

# PTIČJI POGLED Z DRUGE PERSPEKTIVE

## A BIRD'S EYE VIEW FROM ANOTHER PERSPECTIVE

*Andreja Švab Lenarčič*

### 1 UVOD

Velik del širše javnosti pozna ali celo uporablja letalske posnetke Geodetske uprave RS, najpogosteje kot vizualno podlago za orientacijo v prostoru. Geodeti vemo, da so ti posnetki v resnici digitalne ortofoto podobe (DOF), torej podobe, ki so z upoštevanjem parametrov centralne projekcije podobe in modela reliefa transformirane (razpačene) v ortogonalno projekcijo podobe v izbranem koordinatnem sistemu. Izdelek je metrično enak linijskemu načrtu ali karti. Morda je manj znano, da je DOF daljinsko zaznana podoba, ki je kot takšna uporabno vrednost dobila šele po zapletenih postopkih predobdelave. Še manj splošno razširjeno je zavedanje, da imamo DOF posnet v štirih spektralnih kanalih. V razpravi je zato zelo splošno opisana večinska uporaba DOF ter manj znane lastnosti DOF, ki bi jih bilo smiselno izkoristiti pri postopkih dela na GURS.

### 2 ŽELELI SMO VIDETI KOT PTIČ

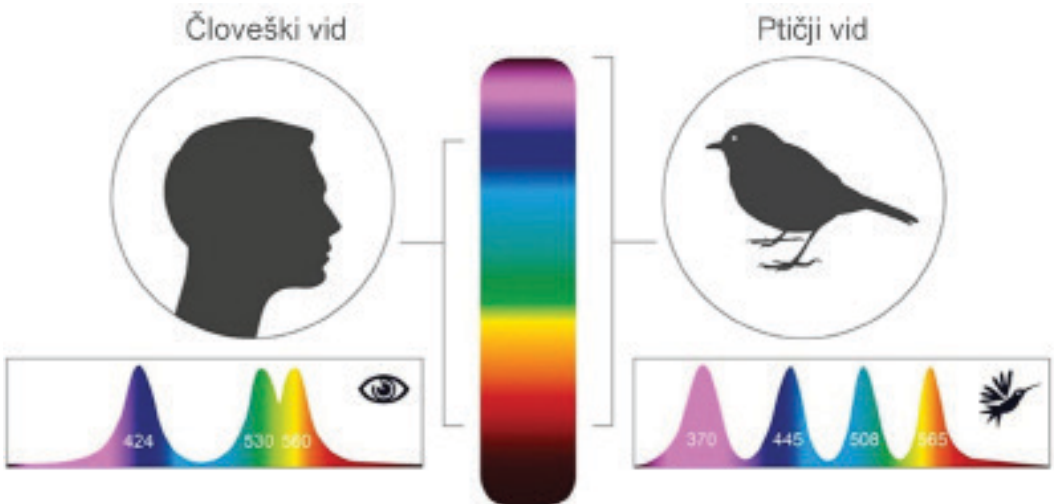
Človeka je že od nekdaj zanimalo, kako vidi ptič, medtem ko leti po zraku. Konec devetnajstega in na začetku prejšnjega stoletja smo dobili prve zračne posnetke. Prve platforme so bili baloni in zmaji, nato pa tudi golobi (slika 1 levo). Takšni posnetki res ponujajo pogled na površje Zemlje iz ptičje perspektive. Do danes so snemalne tehnike že močno napredovale. V prejšnji številki Geodetskega vestnika (Krotec, 2020) smo lahko prebrali, koliko znanja in truda je bilo vložnega v to, da so današnje podobe DOF na tako visoki kakovostni ravni. Zdi se, da celo na višji, kot jo pri delu potrebuje običajen uporabnik podob DOF. Večinoma namreč uporabljamo DOF v tako imenovanih vidnih barvah – barvah, ki jih zaznava človeško oko (slika 1 desno). Kaj pa če DOF vsebuje več kot samo te barve?



Slika 1: Levo: golob kot platforma letalskega snemanja (Imgur, 2020a); desno: DOF v barvah vidnega dela spektra (eGP, 2020).

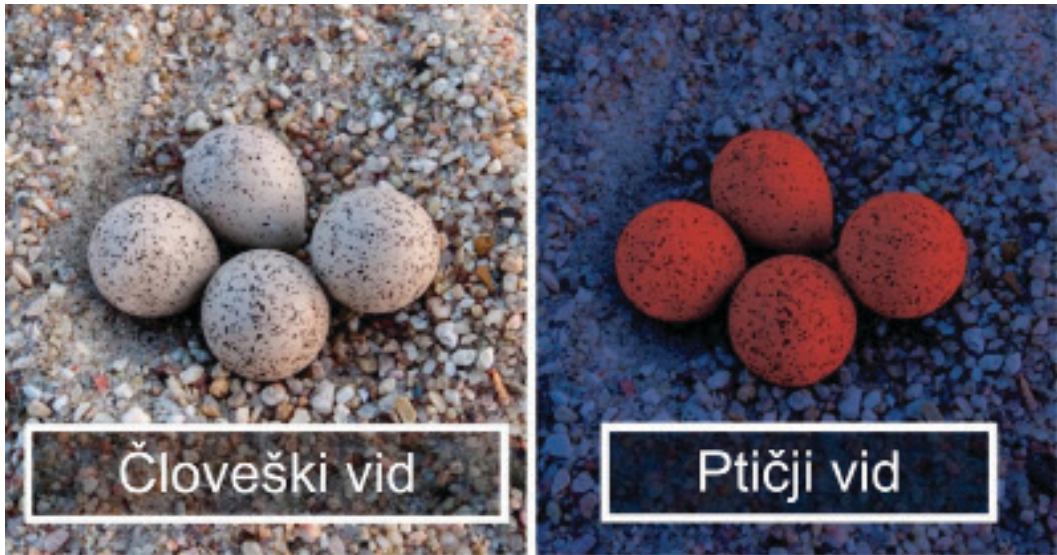
### 3 KAKO DEJANSKO VIDI PTIČ?

Uspelo nam je torej dobiti pogled iz ptičje perspektive. Ampak ali smo se vprašali, kako dejansko vidi ptič? Vidi enake dele spektra kot človek? Tudi glede tega bi bili marsikdaj veseli, če bi imeli ptičji pogled. Ptič namreč vidi v štirih barvah, v štirih jasno ločenih spektralnih kanalih. Poleg treh kanalov, ki jih vidi človek, lahko ptič zaznava predmete, ki oddajajo ultravijolično svetlobo (slika 2).



Slika 2: Grafična primerjava človeškega in ptičjega spektralnega vida. Medtem ko so ptiči tetrakromati in vidijo štiri barve: UV, modro, zeleno in rdečo, smo ljudje trikromati in svet zaznavamo v zgolj treh barvah: modri, zeleni in rdeči. Na sliki je treba upoštevati, da je UV-svetloba prikazana v »barvi« magente, da je vidna človeškim očem (Boredpanda, 2020).

Kako ptiču to koristi? Ena izmed koristi je zagotovo dobro zaznavanje lokacije izleženih jajc (slika 3). Bi lahko tudi ljudem koristil pogled v drugih delih spektra?



Slika 3: Pogled na jajca v pesku s človeškimi in ptičjimi očmi (Boredpanda, 2020).

#### 4 ALI LAHKO KAMERA PRESEŽE ČLOVEŠKI VID?

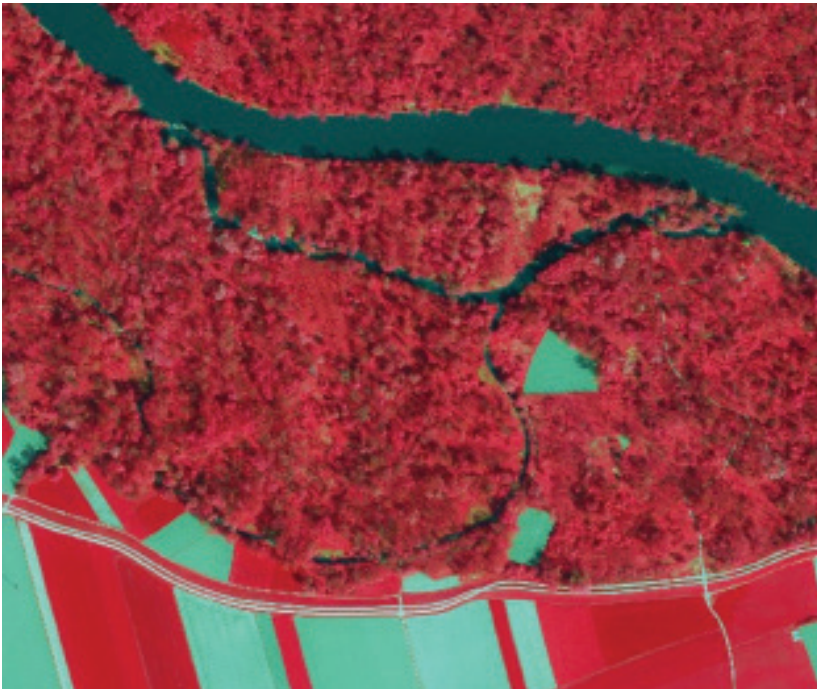
Ptič pa ni edina žival, ki vidi v več spektralnih kanalih kakor človek. Ultravijolično svetlobo pravzaprav zaznava večina vretenčarjev razen sesalcev (Davis, 2020). Po drugi strani večina hladnokrvnih živali (kače, insekti, ribe, žabe) vidi svetlobo infrardečega dela spektra. Zanimivo bi bilo videti svet skozi oči različnih živali (slika 4, zgornji del). V nasprotju s človeškimi očmi so snemalne kamere lahko »hladnokrvne«. Veliko kamer (običajno nameščenih na satelite) zajema svetlobo valovnih dolžin, ki segajo zunaj vidne svetlobe. Sateliti Sentinel-2, trenutno eni najbolj priljubljenih, snemajo v 13 spektralnih kanalih. Obstajajo seveda senzorji s še višjo spektralno ločljivostjo, vse tja do hiperspektralnih senzorjev z več kot sto spektralnimi kanali. Če pokukamo zunaj obsega optičnih kamer, se naše »oči« nadgradijo še na področje radarskega in lidarskega zaznavanja. Pa ostanimo v tej razpravi pri podobah DOF.

Zelo dobra lastnost podob DOF je, da vsebujejo tudi bližnje infrardeč kanal. Na sliki 5 je prikazan DOF v tako imenovanih lažnih barvah: bližnji infrardeči, rdeči in zeleni. Če primerjamo to sliko s sliko 1, na kateri je prikazano isto območje v tako imenovanih resničnih barvah (v barvah vidne svetlobe), lahko opazimo, da je voda, predvsem vodni kanali v gozdu, veliko bolj vidna na posnetku, ki zajema bližnjo infrardečo svetlobo.

Torej imamo celotno Slovenijo posneto tudi v infrardečem kanalu. Zdi se, da je vizualna interpretacija tega kanala težja kakor interpretacija podob v resničnih barvah. Ker so naše oči navajene vidne svetlobe, je verjetno res tako, le da v dobi strojnega učenja res ni treba uporabljati zgolj vizualne interpretacije.



Slika 4: Oči različnih živali in človeka (Imgur, 2020b) ter kamera, nameščena na letalo (Resolveoptics, 2020).



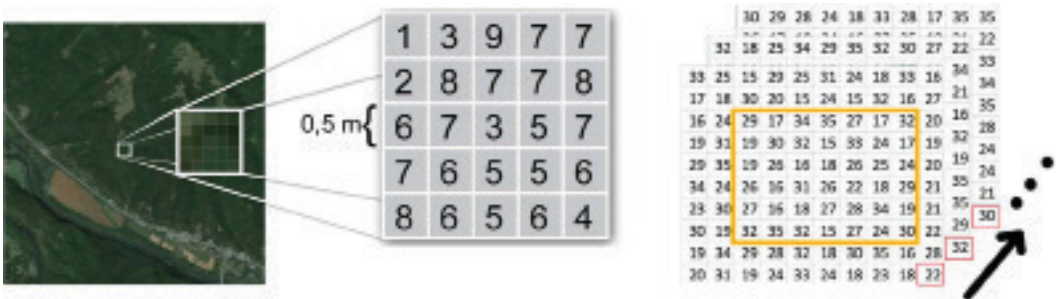
Slika 5: DOF v barvah: bližnje infrardeča, rdeča in zelena (GURS, 2020).



## 5 JE VIZUALNA INTERPRETACIJA EDINI NAČIN UPORABE DOF?

Vizualna interpretacija je najbolj intuitivna, človekovemu razumu najbližja in zelo prav je, da DOF uporabljamo kot vizualno podlago. Vendar pa se je ob tem priporočljivo zavedati, da DOF ni zgolj posnetek površja, »slika za gledanje«, temveč daljinsko zaznana podoba, ki kot takšna vsebuje veliko informacij. Oštir (2006) je termin podobe razložil kot digitalno predstavitev podatkov daljinskega zaznavanja v obliki matrike slikovnih elementov oziroma pikselov. Podoba lahko predstavlja odbojnost ali lastno sevanje površja in je – odvisno od števila kanalov – eno- ali večrazsežna. Izraz poleg tega zajema vse rezultate obdelav, od predobdelave prek izboljšanja in transformacij do klasifikacije, modeliranja in simulacij. V najširšem pomenu je podoba vsaka slika v rastrski obliki. Pojem je širši od posnetka, ki je predstavitev resničnosti, kot jo je zajel senzor.

Na sliki 6 je prikazano, da vsak piksel podobe DOF vsebuje neko numerično vrednost. Celotna podoba vsebuje toliko številčnih rastrov/matrik, kolikor je spektralnih kanalov, v primeru DOF torej štiri.

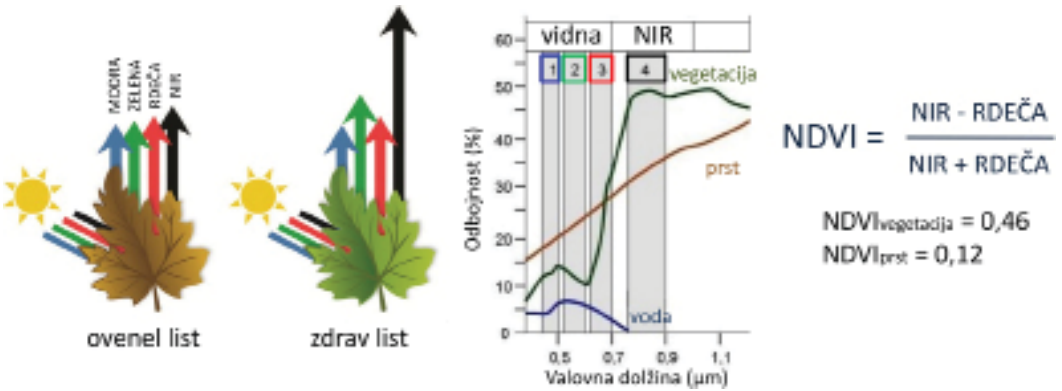


Slika 6: DOF je rastrska podoba, pri kateri vsak piksel v vsakem kanalu vsebuje neko vrednost. Vrednosti so simbolične (NEON, 2020).

Ob pogledu na vse te številke se lahko vprašamo: ja, kdo pa bo vse to računal in interpretiral? Na srečo je tehnologija digitalne interpretacije podob daljinskega zaznavanja že tako napredovala, da z uporabo logičnega razmišljanja ter različnih ukazov v ustreznih programskih orodjih hitro pridemo do koristnih rezultatov. Podobe lahko vizualno izboljšamo (kontrast, filtriranje, barvni kompoziti), izvedemo njihove različne transformacije (aritmetične operacije, vegetacijski indeksi, analiza osnovnih komponent), klasifikacijo (spektralni prostor, nenadzorovana in nadzorovana klasifikacija, ovrednotenje klasifikacije). Izdelamo lahko poligone različnih objektov in te podatke potem uporabimo pri analizah GIS. Računamo lahko statistike, zaznavamo spremembe.

Slika 7 prikazuje odbojnost različnih valovnih dolžin pri različnih predmetih na površju Zemlje. Ljudje vidimo zdrav list v zeleni barvi, saj v vidnem delu spektra odbija največ zelene. Ovenel list vidimo v rumeni, rdeči ali rjavi barvi, saj človeške oči zaznajo največ rdeče. Človeškim očem neviden je odboj bližnje infrardeče svetlobe, ki je za rastline velikega pomena. Slednje namreč za fotosintezo vpijajo svetlobo iz rdečega dela elektromagnetnega spektra in oddajajo elektromagnetno sevanje v bližnjem infrardečem delu spektra, s čimer se ohlajajo. Količino odbojnosti posamezne pokrovnosti pri različnih valovnih dolžinah običajno prikazujemo z grafom, imenovanim spektralni podpis. Različne pokrovnosti (drevesa, stavbe, prst, voda ...) so na daljinsko zaznani podobi dejansko »podpisane«. Le prepoznati moramo njihov podpis. Več kot pri snemanju uporabimo spektralnih kanalov in ožji kot so, bolj lahko različne objekte ločimo

med seboj. Eden najpogosteje uporabljenih načinov primerjave objektov je izračun različnih indeksov. Za analizo vegetacije je najbolj znan normiran diferencialni vegetacijski indeks NDVI, ki se izračunava iz odboja vidne in bližnje infrardeče svetlobe.



Slika 7: Levo: spektralni odboj različnih valovnih dolžin zdrave in nezdrave vegetacije (MIDOPT, 2020); sredina: spektralni podpis vegetacije, vode in prsti (BrainKart, 2020); desno: izračun indeksa NDVI za vegetacijo in prst glede na vrednosti spektralnega podpisa. Spektralni podpis prsti je podoben podpisu ovenelega lista. Številke na sliki odražajo realne vrednosti, ki pa so v resničnosti spremenljive v odvisnosti od lastnosti pokrovnosti.

Indeks NDVI izračunamo za vsak piksel podobe, s čimer dobimo podobo NDVI. Primer takšne podobe je prikazan na sliki 8, kjer uporabimo kombinacijo vegetacijskega indeksa NDVI ter vektorskega sloja tlorisov katastra stavb. Vegetacijski indeks za vegetacijo je zelo visok (svetle barve na sliki 8 desno), medtem ko je za poškodovano vegetacijo ali nevegetacijo (kamor štejemo tudi ceste, stavbe in golo prst) nizek (temne barve na sliki 8 desno).



Slika 8: Tlorisi katastra stavb (oranžno), prikazani na DOF v resničnih barvah (levo), ter na podobi NDVI (desno), izdelani na podlagi podobe DOF s kombinacijo rdečega in bližnjerdečega kanala. Z izračunom mediane vrednosti NDVI na območju posameznih tlorisov lahko hitro in učinkovito določimo tlorise, na katerih v resnici ni stavbe. Primer takšnega tlorisa je označen z modro puščico.

Z izračunom statističnih vrednosti pikselov na tlorisih (v tem primeru mediane) lahko hitro, učinkovito in s samodejnim postopkom določimo tlorise, pod katerimi ni stavbe. Z nekaj več truda bi lahko določili tudi območja, kjer stavbe so, vendar pa v katastru stavb nimajo svojega tlorisa.

S podobno obdelavo podatkov lahko naredimo tudi druge analize, na primer odstotek ozelenitve v mestih, določanje lokacij s spremembami (na primer včasih je bila stavba, zdaj je ni več), bolj usmerjeno lahko določimo območja bonitete, določimo lahko obliko strehe idr.

## 6 SKLEP

Cilj te razprave je podati poljudno predstavitev in povečati zavedanje, kaj DOF dejansko je in kaj vse omogoča. Ni zgolj lepo ozadje, temveč skupek matrik, ki kar kličejo po avtomatiziranih preračunavanjih in drugih obdelavah za najrazličnejše potrebe. Z malce prilagoditev lahko uporabimo večino algoritmov, namenjenih analizi in interpretaciji optičnih satelitskih podob. Pri tem gre omeniti, da je v primerjavi s slednjimi DOF vrhunska daljinsko zaznana podoba: zelo visoka prostorska ločljivost, primerna spektralna ločljivost, pokritost ozemlja celotne države, zajeta v enakih in kar najbolj ustreznih razmerah (brezoblačno, čim manj senc, čim manj bujna vegetacija) idr. Zato bi morali DOF izkoristiti, kolikor je le mogoče. Ideje na plano, zagotovo jih ne manjka pri nobenem od uporabnikov. Za tehnološko izvedbo z analitičnimi orodji za obdelavo in interpretacijo podatkov daljinskega zaznavanja pa bodo znale poskrbeti znanstvene institucije, ki sodelujejo z geodetsko službo.

## Literatura in viri:

- Boredpanda (2020). This is how birds see the world as compared to humans and it's pretty amazing. [https://www.boredpanda.com/human-vs-bird-vision/?utm\\_source=google&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=organic](https://www.boredpanda.com/human-vs-bird-vision/?utm_source=google&utm_medium=organic&utm_campaign=organic), pridobljeno 20. 8. 2020.
- BrainKart (2020). Spectral signature concepts – typical spectral reflectance characteristics of water, vegetation and soil. [https://www.brainkart.com/article/Spectral-Signature-Concepts-Typical-Spectral-Reflectance-Characteristics-Of-Water,-Vegetation-And-Soil\\_4470/](https://www.brainkart.com/article/Spectral-Signature-Concepts-Typical-Spectral-Reflectance-Characteristics-Of-Water,-Vegetation-And-Soil_4470/), pridobljeno 20. 8. 2020.
- Davis, R. (2020). Why can't humans see ultraviolet light? Quora. <https://www.quora.com/Why-cant-humans-see-ultraviolet-light>, pridobljeno 20. 8. 2020.
- eGP (2020). Portal prostor. e-Geodetski podatki. Geodetska uprava Republike Slovenije, <https://egp.gu.gov.si/egp/>, pridobljeno 15. 8. 2020.
- GURS (2020). Podatki IR DOF. Dobljeno po pošti dne 21. 2. 2020.
- Imgur (2020a). Pigeon selfie circa 1910. <https://imgur.com/3CNgIuh>, pridobljeno 15. 8. 2020.
- Imgur (2020b). A collection of amazing-looking eyes from 15 different animals. <https://imgur.com/gallery/S8e0jkh>, pridobljeno 15. 8. 2020.
- Krotec, B. (2020). 50-letnica ustanovitve in pričetka dejavnosti lastne aerosnemalne službe v Sloveniji. Geodetski vestnik, 64 (2), 257–264. [http://www.geodetski-vestnik.com/64/2/gv64-2\\_krotec.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/64/2/gv64-2_krotec.pdf), pridobljeno 20. 8. 2020.
- MIDOPT (2020). Healthy crop. <https://midopt.com/healthy-crop/>, pridobljeno 20. 8. 2020.
- NEON, National Ecological Observatory Network (2020). Raster 00: Intro to raster data in R. <https://www.neonscience.org/dc-raster-data-r>, pridobljeno 10. 8. 2020.
- Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Ljubljana: Založba ZRC. <https://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/9616568728.pdf>, pridobljeno 10. 10. 2006.
- Resolveoptics (2020). Aerial surveillance camera 600-2. <https://www.resolveoptics.com/2017/12/aerial-surveillance-camera/aerial-surveillance-camera-600-2/>, pridobljeno 15. 8. 2020.

**dr. Andreja Švab Lenarčič, univ. dipl. inž. geod.**

Območna geodetska uprava Murska Sobota  
Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota  
e-naslov: [andreja.svab-lenarcic@gov.si](mailto:andreja.svab-lenarcic@gov.si)