

AVTOMATIZACIJA REGISTRACIJE STAVB »NA KVADRAT« ... AUTOMATIZATION OF BUILDING REGISTRATION "SQUARED" ...

Joc Triglav

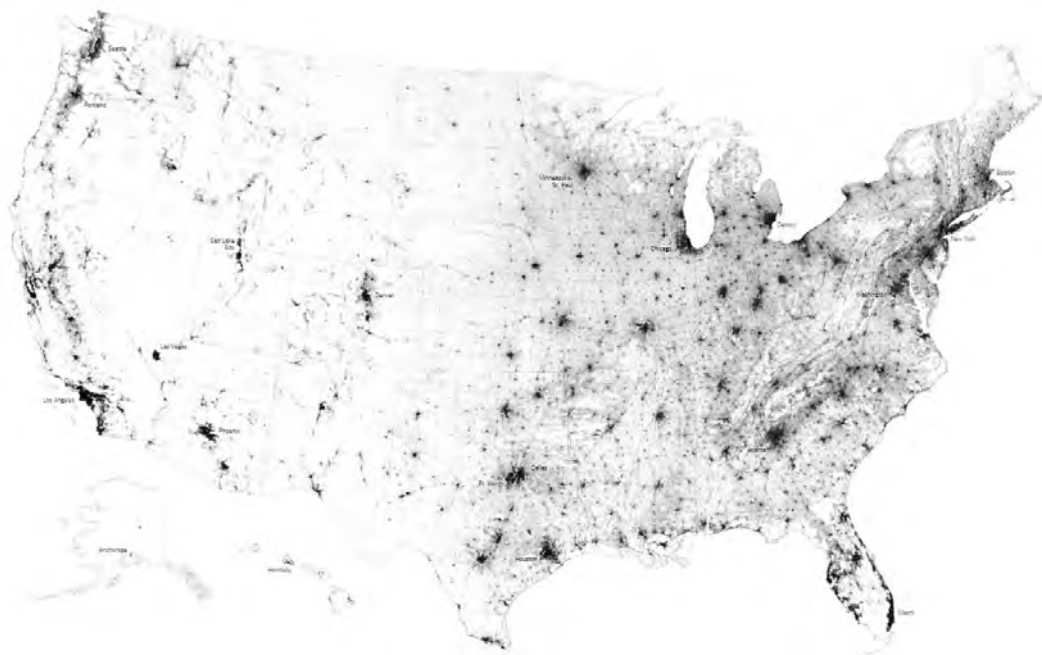
1 UVOD

Dne 28. junija letos so iz Microsofta sporočili, da so v njihovem podjetju Bing Maps na podlagi obsežnih vlaganj v tehnike globokega učenja (angl. *deep learning* – DL), računalniškega vida (angl. *computer vision* – CV) in umetne inteligence (angl. *artificial intelligence* – AI) vzpostavili okolje za avtomatizirano podporo različnim iskalnim, izbirnim in razločevalnim postopkom. Njihovi strokovnjaki za računalniški vid med drugim uporabljajo te tehnike in orodja za povečanje pokritosti digitalnih kart z obrisi tlorisov stavb za odprtokodno spletno kartografsko aplikacijo OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org/>). Tako so konec junija letos v skupnosti OpenStreetMap izdali obrise tlorisov v formatu GeoJSON za kar 125.192.184 stavb (ja, prav ste prebrali: 125 milijonov!) v vseh zveznih državah ZDA (z le minimalno pokritostjo Aljaske). Za primerjavo: OpenStreetMap je imel pred tem v svoji bazi za ZDA »le« dobrih 30 milijonov stavb.

2 ORODJARNA COGNITIVE TOOLKIT

Pri izdelavi obrisov tlorisov stavb so se oprli na odprtokodno poenoteno spoznavno orodjarno Cognitive Toolkit, prej znano pod imenom CNTK Unified Toolkit (<https://github.com/Microsoft/CNTK> in <https://www.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>). Za zaznavanje in razvrščanje obrisov tlorisov so uporabili globoke nevronske mreže (angl. *deep neural networks* – DNN) in ResNet34 (<https://github.com/Microsoft/CNTK/blob/master/PretrainedModels/Image.md#resnet>), prednaučeni slikovni model (angl. *CNTK pre-trained image models*) z metodologijo RefineNet (<https://arxiv.org/pdf/1611.06612.pdf>).

Če strnemo zgornje informacije, bi lahko rekli takole: računalniški inženirji pri Bing Maps so v prvem koraku z ogromnim številom ponavljanj in primerjav naučili nevronske mrežo analizirati in pomensko razločevati vsebino posnetkov daljinskega zaznavanja ter jih v drugem koraku z zbirko pravil naučili še matematike in geometrije za izrisovanje obrisov tlorisov stavb po vsej državi. Rezultat obdelave so torej poligoni stavb za celotne ZDA, kot jih vidimo na spodnji sliki (slika 1).



Slika 1: Globalni prikaz zajetih 125 milijonov obrisov tlorisov stavb v ZDA (vir za zajem slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints/>).

3 POMENSKO RAZLOČEVANJE STAVB

Učni nabor vzorčnih slik, ki so ga uporabili za prednaučeni slikovni model, vsebuje približno pet milijonov poimenovanih slikovnih vzorcev z urbanih območij in različnih drugih območij, kot so hribovja, ledeniki, gozdovi, puščave, plaže, obale itd. Slike so velikosti 256×256 pikselov z ločljivostjo 1 čevlj/1 piksel. Kot smo že omenili, so v prvem koraku izvedli pomensko razločevanje, pri katerem so s tehniko primerjalnih napovedi odbrali in označili skupine pikselov, ki predstavljajo tlorise stavb (slika 2).

Prva faza – pomensko razločevanje



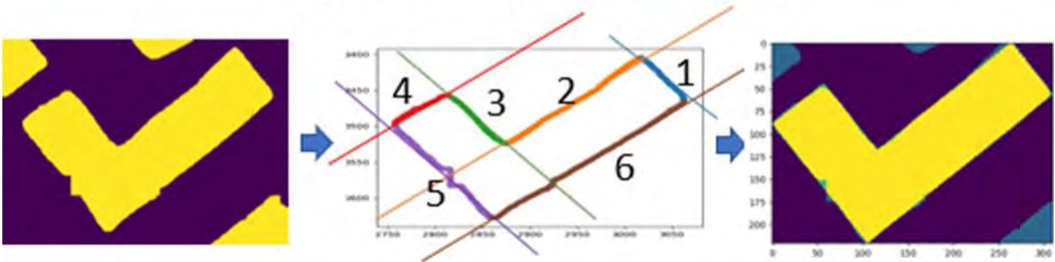
Slika 2: Prva stopnja – pomensko razločevanje slikovnih vsebin z globokimi nevronskimi mrežami (DNN) in prednaučenim slikovnim modelom ResNet34 (vir slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints/>).

4 POLIGONIZACIJA STAVB

Nato so iz »napovedanih« stavb izločili smeti in sumljive rezultate (angl. *false positives*) ter uporabili algoritem za poligonizacijo, s katerim so določili robove tlorisov stavb in lomne kote stavbnih likov, da so v skladu z vgrajenimi pravili izrisali pravilne obrise tlorisov stavb. Metoda poligonizacije (slika 3) ima vgrajenih nekaj prednastavljenih pravil in omejitev, na primer:

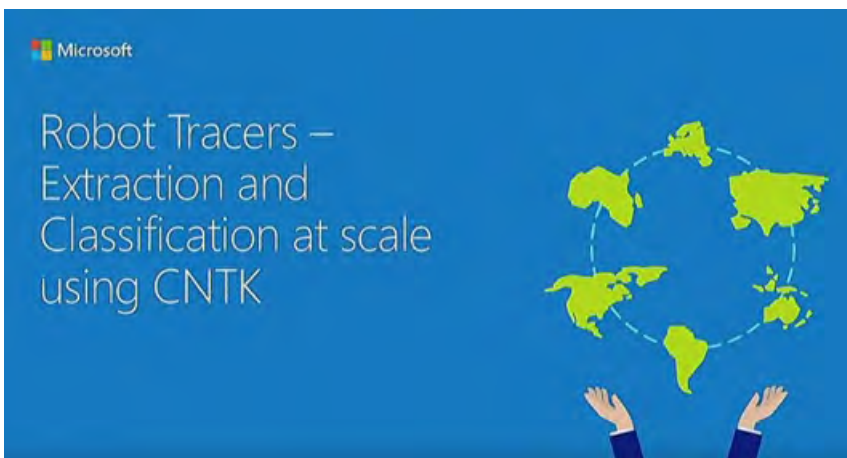
- stranice stavb morajo biti dolge vsaj 3 metre;
- najverjetnejši koti v vogalih stavb so 90 stopinj;
- zaporedni koti stavb ne smejo biti preostri, na primer manjši od 30 stopinj;
- stavbi se določi zasok glede na azimut prevladujočih stranic, druge stranice stavbe s prevladujočo stranico praviloma tvorijo kote $\pm n\pi/2$.

Druga faza - poligonizacija



Slika 3: Druga stopnja – poligonizacija, s katero se določi praviloma pravokotni obris tlorisov stavb (vir slike: <https://github.com/Microsoft/USBuildingFootprints>).

Opisani postopek je bil podrobneje predstavljen na letni konferenci odprtokodnih rešitev International State of the Map konec julija letos v Milanu v Italiji (video <https://www.youtube.com/watch?v=q602O9VGy3A>, od 2.32 do 2.57, avtor Nikola Trifunović, nitrif@microsoft.com).



Slika 4: Predstavitve samodejnega izrisovanja in razvrščanja obrisov tlorisov stavb iz slik daljnega zaznavanja z digitalnim sledenjem in uporabo spoznavnih orodij tehnologije CNTK je bila ena od tem, predstavljenih na letni konferenci odprtokodnih rešitev International State of the Map julija letos v Milanu v Italiji (vir slike: <https://2018.stateofthemap.org/>).

Stavbe opisanega samodejnega zajema si lahko prosto ogledujemo na spletnem portalu ArcGIS (slika 5) podjetja ESRI, na spletni strani z naslovom Microsoft Building Footprints – Tiles.



Slika 5: Zajete stavbe za ZDA so prosto dostopne v spletnem vpogledu orodja ArcGIS – na sliki je prikazano območje Beverly Hills v Los Angelesu v Kaliforniji (vir slike: <https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?layers=f40326b0de-a54330ae39584012807126>).

5 PRESKOK V SLOVENIJO

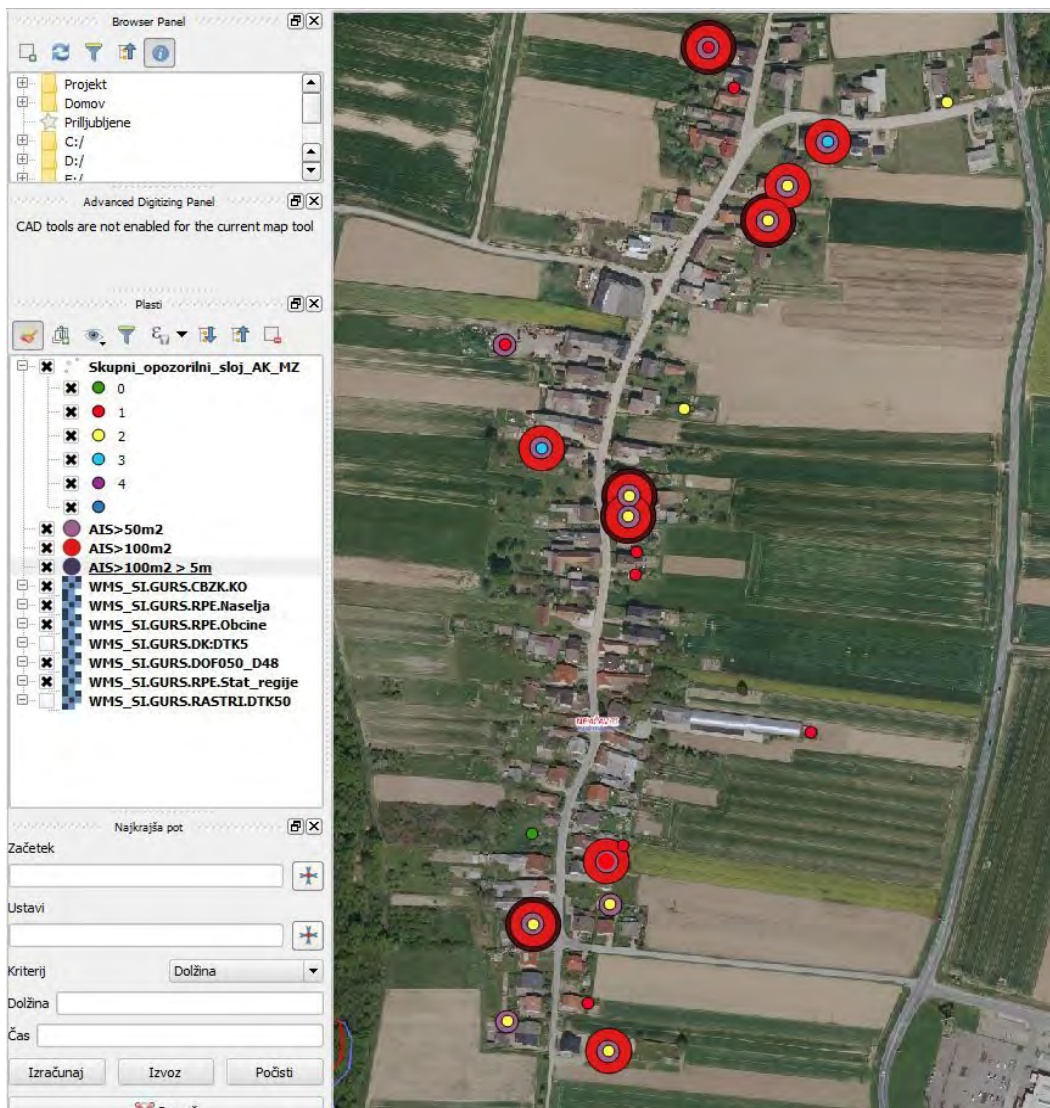
Kot je razvidno iz uvodnih odstavkov tega članka, so opisane aplikacije in rešitve odprtokodne in brezplačno dostopne na portalu Github, na povezavi <https://github.com/Microsoft/CNTK>, in pri Microsoftu, na povezavi <https://www.microsoft.com/en-us/cognitive-toolkit/>. Pri Microsoftu in Bing Maps so se torej učili in naučili, kako samodejno iz satelitskih slik »naloviti«
obrise tlorisov stavb ter to znanje in tehnologijo brezplačno dali vsem na razpolago, vključno z vsemi podatki. Mi v Sloveniji to znanje in tehnologijo lahko vsaj poskusimo uporabiti pri projektu ciklične samodejne identifikacije stavb (AIS), ki še niso v geodetskih evidencah, in rezultate javno objaviti v posebnem sloju na spletnih portalih geodetske uprave, kot sta Preg in Javni vpogled v podatke o nepremičninah. Znanja za to je na naši geodetski fakulteti in Geodetskem inštitutu dovolj, zagnanih strokovnjakov za take naloge pa tudi.

Nekaj razlogov, ki govorijo v prid temu:

1. Imamo državni ortofoto odlične in kontrolirane enotne kakovosti, s slikovnimi elementi – pikslji ločljivosti 0,25 m. Opisana tehnologija je optimizirana na ločljivost 1 čevelj / 1 piksel, to je 0,30 m na piksel. Naši ortofoti so časovno kontrolirano izdelani. Nabor satelitskih posnetkov Bing Maps pa je različne prostorske ločljivosti in iz različnih časovnih obdobj. Z uporabo opisane tehnologije bodo rezultati praviloma boljši ali vsaj enaki opisanim.
2. Po izkušnjah strokovnjakov Bing Maps so rezultati zajema obrisov tlorisov stavb dovolj kakovostni za široko praktično uporabo v različne namene. Če komu od naših uporabnikov ali lastnikom po-

sameznih stavb dobljeni obris tlorisa ne bo všeč, mu bomo mirno lahko rekli, da »se podarjenemu konju ne gleda v zobe«, in ga napotili, naj svojo zakonsko obveznost evidentiranja izpolni tako, da si stavbo na lastne stroške evidentira na običajen posamični način s terenskimi geodetskimi meritvami.

3. V Sloveniji imamo geodeti kakovostne višinske podatke stavb na podlagi lidarskih snemanj, vsaj za stavbe, ki so že stale leta 2015. Kombinacija lidarskih podatkov o višini stavbe in obrisa tlorisa stavbe nas v teh primerih lahko avtomatizirano pripelje do enostavnih 3D-primitivnih oblik stavb. Potem si bomo pri delu lahko pomagali še s čisto drugačnimi prikazi, kot jih lahko uporabljamo zdaj (slika 6).



Slika 6: Primer prikaza podatkov obstoječe samodejne identifikacije neevidentiranih stavb AIS2017 po kategorijah: 1 – nove stavbe, 2 – spremenjene stavbe, 3 – porušene stavbe in 4 – stavbe samo s centroidom. Dodatno so s povečanimi krogi označene stavbe, večje od 50 m², večje od 100 m² in višje od 5 m (vir podatkov: GURS).

4. Delo na področju evidentiranja doslej neevidentiranih stavb v začetni položajni in vsebinski kakovosti, ki bi povsem zadoščala za namene množičnega vrednotenja nepremičnin, bi lahko zastavili popolnoma avtomatizirano in temu prilagodili določila novega Zakona o katastru nepremičnin. Na primer:
- za vsako stavbo AIS z atributom SPREM = 1, 2 se v okviru AIS izdelata samodejni obod tlorisa = obrisa stavbe za začasno informativno evidentiranje obrisa tlorisa stavbe v KS/REN;
 - za vsako novo stavbo (atribut SPREM = 1) se že v postopku AIS samodejno določijo identifikatorji številke stavb za vpis v minimalni zajem KS;
 - za stavbe AIS z atributom SPREM = 1 – nova stavba in SPREM = 2 – spremenjena stavba se samodejno določi faktor višine FV (npr. $FV = INT(H / 3)$, FV pomeni število etaž) in nato na podlagi podatka o površini tlorisa stavbe PT in faktorja višine stavbe FV samodejno določi tudi okvirna površina dejanske rabe za minimalni vpis v REN po formuli $FV \times PT \times 0,9$ – na primer, če sta višina stavbe 7,2 m in tlorisna površina 100 m²: $FV = 7,2 / 3 = 2$ (zaokroženo), $PT = 100 \text{ m}^2 \rightarrow$ površina dejanske rabe je $100 \text{ m}^2 \times 2 \times 0,9 = 180 \text{ m}^2$; ta površina se samodejno vpiše v minimalni zajem KS; če ni podatka o višini stavbe, se za FV privzame vrednost 1;
 - k vsaki stavbi (za attribute SPREM = 1, 2, 3, 4) se v tabelo samodejno zapiše tudi pripadajoča parcela in k. o. iz katastra (v prihodnje pa tudi šifra poligona stavbnega zemljišča iz ESZ – evidence stavbnih zemljišč);
 - podatki AIS se samodejno razdelijo na kategoriji A in B, tj. A – tlorisno velike in B – tlorisno majhne stavbe (mejo med kategorijama A in B izkusveno določi GURS, na primer mejna vrednost med kategorijama je površina tlorisa 50 m²);
 - v postopku AIS se samodejno prednatisnejo obrazci REN za vse stavbe z atributom SPREM=1, 2 (za obe kategoriji A – tlorisno velike in B – tlorisno majhne stavbe) → obrazci se samodejno centralno razpošljejo v dopolnitev lastnikom stavbam pripadajočih parcel;
 - v postopku AIS se samodejno natisnejo pozivi k evidentiranju za vse stavbe z atributom SPREM = 1, 2 (v prvi fazi za kategorijo A – tlorisno velike stavbe in v drugi fazi za kategorijo B – tlorisno majhne stavbe) → pozivi se samodejno centralno razpošljejo lastnikom parcel, časovni razpored in intervali razpošiljanja se določijo glede na količine stavb na območjih posameznih OGU/GP in zmogljivosti posameznih OGU/GP.
5. Na območnih geodetskih upravah kritično primanjkuje ljudi, zahtevnih del in vsebinsko zapletenih nalog je vse več, kar maksimalno avtomatizacijo zgoraj opisanih množičnih opravil več kot upravičuje.

6 ZA KONEC

Za konec pa za presenečenje še ponazoritev »sožitja« geolociranih posnetkov Google StreetView s podatki grafike mej zemljiškega katastra na primeru iz vasi Bratonci v Prekmurju. Grafika katastra je prenesena v Google StreetView z zapisom grafike v .kml-format in potem uvozom .kml-datoteke katastra v Google-Earth. Ujemanje obeh grafičnih vsebin je tako presenetljivo dobro, da geodetsko dušo spravi v dobro voljo. Seveda pa se kombinacija ne »posreči« vedno tako dobro.



Slika 7: Združeni prikaz Google StreetView in grafike zemljiškega katastra. Katastrske meje so na sliki vidne kot tanke bele črte na tleh ob ograjah (vir slike: posnetek StreetView in podatki katastra GURS).

Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
Območna geodetska uprava Murska Sobota
Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si