

1. Úvod

1.1. Definice a zařazení fotogrammetrie

- Název oboru poprvé použil (r. 1867) **Albrecht Meydenbauer** (1834 – 1921), průkopník fotogrammetrické dokumentace historických stavebních objektů v Německu (za svůj život pořídil cca 16 000 snímků).
Pojem *fotogrammetrie* odvodil z řeckých slov (*fotos* – světlo, *gramma* – písmo, záznam a *métrisi* – měření), tj. měření na záznamu pořízeném pomocí světla.¹
- **Definice:** Fotogrammetrie je vědní obor, který se zabývá získáváním **informací** (především geometrických vztahů) z **obrazových záznamů** (nejčastěji měřických snímků).

informace → geometrické vztahy – tvar, velikost a poloha objektů zobrazených na snímcích (speciálními metodami, tj. snímkováním ve více spektrálních pásmech, lze zjišťovat též druh a stav objektů)

obrazový záznam → měřický snímek – fotografický snímek pořízený za speciálních podmínek měřickou komorou (lze použít též snímky semiměřické, neměřické nebo jiné obrazové záznamy, např. data dálkového průzkumu Země)

➤ Výhody použití fotogrammetrie

Fotogrammetrie využívá **bezkontaktní metody měření** – objekty mohou být značně vzdálené od místa snímkování (není nutný kontakt s předmětem měření). Tato vlastnost se projeví především u obtížně přístupných nebo zdraví nebezpečných oblastí a prostor (např. nepřístupné horské masivy, skalní stěny, kamenolomy nebo skládky chemických látek).

Výhodou je také **krátká doba sběru dat** – doba snímkování je podstatně kratší (např. ve srovnání s geodetickým zaměřením velkého území nebo členitých objektů), většina prací se přesouvá do kanceláře (včetně volby podrobných bodů na snímcích).

Celková *doba potřebná pro mapování* území většího než cca 5 km² je oproti geodetickému zaměření *kratší a finanční náklady jsou menší*. Práce v terénu jsou kratší také v případě zaměření kamenolomů nebo zdobených průčelí budov (nepravidelné tvary, velké množství podrobných bodů).

Další výhodou je možnost **periodického opakování snímkování** – vyhodnocením snímků lze získávat informace o změnách objektů v čase (např. při živelních pohromách).

¹ Dříve se fotogrammetrie (průseková metoda) nazývala *Metrotopografie*.

➤ Srovnání fotogrammetrie a DPZ

Oba příbuzné obory, fotogrammetrie a dálkový průzkum Země, tradičně používaly odlišné postupy při zpracování obrazových dat. Od počátku 90. let 20. století dochází k jejich významnému sblížení díky společnému využívání digitálních obrazových dat.

Hlavní přednost DPZ, totiž **pořizování snímků ve více spektrálních pásmech** (především v oblasti dlouhovlnného záření) je dnes běžně využívána i při fotogrammetrickém leteckém snímání, kdy je spolu se snímky ve viditelné části spektra pořizován také záznam v oblasti infračerveného záření, díky čemuž lze při vyhodnocení zjišťovat nejen prostorové vztahy, ale i **druhé a stavové veličiny** (např. druh a zdravotní stav zelených porostů). Výsada fotogrammetrického zpracování snímků, totiž prostorové vyhodnocení pomocí **umělého stereoskopického vjemu** (dvousnímková metoda), je dnes běžně využívána také při vyhodnocení snímků pořízených z umělých satelitů Země (zařízení na družicích umožňují pořizovat stereoskopické dvojice snímků).

Zásadním rozdílem zůstává způsob vzniku obrazových záznamů. Zatímco ve fotogrammetrii se stále většina snímků pořizuje **středovým průmětem** (s výjimkou některých typů digitálních komor), obrazová data dálkového průzkumu Země vznikají **skenováním** (tj. postupným snímáním obrazu po jednotlivých řádcích). Tato skutečnost ovlivňuje výběr používaných technologií pro zpracování obrazových dat. Rozlišení snímků a **přesnost prostorové polohy** vyhodnocených bodů je ve fotogrammetrii vyšší díky nižším výškám letu nad zemským povrchem.

➤ Vztah ke geografickým informačním systémům

Fotogrammetrie je vedle geodézie a dálkového průzkumu Země jedním z hlavních dodavatelů **geograficky lokalizovaných dat** pro GIS – geografické informační systémy (*Geographic Information System*). Při volbě dodavatele dat je třeba mimo jiné uvažovat požadovanou přesnost, která má být volena vzhledem k požadavkům uživatele, účelu pro který je GIS vytvářen a předpokládanému způsobu jeho využití (tj. pro koho a proč GIS vzniká, jak bude používán).

Zdroj dat [přesnost]	vstup dat do GIS a jejich použití		
geodézie [mm, cm]	geograficky lokalizovaná data o území	⇒ GIS	⇒ uživatel
fotogrammetrie [cm, dm]²			
DPZ [m, km]			
geologie hydrologie, meteorologie, atd.			

² Zde uvedená přesnost se vztahuje k podrobnému mapování leteckou fotogrammetrií. Při použití speciálních metod velmi blízké fotogrammetrie (např. ve strojírenství) lze určovat prostorovou polohu uměle signalizovaných bodů s přesností na milimetry nebo i vyšší.

1.2. Dělení a využití fotogrammetrie

➤ Podle polohy stanoviška

- **pozemní** (polohu komory na nepohyblivém stanovišku je možné určit přesně geodetickými metodami na zemském povrchu)
- **letecká** - aerofotogrammetrie (pouze přibližné určení polohy pohyblivé komory v okamžiku pořízení snímku, např. pomocí GPS a dalších zařízení)
- **družicová** (využití družicových snímků s vysokým rozlišením pro tvorbu geografických a tematických map středního a malého měřítka)

➤ Podle počtu snímků

- **jednosnímková** (vyhodnocujeme každý snímek samostatně, použití je vhodné pouze pro rovinné objekty a terén – 2D, dvě souřadnice v rovině X,Y)
- **dvousnímková** - stereofotogrammetrie (vyhodnocujeme oblast překrytu snímkové dvojice za pomoci umělého stereoskopického vjemu – 3D, tři souřadnice v prostoru X,Y,Z)
- **vícesnímková** - průseková (pomocí prostorového protínání na dvou a více snímcích provádíme bodové vyhodnocení bez možnosti využití stereoskopického vjemu – 3D, tři souřadnice v prostoru X,Y,Z)

➤ Podle způsobu záznamu obrazu

- **klasická** (fotografické materiály s citlivou vrstvou – např. filmy)
- **digitální** (elektronické prvky reagující na světlo uspořádané do matic nebo řádek – např. snímače CCD)

➤ Podle způsobu zpracování (metody vyhodnocení dvousnímkové fot.)

- **grafické metody** (potřebné převody mezi souřadnicemi bodu na snímku a jeho polohou ve skutečnosti jsou řešeny na základě deskriptivní geometrie bez nutnosti výpočtů)
- **analogové metody** (při vyhodnocení vytváříme analogii/obdobu stavu jaký byl při snímkování pomocí opticko-mechanických, tj. analogových strojů)
- **analytické metody** (souřadnice měřené na snímcích převádíme transformací do geodetického systému pomocí analytických strojů nebo početně)
- **digitální metody** (souřadnice měřené na digitálních snímcích zobrazených na monitoru počítače převádíme transformací do geodetického systému – využití principů analytických metod s digitálními snímky na počítačích)

➤ Podle záznamu výsledků vyhodnocení

- **grafický** (přímo na kreslicím stole připojeném k analogovému stroji vzniká originál mapy – polohopisná situace a vrstevnice)
- **číselný** (při analytickém nebo digitálním vyhodnocení registrujeme souřadnice jednotlivých bodů případně včetně výšek)

➤ Podle využití výsledků vyhodnocení

- **podrobné mapování** (pro tvorbu polohopisu a výškopisu mapy – analogové, analytické nebo digitální vyhodnocení)

– **snímkové triangulace** (pro doplnění bodového pole fotogrammetrickými metodami před podrobným fotogrammetrickým mapováním – nově určené body se použijí jako body vlíčovací, stejným způsobem lze zhušťovat PBPP)

➤ **Podle mapovacích metod**

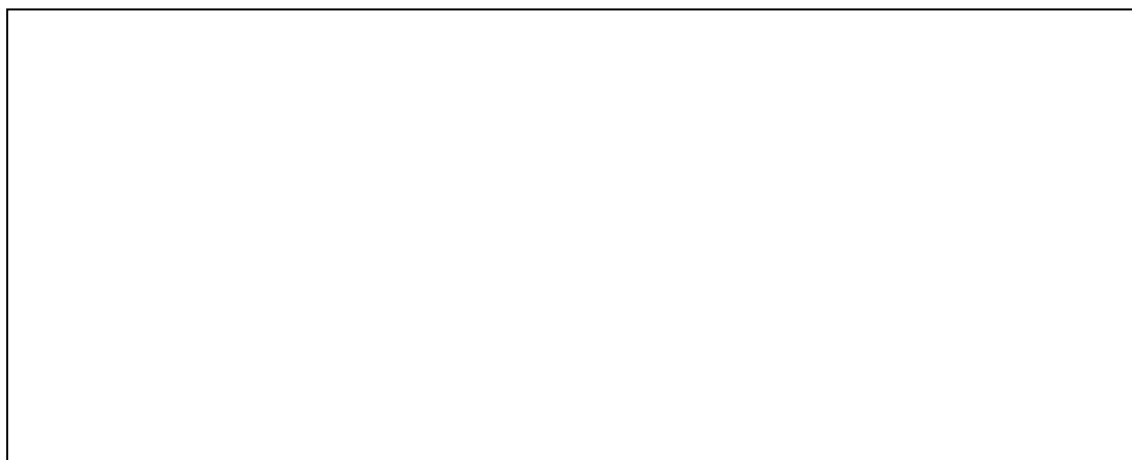
(*metody podrobného fotogrammetrického mapování*)

- pozemní fotogrammetrie – doplňková metoda (viz dále)
- letecká fotogrammetrie – hlavní mapovací metoda:
 - kombinovaná metoda:** polohopis je získán jednosnímkovou leteckou fot. (vzniká fotoplán) a výškopis je doplněn geodeticky (fotomapa), vhodná pouze pro rovinnaté území,
 - univerzální metoda:** polohopis i výškopis je získán pomocí stereoskopického vjemu dvousnímkovou leteckou fotogrammetrií, vhodná i pro členitý terén,¹
 - integrovaná metoda:** polohopis je vytvořen diferenciálním překreslením snímku (na diferenciálním překreslovači), tzn. převedením středového průmětu snímku na pravouhlý průmět mapy (po připojení dalších zařízení případně i s výškopisem), metoda vhodná také pro zvlněný terén, diferenciální překreslení je dnes prováděno metodou **digitálního ortofota** založenou na stejném principu

➤ **Využití fotogrammetrie pro účely mapování**

Letecká fotogrammetrie je *hlavní mapovací metodou pro mapy středních měřítek*. Důvodem je velká finanční a časová úspora oproti geodetickým metodám (pro území větší než cca 5 km²) při zachování požadované přesnosti.

- **pozemní fotogrammetrie** (doplňková mapovací metoda) – především *dvousnímková* pro strmé svahy a skály, nanejvýš s travním porostem, není vhodná pro rovinu



¹ Do měřítka mapy 1: 10 000 je možné grafické vyhodnocení, pro měřítka 1: 5000 a větší je třeba použít číselné, tzn. bodové vyhodnocení.

- **letecká fotogrammetrie** (hlavní mapovací metoda) – *jednosnímková*: pouze pro rovinný terén, nezalesněný nebo zastavěný, *dvousnímková*: vhodná pro zvlněný, nezarostlý, prostorově členitý a také horský terén.

V 50. a 60. letech 20. stol. byly vyhotoveny topografické mapy 1:25 000 a 1:10 000, které jsou nadále fotogrammetricky udržovány (aktualizace ZABAGED pomocí ortofota) – zásadní význam pro státní mapové dílo (viz kap. 4.2).

Rovněž vnikají *tematické mapy* středního a *účelové mapy* velkého měřítka 1:5000 až 1:1000 (např. železniční, lesnické, vodohospodářské).

➤ Další oblasti využití:

stavebnictví: dokumentace staveb, zaměření liniových staveb, mapové podklady pro projekty a rekonstrukce, měření deformací

archeologie a památková péče: dokumentace archeologických nalezišť, památkově chráněných objektů, nedestruktivní průzkum

strojírenství: proměrování výrobků, sledování montáže velkých dílů

těžební průmysl: sledování povrchových dolů a lomů, inventarizace skládek

zemědělství: sledování využití krajiny (dříve osevní plány)

lesnictví: porostní mapy, sledování těžby, kalamity (polomy)

vodní hospodářství: modelování povodí, zjišťování rozsahu záplav

ekologie: sledování skládek odpadu a znečištění (např. vodních toků)

urbanismus a architektura: 3D modely měst, pohledové studie, sledování postupu výstavby

design: určování a modelování tvarů

policie a kriminalistika: dokumentace velkých dopravních nehod a míst závažných zločinů

medicína a tělovýchova: sledování a dokumentace výsledků rehabilitace, plastická chirurgie, zubní aplikace, pohybové studie

vojenství: rychlý průzkum rozsáhlých území, špionáž

1.3. Historický vývoj

➤ Vývoj vytvoření obrazu středovým promítáním

- **Abu' Ali al-Hasan** (lat. Alhazen) z Basry (965-1039) r. 1032 ve své vědecké práci popsal princip temné komory (*camera obscura*) pro pozorování obrazu zatmění Slunce;
 - vytváření obrazu Slunce malým otvorem uvádí již **Aristoteles** (384/3-322/1 př.n.l.)
 - ve 13. stol. (1290) *cameru obscuru* zdokonalil františkánský mnich **Roger Bacon** (1214-1294)
- **Leonardo da Vinci** (1452-1519) začal používat dírkovou komoru (1490/1492), obkresloval středové průměty objektů zachycené na matnici pro studium zákonů perspektivy
 - komora má malou světelnost, žádnou čočku a vytváří převrácený obraz
- **Girolamo Cardano** (r. 1550), **Giovanni Battista della Porta** (r.1558/9) a **Daniel Barbaro** (r.1568) navrhli komoru vybavenou spojnou čočkou
- **Hooke** (r. 1679) vložil do komory zrcadlo a získal tak vzpřímený obraz, který se po zachycení na matnici snáze obkresloval
- **prof. Jozef Maxmilián Petzval** (r. 1840)¹ stanovil rovnice pro výpočet a podle nich nechal sestavit objektiv moderní konstrukce
- v 16. a 17. je poznatků o středovém promítání využíváno k zábavným projekcím pomocí tzv. kouzelné svítilny (*laterna magica*)

➤ Vývoj zachycení obrazu

- v průběhu 18. století a na počátku století 19. bylo učiněno několik objevů o citlivosti některých solí na světlo
- francouzský fyzik **J. A. Charles** konal kolem roku 1800 pokusy se zachycováním stínových obrysů osob na papír potřený křídou smíchanou se světlocitlivými látkami
- německý lékař **Johann Heinrich Schulze /Schultz/** (1687-1744) objevil a r. **1727** zveřejnil poznatky o citlivosti solí stříbra na světlo (pokusy s nádobkami naplněnými směsí prováděl již od r.1725); dodnes jsou základní složkou světlocitlivých vrstev
- bývalý francouzský důstojník **Joseph Nicéphore Niépce** (1765-1833)² objevil (r. 1826) citlivost ke světlu u asfaltových vrstev nanesených na kovové desce (pokusy od 1816); expozice trvala několik hodin, na neosvětlených místech se při vyvolání obrazu asfalt rozpouštěl ve směsi terpentýnu a levandulového oleje, takto vyhotovené snímky se nazývaly *heliografie*³

¹ První z moderních slovenských vědců; žil ve Vídni.

² čti [Njeps]

³ J. N. Niépce také vynalezl také jeden z prvních velocipédů nebo spalovací motor poháněný práškem z plavuní.

- **William Henry Fox Talbot** (1800-1877) jako první zveřejnil proces zachycení *negativního obrazu na chlorostříbrný papír* (25./30. 1. 1839), snímky se nazývaly *kalotypie* (nebo podle svého vynálezce *talbotypie*); první negativ údajně pořídil již v roce 1835 (tj. ještě před vznikem první pozitivní daguerrotypie, viz další text)
 - r. 1840 vyhotovil i první pozitivní kopie z průsvitných negativů na papíře napuštěném včelím voskem a r.1843 dokonce zvětšeniny
 - v letech 1844-45 vychází jeho kniha *The Pencil of Nature* se 24 originálními fotografiemi (150 výtisků); jde o první vydání publikace tohoto druhu
- malíř **Louis Jacques Mandé Daguerre** (1787-1851) spolupracuje od roku 1829 s J. N. Niepcem;
 - r. 1833 ale Niepce umírá a Daguerre pracuje na vynálezu fotografie sám
- r. 1837/8 pořídil první *pozitivní trvalé fotografické snímky – daguerrotypie*
 - působením jodových par na postříbřenou destičku vzniká ke světlu citlivý jodid stříbrný; expozice musejí být několikaminutové; vyvolání se provádí rtuťovými parami a ustálení v roztoku kuchyňské soli nebo později síranu sodného; vznikne pozitivní, ale převrácený obraz
 - vynález byl 7. ledna 1839 oznámen na schůzi Akademie věd v Paříži a následně odkoupen francouzským státem
 - **19. srpna 1839** podle rozhodnutí francouzské vlády byl vynález fotografie věnován veškeré světové veřejnosti (toto datum je dodnes uznáváno)
- **Abel Niepce de Saint Victor** (1805-1870), synovec J. N. Niépce, objevil r. 1847 způsob, jak získat *negativ na skleněné desce* polité vaječným bílkem (albuminem) smíšeným s jodidem draselným a zcitlivěné v roztoku dusičnanu stříbrného (*albuminové desky*)
 - *niepcotypie* umožňuje tvorbu mnoha pozitivních kopií; osvit stále 5-15 minut
 - následují podobné vynálezy a vylepšené postupy
- r. 1851 zveřejnil **Frederic Scott Archer** tzv. *mokrý proces*
 - roztok nitrocelulózy v éteru a alkoholu (kolodium) nahradil bílek (*kolodiové desky*)
 - tato metoda vytlačila všechny předchozí díky krátké době osvitů 2-20 s (až 90 s), přestože desky se musely připravit těsně před použitím a ještě vlhké exponovat
- 1871 zveřejnil anglický lékař **R. Leach Maddox** novou metodu na výrobu *suchých desek* s vrstvou želatiny obsahující bromid stříbrný (stejně pojivo a světlocitlivá sůl stříbra se používají dodnes)
- 1884 vyvinul **George Eastman** materiál s citlivou vrstvou na pružné podložce (svitkový film)
- od roku 1906 jsou vyráběny panchromatické desky a filmy (citlivé na celé viditelné spektrum)
- 1936 vznikl první barevný film **Kodachrom** (diapozitiv)
- 1969 vynalezli v Bellových laboratořích (USA) **Willard Boyle** a **Georgie Smith** prvky CCD (původně jako paměťový registr pracující bez přístupu světla)
 - 1970 – sestavili první digitální kameru
 - 1975 – dosáhli kvality dostačující pro tehdejší televizní vysílání

➤ Historie pořizování měřických snímků

- **M. A. Cappeler** r. **1726** vytvořil mapu horského masivu Pilatus v Alpách pomocí průřezové metody (používal dvě stanoviska a místo komory hranol), obrazy se obkreslovaly na tzv. *měřickou skicu*; vznikla nepříliš přesná mapa malého měřítka
 - zařízení následně zdokonalil anglický fyzik **W. H. Wollaston** pod názvem *camera lucida*
 - **Charles Francois Beautemps-Beaupré**, významný francouzský hydrograf, zdokonalil způsob vyhotovení měřických skic pomocí Wollastonova hranolu v komoře nazývané *camera clara* (princip Lambertovy ikonografie)
 - r. **1791** vyhotovil mapy mořského pobřeží ostrova Vera Gruz (Van Diemenova země)
 - na podkladě obrázků získaných obkreslením obrazu na matnici vyhodnocoval r. **1808** terén mysu St. Cruz
- francouzský plukovník **Langlois** v průběhu krymské války **1853-1856** při obléhání Sevastopolu poprvé aplikoval metodu pozemní fotogrammetrie (mokry fotografický proces), zhotovil plán opevnění města ze snímků pořízených z věže
 - **Aime Civile** začal během výzkumu Alp a Pyrenejí **1858-1868** jako první používat ve fotogrametrii suché fotografické desky
 - **Albrecht Meydenbauer** (1834-1921) poprvé úspěšně použil na německém území pozemní fotogrametrii pro mapování Freyburgu a zaměření městského chrámu (r. 1867). Další historické stavby dokumentoval na celkem 16 000 snímcích.
 - ve zprávě z téhož roku poprvé použil název oboru *Fotogrammetrie*⁴
 - francouzský novinář, karikaturista, aviatik, lékař a umělecký fotograf **Gaspar-Félix Tournachon** (1820-1910), zvaný **Nadar**, r. **1858** pořídil z upoutaného balónu, pro měřické účely snímky vesnice Bièvre u Paříže
 - jsou to historicky první snímky pořízené ze vzduchu (výška letu přibližně 250 m)
 - jako první také experimentoval při fotografování s umělým světlem (snímky pařížského podzemí a kanalizace)
 - **J. W. Black** a **A. King** (r. 1860) pořídili fotografie Bostonu z balónu (USA)
 - vojenský důstojník **Aime Laussedat** (1819-1907) r. 1861 fotografoval Paříž z balónu; využíval lepších znalostí v tvorbě objektivů; experimentoval také s použitím draků (první pozemní snímky pořizoval již od r. 1850)
 - **Ludwig Rahrman** (r. 1891) – fotografování pomocí rakety a padáku
 - **Uljanin** (r. 1900) – komora nesena pomocí draků (barometrická uzávěrka)
 - **J. Neubronne** (r. 1903) – patent fotografování s pomocí holuba (používalo se ještě za 2. světové války pro špionáž)
 - **1. světová válka** způsobila rozvoj letecké fotogrammetrie pro účely špionáže
 - na počátku války byla více než ½ letadel užívána pro letecké snímkování (používaly se ruční měřické komory)
 - r. **1931** je pro arktickou fotoexpedici na vzducholodi **Graf Zeppelin** umístěna vícenásobná komora
 - **2. světová válka** způsobuje další rozvoj leteckého průzkumu
 - vznik spektrozónálních filmů pro odhalování maskovaných objektů

⁴ Dříve se používal název *Metrotopografie* označující pouze průřezovou metodu. Ještě starší je název *Ikonometrie* používaný pro vyhodnocení z průmětny obkreslených obrazů (měřických skic).

- **4. 10. 1957** byla vypuštěna první umělá družice Země – *Sputnik I*
- r. **1962** vypuštěna první geodetická družice – *ANNA I B* (USA – NASA) určená pro budování globálních geodetických sítí (nepořizuje obrazová data)
- do 60. let klademe i vznik nového vědního oboru: *dálkového průzkumu Země (DPZ)*
- vznikají další projekty pro pořizování obrazových družicových dat s celosvětovým významem: *SPOT* (Francie), *LANDSAT* (USA), *KOSMOS* (SSSR – dnes Rusko)

➤ Vývoj metod vyhodnocení a přístrojové techniky

- *matematické základy*

- malíř **Albrecht Dürer** spojil r. 1525 půdorys s nárysem do prostorového zobrazení; konstruoval mechanické zařízení pro vytváření kreseb perspektivy
- matematici **Brook Taylor** (1715) a **Johann Heinrich Lambert** (1759) popsali rekonstrukci středových průmětů a položili tak základy pro průsekovou fotogrammetrii (tzv. ikonografii); na základě středových průmětů lze vyhotovit průmět pravoúhlý
- **Gaspar Monge** (1795) vypracoval vědeckou soustavu deskriptivní geometrie, kterou tajně přednášel již od roku 1768 na vojenské škole (předpokládal velký strategický význam).
 - praktické využití v inženýrství a vojenství zavedl ještě v témž století **Fréziér**
- **Sebastián Finsterwalder** (1862-1951), profesor na univerzitě v Mnichově, definoval geometrické základy fotogrammetrie

- *vývoj průsekové metody*

- **1851/59** – plk. **Aimé Laussedat** (1819-1907), nazývaný „otec fotogrammetrie“, předseda komise pro posouzení využitelnosti fotogrammetrie, nechává pro vojenské účely zkonstruovat první *phototeodolit* (fotografická komora, dalekohled, vodorovný kruh, třínožka, stativ); konstrukce Brunner
- ⇒ **průseková fotogrammetrie** (původně nazývaná „*Metrotopografie*“)
 - 1862 bylo na vědecké konferenci v Madridu jeho zásluhou uznáno použití fotogrammetrie pro mapovací práce
- **1871** – italský **prof. ing. Ignazius Porro** konstruoval *photogoniometr* – „snímkoměrný theodolit“, který záměrou objektivem fotografické kamery měřil na fotografické desce úhly potřebné pro vyhodnocení průsekové fotogrammetrie (dříve bylo možné pouze grafické vyhodnocení).
 - **1896** – nezávisle navrhl shodné řešení německý **prof. ing. Koppe**
 - **Enggeert** poté tuto metodu nazval *fotogrammetrie měřického stolu*
- **1889** – **Luigi Pio Paga** zveřejnil konstrukci fototeodolitu s excentrickým dalekohledem a alhidádou.
 - vývoj byl zahájen již roku 1878 pod vedením gen. Annibala Ferréra
 - následně byla ze snímků pořízených tímto přístrojem vyhotovena mapa apeninských Alp 1:25 000
- Po roce **1900** zavedl u fototeodolitu plk. **Hübl** centrický dalekohled (umístěný na komoře) a posuvný objektiv

- rozvoj leteckých metod

- **1890** – francouzská firma **Pathé** zkonstruovala první speciální leteckou komoru (na filmový materiál)
- **1898** – ruský důstojník **R. J. Tile** se stal autorem první **vícenásobné letecké komory** (8-násobná)
 - roku **1900** nesena drakem vlečeným za parníkem při mapování povodí řeky Pripjatě
 - **1904** – **Theodor Scheimpflug** konstruuje ve Vídni obdobnou 8-násobnou komoru
- r. **1903** voják Theodor Scheimpflug zkonstruoval první vyhodnocovací přístroj pro leteckou fotogrammetrii – **překreslovač** (dále realizoval myšlenku tvorby fotoplánů nebo radiální triangulace)

⇒ **jednosnímková letecká fotogrammetrie**

- r. **1915** **Oskar Messter** z Berlína (průkopník kinematografie) sestavil první plně **automatickou leteckou komoru** (C. Fink ji nazval řadovou komorou), která umožňovala nastavit interval expozic (intervalometr) a tím i délku základny
 - v USA řadovou komoru konstruovali **J. W. Baley** a **H. Brock**
- kolem r. **1920** další rozvoj letecké fotogrammetrie – úpravy měřické komory: automatická uzávěrka a film v rolích, který umožňuje oproti jednotlivým snímkům (skleněné fotografické desky) rychle měnit materiál, vyvíjejí se pomocná zařízení (např. krabicová libela)
- **1926** – ing. **Aschenbrenner** konstruuje první **panoramatickou komoru**
- r. **1930** firma **Zeiss** postavila automatickou leteckou 4-násobnou komoru s rozšířeným snímkovým rozsahem
 - firma **Photogrammetrie** v Mnichově postavila vícenásobnou komoru s jedním centrálním a 8 okolo umístěnými objektivy
- **1932** – generál **Nenonen** a prof. **Väisälä** (Finsko) zavedli použití *horizontálních komor* a *statoskopu*
- r. **1936** **Smakula** v závodech *Carl Zeiss Jena* poprvé použil na optické členy antireflexní vrstvu, která snižuje ztrátu světelnosti objektivu

- vývoj dvousnímkové metody

- **1857** – fyzik **Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz** sestavil **zrcadlový stereoskop** s rozšířenou oční základnou (byl tak umožněn vznik dvousnímkových metod)
 - první pokusy se stereoskopií konal **Stolzo**
 - r. **1901** **Dr. Carl Pulfrich** (1858-1929) spolupracovník závodů *Zeiss Jena* sestrojil **stereokomparátor** – měří za pomoci umělého stereoskopického vjemu snímkové souřadnice (poprvé měřeny) – tím je umožněno využití **stereofotogrammetrie** (zlepšuje se identifikace bodů a přesnost měření)
- ⇒ **dvousnímková pozemní fotogrammetrie – analytické vyhodnocení**
- **1903** – uskutečnil **P. Selinger** testovací měření
 - r. **1908** podle návrhu rakouského důstojníka, npor. **Eduarde von Orel** (1877-1941, původem z Moravy) zkonstruoval **Dr. C. Pulfrich** (na základě stereokomparátoru) ve firmě *Rudolf und August Rost* prototyp **Autostereografu**, který byl prakticky dořešen v letech 1909-1911 a následně vyráběn v závodech *Carl Zeiss Jena* jako **Stereoautograf** – na připojeném kreslicím stole vzniká

originál polohopisu a výškopisu (vrstevnice)

⇒ **dvousnímková pozemní fotogrammetrie – analogové vyhodnocení**

- o podobnou konstrukci se v témž roce pokusil por. **Thompson** z vojenské školy v Chathamu

○ **1919 – prof. Karl Reinhard Hugershoff** sestrojil pro firmu *Heyde* (Drážďany) **Autokartograf** – analogový přístroj schopný vyhodnotit rozdílně skloněné letecké snímky (využívá principu Th. Scheinpfluga z roku 1898)

⇒ **dvousnímková letecká fotogrammetrie – analogové vyhodnocení**

○ r.**1920/21** – dostává **H. Wild** patent na **Autograf** (konstrukce Rienhard Hugerhoff)

○ r.**1923** – vzniká podle návrhu **Waltera Bauersfelda** v závodech

Carl Zeiss Jena analogový stroj s optickou projekcí – **Stereoplanigraf**

○ konstrukce některých dalších přístrojů firmy *Zeiss*:

- 1930 – *Multiplex* (skutečný stereoskopický model, konstrukce Gasser)
- 1953 – *Steko 1818* (stereokomparátor pro pozemní fot.)
- 1954 – *Stereoautograf 1318* (analogový stroj pro pozemní fot.)
- 1969 – *Technokart* (analogový stroj pro pozemní fot.)

- rozvoj analytických a digitálních metod

○ r.**1964** byl spoluprací závodů *O.M.I. Nistri* (Itálie) a *Bendix Corporation* (USA) zkonstruován první **analytický vyhodnocovací stroj** (patent Uki Helava, 1957)

○ počátkem **70. let** s rozvojem počítačových technologií (sálové počítače) začínají být používána **registrační zařízení** (připojeno k vyhodnocovacímu stroji zaznamenává naměřené souřadnice)

⇒ rozvoj **analytických metod** (také pro mapovací práce)

○ **80. léta** – vstup **osobních počítačů** (PC – Personal Computer) na trh

⇒ vznik **digitální fotogrammetrie** (zpracování skenovaných leteckých snímků)

- ve stejné době byla ukončena výroba analogových strojů (používány cca 80 let)

○ **90. léta** – na trhu se objevily první **digitální fotoaparáty**, které umožnily využití digitální technologie v pozemní fotogrammetrii (především na krátké vzdálenosti – tzv. blízká a velmi blízká fotogrammetrie)

⇒ obnovení metody **průsekové fotogrammetrie**

- další vývoj po r. 2000

○ **digitální letecké měřické komory** využívají principu vícenásobných komor nebo pořizují souvislé obrazové pásy skenováním (nejsou středovým průmětem)

○ **digitální fotogrammetrická pracoviště** (DPW) umožňují zpracování digitálních (nebo skenováním digitalizovaných) snímků analytickými metodami a tvorbu digitálního ortofota

○ **digitální model terénu** (DMT) je novou formou záznamu výškopisu při počítačovém zpracování snímkové dvojice (může být využita automatická tvorba)

○ **laserové skenování** je používáno pro tvorbu 3D modelů z mráčka bodů (odlišná technologie oproti fotogrammetrii, ale stejné oblasti využití)

➤ Vývoj v Čechách a na Slovensku

- **prof. Karel František Edvard Kořistka** cestuje roku **1856** do Paříže, aby zde studoval nově vzniklou metodu fotogrammetrie přímo u plk. Laussedata
 - r. **1862** poprvé aplikoval pozemní průsekovou fotogrammetrii; snímkoval z Hradčan a Petřína a vyhodnocením pražských věží získal polohopisný plán Prahy
 - v následující přednášce se ale vyjádřil, že metoda není z praktických důvodů použitelná, a to pro obtíže s přípravou mokrých fotografických desek v terénu
- **prof. Novotný** zaměřil roku **1891** metodou průsekové fotogrammetrie Vyšehrad
 - později v letech 1913-1914 hrad Karlštejn (celkem ze šesti základen)
- **1893-1897** provedeno první zaměření Tater v měřítku 1:25 000
- **28. 9. 1905** – první letecké fotografie v Čechách z balónu Praha kpt. Františka Hůlky pořídil ing. **Jan Plischke /Plischek/**
 - snímkoval oblast dnešního Výstaviště v Praze Holešovicích
- **1912** – profesor pražské techniky **Jaroslav Pantoflíček** jako jeden z prvních určil drobné pohyby a přetvoření (deformace) stavebních konstrukcí stereofotogrammetricky
 - uveřejnil o tom první odborný článek v tisku Mezinárodní fotogrammetrické společnosti „Archiv für Photogrammetrie“
 - do r. 1915 konal další pozemní měření v okolí Prahy
- **1921** – poprvé v Čechách použita stereofotogrammetrie při mapování Trutnova
- **1923-1931** proběhlo mapování skalnatého údolí Vltavy
- před **2. světovou válkou** bylo téměř celé území České republiky zmapováno leteckou (67 000 km²) a pozemní (1600 km²) fotogrammetrií
 - první snímky od r.1927, celoplošně poprvé 1936
- **od 50. let** se letecká fotogrammetrie podílí především na vzniku topografických map středních měřítek – na více než 70% území
 - využívala se univerzální a kombinovaná metoda s vyhodnocením na analogových strojích a překreslovačích
- **1957-71** mapování v měřítku 1:10 000; na 84% území fotogrammetricky
 - vznikaly i mapy tematické a účelové (velké měřítko)
- po roce **1989** byl zrušen státní monopol na letecké snímkování, byla zrušena cenzura a utajování snímků a na pole fotogrammetrie vstoupil soukromý sektor využívající zejména digitální technologie
- letecká fotogrammetrie zůstává jedním z hlavních zdrojů dat pro údržbu map středních měřítek a aktualizaci databáze **ZABAGED** prostřednictvím digitálního ortofota (v rámci státního mapového díla)
 - stává se dodavatelem geometrických (prostorových) i negeometrických (popisných) dat pro **GIS**

➤ Organizace oboru fotogrammetrie

- **4. 6. 1910** založena **ISP – *International Society for Photogrammetry*** (*Mezinárodní společnost pro fotogrammetrii*)
 - vznikla podle vzoru *Rakouské společnosti pro fotogrammetrii* založené 3.5. 1907 (zásluhou rakouského geodeta českého původu prof. Eduarda Doležala, který byl také prvním presidentem ISP)
 - první kongres se konal roku **1913** ve Vídni; od té doby se kongresy pořádají každé čtyři roky
- **18. 5. 1930** byla v Praze založena **Československá fotogrammetrická společnost**
 - dnes ***Společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum***
www.sfdp.upol.cz
- **1976** – ISP přejmenována na **ISPRS - *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*** (*Mezinárodní společnost pro fotogrammetrii a dálkový průzkum*)
www.isprs.org

➤ Učebnice fotogrammetrie

- **1891** napsal **prof. Fr. Steiner** jednu z prvních učebnic fotogrammetrie
 - již od roku **1889** jako první v Rakousko-Uhersku přednášel fotogrammetrii na německé technice v Praze v rámci pozemního stavitelství
- učebnice **prof. Müllera** a **prof. Novotného** z roku **1904** obsahuje 85 stran o fotogrammetrii (pražská technika)
- **1936** vydala Česká matice technická první česky psanou učebnici – **prof. Pavel Potužák: *Základy letecké fotogrammetrie***
- **1954** vyšla první slovenská učebnice – **Pavol Gál: *Fotogrammetria***
- **1975** – ing. **J. Hermany** a ing. **V. Pichlík, CSc.: *Fotogrammetrie*** (*učebnice pro 3. a 4. ročník Střední průmyslové školy zeměměřické*)
- **1986** – Doc. Ing. **J. Šmidrkal, CSc.: *Fotogrammetrie*** (*učebnice pro 3. ročník studijního oboru geodézie*)