podpora IoT a masivní konektivity: 5GC je navrženo tak, aby zvládalo vysoký počet připojených zařízení a podporovalo jejich různorodé požadavky – od nízkoenergetických IoT senzorů po vysoce výkonná zařízení.

Výhody pro privátní použití v síti ČZU:

- Autonomie: Privátní 5G síť s 5GC umožňuje provozovat ČZU v lokalitě plně nezávislou infrastrukturu bez závislosti na jiných subjektech.
- Optimalizace výkonu: Síť může být přesně nakonfigurována podle požadavků konkrétního provozu, což zlepšuje kvalitu služeb a minimalizuje rušení.
- Škálovatelnost: 5GC usnadňuje přizpůsobení velikosti sítě od menších lokálních řešení až po rozsáhlé aplikace.

6.9 Doporučení pro implementaci

- Používat otevřené standardy (GeoTIFF, MQTT, REST)
- Zajistit redundanci dat (lokální + cloudové úložiště)
- Testovat v reálných podmínkách (různé typy vegetace, počasí)
- Zahrnout zpětnou vazbu uživatelů pro ladění systému
- Pravidelně aktualizovat AI modely na základě nových dat

7. Návrh služby segmentace obrazu a jej API

7.0 Úvod

Segmentace obrazu je zásadní komponentou systému pro detekci škod na vegetaci. Umožňuje **automatické rozpoznání poškozených oblastí** na základě multispektrálních snímků. Tato kapitola popisuje návrh služby segmentace jako **mikroslužby**, její architekturu, API rozhraní, datové toky, bezpečnostní aspekty a možnosti škálování.

7.1 Architektura segmentační služby

Komponenty služby

Komponenta	Popis
REST API	Vstupní bod pro požadavky na segmentaci
AI model	CNN model (např. U-Net, DeepLabv3+) pro segmentaci vegetace
Preprocessing modul	Normalizace, resize, augmentace vstupních snímků
Postprocessing	Generování masek, výpočet metrik, export výsledků
Datové úložiště	Ukládání vstupů, výstupů, logů a metadat

Technologie – doporučení

- **Backend:** Python (FastAPI, Flask)
- **Modely:** PyTorch / TensorFlow
- **Deployment:** Docker + Kubernetes
- **Monitoring:** Prometheus + Grafana
- **Storage:** MinIO / Azure Blob Storage

7.2 API rozhraní služby

Přehled služby

Segmentační API představuje RESTful službu, která přijímá vstupní obrazové data (např. RGB, multispektrální nebo termální snímky vegetace) a vrací výstup segmentace ve formě masky a analytických metrik. Služba je navržena jako mikroslužba s podporou asynchronního zpracování, zpětné vazby uživatele, škálovatelnosti a integrace do geografických informačních systémů (GIS).

Struktura end pointů

- **1. POST /segment**

Popis: Inicializuje segmentaci vstupního snímku. Vytvoří nový požadavek (job).

- **Vstupní formát:** application/json
- **Odezva:** 202 Accepted + job_id v těle
- **Zpracování:** Asynchronní
- **Vstupní JSON:**

json

```
{
  "image_url": "https://example.com/image.tif",
  "sensor_type": "MicaSense RedEdge",
  "crop_type": "pšenice",
  "location": {
    "latitude": 48.20,
    "longitude": 17.40
  },
  "capture_date": "2024-09-25",
  "altitude_m": 120,
  "ndvi_enabled": true,
  "metadata": {
    "flight_id": "F220923-MORAVA-07",
    "operator": "pilot123",
    "projection": "EPSG:4326"
  }
}
```

- **2. GET /status/{job_id}**

Popis: Vrací aktuální stav požadavku segmentace.

- **Odezvy:**
 - 200 OK: Job nalezen
 - 404 Not Found: Neexistující job_id
- **Výstupní JSON:**

```
json
{
  "job_id": "abc123",
  "status": "processing",
  "progress": "60%",
  "submitted_at": "2024-09-25T12:45:30Z",
  "estimated_completion": "2024-09-25T12:48:00Z"
}
```

- **3. GET /result/{job_id}**

Popis: Vrací výstup segmentace včetně masky a analytických metrik.

- **Odezvy:**
 - 200 OK
 - 404 Not Found
 - 425 Too Early – job není dokončen

- **Výstupní JSON:**

```
json
{
  "job_id": "abc123",
  "status": "completed",
  "segmentation_mask": {
    "image_url": "https://api.example.com/results/mask_abc123.png",
    "format": "PNG",
    "projection": "EPSG:4326"
  },
  "metrics": {
    "vegetation_damage_area_ha": 12.4,
    "total_area_ha": 18.9,
    "damage_percentage": 65.6,
    "confidence_score": 0.92,
    "dominant_damage_type": "sucho"
  },
  "report_url": "https://api.example.com/results/report_abc123.pdf",
  "geojson_export": "https://api.example.com/results/damage_abc123.geojson",
  "shapefile_export": "https://api.example.com/results/damage_abc123.zip"
}
```

- **4. POST /feedback/{job_id}**

Popis: Umožňuje uživateli zaslat zpětnou vazbu na výstup segmentace.

- **Vstupní JSON:**

```
json
{
  "user_id": "pilot123",
  "job_id": "abc123",
  "feedback_score": 2,
  "comment": "Segmentace přehnaně označila zdravý porost jako poškozený.",
  "suggested_correction_area": [
    {
      "polygon_id": "poly_001",
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [[[17.401, 48.201], [17.402, 48.201], [17.402, 48.202], [17.401, 48.202], [17.401, 48.201]]]
      }
    }
  ],
}
```

```

    "status": "false_positive"
  }
]
}

```

- **Odezva:** 200 OK nebo 400 Bad Request při nevalidní struktuře

Zabezpečení API

- **Autentizace:** OAuth2 + JWT tokeny
- **Rate limiting:** 100 požadavků / min / IP
- **Šifrování:** TLS 1.3

Podporované formáty dat

Typ	Formát
Vstupní snímky	TIFF, GeoTIFF, JPEG, PNG
Výstupní maska	PNG, GeoTIFF
Analytická data	JSON, GeoJSON, CSV
Export pro GIS	Shapefile (.zip), GeoPackage (.gpkg)
Zprávy o škodách	PDF, HTML

Metriky segmentace

Metrika	Popis
IoU	Přesnost překryvu masky s anotovanou oblastí
Dice coefficient	Míra shody mezi AI výstupem a referenčním označením
Damage area (ha)	Celková poškozená plocha ve hektarech
Damage percentage (%)	Procentuální rozsah poškození v rámci plochy
Confidence score	Důvěra modelu v segmentaci dané oblasti

Validace a testování API

- Automatické testy pomocí Postman / pytest
- Testovací sada obrazových dat pro vegetace: řepka, smrk
- Simulace chybných vstupů, síťových výpadků, GDPR incidentů

7.3 Datový tok služby

Průběh požadavku

1. **Uživatel odešle snímek** přes API
2. **Preprocessing**: resize, normalizace, augmentace
3. **Segmentace** pomocí AI modelu
4. **Postprocessing**: maska, výpočet metrik
5. **Uložení výsledků** do úložiště
6. **Odpověď API** s odkazem na výstup

7.4 Validace a metriky

Výstupní metriky

Metrika	Popis
IoU (Intersection over Union)	Přesnost segmentace
Dice coefficient	Shoda mezi predikcí a anotací
Confidence score	Důvěra modelu v segmentaci
Poškozená plocha	Výpočet plochy poškozené vegetace (v ha)

7.5 Bezpečnost a škálování

Bezpečnostní prvky

- Autentizace pomocí OAuth2
- Rate limiting pro ochranu API
- Šifrování dat (TLS, AES)

Škálování

- Horizontální škálování pomocí Kubernetes
- Load balancing (např. Traefik, NGINX)
- Asynchronní zpracování požadavků (Celery + Redis)

7.6 Integrace a rozšíření

Možnosti integrace

- GIS systémy (QGIS, ArcGIS)
- Webové dashboardy (např. Grafana, Mapbox)

Rozšíření služby

- Podpora více typů snímků (RGB, termální)

7.7 Doporučení pro implementaci

- Používat otevřené formáty (GeoTIFF, PNG, JSON)
- Zajistit auditovatelnost výstupů (logy, metriky)
- Zahrnout zpětnou vazbu uživatelů pro zlepšení modelu
- Pravidelně aktualizovat modely na základě nových dat
- Testovat službu na různých vegetačních typech

8. Návrh aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků

8.0 Úvod

Aplikace pro vyhodnocení a vizualizaci výsledků představuje **hlavní rozhraní mezi systémem a uživatelem**. Jejím cílem je zpřístupnit výstupy z AI analýz, meteorologických dat a GIS vrstev v intuitivní, interaktivní a rozhodovací formě. Uživatelé (farmáři, výzkumníci, samosprávy) potřebují **rychlý přehled o stavu vegetace**, možnost filtrování, exportu dat a přímé reakce na zjištěné škody.

8.1 Uživatelské role a scénáře použití

Role uživatelů

Role	Potřeby
Farmář	Stav plodin, doporučení zásahů, export do GIS
Výzkumník	Přístup k datům, analýza trendů, validace modelů
Samospráva	Monitoring veřejných ploch, plánování zásahů
Operátor dronu	Stav snímkování, přehled letů, kontrola výstupů

Scénáře použití

- Zobrazení mapy škod na konkrétní plodině
- Porovnání vývoje vegetace v čase
- Export segmentace do shapefile pro GIS analýzu
- Generování zprávy o škodách pro pojišťovnu

8.2 Funkční požadavky aplikace

Klíčové funkce

Funkce	Popis
Přihlášení (OAuth2)	Autentizace uživatelů přes externí IDP
Zobrazení mapy	Interaktivní mapa s vrstvami (škody, ortofoto, ČHMU)
Filtrování dat	Podle plodiny, lokality, typu škody, data snímkování
Zobrazení meteorologických dat	Integrace s ČHMU – srážky, teplota, vítr
Vizualizace segmentace	Zobrazení AI výstupů jako masky na mapě
Export dat	GeoJSON, shapefile, PDF zpráva
Zpětná vazba	Možnost označit chybnou segmentaci
Historie analýz	Archiv výstupů, porovnání v čase

8.3 Uživatelské rozhraní (UX/UI)

Cíle UX/UI návrhu

- Zjednodušit rozhodování pomocí přehledných vizualizací
- Minimalizovat kognitivní zátěž uživatele

- Zajistit přístupnost pro různé typy uživatelů (věk, technická zdatnost)
- Podpořit důvěru v AI výstupy skrze transparentní vizualizace

Navigační struktura

Modul	Popis
Dashboard	Přehled analýz, upozornění, novinky
Mapa	Interaktivní pracovní plocha s vrstvami
Detail oblasti	Kontextové informace
Export dat	Výběr formátu, metadata

Vizuální styl

- Barevná paleta: zelená (vegetace), červená (škody), modrá (meteorologie)
- Typografie: bezpatkové písmo pro čitelnost (např. Inter, Roboto)
- Ikonografie: intuitivní ikony pro vrstvy, typy škod, export

Personalizace a přístupnost

- Možnost přizpůsobení dashboardu: výběr metrik, oblastí zájmu
- Podpora screen readerů: ARIA štítky, kontrastní režim

Vizualizační komponenty

Komponenta	Popis
Heatmapa škod	Intenzita poškození na mapě
Časová osa	Vývoj vegetace v čase
Grafy meteorologie	Srážky, teplota, vítr – korelace se škodami
AI maska	Segmentace poškozených oblastí
Doporučení	Textové výstupy LLM modelu – zásahy, predikce

Interaktivita

- Hover efekty: zobrazení detailů při přejetí myší
- Klikací vrstvy: výběr oblasti, typ škody
- Drag & drop export: přetažení vrstvy do exportního modulu

Návrh rozhraní

- **Dashboard:** přehled analýz, upozornění, novinky
- **Mapa:** hlavní pracovní plocha s vrstvami
- **Panel detailu:** informace o konkrétní oblasti
- **Exportní modul:** výběr formátu, metadata



Obrázek 1 - Návrh dashboardu

8.4 Datové vrstvy

Typy vrstev

Vrstva	Popis
Ortofoto	Vstupní snímky z dronu
Segmentace škod	Výstup AI modelu – maska poškození
Meteorologická data	Srážky, teplota, vítr z ČHMU
Doporučení zásahů	Výstup LLM modelu – návrh opatření

8.5 Export a sdílení výstupů

Formáty

- GeoJSON / Shapefile – pro GIS
- PNG / PDF – vizualizace
- CSV / JSON – tabulková data

Sdílení

- Integrace s externími systémy (např. agronomické ERP)
- Publikace jako open data

8.6 Doporučení pro implementaci

- Webová aplikace pro jednoduchý přístup
- Používat otevřené standardy pro datové vrstvy

- Zahrnout zpětnou vazbu uživatelů pro ladění UX
- Testovat s reálnými daty z oblasti Amálie
- Zajistit škálovatelnost pro různé typy vegetace a lokalit

9. Návrh postupu publikace, prezentace údajů a výběr licenčních podmínek

9.0 Cíle publikace a prezentace dat

- **Zpřístupnit výsledky analýz** relevantním cílovým skupinám (farmáři, výzkumníci, samosprávy)
- **Podpořit datově podložené rozhodování** v zemědělství a ochraně krajiny
- **Zajistit interoperabilitu** s externími systémy (GIS, ERP, výzkumné databáze)
- **Zachovat ochranu citlivých údajů** při publikaci agregovaných výstupů

9.1 Formy publikace

Forma	Popis
Webová aplikace	Interaktivní přístup k mapám, analýzám, exportům
Open Data katalog	Publikace datových sad s metadaty (např. CKAN, data.gov.sk)
REST API rozhraní	Programový přístup pro vývojáře a integrace
PDF zprávy	Strukturované výstupy pro pojišťovny, samosprávy
Vizualizace	Grafy, heatmapy, časové osy – pro prezentace a média

9.2 Metadata a dokumentace

- **Popis datových sad:** název, popis, zdroj, datum, formát
- **Geolokace:** souřadnice
- **Struktura dat:** sloupce, typy, jednotky
- **Odkazy na původní zdroje:** snímky, meteorologická data

9.3 Výběr licenčních podmínek

Otevřené licence

Licence	Popis
CC BY	Volné použití s uvedením autora
CC BY-SA	Sdílení za stejných podmínek
ODbL	Licence pro databáze – sdílení a úpravy s podmínkami
PDDL	Veřejná doména – bez omezení

Omezené licence

- **CC BY-NC** – bez komerčního využití
- **Interní licence** – přístup jen pro registrované uživatele
- **Custom licence** – specifické podmínky pro partner

9.4 Doporučení pro použití konkrétních licencí

Výstupy AI modelů (segmentace, klasifikace)

- **Doporučená licence:** Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0)
- **Proč:** Umožňuje volné použití, sdílení i úpravy modelů, pokud je uveden původní autor. Podporuje otevřený výzkum a replikovatelnost.
- **Poznámka:** Vhodné pro publikaci trénovaných modelů jako open-source.

Zdrojové kódy aplikace a API

- **Doporučená licence:** Apache License 2.0
- **Proč:** Permisivní open-source licence, které umožňují komerční použití, úpravy a distribuci bez nutnosti sdílení pod stejnou licencí.
- **Poznámka:** Apache poskytuje dobrou ochranu patentů.

Vizualizace, dashboardy, mapové výstupy

- **Doporučená licence:** CC BY-NC 4.0
- **Proč:** Umožňuje nekomerční použití s uvedením autora.
- **Poznámka:** Vhodné pro prezentace, tiskové zprávy, veřejné portály.

Interní dokumentace, metodiky, technické zprávy

- **Doporučená licence:** Custom licence
- **Proč:** Obsahuje citlivé informace, které nejsou určeny k veřejnému šíření.
- **Poznámka:** Přístup omezen na partnery projektu nebo registrované uživatele.

9.5 Kanály prezentace

Kanál	Cílová skupina	Forma prezentace
Webová aplikace	Farmáři, výzkumníci	Interaktivní mapa, dashboard
Tiskové zprávy	Média, veřejnost	Shrnutí, grafy, příklady
Vědecké publikace	Akademická obec	Detailní metodika, výsledky
Sociální sítě	Široká veřejnost	Vizualizace, krátké zprávy
Konference	Odborníci, samosprávy	Prezentace, postery, diskuse

9.6 Právní a etické aspekty

- Souhlas se zpracováním dat od vlastníků pozemků
- Anonymizace citlivých údajů (např. jména, GPS přesnost)
- Zveřejnění metodiky pro interpretaci AI výstupů
- Zajištění auditovatelnosti publikovaných dat

10. Přílohy

Příloha č.1 - Specifikace - 5G SA řídicího systému sítě a zajištění konektivity a podpory

#	Požadavek
1	<i>Obecné</i>
1.1	5G SA (Stand Alone) technologie
1.2	Dostupnost sítě: 99,5% je požadováno redundantní HA - High Availability řešení v režimu active - active
1.3	Dodaná síť musí být schopná obsloužit minimálně: 250 uživatelů/zařízení
1.4	Provisioning per SIM karta - bulk volitelně
1.5	Kvalita sítě (pro individuálního uživatele): průměrná Downlink rychlost min. 300 Mbps
1.6	Kvalita sítě (pro individuálního uživatele): průměrná Uplink rychlost min. 50 Mbps
1.7	Kvalita sítě (pro individuálního uživatele): síťová latence do 20 ms (milisekund)
1.8	Bezpečnost sítě dle standardů 3GPP TS 33.401, TS 33.501, TS 33.512-515
1.9	Synchronizace sítě: časová a fázová synchronizace dle 5G standardů 3GPP
2	<i>5G rádiová síť (RAN)</i>
2.1	Podpora stávající rádiové infrastruktury 5G - integrace na straně zadavatele
2.2	Vnitřní (indoor) pokrytí: podpora c-band (N78)
2.3	Vnitřní (indoor) pokrytí: podpora min. 100 MHz frekvenčních kanálů
2.4	Vnitřní (indoor) pokrytí: podpora min. 2x2 MIMO
2.5	Venkovní (outdoor) pokrytí: podpora min. 2x2 MIMO
3	<i>5G SA řídicí systém (Core)</i>
3.1	Síťové funkce: podpora UDM/AUSF (Unified Data Management / Authentication Server Function)
3.2	Instalovatelná technologie: minimálně release 16 dle 3GPP
3.3	Kapacita sítě: propustnost 15 Gbps
3.4	Podpora funkcionalit: o Registration Management o Connection Management o Mobility Management o Session Management o User plane management
3.5	Podpora mobilních Datových (Data) služeb
3.6	Podpora konfigurace statických IP adresních rozsahů (prefixů)
3.7	Podpora externího DHCP (zadavatele)
3.8	Podpora fyzických SIM, podpora eSIM není požadována
3.9	Fyzické SIM karty musí být aktivovány a konfigurovány pro 5G privátní síť s unikátním identifikačním číslem
3.10	Monitoring prvků sítě: REST-API či terminálový přístup (CLI) ke všem dodávaným síťovým prvkům pro potřeby monitoringu

3.11	Přístup pro technické specialisty Zadavatele do systému správy 5G privátní sítě za účelem: o kontroly nastavení sítě a jejích funkčních bloků, o monitorování stavu sítě z pohledu funkcionality (alarmy) a výkonosti (reporty), o kontroly uživatelů a jejich přístupových práv.
3.12	Monitoring a vzdálená podpora: Rozhraní pro vzdálenou podporu a dohled Sítě součástí dodávky
4	<i>Integrace do datové sítě Zadavatele</i>
4.1	Integrace do datové sítě Zadavatele formou samostatné datové domény připojené pomocí VLAN. Připojení prostřednictvím samostatného optického vlákna Zadavatele. Předání služby na Fiber rozhraní Dodavatele
4.2	Podpora IPv4
4.3	Podpora 1000Base-T nebo 1000Base-X SFP (MM) Fiber a 10GBase-X SFP+ (MM) Fiber rozhraní
5	<i>Požadavky na hardware umístěný do prostor Zadavatele</i>
5.1	CE certifikace
5.2	zařízení do datových sálů/rozvoden: provedení rack mount 19" s maximální hloubkou 90 cm