

**PLATFORMA PRO AUTOMATIZOVANÉ MONITOROVÁNÍ INFRASTRUKTUR NA ZÁKLADĚ DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ - PROJEKT ESA INCUBED**

Vojtěch HRON, Kristýna ŽÁKOVÁ

CGI IT Czech Republic s.r.o., Laurinova 2800/4, 155 00, Praha 5, Česká republika  
*vojtech.hron@cgi.com, kristyna.zakova@cgi.com*doi: <https://doi.org/10.31490/9788024845081-119>**Abstrakt**

CGI SatSight je univerzální platforma pro automatizované zpracování a vyhodnocení satelitních snímků. Platforma je využitelná pro různé případy použití (např. detekce změn, detekce povodní), které jsou realizované pomocí analýz dat dálkového průzkumu Země. Analýzy jsou definovány jako procesy, které se skládají z menších úkolů. Pro každý úkol je implementováno řešení v podobě kontejneru s příslušnou funkcionalitou. Platformu lze snadno rozšiřovat o nové případy použití prostřednictvím zásuvných modulů ve formě nových analýz. Celé řešení lze využívat jako cloudovou službu s front-end webovou mapovou aplikací nebo jej integrovat do systému klienta. Hlavní myšlenka platformy CGI SatSight je založena na plně automatizovaném přístupu pro stahování, zpracování a analýzu satelitních snímků s emailovými upozorněními na zjištěné výsledky. Uživatel může snadno definovat oblast zájmu a spustit analýzu pro konkrétní historická data, jako plánovanou úlohu nebo spouštění podmínit dostupností nových snímků pro monitorování téměř v reálném čase. Platforma využívá volně dostupné satelitní snímky misí Sentinel z programu Copernicus a v případě potřeby ji lze rozšířit o jiné zdroje satelitních snímků. Řešení bylo vyvinuto v rámci programu ESA InCubed ve spolupráci CGI a VŠB-TUO.

**Abstract**

CGI SatSight is a universal platform for automated processing and evaluation of satellite images. The platform can be used for various use cases (e.g. change detection, flood detection), which are implemented using analyses of remote sensing data. Analyses are defined as processes that consist of smaller tasks. For each task is implemented a solution in the form of a container with the appropriate functionality. The platform can be easily extended with new use cases via plug-ins in the form of new analyses. The entire solution can be used as a cloud service with a front-end web map application or integrated into the client's system. The main idea of CGI SatSight platform is based on a fully automated approach for downloading, processing and analyzing satellite images with email notifications of the results. The user can easily define an area of interest and run an analysis for specific historical dates, as a scheduled job or triggered job, when new images are available for near real-time monitoring. The platform uses freely available satellite images of Sentinel missions from Copernicus programme and can also be extended with other satellite image sources if needed. The solution was developed within the ESA InCubed program in cooperation between CGI and VSB-TUO.

**Klíčová slova:** dálkový průzkum Země, satelitní snímky; automatizace; monitoring; infrastruktury; cloud; Sentinel; Copernicus; CGI; VŠB-TUO.

**Keywords:** remote sensing, satellite images; automation; monitoring; infrastructures; cloud; Sentinel; Copernicus; CGI; VSB-TUO.

**ÚVOD**

Dálkový průzkum Země (DPZ) podporuje rozvoj a udržitelnost aktivit firem a organizací napříč mnoha odvětvími. Cílem odborníků z české pobočky společnosti CGI, CGI IT Czech Republic s.r.o. (dále v textu jako CGI), bylo vyvinout platformu pro automatizované zpracování a vyhodnocení satelitních snímků, která uživatelům poskytne podporu při plánování, údržbě a monitoringu jejich aktiv. Poskytování kvalitních služeb

využívajících volně dostupných i komerčních dat a satelitních snímků, pokročilých analytických funkcí a moderních technologií může klientům a uživatelům přinést zvýšení vlastní provozní efektivity a snížení nákladů, protože není nutné kupovat a spravovat specializovaná data, hardware a software.

CGI SatSight, řešení vyvinuté v rámci projektu ESA InCubed: *Earth Observation Automated Monitoring Open Platform* (EO AUTOMOP), toto plní s důrazem na univerzálnost, rozšiřitelnost, škálovatelnost a hostitelsky nezávislou architekturu využívající open-source technologií.

Vyvinuté řešení automaticky, bez nutnosti zásahu uživatele, analyzuje definovanou oblast zájmu a informuje o změnách, anomáliích a charakteristikách, které jsou uživatelem požadované a sledované. Škálovatelné řešení, distribuované zpracování a plně automatizované algoritmy pro stahování, zpracování a analýzu satelitních dat přinášejí uživatelům výsledky s vysokou rychlostí.

Platforma je flexibilní a umožňuje integraci do stávajících systémů (např. systému pro management infrastruktur, geoinformatického systému), nebo využití formou samostatné aplikace dostupné přes webového či desktopového klienta. Celé řešení může být provozováno v cloudovém prostředí, nebo na výpočetní technice uživatele (počítač, server), což umožňuje fungování i ve vysoce zabezpečených a izolovaných prostředích zákazníků obsluhujících kritickou infrastrukturu.

### **ESA InCubed**

Vývoj produktu probíhá od září roku 2019 až do srpna roku 2021 pod záštitou Evropské kosmické agentury (ESA) a programu InCubed (*Investing in Industrial Innovation*). Program InCubed investuje do průmyslových inovací a zaměřuje se na vývoj inovativních a komerčně životaschopných produktů a služeb, které využívají data DPZ.

### **Řešitelský tým**

Hlavním kontraktorem a autorem technického řešení platformy je společnost CGI IT Czech Republic s.r.o. Subkontraktorem je Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (VŠB-TUO), která vyvíjí čtyři analýzy založené na využití dat z evropského programu Copernicus, konkrétně mise Sentinel-1. Řešení tedy vzniká výhradně v České republice za přispění předních technických a vědeckých expertů.

### **CÍL**

Platforma CGI SatSight je nástroj pro monitoring majetků a infrastruktur (obecně aktiv), který spojuje oblast IT a DPZ. Platformu mohou využít zákazníci, organizace a společnosti z různých odvětví. Cílem je nabídnout službu, která automatizuje kontrolu oblastí zájmu (typicky infrastruktury), zvyšuje periodicitu kontrol a snižuje náklady s tím spojené. Kontinuální satelitní monitoring umožňuje sledovat vývoj zájmových oblastí a včas informovat o vzniklých změnách a anomáliích, čímž by měl předcházet vzniku havárií. Jeho smysl je přispět ke snížení finančních nákladů spojených s monitoringem, správou, opravou a náhradou škod. CGI SatSight je se svou univerzální koncepcí připraven pro implementaci nových funkcionalit spojených s vizualizací a sdílením výstupů, hodnotících a reportujících dashboardů, správou uživatelů a práv, managementem prací a dalších.

### **Cíle projektu**

Součástí projektu jsou následující činnosti:

- Vývoj technického řešení platformy (CGI),
- Vývoj čtyř případů použití (analýz) založených na radarových snímcích Sentinel-1 (VŠB-TUO):
  - Detekce změn,
  - Detekce povodní,
  - Monitoring vertikálních pohybů terénu,
  - Monitoring cyklických vertikálních pohybů terénu,

- Validace vyvinutých analýz (VŠB-TUO),
- Implementace dvou vybraných analýz (CGI),
- Pokročilé testování celého řešení (CGI).

### Cíloví zákazníci a uživatelé

Při sledování a kontrole rozsáhlých oblastí zájmu se v současné době využívá terénních a leteckých kontrol, které jsou značně časově a finančně náročné. Z tohoto důvodu jsou kontroly prováděny v delších intervalech a mohou tak být nedostatečné. Navíc, z důvodu malé či žádné automatizace kontrolního procesu při nich může docházet k chybám způsobeným lidským faktorem. Zavedené postupy a metodiky mohou být doplněny nebo zcela nahrazeny analýzou satelitních snímků a využitím nejmodernějších technologií pomocí platformy CGI SatSight.

CGI SatSight je ideální řešení pro klienty, kteří potřebují sledovat rozsáhlé a vzdálené oblasti zájmu, jako jsou ochranná pásma infrastruktur (např. ropovody, vedení zemního plynu a energie), dopravní koridory (silniční, železniční a lodní cesty), pojištěné nemovitosti (stavby a pozemky), zemědělské, lesnické a vodní plochy a mnohé další. Díky své koncepční univerzálnosti a použití satelitních dat je možno řešení aplikovat u zákazníků z veřejného i soukromého sektoru po celém světě.

### VYBRANÉ ANALÝZY

První analýzou implementovanou do platformy CGI SatSight v rámci projektu EO AUTOMOP je detekce povodní, která je podrobněji představena dále v textu. Následovat bude implementace analýzy pro monitoring vertikálních pohybů terénu. Implementace ostatních analýz vyvinutých týmem VŠB-TUO bude provedena nad rámec projektu na základě výsledků jednání se zákazníky a uživateli.

#### Detekce povodní

Analýza slouží k automatické detekci povodní pomocí SAR snímků ze satelitů Sentinel-1. Detekce povodní je založena na skutečnosti, že otevřené vodní plochy mají nízkou odrazivost. Aby se zabránilo chybné detekci povodní v místech stálých vodních ploch a oblastech s trvale nízkou odrazivostí (např. silnice nebo holá půda), je nutné, aby algoritmus vyhodnotil v daném místě statisticky významnou změnu. Z tohoto důvodu je pro inicializaci algoritmu potřeba několik nepovodňových snímků, které pokrývají období přibližně jeden a půl měsíce před začátkem povodňové události. Algoritmus lze spustit ve dvou různých režimech. Normální režim umožňuje monitoring historických událostí, pro které je nutná znalost začátku a konce povodňové události. Nepřetržitý režim umožňuje trvalý monitoring zájmové oblasti téměř v reálném čase za účelem včasného varování.

### ZÁKLADNÍ PRINCIP ŘEŠENÍ

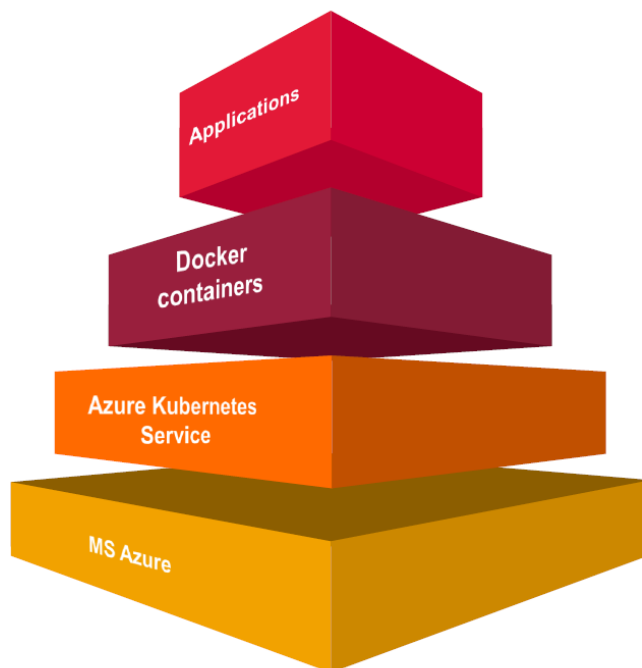
Platforma CGI SatSight představuje inovativní a komplexní řešení pro nepřetržité monitorování velkých oblastí, které plně automatizuje stažení, zpracování a analýzu satelitních snímků.

Platforma automaticky vybere vhodný datový zdroj dle potřeb zvoleného algoritmu a předchozí domluvy se zákazníkem (volně dostupné nebo komerční snímky). Jakmile jsou data (historické či nově snímky) dostupná, platforma je automaticky stáhne a provede jejich zpracování. Analýza je provedena během několika minut po získání potřebných dat díky škálovatelnosti platformy. Jakmile je analýza dokončena, platforma zašle uživateli (zákazníkovi) emailovou notifikaci o případných anomáliích a dostupnosti výsledků ve formě mapových vizualizací a reportů. Platformu je možné využívat jako samostatnou aplikaci, cloudové řešení s webovým rozhraním nebo celé řešení implementovat do již existujícího systému zákazníka.

### TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Architektura platformy CGI SatSight je řízená událostmi a využívá mikroslužby. Komponenty, ze kterých se platforma skládá, lze rozdělit do dvou hlavních skupin na základě modelu nasazení. Statické komponenty

(např. front-endová webová mapová aplikace, systém pro orchestraci kontejnerů a databáze) jsou nasazeny jednou a existují po celou dobu, kdy je systém platformy aktivní. Počet dynamických komponent (analýz a specifických aplikací) závisí na skutečném počtu úkolů, které musí platforma zpracovat. Při požadavku zpracování většího počtu analýz současně jsou aplikace (např. konkrétní JAVA aplikace, PyQGIS skripty) řešící zpracování jednotlivých úkolů nasazeny vícekrát a po ukončení zpracování všech úkolů dojde k jejich automatickému ukončení. Tento přístup se nazývá dynamické škálování. Všechny komponenty a aplikace jsou řešeny formou kontejnerů, které zapouzdřují aplikace a zajišťují jejich nezávislost na cílovém prostředí (cloud, server, PC). Aktuálně je platforma provozována v cloudovém prostředí Microsoft Azure a využívá Azure Kubernetes Service pro orchestraci Docker kontejnerů (Obr. 1). Celé řešení je založeno výhradě na open-source technologiích.



Obr. 1. CGI SatSight architektura

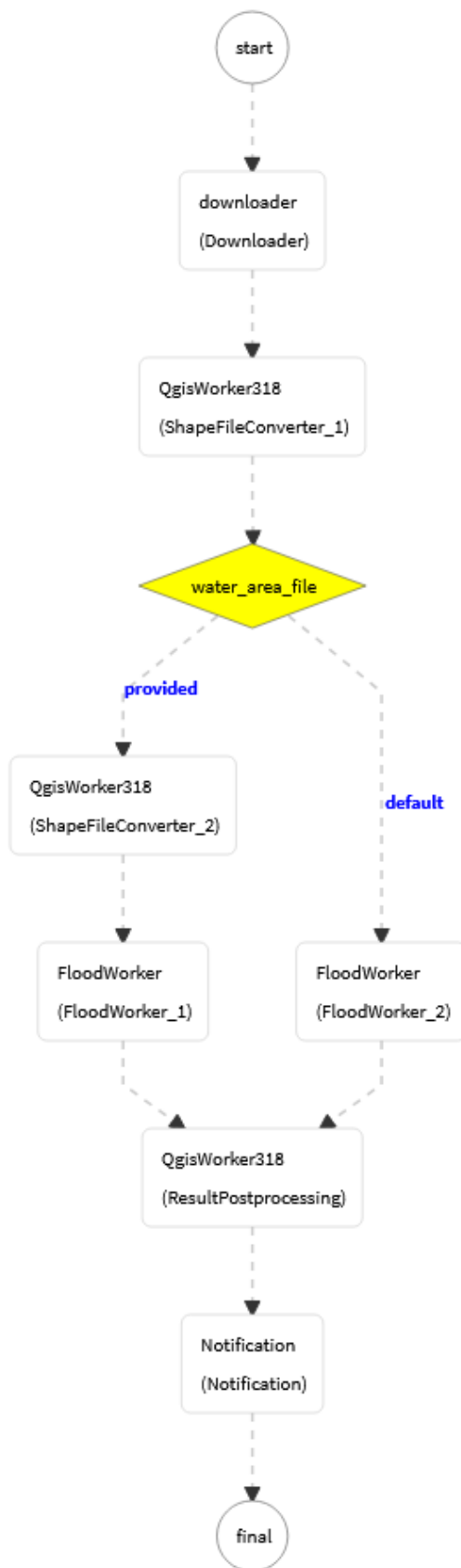
### Analýzy jako zásuvné moduly

Funkcionalita platformy může být rozšířena pomocí zásuvných modulů (analýz), které se implementují ve formě tzv. *workflows* (pracovních postupů). Vytvoření pracovního postupu je založeno na dekompozici analýzy na tzv. *tasks* (úkoly). Úkoly jsou stavebními kameny pracovního postupu, které je nutno definovat a propojit pomocí technologií platformy. Dále je nutno vytvořit tzv. *workers* (aplikace), které zpracovávají jednotlivé úkoly. Aplikace jsou realizované jako Docker kontejnery, pro které neexistují v zásadě žádné omezení. V rámci platformy SatSight používáme Netflix Conductor, univerzální nástroj pro orchestraci pracovních postupů založených na mikroslužbách, jehož implementace byla provedena v Javě.

Netflix Conductor umožňuje vytváření pracovních postupů, ve kterých lze každý úkol zpracovat pomocí stejných nebo různých mikroslužeb (aplikací). Univerzální aplikace (např. stahování satelitních snímků, emailová upozornění) je tedy možno použít v rámci různých pracovních postupů, což usnadňuje přidávání dalších zásuvných modulů. Hardwarově náročné úkoly je vhodné rozdělit na jednodušší úkoly, které by měly být optimalizovány a paralelizovány. Pracovní postup je definován ve formátu JSON (*JavaScript Object Notation*).

Následující schéma (Obr. 2) znázorňuje pracovní postup detekce povodní, který je složen ze čtyř úkolů (aplikací) a jedné systémové úlohy (rozhodnutí). Za povšimnutí stojí, že některé aplikace mohou být v rámci

pracovního postupu použity vícekrát k různým účelům. V tomto případě se jedná o aplikaci QgisWorker318, která je realizována jako Docker kontejner se softwarem QGIS ver. 3.18, jejíž logika zpracování je uložena mimo kontejner v PyQGIS skriptech.



Obr. 2. Pracovní postup detekce povodní

**NAVAZUJÍCÍ AKTIVITY**

V rámci CGI probíhá paralelně s projektem vývoj analýz využívajících volně dostupné i komerční optické satelitní snímky s vysokým nebo velmi vysokým rozlišením a další funkční rozvoj platformy. Platforma a vytvořené analýzy optických dat již byly s úspěchem testovány v rámci tzv. *proof of concept* projektů, které se týkaly zemědělských změn a monitoringu infrastruktur. Na dalším vývoji analýz optických snímků se intenzivně pracuje, protože svou podstatou vhodně doplňují analýzy radarových dat vyvíjené týmem VŠB-TUO. Vzhledem ke své univerzálnosti a škálovatelnosti může být platforma využívána i jako efektivní nástroj pro výpočetně náročná zpracování velkého množství dat (nejen satelitních snímků a geodat). Navazující aktivity probíhají kontinuálně a budou pokračovat i po uplynutí termínu projektu programu InCubed vlastníkem řešení – společností CGI.

**SHRNUTÍ**

Platforma CGI SatSight představuje inovativní, komplexní a univerzální řešení pro monitoring zájmových oblastí na základě DPZ. Vyvinuté řešení je plně automatizované, škálovatelné, nezávislé na hostitelském prostředí, založené na open-source technologiích, schopné pracovat s různými datovými zdroji a především snadno rozšiřitelné o nové analýzy v podobě zásuvných modulů. Řešení bylo vyvinuto v České republice a představuje výsledek práce předních odborníků z IT a akademického prostředí.

**ODKAZY**

ESA InCubed, CGI SatSight. <https://incubed.phi.esa.int/portfolio/cgi-satsight/>

YouTube, CGI SatSight. [https://youtu.be/\\_DCi\\_8PZxHU](https://youtu.be/_DCi_8PZxHU)

CGI, Kosmické technologie. <https://www.cgi.com/ceska-republika/cs/kosmicke-technologie>

CGI. <https://www.cgi.com/ceska-republika/cs>

VŠB-TUO. <https://www.vsb.cz/cs>