

Božo KRISTAN
Inštitut Geodetskega zavoda SRS, Ljubljana

NOVE TEHNIKE AERO SNEMANJA (REMOTE SENSING)

Snemanje zemeljske površine iz zraka v običajni črnobeli fotografski tehniki je znano že več kot 50 let. Po letu 1960 pa so razvili vrsto povsem novih snemalnih tehnik. Nove snemalne naprave (t.i. senzorji) izvirajo po tehnološki plati iz obsežnih vesoljskih projektov prejšnjega desetletja. Z novimi senzorji je možno snemati zemeljsko površje v različnih delih elektromagnetskega spektra; za širšo uporabo sta zanimiva predvsem območje infrardečega sevanja in območje radarских valovnih dolžin. V grobem razdelimo sodobne snemalne tehnike v dve skupini:

- fotografske tehnike
- nefotografske tehnike.

S fotografskimi tehnikami lahko snemamo v vidnem delu spektra in v t.i. bližnjem IR-območju (do približno 1.000 nm valovne dolžine). V zadnjem času se močno uveljavlja multispektralno snemanje, tj. istočasno snemanje na štiri različne fotografske materiale: na črnobeli (pankromatski), na barvni, na IR-črnobeli in na IR-barvni film. Z opazovanjem multispektralnih posnetkov dobimo povsem nove informacije (hidrologija, vegetacija).

Med nefotografskimi tehnikami aero snemanja so pomembni predvsem snemalni senzorji za IR-termalno območje (t.i. termalni scanner) in radar. Danes označujemo vse snemalne tehnike (fotografske in nefotografske), ki jih uporabljajo za snemanje iz zraka, največkrat z angleškim izrazom "remote sensing" (nemško Fernerkundung). Remote sensing ("daljinsko zaznavanje") torej lahko pojmuje kot način pridobivanja podatkov s pomočjo aero snemanja (snemamo lahko iz avionov, helikopterjev ali pa satelitov).

UPORABNOST REMOTE SENSINGA V METEOROLOGIJI

Običajni aero posnetki (tako črnobeli kot barvni) imajo v meteorologiji razmeroma majhno uporabnost. Aero posnetek prikazuje razmere na zemeljski površini, meteorologija pa proučuje razmere v atmosferi. Kljub tej omejitvi pa lahko včasih aero posnetki koristno služijo tudi pri meteoroloških oziroma pri klimatskih proučevanjih. Pri tem moramo izhajati iz tega, da se na aero posnetku posredno odražajo tudi klimatski pogoji (preko vegetacije, vodovja ipd.). S pomočjo barvnih ali pa IR-posnetkov lahko ločimo različne drevesne vrste (npr. listavci-iglavci), lahko določujemo zamočvirjenost, obseg poplav itd. Omenjeni elementi so vedno tudi klimatsko oziroma meteorološko (npr. poplave) pogojeni. Še večjo upo-

rabnost kot posnetki v fotografski tehniki pa dajejo snemanja z nefotografskimi senzorji.

Aerothermografija

je tehnika snemanje v IR-termalnem območju. Termalni senzorji so prirejani za snemanje v območju valovnih dolžin 3-5 in 8-14 mikronov (glede na t.i. atmosferska okna - propustnost atmosfere za IR-sevanje). Termalni scanner registrira temperaturne razlike na zemeljskem površju, ki jih potem lahko preslikamo na običajni filmski material kot različne sive ali barvne tone (pretvorba električnih signalov v vidne poteka podobno kot pri televiziji s pomočjo katodne cevi). Na ta način lahko dobimo temperaturno sliko zemeljskega površja, ki je v tesni povezavi z mikroklimatskimi razmerami. Svetli toni (rdeči, rumeni) pomenijo toplejša področja, temnejši (modri) pa hladnejša. Možna je registracija temperaturnih kontrastov do 0,01°C.

Medtem ko je termalne anomalije na vodnih površinah razmeroma lahko odkriti in interpretirati, je proučevanje teh razlik na zemeljskem površju mnogo težje. Vzrok tem težavam so predvsem zelo raznoliki vplivi in lastnosti materialov. Poleg tega je treba upoštevati še sezonske in dnevne variacije. Termografski posnetki dajejo običajno podnevi nasprotno kontraste kot ponoči. Za proučevanje mikroklimatskih razmer je priporočljivo snemati ponoči, da eliminiramo vpliv sončne radiacije. Vpliv reliefnih oblik in njihova interakcija z meteorološkimi elementi lahko včasih povzročita nastanek zelo komplicirane termografske slike. Površine, ki so za kakšnimi zasloni (npr. za gozdom, za gostim grmovjem), so v določeni senci ali zavetju, kar daje drugačno termalno sliko kot odprti svet (nezavarovanost pred vetrom). Podobno kot "efekt zavejta" lahko vpliva talna vlažnost idr. Ponoči so pogoji sevanja obratni, "efekt zavejta" lahko pomeni hladnejša območja, menjajo se toplotni tokovi (smer) med površjem in atmosfero.

Aerothermografija predstavlja zelo dober pripomoček pri mikroklimatskih raziskavah. Termografske posnetke so uspešno uporabili v ZDA pri planiranju smučarskih prog (s pomočjo posnetkov so določevali mrzla in toplejša pobočja), na Švedskem pri mikroklimatskih raziskavah in simulaciji meteoroloških elementov /3/, v Nemčiji so uporabili termografske posnetke za ugotavljanje vetrov in toplotnih razmer v posameznih mestnih predelih.

Interpretacija termografskih posnetkov mora biti zelo kompleksna, ker so informacije (različni sivi toni), ki jih tak posnetek daje, rezultat fizikalnih, meteoroloških in ekoloških faktorjev.

Meteorološki sateliti

Snemalni instrumentarij, ki ga uporabljajo meteorološki sateliti, sodi prav tako med tehnike remote sensinga. Prvi meteorološki sateliti so bili izstreljeni že leta 1960 (TIROS, NIMBUS). V novejšem času so znani predvsem sateliti tipa

ESSA, ITOS in NOAA. Od leta 1967 dalje poteka svetovni meteorološki program, v okviru katerega je tudi projekt GARP (Global Atmospheric Research Program). Projekt GARP naj bi začel z operativnim delom leta 1976; do takrat naj bi izstrelili sistem meteoroloških satelitov (ZDA, Japonska, Evropa, SZ).

Evropa bo lansirala satelit METEOSAT, ki bo snemal v vidnem in IR-termalnem delu spektra. Posnetke bo možno dobivati vsakih 30 minut. S pomočjo podatkov tega satelita bo možno izdelati karte vetrov, določevati temperature zraka in morja, oblačnost, višino oblakov idr. Druga naloga satelita pa bo zbirati podatke, ki jih registrirajo merilne postaje na zemlji, in jih posredovati v zbirne centre.

Določeno uporabnost za meteorološke raziskave imajo tudi posnetki satelita ERTS. Satelit ERTS je bil izstreljen v orbito leta 1972 predvsem za proučevanje naravnih bogastev v širšem obsegu (gozdarstvo, geologija). Pomanjkljivost tega satelita za meteorologe je predvsem to, da je časovni razmak med enim in drugim snemanjem predolg (18 dni).

Radarske snemalne tehnike

Tudi te spadajo v okvir remote sensinga. Pogosto se uporabljajo za slikanje oblakov pri obrambi pred točo idr.

Proučevanje onesnaženosti ozračja

S pomočjo daljinskega zaznavanje (remote sensing) je možno tudi pridobivanje informacij o lastnostih in fizičnih dimenzijah delcev v zraku. Maso onesnaženega zraka lahko grobo kartiramo že z običajnimi črnobelimi posnetki. Zato moramo imeti na voljo vertikalne in poševne posnetke onesnažene zračne mase: na podlagi teh je možno izdelati karto onesnaženega zraka. Takšne karte kažejo jasno zvezo med lokalno geografijo in pogoji onesnaževanja, med katere štejemo tudi meteorološke razmere. S pomočjo takšnih kart bi bilo možno določevati maksimalno kapaciteto onesnaženja za določeno industrijsko področje.

Za proučevanje onesnaženosti ozračja so pomembni še nekateri posebni instrumenti, ki so šele na začetku razvoja:

- spektrometer: z uporabo tega instrumenta bo možno iz avionov ali satelitov (lahko pa tudi terestrično) registrirati delež SO₂ in CO₂ ter drugih toksičnih plinov v ozračju. Pri tem postopku primerjamo spektralno sestavo difuznega sevanja atmosfere in absorpcijske pasove škodljivih plinov. S pomočjo korelacije je možno natančno določevanje koncentracije posameznih plinov (kartiranje intenzitete onesnaženja v zraku). S pomočjo tega instrumenta, ki je bil montiran v satelitu, so uspešno določevali sestavo smoga nad Los Angelesom.
- Laserski snemalni senzor: ta bo dal še večje možnosti kot spektrometer. Princip delovanja je v tem, da laser oddaja določeno sevanje, ki se

potem v onesnaženi masi absorbira ali pa odbije. Odboj ali absorpcija zavisi od koncentracije (sestave) plinov. Za določitev sestave neke zračne mase moramo poznati le absorpcijske lastnosti posameznih plinov.

ZAKLJUČEK

Aero posnetke so do sedaj razmeroma malo uporabljali pri meteoroloških in klimatskih raziskavah. Nove snemalne tehnike in načini (avion, helikopter, satelit) pa dajejo nove možnosti za uporabo aero posnetkov pri tovrstnih raziskavah. Za mikroklimatske raziskave so posebej zanimivi termografski posnetki, za spremljanje širše vremenske situacije pa satelitski posnetki. S pomočjo t.i. daljinskega zaznavanja (remote sensing) lahko povežemo meteorološke ugotovitve s proučevanji drugih prostorskih ved. Pri tem lahko:

- proučujemo korelacije med vegetacijo in makroklimatskimi elementi
- ekološke determinante, na katere vplivajo zlasti klimatske in talne značilnosti
- odnose med fenološkimi, meteorološkimi in ekološkimi pogoji.

LITERATURA

- /1/ McCarthy, Boots, Niemann: Remote sensing of Infrared Energy; Landscape Architecture January 1973.
- /2/ Priest J.: Problems of our Physical Environment; 1973.
- /3/ Matsson J.: Thermal Patterns in the Landscape recorded with Infrared Technique and simulated in Model Experiments; Lund Studies in Geography, Lund 1969.
- /4/ Veress S.: Extinction Coefficient; Photogrammetric Engineering 1972.
- /5/ Heuseler H.: Deutschland aus dem All, 1974.
- /6/ Kaminski H.: IR-Satellitenaufnahmen in den Geowissenschaften, Bul 1973/1.

D. Furlan:

Cerkniško polje je relativno zelo toplo - to je verjetno vpliv postojnskih vrat, za katere smo mislili, da vplivajo le na padavinsko razporedbo, vplivajo pa tudi na temperaturno.

V referatu sprašuje tov. Gams, zakaj se južna pobočja popoldne hitreje hladijo. Južna pobočja so manj vlažna, kot npr. doline, zato se hitreje segrejejo, obenem pa se zaradi nagiba ob sončnem zahodu tudi hitreje ohlajajo.

M. Vukmirović:

Zvezni hidrometeorološki zavod je obdelal pojave spomladanskih slan za vse področje Jugoslavije. Tov. Penzar omenja v svojem referatu obdelavo le za dve mesti. V delu Zveznega zavoda je med drugim objavljeno tudi, kdaj se pojavlja jo zadnje slane. Pri obdelavi smo uporabili metode sumarne verjetnosti. Iz nomogramov, ki so bili izdelani, lahko odčitamo za vsako mesto v Jugoslaviji verjetnost nastopa zadnje slane po korakih za vsakih 10% pred in po srednjem datumu.

Ž. Cindrić:

Želel bi opozoriti na opreznost pri uporabi podatkov, ki jih dobimo od naših opazovalnih postaj. Te niso postavljene tako idealno, da bi lahko dabili podatke, ki bi bili takoj uporabni v poljedelstvu. Pojavlja se nov pojem mikroklimatskih agrometeoroloških raziskav za planiranje novih nasadov. Lahko naredimo makronačrt za rajonizacijo poljedelskih kultur, vendar ne smemo zaključkov, ki smo jih naredili iz obdelav podatkov naših meteoroloških postaj, takoj uporabiti tudi v praksi. Dokazano je, da je konfiguracija terena tisti faktor, ki zelo menja pogoje v okolju. Tu pride do izraza predvsem pojav prvih in zadnjih slan, režim vlage, vetra, ogrevanja in drugo. Z mikroklimatskimi raziskavami takih terenov lahko ugotovimo precejšnje razlike v pogojih, ki smo jih prvotno predvideli.

V. Stergar:

Računanje verjetnosti pojavov slane je le eden izmed podatkov, ki tudi karakterizira klimo kraja. Je torej makroklimatski pokazalec in ima le orientacijsko vrednost. Če pa govorimo o prognozah radiacijskega tipa slane, bazirajo metode na drugih elementih. Tu je odločilna mikroklima in izpostavljenost terena. Te prognoze imajo čisto lokalno vrednost.

A. Hočevar:

Podatki osnovne mreže postaj nam lahko služijo le kot osnova, na katero moramo navezati mikroklimatsko analizo in za konkretne primere potem koristiti oboje.

Tov. Gamsa prosim, če nam pove, kako so ugotavljali cirkulacijo na Babnem polju.

I. Gams:

Pojasnil bi rad dr. Furlanu, da je ob jasnih dneh temperatura v drugi polovici popoldneva na prisojnim pobočju nižja, kot na osojnim. Torej ne gre za hitrejše ohlajevanje, ampak za temperaturno razliko, ki ostane. Morda bi si to lahko razlagali z relativno bolj suhim zrakom nad prisojnimi pogočji.

Cirkulacijo zraka smo na Babnem polju ob inverzijah določevali z gibanjem megle, ki se je pojavila, in s tremi anemometri, ki smo jih premeščali po pobočjih. Cirkulacija v vrtačah ni enotna, temveč se zaradi reliefa nekoliko spreminja od primera do primera.

S. Maksimović:

V Jugoslaviji uporabljamo pri obrambi pred točo za oceno točenostnih oblakov kriterije po ruski literaturi. Dogovorili pa smo se, da jih bomo prilagajali našim pogojem. Preteklo je že pet let, vendar se še vedno slepo držimo teh istih kriterijev, čeprav so jih že ruski strokovnjaki sami nekoliko izboljšali.

Pri delu z večjim meteorološkim radarjem se je pokazalo, da ti kriteriji ne ustrezajo. Višine 14. in 28. izoterme so namreč prenizke. Iz vseh podatkov, ki smo jih doslej zbrali, lahko s statističnimi metodami postavimo svoje kriterije. Na meteorološkem radarju v Beogradu je bilo ugotovljeno, da se mora vrh zone akumulacije dvigniti do višine -45. izoterme, da je oblak nevaren za točo. Seveda pa bi bilo potrebno ugotoviti kriterije za posamezna področja, ker se od področja do področja spreminjajo.

L. Žitnik:

Kriteriji, ki so bili navedeni v referatu, služijo le kot osnova pri delu obrambe. Ruski kriteriji veljajo za točo velikosti do 2 cm, torej le za začetek obrambe. Bistven problem, ki se pojavlja pri jugoslovanski obrambi, pa je premajhen domet raket.

G. Hrabak-Tumpa:

Zanima me, tov. Žitnik, kako ste dobili odvisnost velikosti zrna toče od višine oblakov, kako ste izmerili domet rakete in kako ste ugotovili efikasnost zmesi srebrovega jodida v raketah?

L. Žitnik:

Vse meritve so bile izvedene z radarjem na Štajerskem. Podatki o višini izoterm (0°, -14° in -28°C) so ugotovljeni s prognoziranimi radiosondažnimi elementi. Te podatke smo za obdelave korigirali na osnovi dejanskih vrednosti po kartah stratifikacije. S temi podatki in podatki o toči, ki smo jih dobili na terenu, je bila izračunana odvisnost velikosti toče od višine oblaka. Višina dometa rakete je bila izmerjena na preizkusnem poligonu na Štajerskem.

Zmesi, s katero je polnjena raketa, pri nas nismo raziskovali, ker je to nalogo prevzel Hidrometeorološki zavod Hrvatske.

V Sloveniji smo uvedli v obrambo štiricevno izstrelilno ploščad, da bi s tem dovedli v oblak potrebno količino srebrovega jodida v kar najhitrejšem času.

M. Borko:

Kmetijstvo zahteva od nas, da sodelujemo pri obrambi pred točo, naši strokovnjaki pa pri tem sodelovanju, po mojem mnenju, preveč dvomijo v uspeh obrambe. Slovenski Hidrometeorološki zavod ni prevzel celotne organizacije obrambe, ampak sodeluje le kot strokovni sodelavec. Ugotovili pa smo, da je obstojala obramba pred točo tudi pred sodelovanjem meteoroloških strokovnjakov, vendar tako primitivno, da je to dejansko pomenilo razmetavanje sredstev. Mislim, da bi moral ta simpozij zadolžiti strokovne službe, da se do prihodnje sezone prouči vprašanja, ki so bila postavljena tu. Če je stanje res takšno, kot smo slišali, mislim, da moramo jasno povedati, da s takšnimi tehničnimi sredstvi delo obrambe ni dovolj učinkovito. Mislim pa, da so poleg neustreznih raket tudi radarji za učinkovito obrambo že zastareli.

D. Furlan:

Kako vpliva v Celjski kotlini veter na proizvodnjo hmelja. Gozdarji so tu postavili protivetrno zaščito, čeprav ta kotlina nima močnih vetrov, razen morda v smeri odprtosti doline, to je v smeri vzhod-zahod. Kakšen je efekt te vetrne zaščite?

T. Wagner:

Pomen vetra pri proizvodnji hmelja je srednjega pomena. Zaščitni pasovi so postavljeni v bližini hmeljišč zaradi zahodnih vetrov. Pasovi topolovih nasadov so razmeroma mladi, a so se že pokazali ugodni rezultati pri zaščiti hmeljišč pred poškodbami. Močnejšega vetra razen ob neurjih ni. Ob takih primerih pa se lahko konstrukcija hmeljišča celo podre. Veter hmelju zmanjša kakovost s poškodbami na storžkih.

V. Stergar:

Kakšni so kriteriji za začetek namakanja hmeljišč?

T. Wagner:

Zadnjih 6 let ugotavljamo evapotranspiracijo hmelja v posameznih fazah rasti in tudi določamo, kdaj začne hmelj črpati vlago iz zaloga talne vode. S tem določimo začetek namakanja okvirno za vse področje. Seveda pa ugotavljamo na bolj občutljivih področjih - peščena tla, plitva plast zemlje - padec vlage tudi z drugimi metodami (bojukusovi bloki) in tako določimo začetek namakanja.