

Matjaž IVAČIČ
Andrej BEDEN
Manca POVŠIN
Eva IVAČIČ
Zala PETERNEL

Urbana prenova Kaira s pomočjo geoinformacijskih in satelitskih tehnologij

Egipt, država z bogato preteklostjo in ambiciozno prihodnostjo, se sooča s hitro urbanizacijo, ki na širšem območju Kaira povzroča težave, kot so prenaseljenost, prometni zastoji, degradirana območja, nezakonita gradnja in pomanjkanje infrastrukture. GeoCodis je med letoma 2022 in 2023 sodeloval v participativnem infrastrukturnem projektu, ki je prispeval k trajnostnemu razvoju širšega območja Kaira. V sodelovanju s partnerji je podjetje razvilo informacijski sistem za spremljanje stanja mestnih območij, ki oblastem pomaga pri sprejemanju ukrepov za obnovo. Spletna aplikacija UrbanGis omogoča izračun kazalnikov za prepoznavanje območij urbanega razvoja, kot

so območja dodane vrednosti, neizkoriščenega potenciala, urbane- ga širjenja in degradirana območja. Kazalniki so bili pridobljeni s pomočjo različnih virov podatkov in tehnologij, pri čemer izstopa uporaba satelitskih posnetkov in umetne inteligence za zaznavanje in spremljanje degradiranih območij.

Ključne besede: Kairo, urbana prenova, daljinsko zaznavanje, umetna inteligenca, trajnostni razvoj

1 Uvod

Egipt, država z bogato preteklostjo in ambiciozno prihodnostjo, se spopada s hitro in nenadzorovano urbanizacijo. Širše območje Kaira se kot ena večjih urbanih aglomeracij na svetu sooča z izzivi kvalitetnega bivanja in trajnosti mesta. Največji problemi so prenaseljenost mesta, prometni kolapsi, degradirana območja, gradnja brez gradbenih dovoljenj in pomanjkanje ustrezne infrastrukture, kar povzroča velike socioekonomske razlike med prebivalci.

Podjetje GeoCodis je med letoma 2022 in 2023 skupaj z več mednarodnimi partnerji sodelovalo v participativnem infrastrukturnem projektu (PIP), namen katerega je bil prispevati k boljšemu in trajnostnemu razvoju širšega območja Kaira. Podatek projekta je bil na izgradnji preglednega informacijskega sistema, ki s pomočjo sodobnih tehnologij zagotavlja pregled nad stanjem različnih območij v mestu ter služi kot podlaga za odločitve pri izvajanju potrebnih ukrepov za prenovu in razvoj trenutno degradiranih območij. V sklopu projekta je

podjetje GeoCodis razvilo posebno programsko opremo *UrbanGis Location Finder*, krajše UrbanGis, ki v obliki spletne aplikacije pristojnim oblastem omogoča preprost izračun in prikaz kazalnikov, ki so ključni za razumevanje stanja prostora in za razvoj širšega območja Kaira.

2 Participativni infrastrukturni projekt (PIP)

GeoCodis in podjetje GFA Consulting Group iz Hamburga sta oblikovala konzorcij, ki je sodeloval s temi egiptovskimi organizacijami: sklad za urbani razvoj mest (ang. *Urban Development Fund*, v nadaljevanju: UDF), ministrstvo za stanovanjska vprašanja, enota za prostorsko planiranje (ang. *Ministry of Housing, General Organization for Physical Planning* – GOPP) in organizacija za urbano nadgradnjo mest (ang. *Urban Upgrading Units* – UUU). Projekt je bil del večjega participativnega



Slika 1: Območja dodane vrednosti in posebnega pomena (foto: Andrej Beden, 2023)

infrastrukturnega projekta (v nadaljevanju: PIP), ki sta ga izvajala Nemška družba za mednarodno sodelovanje (nem. *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* – GIZ) ter egiptovsko ministrstvo za stanovanjska vprašanja, upravo in mestne skupnosti (ang. *Ministry of Housing, Utilities, and Urban Communities* – MoHUUC). PIP je finančno podpiralo nemško zvezno ministrstvo za gospodarsko sodelovanje in razvoj (ang. *Federal Ministry for Economic Cooperation and Development*) v sodelovanju z Evropsko unijo in lokalnimi partnerji. Glavni cilj projekta je bil prispevek k lokalnemu socioekonomskemu razvoju v neformalnih območjih Kaira (ang. *Great Cairo Region* – GCR) z izboljšanjem zagotavljanja osnovnih storitev (Nemška družba za mednarodno sodelovanje, 2017). GeoCdis je v sklopu tega projekta razvil uporabniku prijazen geoinformacijski sistem za določitev različnih kategorij območij urbanega razvoja.

3 Modul za iskanje območij urbanega razvoja v Egiptu

Gis location finder module for urban upgrading areas in Egypt ali na kratko UrbanGis je modul za iskanje in prepoznavanje območij urbanega razvoja v Egiptu. UDF je v sodelovanju z organizacijo UN-Habitat (Program Združenih narodov za

naselja, ang. *United Nations Human Settlements Programme*) razvil metodologijo za kategorizacijo različnih vrst neizkoriščenih območij in določil strateške usmeritve za vsako kategorijo urbanega razvoja ali prenove (ang. *Urban Development and Upgrading Areas* – UDU). Končna kategorizacija *Vodnika za klasifikacijo območij urbanega razvoja in prenove* (ang. *Guide for the classification of urban development areas and policies of dealing with them*) (UN-Habitat, 2022) opredeljuje štiri kategorije območij urbanega razvoja:

1. območja dodane vrednosti in posebnega pomena,
2. območja neizkoriščenega potenciala,
3. območja urbanega širjenja,
4. degradirana območja.

Vsaka od štirih kategorij območij urbanega razvoja se določi s pomočjo kazalnikov, ki so prav tako opredeljeni v *Vodniku za klasifikacijo območij urbanega razvoja in prenove*. Kazalniki predstavljajo podobmočja, prisotnost katerih nakazuje eno izmed obravnavanih območij urbanega razvoja. Kazalniki so bili izračunani na podlagi različnih podatkov in s pomočjo različnih tehnologij. Velik del podatkov je bil pridobljen na podlagi odprtokodnih licenc in iz evidenc lokalnih oblasti. Zaradi hitrega in nenačrtovanega razvoja Kaira so bili ti podatki in predhodne analize v številnih primerih pomanjkljivi in neažurni. Te pomanjkljivosti smo poskušali nadomestiti z



Slika 2: Območje neizkoriščenega potenciala (foto: Andrej Beden, 2023)

uporabo različnih GIS-orodij, podatkov daljinskega zaznavanja, umetne inteligence (strojnega učenja) in drugih visokotehnoloških rešitev.

3.1 Območja dodane vrednosti in posebnega pomena

Območja dodane vrednosti in posebnega pomena so območja, ki jih odlikuje visoka ekonomska vrednost ali vključujejo lokacije posebnega pomena, ki izražajo kulturno ali naravno dediščino kraja. Ta območja lahko vključujejo zgodovinske, estetske ali kulturno pomembne značilnosti, lahko so znotraj ali zunaj primarnega mestnega območja.

Kazalniki, ki opredeljujejo območja dodane vrednosti in posebnega pomena, so:

- območja dediščine in arheološka območja;
- mestna središča, mestne vpadnice;
- območja ob vodnih površinah;
- območja z urbanistično gospodarsko vrednostjo, ki izkoriščajo strateške lokacije, kot so mestna središča ali ključna cestna križišča, kar jim omogoča ekonomske privilegije.

3.2 Območja neizkoriščenega potenciala

Območja neizkoriščenega potenciala so opredeljena kot zemljišča ali zgradbe, ki so prenehale opravljati svoje funkcije ter so s tem izgubile gospodarske in družbene koristi. Prav

tako lahko vključujejo območja, uporaba katerih ni primerna za gospodarsko, funkcionalno, okoljsko ali urbano vrednost lokacije in negativno vpliva na okolico.

Kazalniki, ki opredeljujejo območja neizkoriščenega potenciala, so:

- območja nezdružljive uporabe z okolico;
- opuščena ali skoraj opuščena območja;
- problematična območja, ki se soočajo s težavami in izzivi, pri čemer dejanska raba območja predstavlja vir onesnaženja ali izgubo ekonomske vrednosti zemljišča.

3.3 Območja urbanega širjenja

Kazalniki, ki opredeljujejo območja urbanega širjenja, so:

- širitev na kmetijska zemljišča,
- širitev v puščavska zaledja,
- prazna zemljišča znotraj urbane aglomeracije.

Vsa našeta območja so namenjena zadovoljevanju trenutnih in prihodnjih potreb mestnega prebivalstva po storitvenih dejavnostih, stanovanjih in infrastrukturi.

3.4 Degradirana območja

Kazalniki, ki opredeljujejo degradirana območja, so:

1. Območja nenačrtovanih gradenj z okrnjenim dostopom



Slika 3: Območje urbanega širjenja v puščavska zaledja (foto: Andrej Beden, 2023)



Slika 4: Območje neformalne gradnje (foto: Andrej Beden, 2023)

- do storitev, ki so bila zgrajena v nasprotju z zakoni in predpisi urbanističnega načrtovanja, ki jih določa odobren strateški načrt mesta, in niso primerna za bivanje.
2. Urbana območja, ki propadajo, so bila zgrajena s strani državnih organov ali zasebnikov z ustreznimi dovoljenji, vendar zaradi slabega vzdrževanja propadajo.
3. Območja, na katerih potekajo neformalne dejavnosti, ki so brez ustrezne infrastrukture in hkrati niso pod nad-

zorom uradnih organov.

4. Nevarna območja, ki ogrožajo prebivalce in dejavnosti.
5. Območja, ki se soočajo z različnimi nevarnostmi in izzivi, kot so kriminal, zloraba drog in socialne nevarnosti (območja z visoko stopnjo nepismenosti, brezposelnosti, revščine in prenaseljenosti).

Preglednica 1: Pregled območij urbanega razvoja s kazalniki

Območja urbanega razvoja	Območja dodane vrednosti in posebnega pomena	Območja neizkoriščenega potenciala	Območja urbanega širjenja	Degradirana območja
	dediščina in arheološka nahajališča	nezdružljiva raba	urbano širjenje na kmetijska zemljišča	območja neformalne gradnje
	mestna središča	zapuščena območja	urbano širjenje v zaledje puščav	urbana območja v propadu
kazalniki	mestne vpadnice	problematična območja	prazna zemljišča znotraj urbane aglomeracije	območja neformalnih dejavnosti
	obrežja			nevarna območja
	območja urbane gospodarske vrednosti			območja socialnih in varnostnih izzivov

Vir: UN-Habitat, 2022

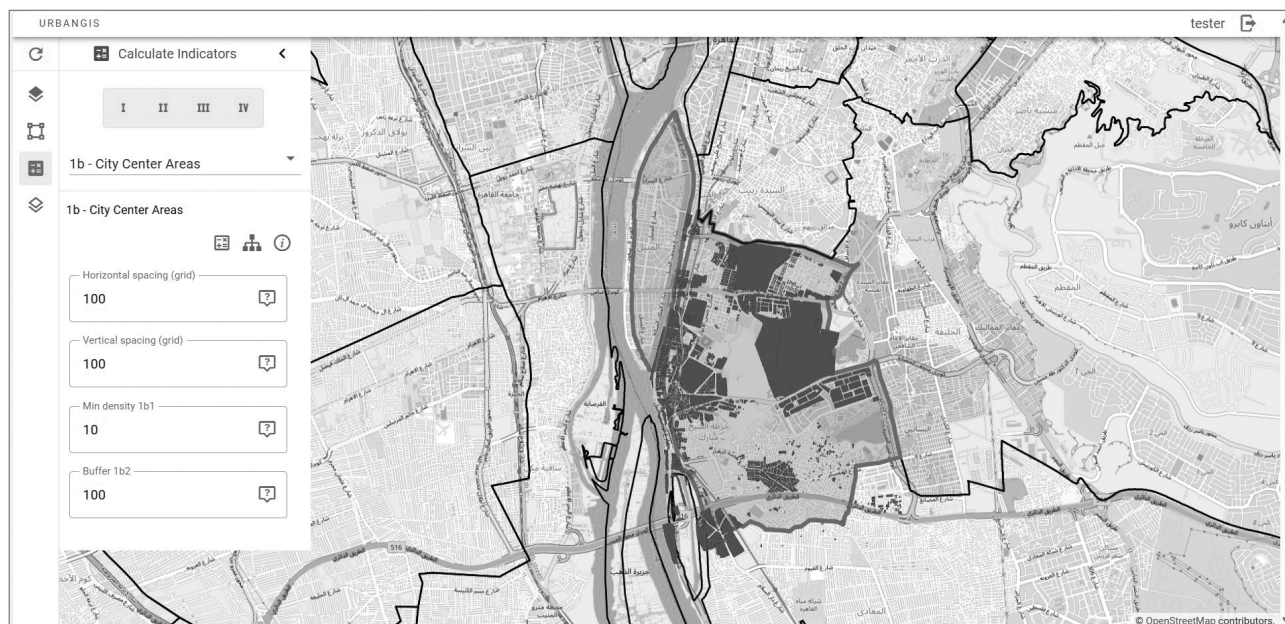
**Slika 5:** Spletna aplikacija UrbanGis – posnetek zaslona (vir: GeoCdis, 2024)

3.5 Uporaba aplikacije UrbanGis

Spletna aplikacija UrbanGis je geoinformacijski sistem, ki uporabnikom omogoča iskanje območij, preprost izračun in vizualizacijo kazalnikov. Rezultati se lahko združujejo v sklope in izvozijo v različne formate in koordinatne sisteme za nadaljnjo uporabo v drugih analitičnih orodjih, kot sta ArcGIS in QGIS.

Glavne funkcije uporabniškega vmesnika spletne aplikacije so izbira osnovne karte, interesno območje, računanje kazalnikov in prikaz rezultatov. Za osnovno karto sta na voljo Open Street Map (OSM) in Google satelit, ki se jima lahko doda

tudi topografska karta z možnostjo prilagajanja prosojnosti. Uporabnik lahko interesno območje določi sam ali pa ga izbere z že vnaprej določenega seznama območij širšega Kaira. Kazalnikom je za izračun mogoče prilagoditi vplivno območje in druge parametre. Aplikacija omogoča izvoz dokumentacije z diagrami poteka izračuna. Za prikaz rezultatov lahko uporabnik izbere poljubno barvo in prosojnost, preveri metapodatke ter izbrane kazalnike prenese v različnih projekcijah in formatih (GeoCdis, 2022). Tehnično osebje v Kairu je bilo ustrezno usposobljeno, da lahko v celoti upravlja in uporablja spletno aplikacijo.



Slika 6: Prikaz rezultatov kazalnikov v aplikaciji UrbanGis – posnetek zaslona (vir: GeoCodis, 2024)



Slika 7: Polavtomatsko določeni vzorci neformalne gradnje na satelitskem posnetku – posnetek zaslona (vir: GeoCodis, 2023)



Slika 8: Rezultat zaznave neformalne gradnje z uporabo umetne inteligence v aplikaciji UrbanGis – posnetek zaslona (vir: GeoCodis, 2023)

4 Zaznavanje neformalne gradnje s pomočjo umetne inteligence

Podjetje GeoCodis je v sodelovanju z Evropsko vesoljsko agencijo (ang. *European Space Agency* – ESA) že pred leti razvilo algoritem za avtomatsko zaznavanje ruralnih naselij v Afriki na podlagi optičnih satelitskih posnetkov Copernicus Sentinel 2. Za odkrivanje neformalnih gradenj v Egiptu je podjetje algoritem naučilo, da zaznava neformalna območja znotraj Kaira in drugih mest v Egiptu. Učni vzorci za zaznavo neformalnih območij so bili pridobljeni pri egiptovskem ministrstvu in izpopolnjeni z vzorci, ki smo jih polavtomatsko kartirali iz satelitskih posnetkov in drugih virov. V postopku učenja smo uporabili U-Net konvolucijsko nevronske mreže, ki je bila razvita za segmentacijo slik. Temelji na popolnoma konvolucijski nevronske mreži, arhitektura katere je bila spremenjena in razširjena, da deluje z manj učinkovitimi slikami in zagotavlja natančnejšo segmentacijo. Omenjena nevronska mreža se pogosto uporablja v medicini in pri interpretaciji satelitskih posnetkov (DataScientest, 2023). Naučeni algoritem je neformalna območja zaznal s 96,87-odstotno točnostjo, 87,91-odstotno natančnostjo in 82,91-odstotnim priklicem.

Sklenemo lahko, da je model uspešno prepoznal posebnosti gradnje, kot so ozke ali neprepoznane ulice, odsotnost pravih geometrijskih struktur in nezaključenost vrhnjih nadstropij. Težave, ki so se pojavile pri zaznavanju, so bile minimalne in niso vplivale na kakovost rezultatov. Algoritem na primer ni zaznal vseh nedokončanih stavb in ni izločil cestnih povezav zaradi načina gradnje tam, kjer ulico v pritličju prekrivajo nadstropja. Algoritem je bil naučen na podlagi satelitskih

posnetkov Copernicus Sentinel 2, vendar ima veliko potenciala tudi pri uporabi drugih optičnih posnetkov višje ločljivosti ter je primeren za razvoj in implementacijo v drugih mestih.

5 Sklep

Platforma UrbanGIS, ki je bila zasnovana za širše območje Kaira, je dober primer, kako lahko z multidisciplinarnim pristopom in vključevanjem sodobnih tehnologij ustvarimo informacijsko osnovo, na podlagi katere lahko temeljijo nadaljnji ukrepi za uravnotežen prostorski razvoj. V času vse večjih podnebnih sprememb in urbanizacije so sodobni pristopi pridobivanja prostorskih podatkov in rezultati prostorskih analiz nujno potrebni za trajnostno prostorsko načrtovanje, ki se odziva na aktualne probleme in izzive urbanega razvoja.

.....
Matjaž Ivačič

GeoCodis, informacijski sistemi, d. o. o., Kranj
E-pošta: matjaz.ivic@geocodis.si

Andrej Beden

GeoCodis, informacijski sistemi, d. o. o., Kranj
E-pošta: andrej.beden@geocodis.si

Manca Povšin

GeoCodis, informacijski sistemi d. o. o., Kranj
E-pošta: manca.povsin@geocodis.com

Eva Ivačič

GeoCodis, informacijski sistemi, d. o. o., Kranj
E-pošta: eva.ivic@geocodis.si

Zala Peternel

GeoCodis, informacijski sistemi, d. o. o., Kranj
E-pošta: zala.peternel@geocodis.com

Viri in literatura

DataScientest (2023): *U-NET: Computer vision's neural network*. Dostopno na: <https://datascientest.com/en/u-net-computer-vision-neural-network> (sneto 9. 1. 2023).

GeoCodis (2022): *UrbanGis – Modul za iskanje območij urbanega razvoja v Egiptu*. Kranj.

GeoCodis (2023): *Spletna aplikacija UrbanGis*. Kranj.

Nemška družba za mednarodno sodelovanje (2017): *Participatory Infrastructure Project (PIP)*. Bonn, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Tawfīc, A. (2015): *Retrofitting green roofs to the urban morphology of informal settlements: introducing productive green roofs to Imbaba, Cairo*. Magistrsko delo. Hamburg, HafenCity University.

UN-Habitat (2022): *Guide for the classification of urban development areas and policies of dealing with them*. Nairobi.