

Letecké snímkování a letecké laserové skenování – základní stavební kameny digitálního dvojčete

Patrik Meixner
PRIMIS spol. s r. o.



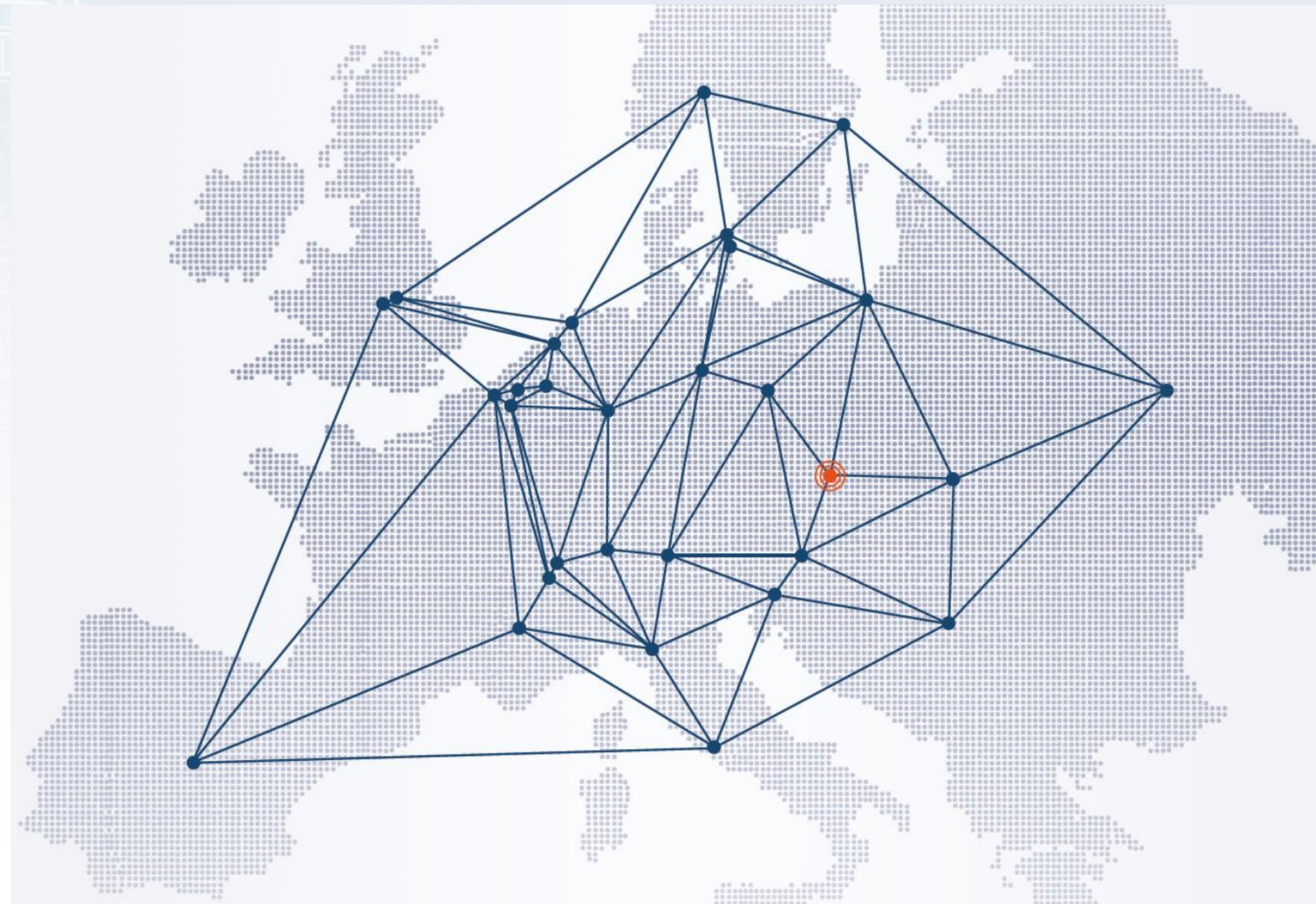
EVROPSKÉ DNY
GEOMATIKY

PRIMIS – na trhu od roku 2013

- Věnujeme se výhradě sběru a zpracování dat pořízených dat pomocí pilotovaných leteckých systémů
- Do roku 2021 jsme byli aktivní převážně na zahraničních trzích u našich nejbližších sousedů - Německo, Polsko, Rakousko a Slovensko, ale také v Dánsku, Francii, Rumunsku a ve Slovinsku
- Počínaje rokem 2021 jsme svůj podíl na českém trhu významně navýšili v souvislosti s projekty spojenými s Digitální technickou mapu České republiky (DTM ČR)
- Největší zákazníci v České republice kraje – Jihočeský, Královehradecký, Pardubický a Zlínský, a dále Správa železnic a Ředitelství silnic a dálnic. Tradičně pak Český úřad zeměměřický a katastrální nebo správy národních parků či pražský Institut plánování a rozvoje
- V zahraničí jsou našimi zákazníky zejména státní a veřejné instituce, ministerstva, regionální zeměměřické úřady, případně pak města a spolky regionů či obcí

PRIMIS – od roku 2019 člen EAASI

- EAASI (European Association of Aerial Survey Industries) je nezisková organizace sdružující soukromé společnosti z oboru v evropských zemích
- Aktuálně má 30 členů po celé Evropě a obdobný počet pozorovatelů z celého světa
- Členy nebo pozorovateli EAASI jsou i výrobci hardware nebo producenti software v oboru, například Hexagon, ESRI, IGI, PhaseOne, Riegl nebo Vexcel



PRIMIS – od roku 2019 člen EAASI

Poslání EAASI:

- posílit vliv oboru leteckého snímkování a laserového skenování na politická a správní rozhodnutí, která se ho týkají,
- podporovat využívání dat z leteckého snímkování a laserové skenování prostřednictvím cílené osvěty,
- zajistit předvídatelnou úroveň kvality služeb prostřednictvím certifikací,
- sloužit jako komunikační platforma s cílem prosadit pozitivní změny v oboru a v jeho vnímání ve společnosti.

PRIMIS – od roku 2019 člen EAASI

EAASI řeší problémy napříč oborem v celé Evropě:

- vykonáváme vysoce odbornou práci, která vyžaduje hluboké a kontinuální odborné vzdělávání,
- zeměměřičství jako obor, a to a ani ve své letecké formě, není dostatečně atraktivní pro nastupující generace,
- vstupní náklady neustále stoupají, požadavky na množství a kvalitu dat stejně tak,
- úměrně tomu naproti nejde zvyšování finančního ocenění našeho úsilí, spíše naopak.

V EAASI jsme si vzali za úkol toto změnit. Jsme si vědomi, že úkol nemá snadné ani rychlé řešení, a jsme na to připraveni.

PRIMIS – kompletní know-how pro sběr a zpracování dat

- Dvě vlastní letadla – Cessna 402B (OK-MIS), Piper Seneca V (OK-MIP)
- Dva vlastní velkoformátové systémy pro letecké snímkování Vexcel Ultracam Eagle Mark 3 (450 Mpix)
- Letecké laserové skenování prostřednictvím dlouholetých partnerů
- Kompletní softwarové linky pro zpracování dat leteckého snímkování a laserového skenování



Digitální dvojče

- Virtuální digitální reprezentace reálného objektu, zařízení, systému nebo procesu, která věrně odráží jeho aktuální stav, vlastnosti a chování
- Díky průběžnému propojení s daty z reálného světa umožňuje digitální dvojče objekt sledovat, analyzovat, simulovat a předvídat jeho chování, a tím podporovat efektivnější rozhodování, optimalizaci provozu a rozvoje, a předcházení problémům



Digitální dvojče – živý digitální obraz skutečného světa

- V našem případě se bavíme o digitálních dvojčatech velkých a složitých objektů, celých areálů, měst nebo regionů, či dopravních sítí
- A technologiích, které umožňují taková zdrojová data sbírat a zpracovávat
- Digitální dvojče je živý digitální obraz skutečného světa, který se průběžně mění spolu se svým reálným předobrazem
- Data, ze kterých vychází, musí být co nejvíce aktuální
- Rozhodující je rychlost, s jakou zdrojová data posbíráme, a rychlost, s jakou je dokážeme přeměnit na objekty využitelné pro stavbu digitálního dvojčete
- Metody hromadného sběru dat jsou pro takové postupy ideální, protože dávají možnost sesbírat data z území velké rozlohy v krátkém čase a nabízejí možnost aktualizace částí nebo celého území podle potřeby

Letecké snímkování

- Je s námi už déle jako 100 let a zdaleka neřeklo poslední slovo
- Poptávka po něm je stále vyšší, a množství dat, které produkuje, se každoročně navyšuje ruku v ruce s větší náročností na kvalitu a rozlišení snímků
- Zatímco před 10 lety bylo nejběžnějším rozlišením pixelu na terénu 20 cm, výjimečně 10 cm, dnes se běžně posouváme na 5 cm, případně ještě níže, do oblasti 2-3 cm pro celé regiony či státy



Letecké snímkování – rozlišení snímků

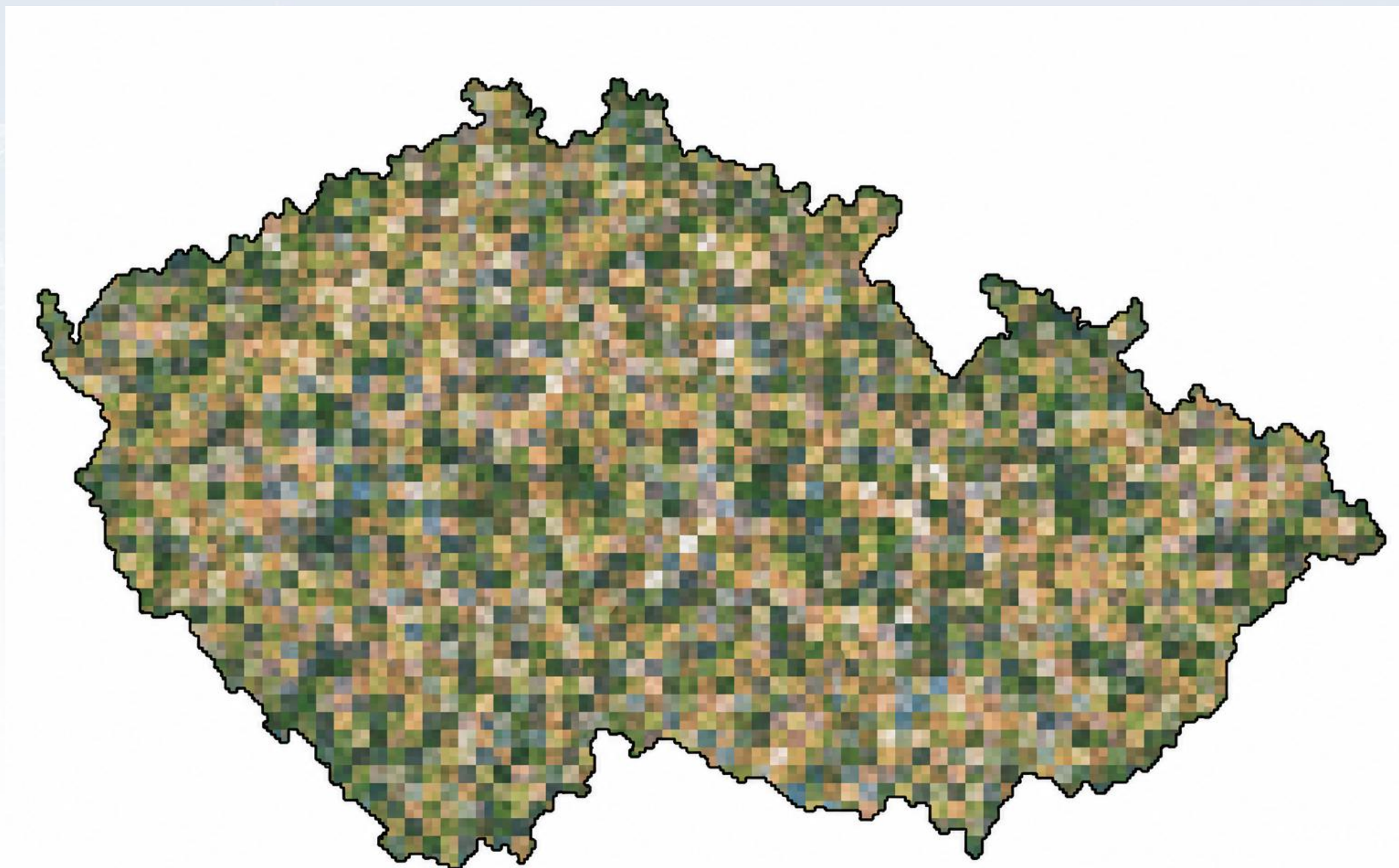
Česka republika - 78 871 km²

Rozlišení snímků 20 cm:

- 2×10^{16} pixelů
- RGB barevné ortofoto 6 TB dat

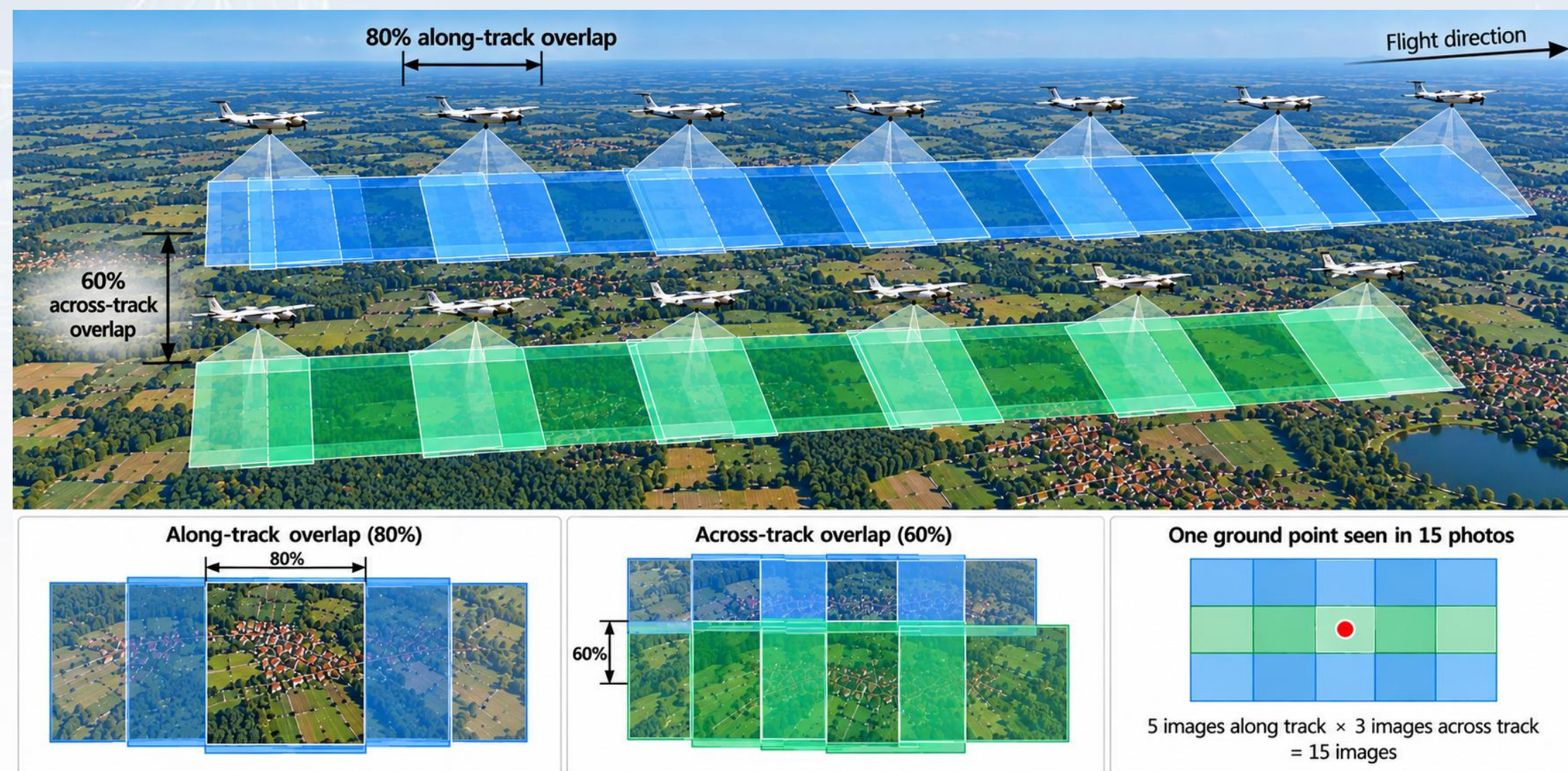
Rozlišení snímků 2 cm:

- Všech dat stokrát více
- 2×10^{18} pixelů
- RGB barevné ortofoto 600 TB dat



Letecké snímkování – překryt snímků

- V minulosti zlatý standard 60 % mezi snímky v řadě a 30 % mezi navazujícími řadami
- Každý bod zájmového prostoru zachycen šesti snímky
- Dnes nejběžněji 80 % mezi snímky v řadě a mezi navazujícími řadami pak 60 % a více
- Každý bodu zachycen minimálně patnácti snímky z různých směru



Klasické ortofoto vs. true ortofoto

Klasické ortofoto:

- ortorektifikace pomocí digitálního modelu reliéfu (DMR),
- budovy, stožáry, mosty, stromy a další nadzemní objekty se mohou zobrazovat posunuté,
- u vyšších budov jsou často viditelné i jejich boční stěny,
- budovy a vegetace mohou částečně zakrývat okolní objekty.

True ortofoto:

- používá kromě DMR také DMP nebo 3D mesh,
- budovy jsou geometricky opravené v celé své výšce, střechy jsou tudíž umístěny ve správné horizontální pozici,
- minimalizuje se překrývání a „naklánění“ budov, minimalizují se zakryté prostory,
- posuny nadzemních objektů (včetně vegetace) jsou odstraněny,
- výsledná mozaika je mnohem vhodnější pro přesná měření a GIS.

Klasické ortofoto vs. true ortofoto



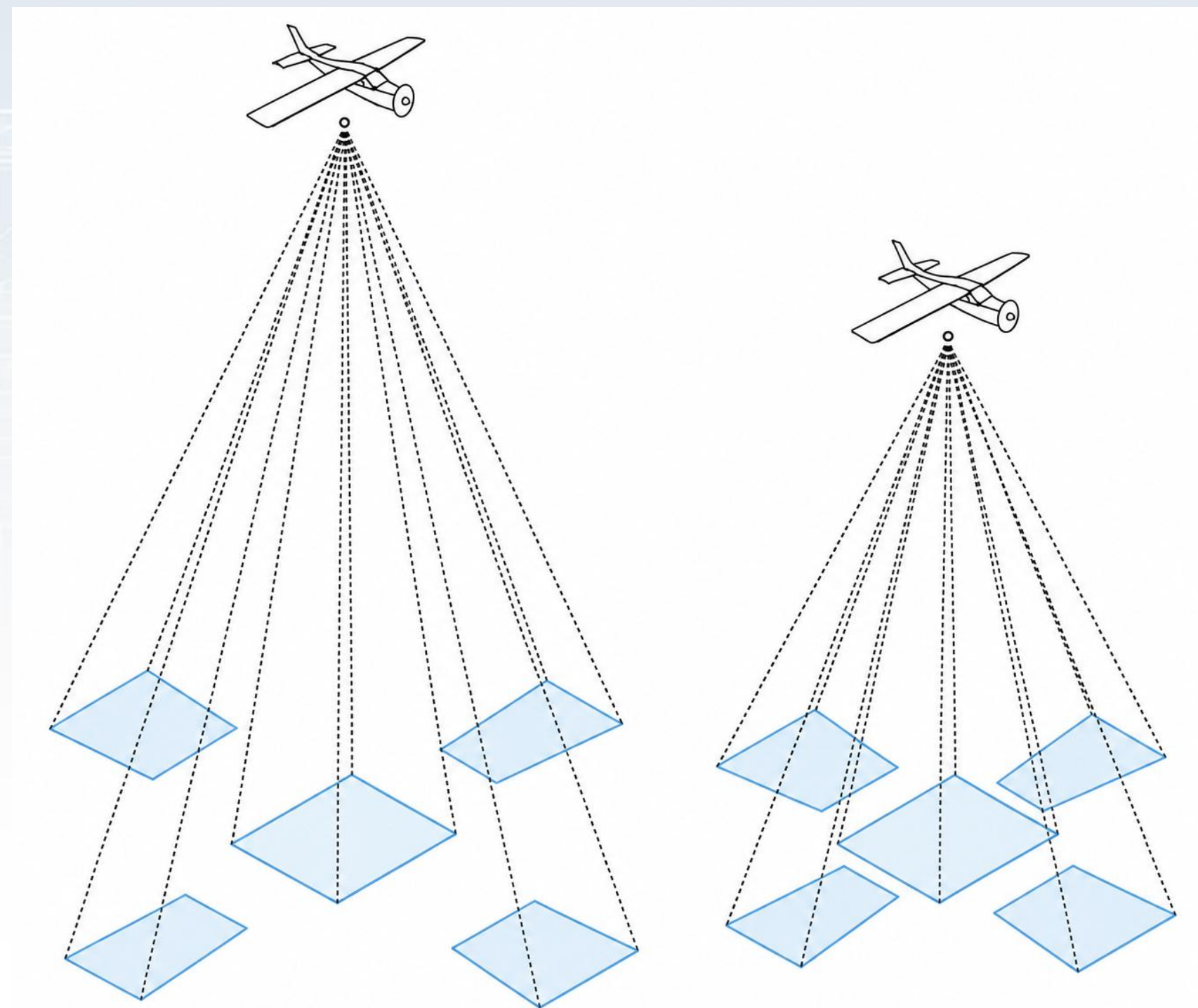
Dense Image Matching (DIM)

- Revoluce v produkci DMP a DMR
- Namísto kombinace řídké sítě bodů a vektorových prvků popisuje DMP či DMR pomocí mračen bodů nebo 3D-Mesh modelů vygenerovaných ze snímků v rozlišení adekvátním rozlišení originálních snímků
- Kvalita odpovídá danému rozlišení, takže při rozlišení 20 cm dosáhneme hustoty 25 bodů na m², při rozlišení 2 cm je to pak 2 500 bodů na m²
- Taková data lze pak bez výhrad použít jako základ pro velmi přesná měření a modelování



Šikmé letecké snímkování

- Moderní systémy nabízejí nejen svislé snímky, ale i různé varianty pořízení snímků šikmých
- Ty pak umožňují realizovat pohledy do míst, která by nám jinak zůstala skryta (například do fasád, pod mosty, na paty budov)
- Vexcel UltraCam Osprey, ve variantě 4.2 nabízí svislý snímek s velikostí 476 megapixelů, a pohledy dopředu, dozadu, vpravo a vlevo pod úhlem 45° o velikosti snímků 244 megapixelů
- Leica CityMapper-3, v základní konfiguraci má všech pět kamer velikost obrazu 247 megapixelů, umožňuje ale další škálování svislého snímku
- Výsledkem DIM jsou pak přesnější a komplexnější modely



Letecké laserové skenování – typy skenerů

Linear Mode lidar:

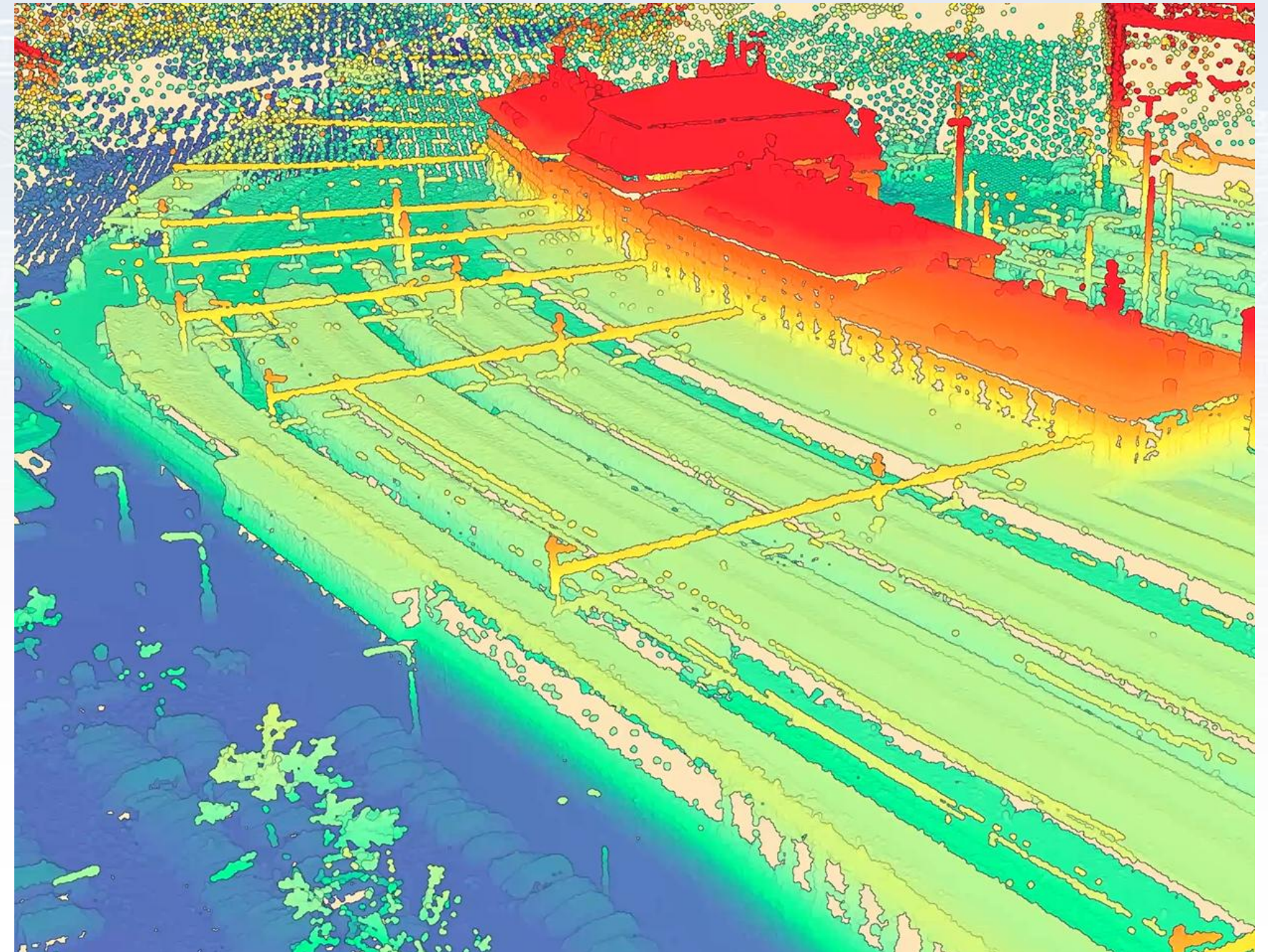
- vysílá laserový impuls a zaznamenává jednotlivé (diskrétní) body odrazu,
- u jednoho impulsu zaznamenává několik významných návratů (returns),
- data jsou jednodušší a mají menší objem,
- je velmi rozšířený pro běžné mapování a tvorbu DMR/DMP.

Full Waveform lidar:

- nezaznamenává jednotlivé odrazy, ale celý průběh návratového signálu v čase,
- z jednoho pulzu tak získáme detailní informaci o tom, jak se laserový paprsek postupně odráží od různých vrstev/objektů,
- lze z něj identifikovat odrazy, které by u klasického LiDARu mohly být sloučeny nebo přehlédnuty,
- poskytuje více informací o struktuře vegetace nebo složitých površích,
- data jsou objemnější a náročnější na zpracování.

Letecké laserové skenování – požadavky na hustotu dat

- DMR 5G z let 2010–2013 – hustota pořízených dat v průměru někde okolo 1 bodu/m²
- Aktuálně běžící projekt leteckého laserového skenování České republiky – požadavek na pořízení dat v hustotě ≥ 15 bodů/m²
- Data, která jsme pořídili pro vybrané kraje v rámci projektu DTM ČR měla hustotu 10-12 bodů/m²
- U dat, která pořizujeme aktuálně v rámci projektu Vznik a rozvoj digitálních technických map železnice (DTMŽ), se minimální hustota pohybuje okolo 30 bodů/m²



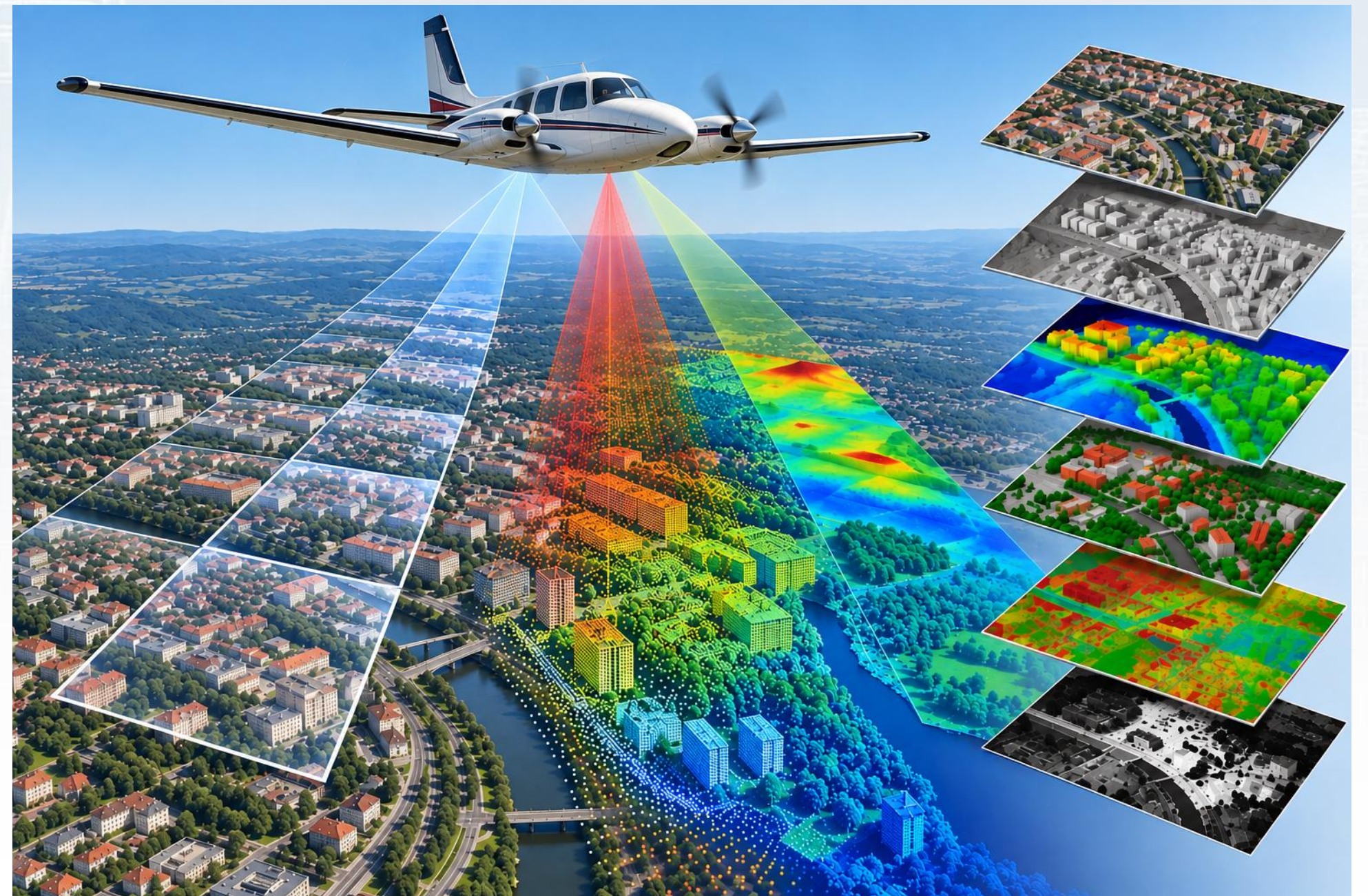
Letecké laserové skenování – požadavky na klasifikaci dat

- Data pořízená pro DMR 5G dovolovala prakticky rozlišit pouze body na terénu (DMR) a mimo něj (DMP)
- Běžící projekt leteckého laserového skenování České republiky požaduje vyčlenit navíc i body vegetace a zástavby. Na aktuální poměry jsou to spíše minimalistické požadavky (diktované cílem projektu)
- Celkem běžně se data klasifikují do deseti a více různých tříd objektů



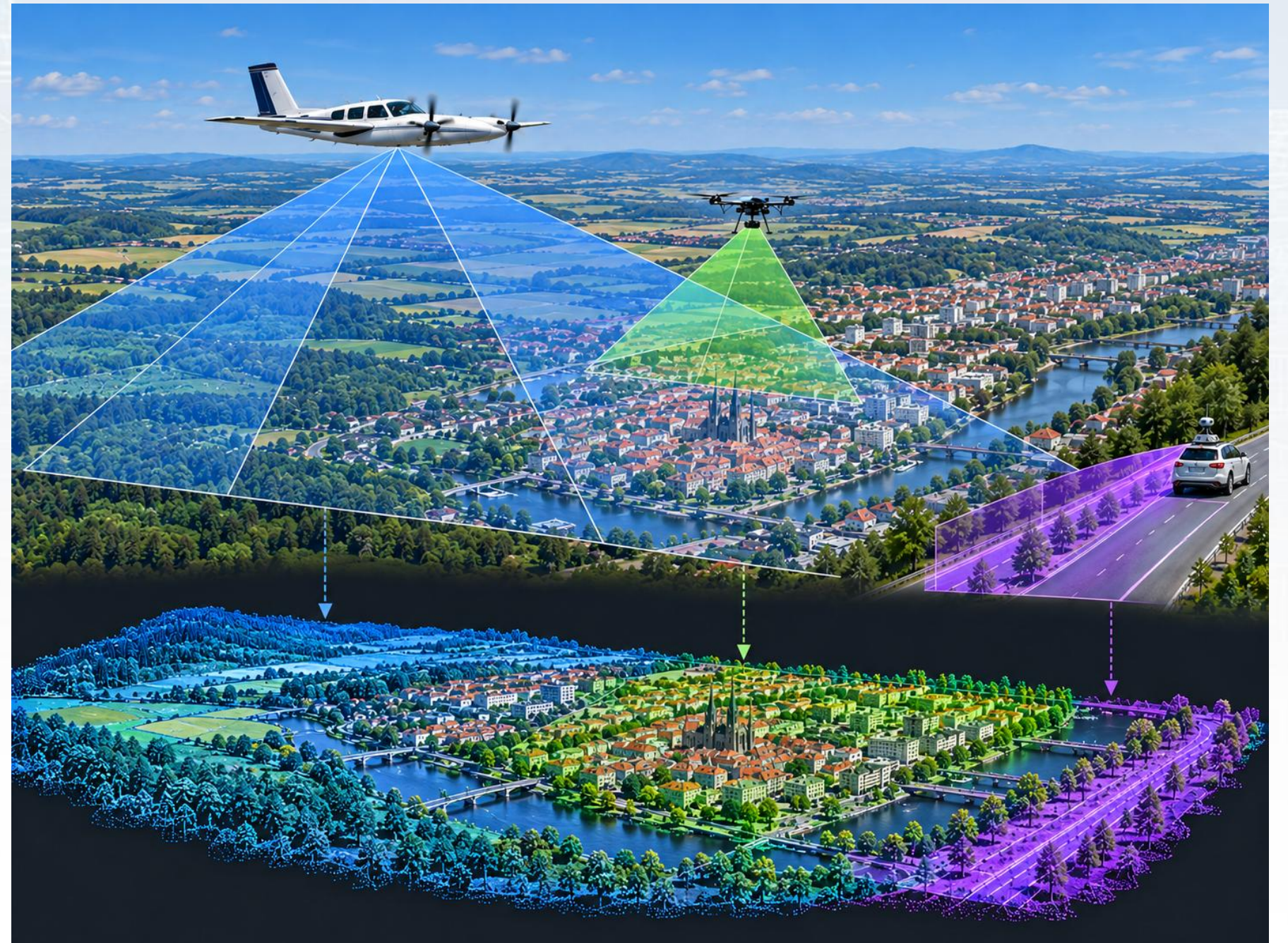
Hybridní systémy

- Kombinují svislé a šikmé snímkování a laserové skenování, umožňují simultánní nálety s více různými senzory na palubě letadla
- Zefektivňují sběr dat a urychlují jejich zpracování kombinací různých datových zdrojů pořízených v jediném okamžiku



Kombinace různých zdrojů dat

- Do dat z hybridních systémů lze pak bez větších potíží zintegrovat i další zdroje, například data z nepilotovaných systémů (drony), nebo pozemních systémů (mobilní mapování)
- Takové postupy jsou zejména výhodné pro aktualizaci menších území, kdy do základní datové sady pořízené z letadel lze přidat nejnovější údaje například o nově realizované infrastruktuře, a tím průběžně udržovat celou sadu aktuální a vhodnou pro dlouhodobé použití



Děkuji za pozornost!



Některé obrázky byly vygenerovány nebo upraveny s využitím AI.

EVROPSKÉ DNY
GEOMATIKY