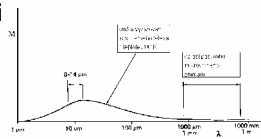




Dálkový průzkum země v mikrovlnné části spektra

Pasivní mikrovlnné snímání

Pasivní mikrovlnné snímání



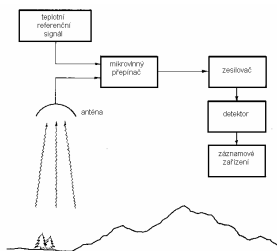
Těmito metodami je měřena přirozená dlouhovlnná energie vyzářená objekty na zemském povrchu.

Systémy pracují na stejném principu jako termální radiometry a skenery.

Měřený signál má vždy velký podíl šumu a jeho interpretace je obtížnější.

Výhodou je nezávislost na podmínkách počasí

Princip mikrovlnného radiometru



Využití metod pasivního mikrovlnného snímání

- měření teplotních profilů atmosférou
- zjišťování charakteristik svrchní vrstvy půdy
- mapování teploty půdy a půdní vlhkosti
- studium minerálního obsahu půd
- mapování rozsahu mořského ledu
- mapování rozsahu a mocnosti sněhové pokrývky
- zjišťování průběhu tání sněhu
- studium charakteristik mořských proudů
- mapování směru a rychlosti větru
- detekce ropného znečištění

Družicové systémy využívající metod pasivního mikrovlnného snímání

Družice NIMBUS 5, ESMR (období 1972 - 1976)

Jednakanálový radiometr pracující na vlnové délce 1,55 cm.

Družice NIMBUS 7, SMMR (říjen 1978 - srpen 1987)

Pětikanálový mikrovlnný radiometr pracující s vertikální i horizontální polarizací. Použité vlnové délky: 0,81, 1,36, 1,66, 2,80, 4,54 cm

Družice DMSP, SMMI (červen 1987 - souč.)

Desetikanálový mikrovlnný radiometr

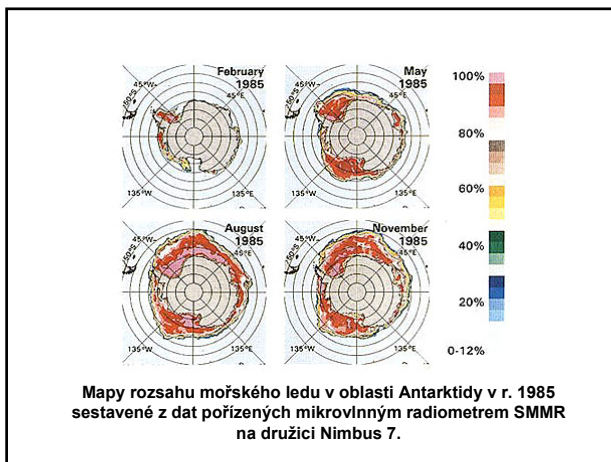
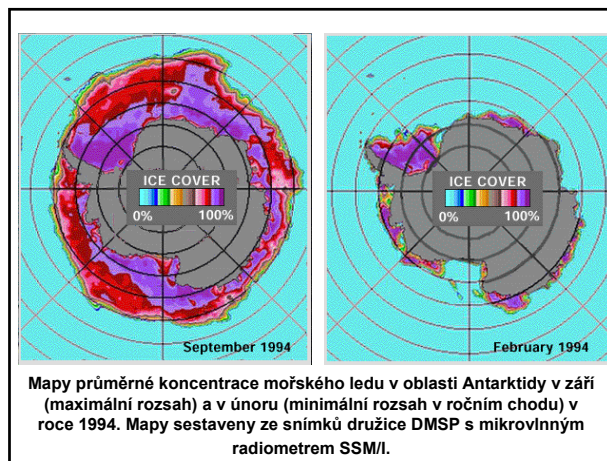
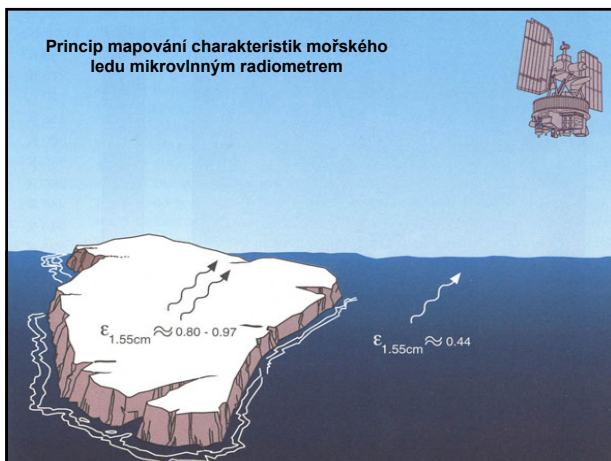
Monitorování rozsahu mořského ledu

Mapování je založeno na měření jasové teploty v oblasti mikrovln a na rozdílné emisivitě volné mořské hladiny a mořského ledu.

Např. na vlnové délce 1,55 cm je emisivita mořského ledu vysoká (0,80-0,97), avšak emisivita volné mořské hladiny je pouze 0,44.

Výrazně vyšší emisivita mořského ledu převažuje skutečnost, že led je chladnější než voda a tedy jeho jasová teplota by měla být nižší.

Jasová teplota mořského ledu nabývá hodnot vyšších než 190 K, jasová teplota mořské vodní hladiny je většinou nižší než 160 K.



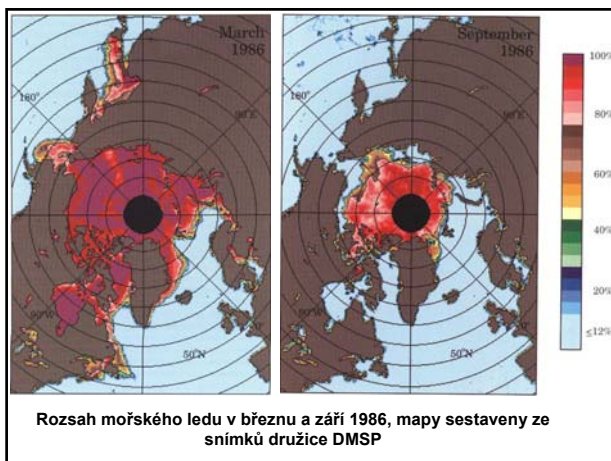
Monitorování rozsahu mořského ledu

Použité algoritmy poskytují nesprávné hodnoty o rozsahu ledu podél pobřeží (viz. obr) v důsledku tzv. smíšených pixelů.

Tento efekt se označuje jako "land contamination" - jasová teplota smíšených pixelů má hodnoty blízké hodnotám mořského ledu.

Uvedený efekt lze potlačit použitím map SST.

Vedle rozsahu mořského ledu lze zjišťovat i jeho koncentraci (procento pokrytí) a ze série map též charakteristiky pohybu.



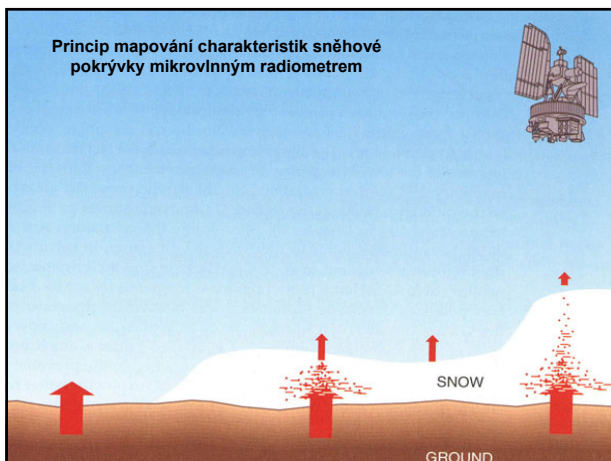
Monitorování rozsahu sněhové pokrývky

Rozsah sněhové pokrývky je monitorován na snímcích družic NOAA využívajících optické (viditelné a infračervené) části spektra od r. 1966. Řady map jsou k dispozici s týdenním rozlišením.

Snímky z optické části spektra jsou degradovány oblačností, nelze je pořizovat v době polární noci, neposkytují informace o mocnosti sněhové pokrývky, pouze o jejím rozsahu.

Princip pasivního mikrovlnného snímání spočívá v přímé závislosti mezi mocností sněhové pokrývky a pohlcováním dlouhovlnného záření.

Jasová teplota měřená mikrovlnným radiometrem je nepřímo úměrná mocnosti sněhové pokrývky.



Monitorování rozsahu sněhové pokrývky

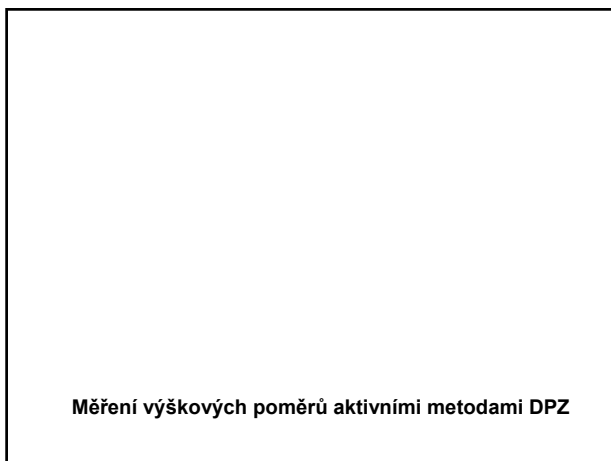
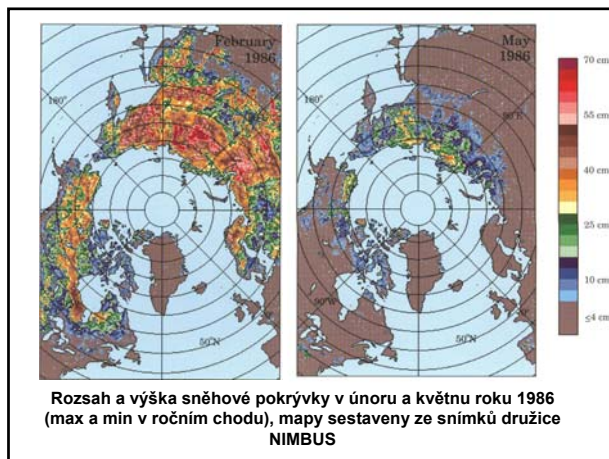
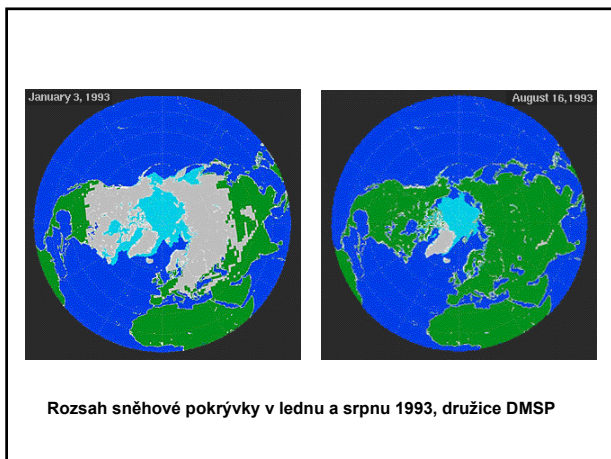
Většina algoritmů používaných pro sestavování map rozsahu a mocnosti sněhové pokrývky je založena na empirických vztazích.

Snímky z radiometru SMMR na družici Nimbus zaznamenávají jasovou teplotu na frekvenci 18 GHz a 37 GHz.

Sněhová pokrývka absorbuje méně záření na nižší frekvenci. Čím mocnější bude sněhová pokrývka, tím větší bude rozdíl jasových teplot 18 a 37 GHz.

Mapuje sněhovou pokrývku o mocnosti 5-70 cm – oproti reálným podmínkám tedy podhodnocuje rozsah sněhové pokrývky.

Nelze využít na mapování sněhu, který se nachází na ledovcovém příkrovu (Grónsko, Antarktida).



Interferometrie

Metoda přesných výškových měření na základě rozdílů ve fázi dvou radarových signálů získaných z odlišné pozice

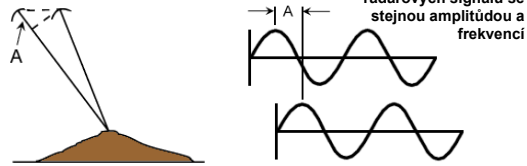
Rozdíl (interference) fází je nositelem informace o výšce daného místa.

Zpracováním hodnot korespondujících obrazových prvků z obou radarových snímků se vytváří tzv. **interferogram**. Z něj lze zjistit relativní výškové rozdíly bodů na snímcích.

Využitím vílcovacích bodů lze relativní hodnoty převést na hodnoty absolutní.

Přesnost interferometrie je v řádu použitých vlnových délek – tedy v centimetrech.

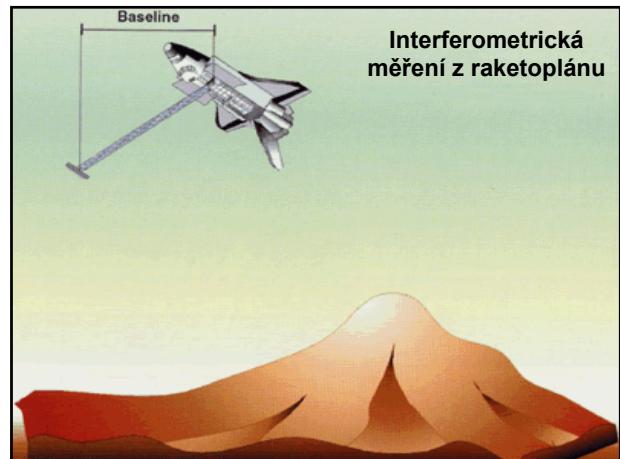
Princip interferometrie



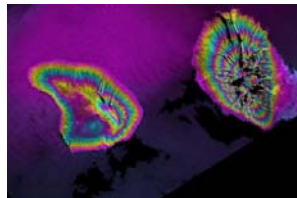
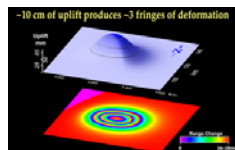
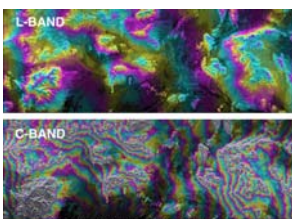
Rozdíl ve fázi (A) dvou radarových signálů se stejnou amplitudou a frekvencí

Možné konfigurace měřících systémů:

- snímání jedním radarem ze dvou sousedních drah
- snímání dvěma radarovými systémy umístěnými na dvou družicích (tandem - ERS-1 a ERS-2)
- jeden nosič (družice či letadlo) může mít jeden radar a dvě přijímací antény umístěné ve známé vzdálenosti od sebe (raketoplán - SRTM).

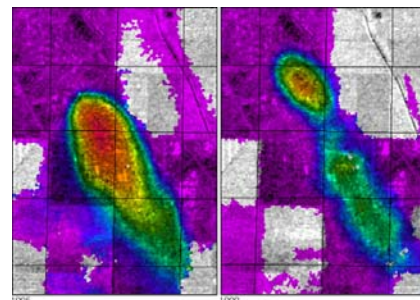


Zpracováním korespondujících obrazových prvků lze získat tzv. **interferogram**



Diferenční interferometrie

Metoda založená na rozdílu dvou interferogramů. Tímto postupem lze zjišťovat řádově centimetrové výškové rozdíly, ke kterým došlo v čase mezi pořízením obou interferogramů



Poklesy půdy v důsledku těžby ropy – Družice ERS

Oblasti aplikací

- detekce sesuvů
- zemětřesných pohybů
- měření výšky vodní hladiny
- mocnosti sněhové pokrývky
- tvorba digitálního modelu terénu
- morfometrická analýza a topografické mapování
- tvorba družicových ortofotomap a tématické mapování
- zjišťování časových změn
- geologické a hydrologické aplikace
- výzkum kryosféry
- regionální plánování
- monitorování projevů vulkanismu

Letecké interferometrické systémy

TOPSAR (Topographic SAR) – nosič – letadlo DC-8, RADAR - C pásmo (6 cm), signál je přijímán na dvou anténách umístěných 2,6 metru od sebe. Produkuje DTM s vertikální přesností 1 až 3 metry v závislosti na komplexitě terénu, s horizontální přesností 5 až 10 metrů a to z plochy 10 x 50 km.

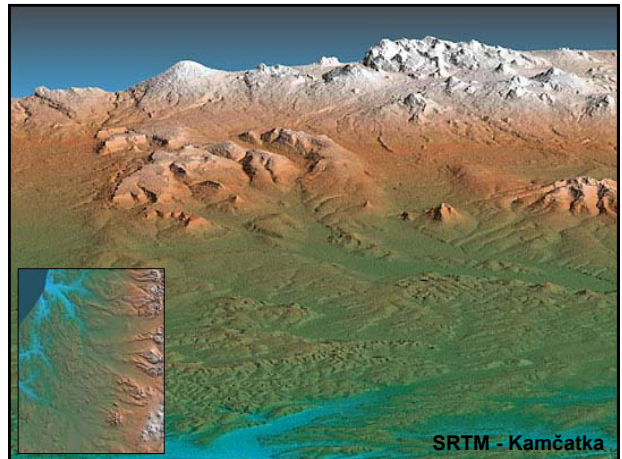
IFSARE (nosič - letadlo LearJet36), RADAR - X-pásmo a dva anténní systémy. Systém vybaven diferenčním GPS a laserem. Výška letu 12 km, šířka snímaného území 10 km, rozlišení 2,5 metru. Produkuje DTM s vertikální přesností do 3 m.

SRTM (Shuttle RADAR Topography Mission)

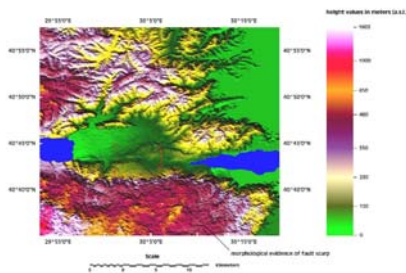


V období od 11. do 22. února 2000 bylo z raketoplánu nasímáno území v rozsahu od 60° j.z.š. do 60° s. z. š. Tato měření slouží k sestavení výškového modelu Země

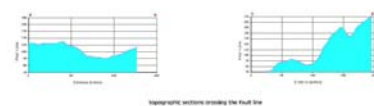
SRTM – Pobřeží Ománu



ERS SAR tandem color shaded DEM

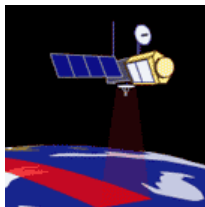


Izmit, Turecko
Model terénu sestavený z interferometrických měření družic ERS 1 a ERS 2



Výšková měření - ALTIMETRIE

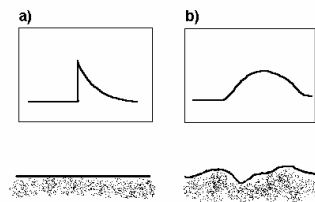
Altimetr (výškoměr) je zařízení využívající toho, že radarová měření jsou ve své podstatě také měřeními vzdálenosti.



Signál je vyslán z nosiče kolmo k zemskému povrchu

Radarové echo je zaznamenáno jednak jako časový interval mezi vysláním a přijetím signálu a jednak jako signál modifikovaný povrchem, od něhož se signál odrazil.

Křivka intenzity signálu



Tvar křivky intenzity signálu pro hladký (a) a drsný (b) povrch

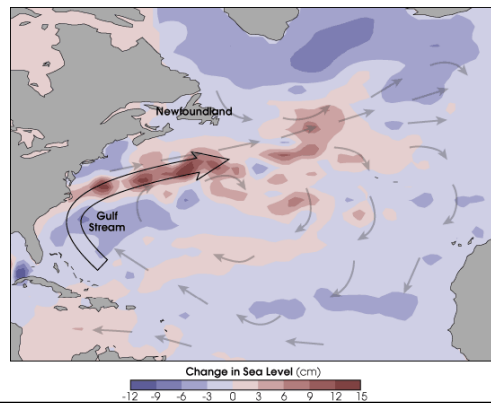
Z tvaru křivky lze získat informaci nejen o výšce daného povrchu, ale také o jeho odrazových vlastnostech a drsnosti.

Přesnost výškových měření může být lepší než 10 cm.

Využití altimetrických měření

- měření výšky hladiny oceánů
- měření výšky povrchů pokrytých ledem
- měření charakteristik vlnění (výška vln a jejich rychlost)
- měření charakteristik pole větru
- studium slapových jevů
- studium mořských proudů
- batymetrická měření
- sestavení map dna světového oceánu
- studium anomálií gravitačního pole Země
- mapování výškových poměrů Antarktidy

Altimetrická měření výšky vodní hladiny oceánu

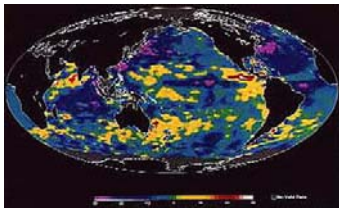


Monitorování jevu ENSO

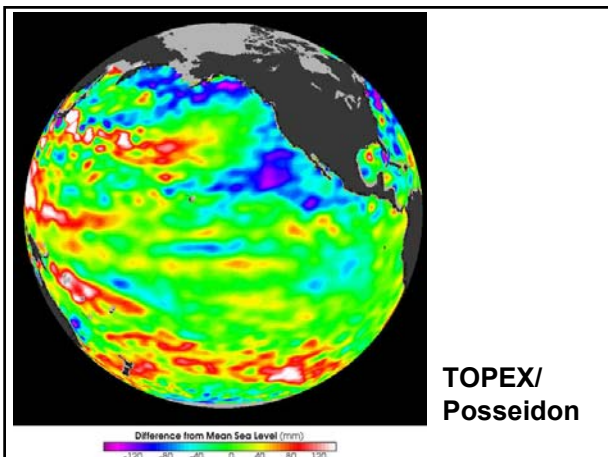
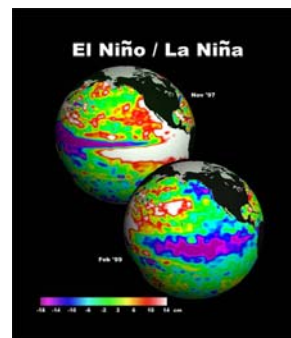
Družice TOPEX/Poseidon

Zjišťování výšky hladiny oceánu s přesností 4-5 cm

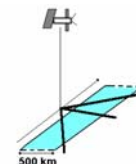
Pro každé místo na hladině světového oceánu s periodou 10 dní.



Monitorování jevu ENSO



Rozptyloměr (Skaterometr)

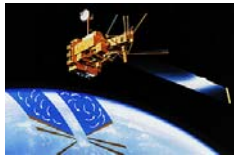


Měření je založeno na kvantifikaci rozptylu intenzivního mikrovlnného signálu odraženého od zemského povrchu.

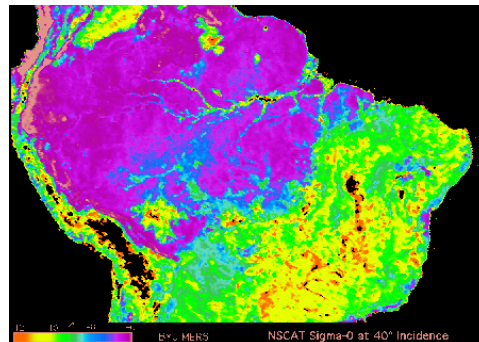
Nad hladinou oceánu je rozptyl způsoben především vlněním a je úměrný směru a rychlosti větru

Pracuje s hrubým prostorovým rozlišením (cca 45 km) což omezuje jeho použití na mapování v regionálním a globálním měřítku

Využití rozptyloměru



- Studium charakteristik pole větru
- Mapování vlhkosti půdy
- Studium dynamiky permafrostu



Mapování množství zelené hmoty –
období vegetačních indexů



Aktivní metody snímání - LASER

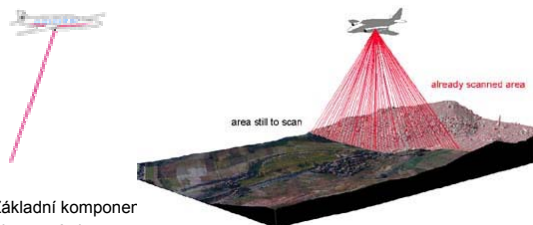
LIDAR I - Skenování laserem



Technika vytváření modelu terénu (DTM) i modelu povrchu (DSM). Snímání lze provádět ve dne i v noci, také omezení v důsledku nepříznivých povětrnostních podmínek jsou daleko menší.

Vyvinuta v první polovině 90. let v Německu, v roce 1995 byly v operativním provozu 3 systémy, v roce 2000 jich bylo více jak 50.

LIDAR II – principy fungování

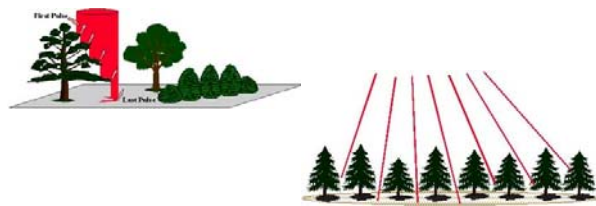


Základní komponenty

- laserový skener
- GPS a navigační systém INS.
- infračervené laserové paprsky
- časový interval mezi vysláním a přijetím paprskem slouží k určení 3D polohy snímaného bodu.
- Změna intenzity signálu slouží k určení charakteru objektu, od kterého se signál odrazil.

LIDAR III – principy fungování

- U vegetačního krytu se signál, vzhledem k použitým krátkým vlnovým délkám odráží nejen od povrchu vegetace, ale proniká i vlastní vrstvou.
- První odraz – od horní vrstvy vegetačního krytu
- Poslední odraz – od zemského povrchu
- Ze zaznamenaných charakteristik lze vypočítat DTM, DSM i výšku vegetačního krytu (např. výšku lesního porostu).



LIDAR IV - Technické vybavení

- První systémy pracovaly s frekvencí 2 kHz (2000 pulsů za sekundu), současně s frekvencí 33 kHz. Vyšší frekvence umožňuje vytvářet podrobnější kostru bodů – v současné době 1 bod na 2 – 4 m². Problém je takto hustou sítí bodů zpracovat při současných SW možnostech.
- LIDAR původně pracoval ve výškách kolem 500 m, v současnosti může operovat od 2 do 6 km. S rostoucí výškou trpí přesnost. Při výšce letu 1 km vertikální přesnost 15 cm, horizontální přesnost 10 – 50 cm
- Skenery pracují s vlnovou délkou v intervalu 1040 – 1060 nm. Mnoho současných LIDARových systémů je spřaženo s videokamerou nebo s digitálním fotoaparátem za účelem generování ortofoto.

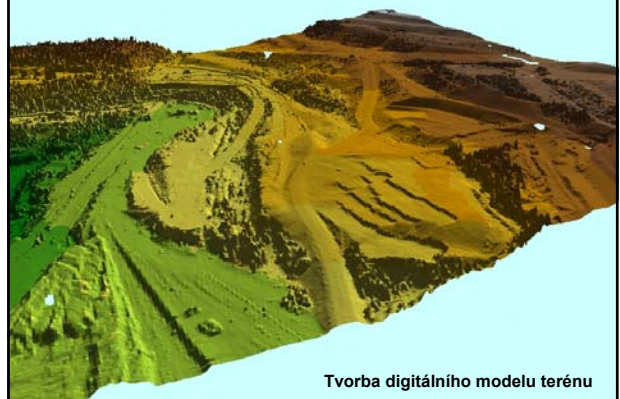
LIDAR V – principy fungování

- Systémy mohou pracovat v různých výškách s různou frekvencí skenování. Data vyžadují poměrně složitý postprocessing, při kterém se vypočítá nejen přesná trojrozměrná poloha každého snímaného bodu ale i jeho charakteristiky
- V současné době neexistují komerční SW nástroje pro zpracování laserových dat. Nutné je také vyřešit problematiku komprese těchto dat. Některé ze systémů nabízejí zpracovaná data (pro malé, plošně málo rozsáhlé projekty) do 24 hodin od nalétání.
- Je vyřešena automatická klasifikace odrazů od země a ostatních povrchů. Řeší se otázky podrobnější tematické interpretace (fúze dat). Objektová analýza laserových dat má velké možnosti v automatickém rozpoznávání pravidelných tvarů – budovy.

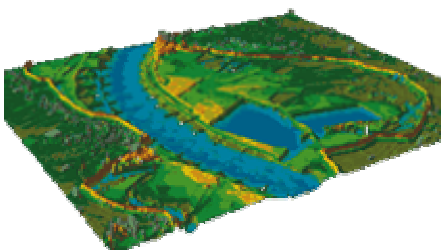
LIDAR VI - Aplikace

- Tvorba digitálního modelu terénu
- Vodní hospodářství
- Monitorování pobřežních zón
- Lesní hospodářství
- Telekomunikace
- Monitorování hladiny hluku ve městech
- 3D vizualizace

LIDAR - aplikace



LIDAR - aplikace



Vodní hospodářství

LIDAR - aplikace

