

# Ortofotomapa

## - soudobý nástroj zobrazování územní reality

### Krátká exkurze do historie

Snahy člověka o grafický záznam poznatků o svém okolí (geografickém prostředí) jsou patrné již v pravěku (rytina plánu pálavského tábořiště lovců mamutů a jeho okolí na mamutím klu z období kolem 24 tis. let před naším letopočtem). Základy kartografického zobrazení zakřiveného povrchu Země a kontinentů byly vybudovány v Řecku již v období antiky. Podrobné mapování předmětů a jevů na zemském povrchu se však opíralo jen o orientační smysl a cit pro krajinu kresličů (často geografů) až do konce 18. století. Teprve pak začaly mapy vznikat na základě soustavných geodetických měření (na našem území mapování pro potřeby stabilního katastru, 2. a 3. vojenské mapování). Druhá světová válka výrazně posunula význam leteckého snímkování, interpretaci aktuálního **obsahu** snímku a následně i metody jeho vyhodnocení ve formě „klasické“ topografické mapy. Dosud poslední **původní** topografické mapování v měřítkách 1 : 25 000 (1953-1957) a 1 : 10 000 (1957 až 1971) celého území tehdejší Československé republiky bylo realizováno v rekordně krátké době zásluhou **letecké fotogrammetrie**. Tato metoda se dále uplatnila i při mapování ve velkých měřítkách (technicko-hospodářská mapa v letech 1961-1980, základní mapa velkého měřítkva v letech 1981-1992).

V období totality bylo využívání leteckých snímků k interpretaci jejich aktuálního obsahu téměř znemožněno jejich utajováním, které se vztahovalo i na nový produkt z počátku 80. let uplynulého století – **ortofotomapu**, vyhotovovanou tehdy analogovým fotografickým postupem na diferenciacích překreslovačích firmy VEB Carl Zeiss Jena.

Teprve zásadní změna politických poměrů a invaze informačních technologií na počátku 90. let umožnily rychlý rozvoj **digitální fotogrammetrie** a v jejím rámci i široké využití technologie digitální ortofotomapy, která se v krátké době (s výjimkou katastru nemovitostí) stala moderním a efektivním nástrojem zobrazování územní reality ve formě **polohopisné složky** map, mapových děl a geografických informačních systémů.



Obr. 1, 2 – Vlevo část ortofotomapy ze dvou leteckých měřičských snímků pořízených širokoúhlovou komorou na film (2000) s výraznými náklony staveb; vpravo stejný výřez z ortogonalizovaných snímků pořízených normální digitální komorou (2007) s vyšší radiometrickou kvalitou

### Rozdíly mezi mapou a leteckým snímkem

V české technické normě ČSN 730402

*Názvosloví mapování* je **mapa** definována jako „zmenšený generalizovaný konvenční obraz Země, nebeských těles, kosmu či jejich částí, převedený do roviny pomocí matematicky definovaných vztahů (kartografickým zobrazením), ukazující podle zvolených hledisek polohu, stav a vztahy přírodních, socioekonomických a technických objektů a jevů.“

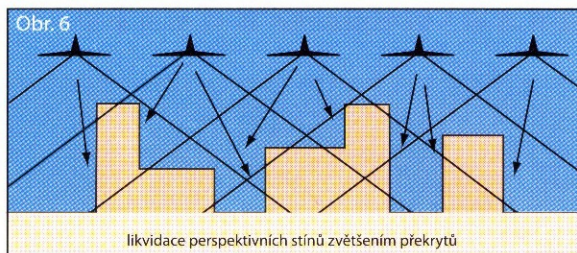
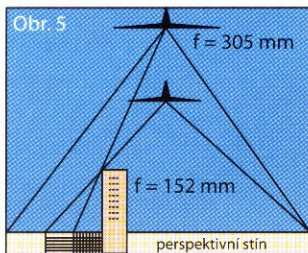
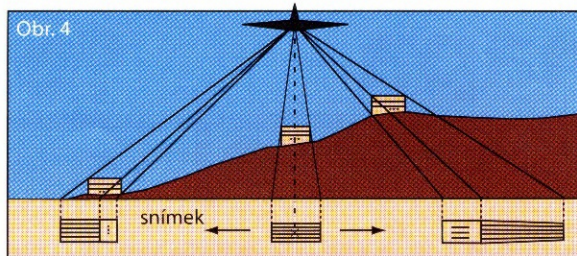
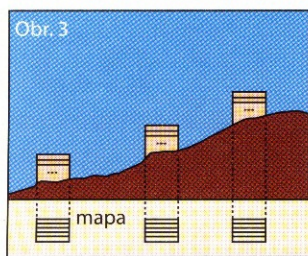
**Kartografická generalizace** je založena na výběru, geometrickém zjednodušení a abstrakci objektů, jevů a jejich vzájemných vztahů. Spočívá ve účelném snížení jejich prostorové a sémantické (významové) rozlišovací schopnosti, aby mapa (jako **analogový model** územní reality) byla co nejvíce srozumitelná širokému

okruhu uživatelů. Její **konvenční obraz** je vytvořen použitým souborem bodových, liniových a areálových mapových značek a doplněn geografickým názvoslovím (zejména geografickými jmény). Sběr kartografických informací pro vytvoření mapy probíhá zpravidla delší dobu a je ukončen tzv. redakční uzávěrkou.

V tomto pojednání budeme mít na mysli mapy velkého a středního měřítkva (od 1 : 1000 do 1 : 25 000) území menší rozlohy, jehož obraz vzniká **ortogonálním** průmětem objektů a jevů do horizontální zobrazení roviny v úrovni nulové nadmořské výšky. Mapa má **stejně měřítko** v celém svém rozsahu (viz obr. 3). Čtení mapy ovšem vyžaduje jistou úroveň „kartografické gramotnosti“.

**Letecký snímek** je definován jako fotografický (analogový) nebo rastrový





Obr. 3 – Mapa má stejné měřítko v celém svém rozsahu.

Obr. 4 – Letecký snímek nemá stejné měřítko v celé své ploše.

Obr. 5 – Nejčastěji je používán objektiv širokoúhlý ( $f=152$  mm) s úhlem záběru  $90^\circ$ , v zastavěném území s ulicemi a vyššími budovami je výhodnější použít objektiv normální ( $f=305$  mm) s úhlem záběru  $60^\circ$ . Při jeho aplikaci se zmenší radiální posuny objektů ležících mimo střední srovnávací rovinu zobrazené části území (také horních okrajů budov, věží, stožárů a vysokých stromů) a prostory zakryté perspektivním obrazem vysokých objektů.

Obr. 6 – Perspektivní zkreslení výškových objektů je korigováno a zakryté prostory minimalizovány, ovšem za cenu nákladnějšího leteckého snímkování, kdy podélný překrytí snímků v řadě se volí až 80 % (běžně je 60 %) a příčný překrytí mezi řadami až 60 % (běžně je 20-30 %).

(digitální) obrazový záznam části územní reality, pořízený z leteckého nosiče během snímkového letu.

Jde rovněž o zmenšený obraz obsahující však **všechny viditelné** (tj. nezakryté) vzrostlou vegetaci) objekty a jevy na zemském povrchu, jejichž velikost je větší než rozlišovací schopnost záznamového média (rozměr zrna fotografické emulze nebo rozměr obrazového prvku – pixelu digitálního obrazového záznamu). Letecký snímek tedy **není nijak** generalizován a obsahuje i objekty a jevy, které se vyskytly právě jen v okamžiku expozice snímku nebo obrazového záznamu (orající traktor na poli, dopravní zácpa na silnici, ale též velmi užitečný momentální rozsah rozlivu vody při povodni nebo stav lesního porostu po vichřici).

Zejména dnes již obvyklý barevný snímek, doplněný geografickým názvoslovím, je **obecně srozumitelnější** pro široký okruh uživatelů než mapa stejného území. Sběr většiny kartografických informací pro vytvoření mapy s využitím leteckých snímků trvá mnohem kratší dobu (snímkový let v řádu hodin); některé předměty a jevy je ovšem nutno klasifikovat pochůzkou v terénu a objekty zakryté vzrostlou vegetací dodatečně zaměřit geodeticky.

Letecký snímek je však **středovým (centrálním) průmětem** části územní reality, jehož geometrické vlastnosti jsou ovlivněny vertikální členitostí terénu,

polohou objektu vzhledem ke středu snímku, distorzí (zkreslením) objektivu a úhly sklonu osy záběru vůči svislici ve směru podélně a napříč letové dráhy. Až na řídké výjimky letecký snímek **nená stejné měřítko** v celé své ploše (viz obr. 4).

## Rozdíly mezi leteckým snímkem a ortofotosnímkiem

Pokud jde o letecký snímek, máme vždy na mysli letecký **měřický** snímek pořízený leteckou měřickou komorou vybavenou vysoce kvalitním nezkreslujícím objektivem, kterým se pořizují dnes již výhradně jen barevné snímky o formátu 23 x 23 cm na film. Nejčastěji je používán objektiv širokoúhlý ( $f=152$  mm) s úhlem záběru  $90^\circ$ , v zastavěném území s ulicemi a vyššími budovami je výhodnější použít objektiv normální ( $f=305$  mm) s úhlem záběru  $60^\circ$ . Při jeho aplikaci se totiž zmenší **radiální posuny** objektů ležících mimo střední srovnávací rovinu zobrazené části území (také horních okrajů budov, věží, stožárů a vysokých stromů) a **prostory zakryté** perspektivním obrazem vysokých objektů (viz obr. 5).

**Ortofoto(snímek)** je většinou letecký měřický snímek převedený z původního středového (centrálního) promítání do ortogonálního zobrazení diferenciálním překreslením neboli **ortogonalizací** (ve firemních materiálech se také často vyskytuje termín ortorektifikace, převzatý z ang-

ličtiny) a to po jednotlivých obrazových prvcích (pixelech). Rozklad analogového fotografického obrazu na pixely se provádí **skenováním** na přesných fotogrammetrických skenerech. Rozměr pixelu v rovině snímku se volí mezi  $14 \mu\text{m}$  a  $25 \mu\text{m}$  s ohledem na reálné rozlišení detailů při velikosti zrna fotografické emulze  $15 - 20 \mu\text{m}$ .

K provedení ortogonalizace je třeba znát **prvky vnější orientace** příslušného snímku, tj. souřadnice  $x, y, z$  jeho středu projekce a tři úhlové prvky ( $\varphi, \omega, \kappa$ ) definující prostorovou polohu snímku v okamžiku jeho expozice, a dále nadmořskou výšku středu každého diferenciálně překreslovaného pixelu, která se odvozuje z dostupného **digitálního modelu (geo)reliefu**. Přibližné hodnoty prvků vnější orientace se v České republice po roce 2000 určují během snímkového letu aparaturou GPS a inerciální měřickou jednotkou (IMU) sdruženou s leteckou komorou. Jejich zpřesnění je pak výsledkem **digitální automatické aerotriangulace**, která rovněž umožní, aby ortofoto bylo **georeferencováno**, tj. každý jeho obrazový prvek transformován do souřadnicového referenčního systému (nejčastěji S-JTSK, někdy WGS84). Digitální model reliéfu celého území státu, tj. terénu bez staveb a vzrostlé vegetace, lze pro daný účel zakoupit např. v Zeměměřic-kém úřadě v Praze (DMR ZABAGED) nebo ve Vojenském geografickém a hydrometeorologickém úřadě v Dobrušce. Velké soukromé firmy disponují podobným modelem pro celé území státu (např. GEODIS Brno), nebo alespoň pro kraje, ve kterých převážně působí. Pro menší lokality se DMR zpravidla vytváří nově digitálním stereofotogrammetrickým vyhodnocením snímků, ze kterých pak bude vytvořena ortofotomapa.

Diferenciálně překreslený ortofotosnímek **má stejné měřítko** v celé své ploše a jeho obsah je **polohopisně správný**, pokud jde o kontury objektů **v úrovni terénu** popsaném digitálním modelem reliéfu. Při aplikaci běžné technologie ortogonalizace zůstávají horní okraje budov, věží, stožárů a vysokých stromů „sklopeny“ ve směru od středu příslušného snímku.

Vyspělé fotogrammetrické firmy nabízejí nový dražší produkt „**true orthophoto**“ (český termín zatím neexistuje), kde je perspektivní zkreslení výškových objektů korigováno a zakryté prostory minimalizovány, ovšem za cenu nákladnějšího leteckého snímkování (viz obr. 6), kdy podélný překrytí snímků v řadě se volí až 80 procent (běžně je 60 procent) a příčný překrytí mezi řadami až 60 procent (běžně je 20 až 30 procent).



Tab. 1 – Digitální kartografická díla na bázi ortofotografického zobrazení celého území České republiky

Název díla	Adresa	Tvůrce ortofotomapy nebo 3D vizualizace	Rozlišení v území [metry]	Georeferencování do systému	Údaje uváděné na
1 Digitální ortofoto České republiky	geoportal.cuzk.cz	Zeměměřický úřad, VGHMÚř Dobruška	0,5	S-JTSK	0,01 m
2 Mapy 1188 (beta verze) (Telefónica)	mapy.1188.cz	Zeměměřický úřad, VGHMÚř Dobruška	0,5	S-JTSK	-
3 Barevná ortofotomapa České republiky	www.geodis.cz	GEODIS Brno, spol. s r.o.	0,5 0,2	S-JTSK S-JTSK	0,01 m 0,01 m
4 Mapy.cz (Seznam)	www.mapy.cz	GEODIS Brno, spol. s r.o.	0,5	WGS84	0,001"
5 Digitální atlas ČR (IZGARD)	izgard.cenia.cz	VGHMÚř Dobruška	1,0	UTM WGS84	1 m 0,1"
6 Geoportál CENIA – Mapové služby	geoportal.cenia.cz	GEODIS Brno, spol. s r.o.	1,0	S-JTSK	1 m
7 3D scéna ČR – Interaktivní 3D vizualizace území ČR	www.geometra-opava.com	GEOMETRA Opava, spol. s r.o.	4,0; 2,0; 1,0	neuveдено	neuveдено
8 3D interaktivní mapa České republiky	www.cenia.cz	GEOREAL, spol. s r.o., Plzeň	5,0	S-JTSK	-

## Jak vznikne ortofotomapa

Toto kartografické dílo zpravidla pokrývá větší území (katastrální území, rozsah územní působnosti obce s rozšířenou působností státní správy, město, kraj, celé státní území) a proto je ortofotomapa sestavena z většího počtu ortofotosnímků vyhotovených ve stejném měřítku, kartografickém zobrazení a georeferencovaných do zvoleného souřadnicového systému. Tyto vlastnosti umožňují vytvořit **bezešvou mozaiku** celé lokality, která se pak zpravidla rozdělí do ukládacích a distribučních jednotek, kterými jsou nejčastěji listy Státní mapy 1 : 5000 (SM 5) nebo listy katastrálních map 1 : 2000 a 1 : 1000 vzniklé dalším dělením SM 5. Značným problémem může být **homogenní barevné podání** celé ortofotomapy, protože i sousedící letecké snímky mohou být někdy pořízeny za odlišných podmínek osvětlení území

Sluncem (např. při přerušení snímkového letu v důsledku lokálního výskytu mraků a dokončení snímkování za několik hodin i dnů). Pak je nutno provést digitální radiometrické korekce jednotlivých ortofotosnímků, vyžadující značné zkušenosti pracovníka zpravidla specializovaného na tyto práce. Barevný obraz v rastrové formě bývá často doplněn o vektorové prvky, kterými se realizuje popis (geografické názvosloví) nebo zdůrazňují určité objekty mapovými značkami (např. železnice, rozhledna, potok v lesním porostu, hranice administrativních celků).

Vzhledem ke stále se zvyšující frekvenci používání ortofotomap (podrobněji viz pokračování článku v příštím čísle časopisu), byla v České republice vytvořena po roce 2000 tato kartografická díla, pokrývající s různým prostorovým rozlišením (rozměrem pixelu) celé státní území a navíc

periodicky (například po 3 letech) kompletně aktualizovaná. Jejich přehled je součástí tabulky 1. Některá z nich (např. položky 2, 4, 5, 6 v tabulce 1) jsou k dispozici na internetu bezplatně, ovšem s respektováním autorských práv ke kartografickým dílům při jiném využití než pro osobní potřebu. Produkty vyjmenované v položkách 1 a 3 jsou sice poskytovány za úplaty, avšak jejich možné využití uspokojí i velmi náročné zákazníky a často uspoří daleko větší náklady spojené s realizací speciální objednávky na vyhotovení nové ortofotomapy „na míru“ konkrétních požadavků. ❁ – Jiří Šíma,

*Západočeská univerzita v Plzni*

**Příště** se dozvíte, jaké je optimální rozlišení ortofotomapy pro různé účely, kdy je důležitá absolutní polohová přesnost ortofotomapy a také kde všude se dají ortofotomapy efektivně použít.