

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Haki

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Umělá inteligence a strojové učení v kosmických technologiích.

František Haki

Den otevřených dveří

Ústav informatiky AV ČR

4. listopadu 2020

Umělá inteligence (AI) (zdroj: cs.wikipedia.org)

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

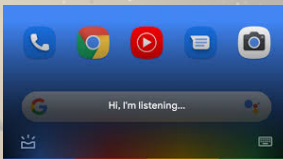
Závěrečné
poznámky a
výhled.

je obor informatiky zabývající se tvorbou strojů řešících komplexní úlohy například z oblastí logistiky, robotiky, zpracování přirozeného jazyka, či zpracování velkých objemů dat.

Kombinuje více různých přístupů, např. umělé neuronové sítě, expertní systémy, evoluční algoritmy, prohledávání stavového prostoru, dobývání znalostí z dat, strojové učení a další.

Příklady úspěšných aplikací umělé inteligence:

Siri asistentka (Apple), Google Asistent, Alexa (Amazon), systémy filtrování spamů, detekce plagiátů, bankovní kreditní systémy, bojové simulátory, poloautonomní robotické systémy (Boston Dynamics) a jiné.



Strojové učení (zdroj: cs.wikipedia.org)

je podoblastí umělé inteligence, zabývající se algoritmy a technikami, které umožňují počítačovému systému 'učit se'. Učením v daném kontextu rozumíme takovou změnu vnitřního stavu systému, která zefektivní schopnost přizpůsobení se změnám okolního prostředí.

Jinými slovy, jedná se o systémy, které na základě známých dat dokážou abstrahovat funkční závislost mezi těmito daty.

Aplikační oblasti jsou zejména rozpoznávání obrazu, predikce časových řad a obecně separace množin.

Mediálně nejznámější příklady použití metod strojového učení jsou systémy rozpoznávání obličeje na letištích, systémy autonomního řízení aut, rozpoznávání registračních značek aut, a pod.



Umělá

inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hák

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Motto I. (pro vzdálený vesmír):

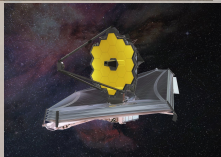
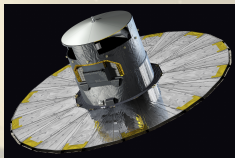
Výzkum vzdáleného vesmíru generuje enormní množství dat.

V několika posledních dekádách došlo k instalaci astronomických přístrojů produkujících enormní objemy dat v řádu eB.

(10^{18} bitů = 1 exaB = 1 000 petaB = 1 000 000 TB \simeq 100 000 SSD v 2020)

- sonda GAIA (ESA, XII 2013) měření poloh 1 mld. hvězd do 20 amplitudy
- radioteleskop SKA (Square Kilometer Array, Austrálie, Jižní Afrika, od 2025) datový tok cca 600 pB/rok (www.skatelescope.org)
- radioteleskop ALMA (ESO + Japan + USA, Chile, Atacama) od 2013, 66 parabol, datový tok 17 pFlops.
- VLBA (USA) rádiový interferometr, 1993, datový tok 10GB/s
- Hubbleův teleskop (USA), JWST (USA, infrateleskop, 6.5 m, 2021).

⇒ nezbytnost automatického inteligentního on-line vyhodnocování.



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

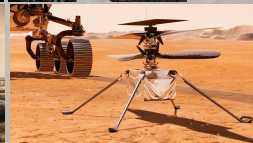
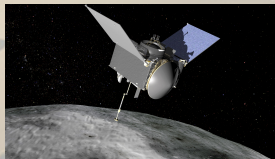
Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Motto II. (pro sluneční soustavu):

Lidské dovednosti jsou třeba tam, kde lidé nemohou žít nebo kam se nedostanou.

- sondy Voyager 1 a 2. Start v roce 1977, 1979 průlet kolem Jupitera, 1989 Neptun, 2020 za hranicí sluneční soustavy.
- New Horizons, start 2006, Pluto 2016, Arrokoth 2019.
- člověk za den spotřebuje asi 10 000 l vzduchu; 2-3 l vody; 0,7-1 kg potravin.
- letální dávka radioaktivního záření je 6 Sv. Při roční cestě na Mars dostane posádka dávku cca 0.5-1 Sv (nebude-li velká sluneční erupce!!!).
- ⇒ současné transportní prostředky čerpající energii z chemických vazeb (palivo raket), umožňují lidskou přítomnost maximálně v pásnu asteroidů za oběžnou dráhou Marsu.
- rychlost světla je 300 tis. km/s. ⇒ Země-Slunce 8'20". Země-Mars 4'10" – 21', Země-Jupiter 35'–51', Země-Neptun 240'.
- ⇒ efektivní práce automatů vyžaduje jejich autonomii.



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

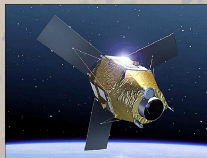
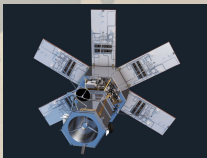
Závěrečné
poznámky a
výhled.

Motto III. (pro Zemi):

Dálkový průzkum Země je průmyslové odvětví založené na zpracování dat.

- pasívní snímkování Země z orbity v širokém spektru elektromag. vlnění. V provozu celkem asi 600 družic s tímto účelem, např:
 - WorldView-4 (USA, 2016), rozlišení 31cm, denně nasnímá 680 tis. km², což odpovídá obrázku velikosti 7 mil. Mpix. (rozloha ČR \simeq 79 tis. km²).
 - Pleiades (France, Italy, 2012), dva satelity za 26 dní naskenují celou Zeměkouli v rozlišení 0.5m.
 - družice Ikonos 1,2 (USA), rozlišení 1m, archivace od 1999
 - družice QuickBird (USA), rozlišení 0.6m, archivace od 2001
- skenování gravit. pole Země pro měření změn vodních a ledových mas
 - založeno na laserovém měření vzdálenosti dvou družic letících s odstupem stovek km po stejné orbitální dráze
 - obdobným způsobem se hledají ložiska kovů
 - dvojice družic GRACE-FO (USA, SRN), 2018, 220km od sebe, měří úbytek ledu detekcí změn gravitačního pole Země.

⇒ vzniká potřeba automaticky vyhodnocovat petabytové objemy dat



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.



... pláž kdesi v Austrálii ...

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.



... detail ...

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.



... "čínské" letiště na Spratleyho ostrovech ...

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.



... detail ...

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Scorching and damage present
only on northern side of launch pad



... schopnosti vojenských špionážních satelitů jsou o řád lepší (cca 4cm/pix)...

Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

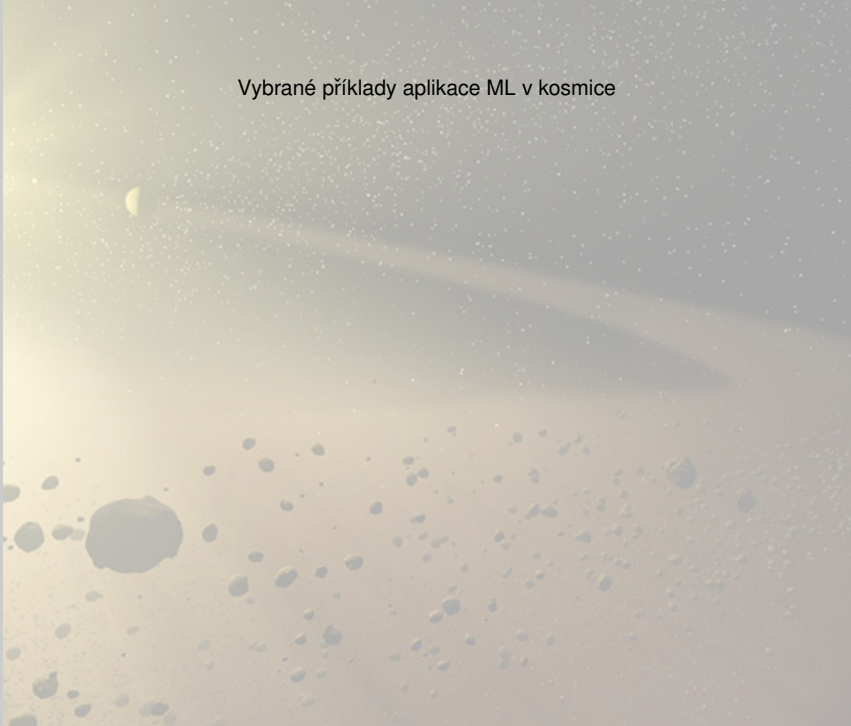
Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

**Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice**

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Vybrané příklady aplikace ML v kosmice



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Automatická detekce problematických míst přistání lunárních/marsovských landerů, např. v kráterech, příkrých svazích a pod. V případě Marsu nezbytnost automatického vyhodnocení místa přistání kvůli zpožděné komunikaci.



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Sledování změn obsazenosti parkovacích míst u půjčoven aut. Z četnosti změn se dá usoudit na ekonomické výsledky firmy ještě před oficiálním zveřejněním hospodářských výsledků - komparativní výhoda pro investory na burze.



Umělá
intelligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

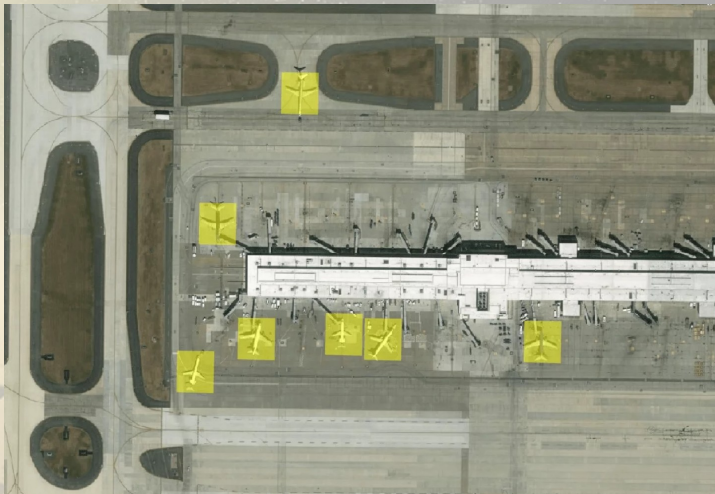
Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Detekce specifických objektů na satelitních snímcích. Většinou se jedná o malé plochy, jejichž lokalizace člověkem by vyžadovala enormní čas. AI se naučí tyto objekty lokalizovat i pro méně kvalitní snímky (mlha, déšť a pod.)



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

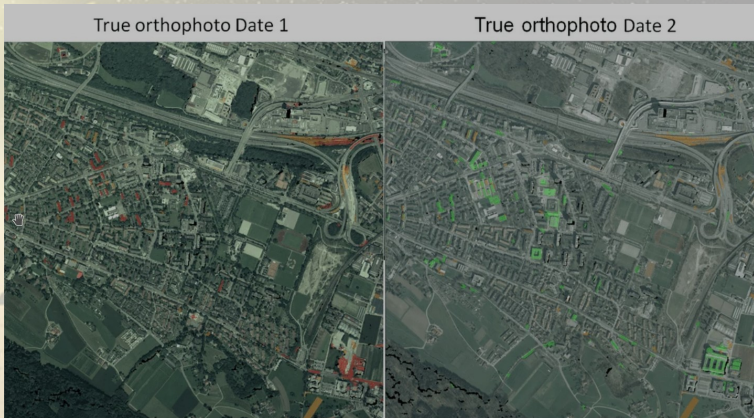
Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Sledování urbanistických změn na časosběrných snímcích. Oranžovou a zelenou jsou vyznačeny rozdíly mezi časově po sobě jdoucími snímky (snímky jsou obecně v různé kvalitě a zašumění povětrnostními vlivy, smogem a pod., proto je nelze porovnávat přímo například průsvitem).



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

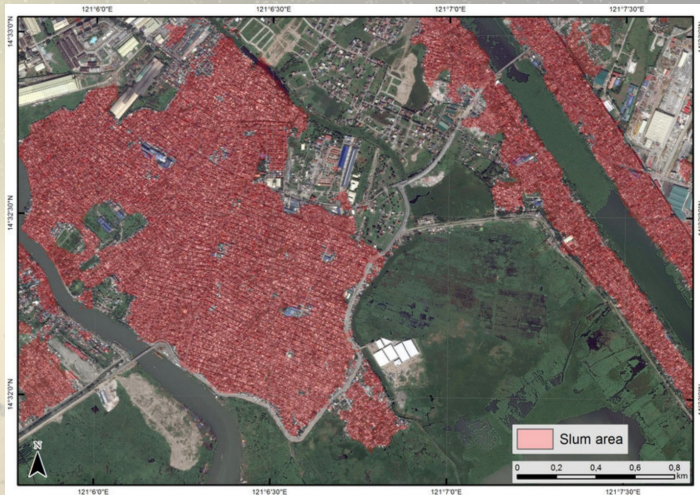
Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Vyhodnocování charakteru terénu a zástavby. Na obrázku jsou pomocí algoritmů strojového učení vyznačena chudinská obydlí na předměstí Manily.



Umělá
inteligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hakl

Aplikace AI a
strojového
učení

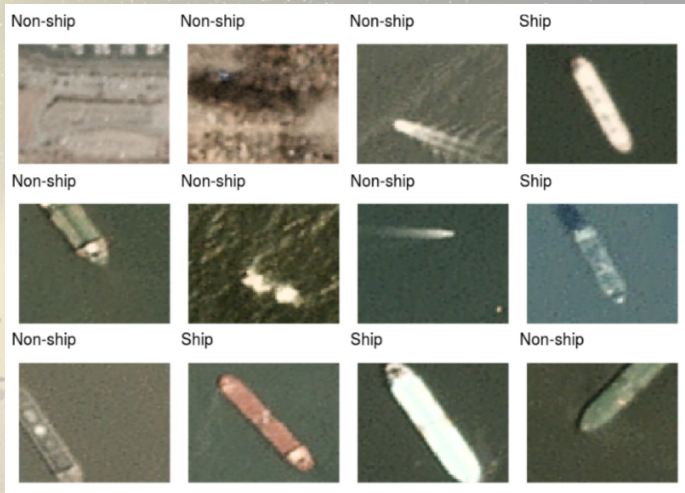
Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Lokalizace lodí na vodních plochách pro sledování nelegálního rybolovu. Metody strojového učení dokáží odlišit loď od podobně vypadajících objektů, jako např. útvary těsně pod hladinou, části pobřeží a ostrovů, stopy malých lodí apod.



Umělá
intelligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hák

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Ostatní aplikace ML:

- Leopard (EU) Data Processing Unit pro online vyhodnocování snímků v satelitech. Filtrace mraků a nedůležitých oblastí s cílem minimalizovat datový tok. Formát CubeSat, rekonfigurovatelnost pro různé úlohy.
- AEGIS (Autonomous Exploration for Gathering Increased Science) - NASA - systém rozpoznávání vědecky zajímavých skalních útvarů na Marsu - pouze zajímavé útvary posílá na Zemi k vyhodnocení.
- AutoNav - NASA - autonomní systém pro řízení roverů na Marsu eliminující rizikové manévry (Spirit, Opportunity).
- Planetary Spectrum Generator - NASA - nástroj k modelování orbity a atmosféry exoplanet na základě aplikace konvolučních neuronových sítí.
- NASA Frontier Development Lab - projekt navigace na Marsu a Měsíci bez nutnosti GPS satelitů na jejich oběžné dráze. Využití DEM (Digital Elevation Model od Lunar Reconnaissance Orbiter/Mars Global Surveyor) Měsíce a Marsu pro vytvoření virtuálního modelu povrchu. Na základě fotky okolí pak systém využívající strojového učení lokalizuje polohu triangulací podle shody foto s reliéfem okolní krajiny.
- CIMON – Crew Interactive Mobile CompanioN - Airbus/IBM - asistenční robot testovaný na ISS, slyší, vidí, radí. Dokumentace experimentů, hlasová navigace v manuálech a pod.



Umělá
intelligence a
strojové učení
v kosmických
technologiích.

František Hák

Aplikace AI a
strojového
učení

Výzvy
kosmologie a
kosmonautiky

Ukázky satelitních
snímků

Vybrané
příklady
aplikace ML v
kosmice

Závěrečné
poznámky a
výhled.

Softwarové nástroje aplikací AI a ML v kosmických technologiích.

- primárním tématem kosmických technologií není vývoj metod umělé intelligence a strojového učení
- pro řešení úloh se používají softwarové nástroje vyvíjené komunitou výzkumníků v oblasti AI a ML
- Matlab, TensorFlow, Keras, PyTorch, NVIDIA Cuda, atd.

Hardware pro využití AI a ML v kosmu.

- vývoj speciálního HW reflektujícího odlišné podmínky v kosmickém prostoru
- vysoká odolnost vůči silné radiaci ze Slunce a mezihvězdného prostoru
- minimalizace energetických požadavků z důvodu omezených energetických zdrojů
- nutnost vysoké spolehlivosti a redundance.

Výhled:

- za posledních 10 let klesla cena za vynesení nákladu na oběžnou dráhu 10x a předpokládá se, že vývoj v následující dekádě bude obdobný
- využití kosmických technologií bude ve všech oblastech narůstat a s tím bude souviset i nárůst množství a rozmanitosti dat
- dá se očekávat zintenzivnění robotického výzkumu vzdálenějších těles sluneční soustavy
- ⇒ **AI a ML bude trvalou a nezbytnou součástí budoucích kosmických výzev.**