

Милош Вујчић¹
Ивана Штрбац²
Катарина Мицић³
Катарина Бабовић⁴

МАСОВНА ПРОЦЕНА ВРЕДНОСТИ НЕПОКРЕТНОСТИ У ИМПЛЕМЕНТАЦИЈИ FELA ОКВИРА UN-GGIM: ИНСТРУМЕНТ ЕФЕКТИВНЕ АДМИНИСТРАЦИЈЕ ЗЕМЉИШТА И ОДРЖИВОГ УРБАНОГ РАЗВОЈА

MASS VALUATION OF REAL ESTATE IN THE IMPLEMENTATION OF THE UN-GGIM FELA FRAMEWORK: AN INSTRUMENT FOR EFFECTIVE LAND ADMINISTRATION AND SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

РЕЗИМЕ: Оквир за ефективну земљишну администрацију ("FELA"), усвојен од стране "UN-GGIM" 2020. године, препознаје вредност непокретности као један од четири кључна стуба ефективне земљишне администрације, поред власништва, коришћења и развоја земљишта, истичући тако значај систематског праћења тржишних цена у савременим системима управљања земљиштем. Прелиминарни модели масовне процене вредности парцела пољопривредног земљишта развијени од стране Републичког геодетског завода, који су тренутно у фази тестирања и валидације, заснивају се на сложеним принципима, при чему, у својој основи, ови модели користе неуронске мреже као примарни механизам за апроксимацију функционалне зависности између просторних, правних и других карактеристика парцела и тржишне вредности парцела. Поред тога, у развоју модела разматрана је и диференцијално-геометријска структура података. У том контексту, анализом локалне структуре, креиране су латентне варијабле које представљају скривене факторе утицаја на цену, а које нису директно мерљиве кроз расположиве атрибуте. Ове латентне варијабле доприносе коначној процени вредности као додаток излазу неуронске мреже, при чему се њихов утицај моделира локалном применом интерполационих техника. У анализи добијених процењених вредности посвећена је пажња подручјима у близини административних граница градова. Анализом генерисаних heat мапа могу се идентификовати зоне са повишеним ценама пољопривредног земљишта које одступају од типичних вредности у околним руралним областима. Такве аномалије у ценама тумаче се као потенцијални индикатори урбаног ширења, односно повећаног притиска на конверзију пољопривредног земљишта у грађевинско. Предложени модел може послужити као алат за рано препознавање просторних образаца урбанизације и пружити подршку доносиоцима одлука у процесу планирања и ажурирања урбанистичких планова.

Кључне речи: "FELA", "UN-GGIM", пољопривредно земљиште, неуронске мреже, административне границе градова.

ABSTRACT: The Framework for Effective Land Administration (FELA), adopted by UN-GGIM in 2020, recognizes real estate value as one of the four key pillars of effective land administration, alongside land ownership, land use, and land development, thereby highlighting the importance of systematic monitoring of market prices in modern land management systems. The preliminary mass valuation models for agricultural land, developed by the Republic Geodetic Authority and currently in the testing and validation phase, are based on complex principles. At their core, these models use neural networks as the primary mechanism for approximating the functional relationship between spatial, legal, and other parcel characteristics and the market value of parcels. In addition, the differential-geometric structure of the data was also considered during model development. In this context, through the analysis of the local structure, latent variables were created to represent hidden factors influencing price that cannot be directly measured through the available attributes. These latent variables contribute to the final value estimation as an addition to the neural network output, with their influence modeled through the local application of interpolation techniques. In the

¹ Милош Вујчић, мастер математичар, Републички геодетски завод, Сектор за развој и иновације, Одељење за процену и вођење вредности непокретности, Београд, e-mail: milos.vujcic@rgz.gov.rs

² Ивана Штрбац, дипл. геод. инж, Републички геодетски завод, Сектор за развој и иновације, Одељење за процену и вођење вредности непокретности, Београд, e-mail: ivana.strbac@rgz.gov.rs

³ Катарина Мицић, студент завршне године Факултета организационих наука, Републички геодетски завод, Сектор за развој и иновације Одељење за процену и вођење вредности непокретности, Београд, e-mail: katarina.micic@rgz.gov.rs

⁴ Катарина Бабовић, дипл. менаџер безб., Републички геодетски завод, Сектор за развој и иновације, Одељење за процену и вођење вредности непокретности, Београд, e-mail: katarina.babovic@rgz.gov.rs

analysis of the obtained estimated values, particular attention was given to areas near administrative city boundaries. By analyzing the generated heat maps, it is possible to identify zones with elevated agricultural land prices that deviate from typical values in surrounding rural areas. Such price anomalies can be interpreted as potential indicators of urban expansion, i.e., increased pressure for the conversion of agricultural land into construction land. The proposed model can serve as a tool for the early detection of spatial patterns of urbanization and provide support to decision-makers in the process of planning and updating urban development plans.

Keywords: FELA, UN-GGIM, agricultural land, neural networks, administrative city boundaries.

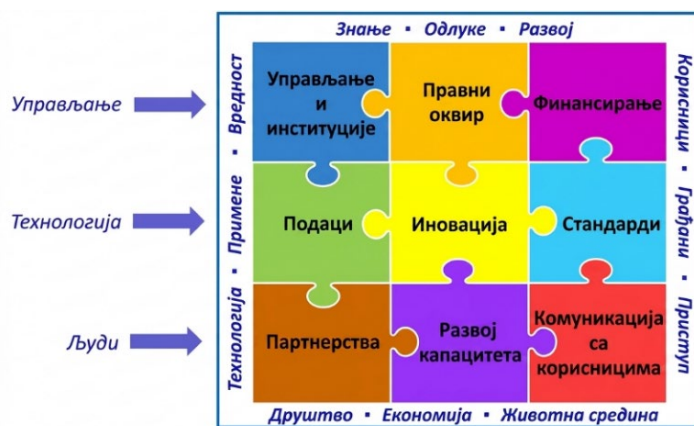
1. УВОД

Савремени процеси урбанизације, демографског раста и све интензивније трансформације простора намећу потребу за ефикасним, транспарентним и одрживим системима управљања земљиштем. Земљиште, као ограничен и вишеструко значајан ресурс, истовремено представља економску категорију, правни објекат, просторни ресурс и основу друштвеног развоја. Управо због тога, системи администрације земљишта имају кључну улогу у обезбеђивању сигурности права својине, подршци функционисању тржишта непокретности, планирању простора и заштити животне средине.

У том контексту, оквир Framework for Effective Land Administration (FELA), развијен од стране United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), представља глобално прихваћену референтну основу за развој и унапређење система администрације земљишта. FELA је осмишљен као стратешки инструмент који омогућава државама да процене постојеће стање својих система, идентификују слабости и дефинишу правце будућег развоја у складу са националним приоритетима и међународним стандардима.

За разлику од традиционалних приступа који су административне системе посматрали фрагментирано — кроз катастар, регистре непокретности или просторно планирање као одвојене домене — FELA промовише интегрисан приступ. Овај приступ подразумева повезивање институционалних, правних и технолошких компоненти и заједно са подацима у јединствен систем, способан да одговори на комплексне изазове савременог друштва. Посебан акценат ставља се на међусекторску сарадњу, интероперабилност система и доступност података широком кругу корисника.

FELA оквир је структуриран кроз девет међусобно повезаних стратешких праваца развоја, који обухватају управљање и институције, правни оквир, финансирање, подаци, иновација, стандарди, партнерства, развој капацитета, комуникација са корисницима. Ови правци не делују изоловано, већ као интегрисани систем који омогућава постепену трансформацију администрације земљишта ка дигиталним, ефикасним и кориснички оријентисаним сервисима.



Слика бр. 1: Девет стратешких праваца FELA оквира (Framework for Effective Land Administration).

Посебно место у FELA оквиру имају подаци, који се препознају као кључни ресурс и основа за доношење одлука. Интегрисани подаци о земљишту, који обухватају информације о правима, намени, вредности и развоју, омогућавају свеобухватно разумевање простора и подржавају широк спектар активности, од урбаног планирања до опорезивања и инвестиција. Квалитет, доступност и интероперабилност ових података директно утичу на ефикасност читавог система администрације земљишта.

У оквиру овако постављеног система, масовна процена вредности непокретности заузима значајно место као инструмент који омогућава систематско и објективно утврђивање вредности великог броја непокретности. Масовна процена вредности непокретности се заснива на употреби статистичких и економетријских метода, као и савремених техника машинског учења, уз ослањање на интегрисане базе података о тржишту и карактеристикама непокретности. Њена примена је од посебног значаја за успостављање правичних система опорезивања и транспарентности тржишта.

FELA додатно промовише концепт „fit-for-purpose“, који подразумева да системи администрације земљишта треба да буду прилагођени конкретним условима, ресурсима и потребама сваке државе. Овај приступ омогућава постепену имплементацију и унапређење система, укључујући и развој модела масовне процене вредности непокретности, у складу са доступношћу података и институционалним капацитетима.

Циљ овог рада је да анализира улогу масовне процене вредности непокретности у контексту имплементације FELA оквира, са посебним освртом на примену савремених модела заснованих на неуронским мрежама и анализи просторних података у процени вредности пољопривредног земљишта. У раду се испитује значај интеграције просторних, правних и других атрибута, као и увођења латентних варијабли добијених анализом локалне структуре података, у циљу унапређења тачности процене. Посебна пажња посвећена је идентификацији просторних образаца у вредностима земљишта, нарочито у зонама у близини административних граница градова, као потенцијалних индикатора урбаног ширења. Рад такође разматра могућности примене оваквих модела као подршку доносиоцима одлука у процесима планирања и ажурирања урбанистичких планова.

2. ПОДАЦИ ЗА КРЕИРАЊЕ МОДЕЛА МАСОВНЕ ПРОЦЕНЕ

Регистар цена непокретности (РЦН) евидентира све уговоре о промету непокретности према датуму њихове овере. Сви уговори који су закључени у одређеном временском интервалу обухваћени су подацима за тај период. Скуп података који је коришћен за израду модела масовне процене пољопривредног земљишта обухвата период од јануара 2017. године до данас. Нови купопродајни уговори се пребацују у Регистар цена непокретности на дневном нивоу.

У РЦН се уносе подаци из уговора и осталих извора. Из уговора (примарног извора) се уносе основни подаци као што су цена (у већини купопродајних уговора цена је изражена у валути евро), врста правног посла, подаци о учесницима у трансакцији, као и информација да ли је куповина реализована уз учешће кредита... Поред тога, уносе се и основни подаци о непокретности, као што су појединачна цена (уколико је дата уговором и уколико се прометује више непокретности) и површина парцеле. Додатни подаци о непокретности се прикупљају из осталих извора, као што су РГЗ портал ГеоСрбије, Катастар непокретности, доступни урбанистички планови итд. У питању су подаци о начину коришћења земљишта, класи пољопривредног земљишта, ближој локацији и све остале информације које би могле да утичу на цену. Други кључни скуп података чине подаци Катастра непокретности, који обухватају све непокретности уписане у евиденцију Републичког геодетског завода. Ови подаци представљају референтну базу на којој се примењују резултати масовне процене. За сваку непокретност евидентирану у бази Катастра непокретности израчунава се процењена вредност применом сложеног модела који комбинује неуронске мреже и кернел интерполацију латентних варијабли, чиме се обезбеђује континуално и просторно конзистентно вредновање непокретности.

2.1. Претпроцесирање података

У поступку формирања скупа података за креирање модела масовне процене пољопривредног земљишта искључују се трансакције које не одражавају тржишне услове, као што су продаје реализоване путем јавних лицитација, трансакције између сродника, уговори о поклону и наслеђивању, као и уговори са ценама које значајно одступају од принципа слободног тржишта. У анализу су укључене купопродаје између физичких лица, између правних лица, као и трансакције између физичких и правних лица, при чему се разматрају искључиво уговори којима се преноси пуно право својине.

Из скупа података се искључују екстремне и нелогичне вредности према одређеним критеријумима и на бази оцене аналитичара који раде на одржавању економетријског модела. У питању су критеријуми попут превише ниске или високе вредности непокретности. Верификација продаја урађена је у складу са препорукама из *Standard on Automated Valuation Models*.

Модел се обучава на продајама парцела које се користе као њиве, виногради, воћњаци, вртови, ливаде и пашњаци. Неке од варијабли које се у моделу користе су: површина и нагиб парцеле, месец продаје, лонгитуда и латитуда парцеле, класа земљишта, начин коришћења парцеле, специфични услови продаје... Поред ових варијабли, користе се и латентне варијабле које чине глатку многострукоост и разоткривају скривену локалну структуру података.

3. НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ И ПОЖЕЉНОСТ НЕПОКРЕТНОСТИ

Пољопривредно земљиште представља једну од најчешће прометованих врста непокретности на тржишту, при чему се трансакције овог типа одвијају релативно хомогено на читавој територији Републике Србије. За разлику од станова или грађевинског земљишта, чији је промет у највећој мери концентрисан у насељеним местима, продаје пољопривредног земљишта нису просторно ограничене.

Примена модела вишеструке линеарне регресије у процесу масовне процене вредности пољопривредног земљишта захтевала би увођење категоричких просторних варијабли, као што је катастарска општина. Такав приступ би неминовно довео до појаве дискретних просторних прекида у процењеним вредностима, услед чега би и суседне парцеле сличних физичких и правних карактеристика, али смештене у различитим катастарским општинама, могле имати значајно различите процењене вредности.

3.1 Потпуно повезане неуронске мреже

Имајући у виду велики обим расположивих података о купопродајним трансакцијама, као и изражену просторну и структурну нелинеарност цена, потпуно повезане неуронске мреже се намећу као један од најадекватнијих и

најфлексибилнијих метода машинског учења за потребе масовне процене вредности пољопривредног земљишта, јер омогућавају континуално моделирање просторних односа и сложених међузависности између улазних атрибута и цене.

Потпуно повезана неуронска мрежа (у даљем тексту: неуронска мрежа) састоји се од основних рачунских јединица, које се називају јединицама или неуронима, а које представљају једноставне параметризоване функције. Сваки неурон израчунава линеарну комбинацију својих улазних вредности, након чега се над добијеним резултатом примењује нелинеарна трансформација, такозвана активациона функција.

Неурони су организовани у слојеве, при чему јединице једног слоја као своје улазе примају излазе свих јединица претходног слоја, а своје излазе прослеђују јединицама наредног слоја. Због ове структуре, овакве мреже се називају потпуно повезаним.

Сви слојеви чије јединице прослеђују своје излазе другим јединицама називају се скривеним слојевима. Улазне вредности јединица првог слоја представљају улазе мреже, док излази јединица последњег слоја представљају излазе мреже.

3.2 Латентна многострукост која описује пожељност

У бројним реалним регресионим проблемима, зависна променљива коју је потребно предвидети (у нашем случају то је цена парцеле пољопривредног земљишта) не зависи искључиво од обележја специфичних за посматрани узорак, већ и од скупа других променљивих чије вредности нису познате у току обучавања модела. Ове непознате променљиве најчешће поседују одређена структурна ограничења, која је могуће искористити ради индиректног закључивања њихових вредности на основу расположивих података. Проблем предвиђања цена непокретности спада у ову класу проблема.

Проблем се састоји од предвиђања цене непокретности, тј. парцеле пољопривредног земљишта, а на основу скупа обележја који су јој придружени. Ова обележја обухватају карактеристике специфичне за саму парцелу, као што је површина парцеле, начин коришћења, класа земљишта и слично. Поред тога, у скуп обележја могу бити укључене и информације о ширем просторно-социјалном контексту у коме се непокретност налази, као што су подаци на нивоу насеља или окружења.

Овај проблем поседује изражену просторну структуру, чије адекватно искоришћавање може значајно унапредити тачност предвиђања. Цена непокретности је, несумњиво, под снажним утицајем њених индивидуалних карактеристика. Тако ће, у оквиру исте локације, парцела веће површине имати већу вредност у односу на мању парцелу.

Вредност једне непокретности, осим од индивидуалних обележја, у највећој мери зависи од цена сличних непокретности у њеној непосредној околини. Тако ће непокретност са истим скупом карактеристика имати већу тржишну вредност уколико је смештена у развијенијем подручју. За таква подручја каже се да поседују већу пожељност, што се директно одражава на више цене непокретности.

Пожељност локације поседује јасно дефинисану просторну структуру, која се огледа у принципу просторне глаткости. Очекује се да се пожељност неке локације мења постепено при преласку са једне локације на другу оближњу. Сходно томе, може се посматрати као глатка површ у тродимензионалном простору, где прве две координате представљају географске координате, док трећа координата одговара вредности *пожељности*.

Кључан проблем постаје оцењивање латентних варијабли, тј. конструкција латентне глатке многострукости која на најбољи могући начин рефлектује поменути *пожељност*, која није мерљива функција доступних карактеристика, већ представља скривену структуру која има значајан утицај на цену.

4. МОДЕЛ ЗАСНОВАН НА ЛАТЕНТНОЈ МНОГОСТРУКОСТИ

Прелиминарни модел за масовну процену парцела пољопривредног земљишта који је креирао Републички геодетски завод, а који је тренутно у фази тестирања и валидације, сачињен је од две кључне компоненте:

- 1) непараметарски модел који формира латентну многострукост која описује *пожељност* непокретности;
- 2) параметарски модел заснован на неуронским мрежама који налази функционалну зависност између доступних карактеристика и цене непокретности.

Обједињени модел симултано конструише латентну многострукост и обучава неуронску мрежу. На крају, вредност парцеле се добија комбиновањем излаза неуронске мреже и вредности латентне многострукости на разматраној локацији.

Након претпроцесирања и након елиминације продаја које не одражавају тржишне услове, скуп података о купопродајним уговорима раздвајамо на псеудо случајан начин на скуп за тренирање, скуп за валидацију и скуп за тестирање.

Нека је $S = \{(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)\}$ скуп за тренирање модела сачињен од n опсервација, при чему x_i представља вектор карактеристика i -те варијабли, док је y_i логаритам цене из купопродајног уговора. Означимо са $\eta(x)$ излаз параметарског модела, односно, неуронске мреже. Затим, нека је $D = \{\delta_1, \dots, \delta_n\}$ вектор латентних варијабли, које описују *пожељност*, придружен опсервацијама из скупа за тренирање модела. Скривена латентна многострукост потом се глатко формира, коришћењем вектора латентних варијабли D и та глатка многострукост детерминише непараметарски модел који доприноси логаритму цене са додатком $h(D, x)$ који је облика

$$h(D, x) = \sum_{i \in N(x)} \text{Ker}(x, x_i) \delta_i,$$

при чему $N(x)$ представља индексе најближих K суседа од x по експериментално детерминисаној метрици која настаје комбиновањем еуклидске метрике са метриком која осликава разлику међу карактеристикама, док је $Ker(x, x_i)$ кернел функција.

Тренинг модела се одвија у две фазе које се итеративно понављају док се не успостави конвергенција вектора латентних варијабли и процес тренирања модела практично представља симулацију дискретног алгоритма максимизације очекивања (EM алгоритам). Обе фазе процеса тренирања модела заснивају се на оптимизацији енергетске функције губитка у којој је инкорпориран регуларизациони фактор којим се спречава претренирање модела и на тај начин смо обезбедили да модел има јаку предиктивну моћ на скупу података који раније није виђен.

Прва фаза тренинга модела представља итеративну оптимизацију енергетске функције губитка по вектору латентних варијабли, а друга фаза опет минимизује функцију губитка обуком потпуно повезане неуронске мреже са раним заустављањем.

Као резултат добијамо модел чији квалитет задовољава међународне стандарде дефинисане у *Standard on Ratio Studies*. Коефицијент дисперзије односа предвиђене цене и остварене цене овог модела на скупу за тестирање (који представља директну меру предиктивне моћи модела) износи 0.229, док је коефицијент детерминације овог модела једнак 90.91%. Укупна процењена вредност тест скупа се од вредности остварене у купопродајним уговорима разликује за свега 0.16%. Добијени модел смо искористили за процену вредности 11 милиона парцела пољопривредног земљишта на територији Републике Србије (парцеле мање од 3 ара нису процењене).

5. ПРИМЕНА МОДЕЛА У ПРОЦЕСУ ДЕТЕКЦИЈЕ ШИРЕЊА УРБАНИХ ЗОНА

У овом поглављу представљамо како се приказани модел за масовну процену пољопривредног земљишта може искористити за детекцију ширења стамбених зона и разматрамо могућности примене оваквих модела као подршку доносиоцима одлука у процесима планирања.

Међу насељеним местима на чије границе стамбених зона постоји притисак и тенденција ширења приказујемо београдске општине Земун и Лазаревац, као и градове Нови Пазар и Крагујевац, док Сремску Митровицу наводимо као пример града у којем не постоји притисак на границе урбанистичке зоне.

У катастарској општини Батајница (општина Земун) процењене вредности пољопривредног земљишта по ару крећу се у распону од 150 до 800 евра, што указује на значајну просторну варијабилност вредности. Посебно је уочљива концентрација екстремно високих вредности на западном и југоисточном ободу насељене зоне, што је јасно приказано на Слици бр. 2. Ова просторна дистрибуција вредности може се тумачити као индикатор повећаног притиска на трансформацију пољопривредног у грађевинско земљиште. Конкретно, уочена тенденција указује на ширење стамбене зоне ка југоистоку, у правцу повезивања са КО⁵ Земун Поље, као и ка западу, односно ка подручју познатом као насеље *Шангај*. Додатну потврду ових просторних образаца пружа анализа сателитских снимка, на којима су видљиве промене у коришћењу земљишта и постепено ширење урбаних структура.



Слика бр. 2: Приказ ширења стамбене зоне у Батајници (РГЗ)

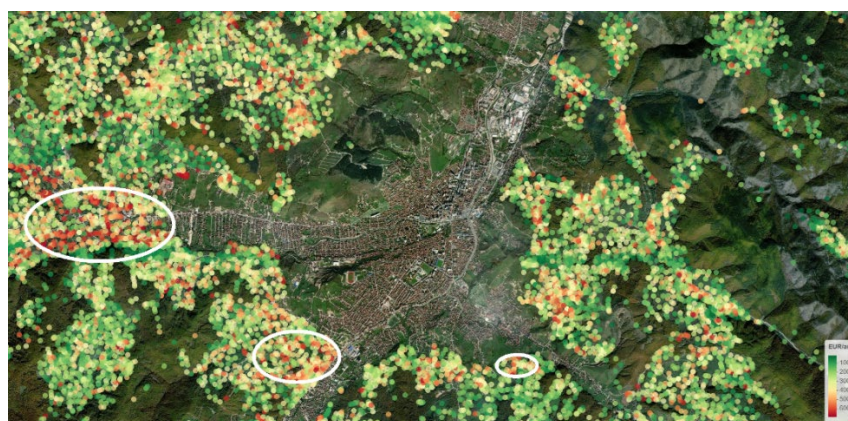
У Лазаревцу, процењене вредности пољопривредног земљишта по ару су знатно ниже и крећу се у распону од 40 до 200 евра, што одражава другачије тржишне и просторне услове у односу на претходно анализирани општине. Ипак, и у овом случају је могуће уочити просторну концентрацију виших вредности, пре свега у западном делу општине, ка катастарској општини Шопић, и у југозападном делу према катастарској општини Петка. Ова појава указује на локализоване процесе урбаног ширења, где одређене зоне постају атрактивније за будућу изградњу. Иако је интензитет ових процеса мањи него у урбаном развијенијим подручјима, просторна анализа вредности земљишта и овде пружа корисне увиде у правце потенцијалног развоја и трансформације простора.

⁵ КО – катастарска општина



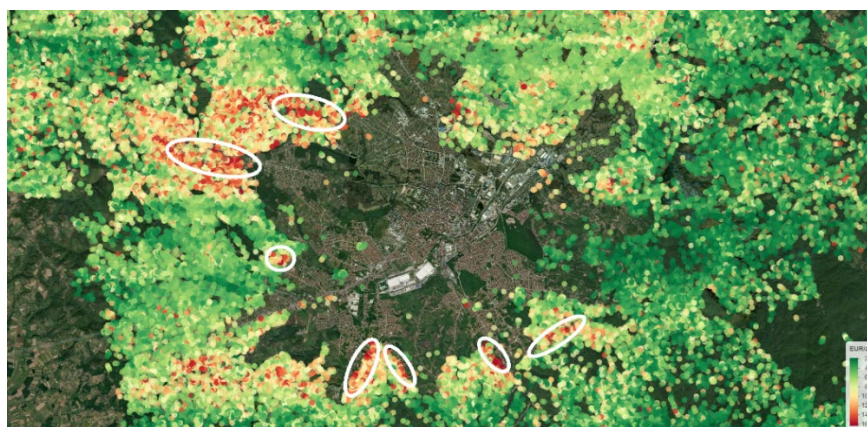
Слика бр. 3: Приказ ширења стамбене зоне у Лазаревцу (РГЗ)

У Новом Пазару, процењене вредности пољопривредног земљишта по ару налазе се у интервалу од 90 до 700 евра. Иако је распон нешто нижи у односу на Земун (КО Батајница), просторна дистрибуција високих вредности показује јасне обрасце. Више вредности су доминантно концентрисане у западном делу, према катастарским општинама Иванча, Шавци, Рајчиновиће и Ситнице, као и у југозападном правцу ка катастарској општини Паралово. Оваква концентрација вредности указује на појачану атрактивност ових подручја. Као и у претходном случају, овакви просторни обрасци могу се тумачити као индикатори ширења стамбених зона, при чему цене земљишта делују као рани сигнал промене намене простора.



Слика бр. 4: Приказ ширења стамбене зоне у Новом Пазару (РГЗ)

У Крагујевцу, процењене вредности пољопривредног земљишта по ару крећу се у интервалу од 30 до 160 евра, што указује на релативно умерен ниво варијације у односу на изразито урбанизована подручја. Међутим, детаљнија просторна анализа открива изражену неуједначеност у дистрибуцији вредности, са јасно дефинисаним зонама кластеровања виших цена. На Слици бр. 5 можемо видети да су ови кластери доминантно позиционирани у више праваца: на северозападу, ка катастарским општинама Поскурице и Дивостин, на западу ка катастарској општини Крагујевац III, на југу ка катастарској општини Грошница I, као и на југоистоку ка катастарским општинама Баљковац и Трмбас.



Слика бр. 5: Приказ ширења стамбене зоне у Крагујевцу (РГЗ)

Просторна концентрација повишених вредности указује на постојање локализованих зона повећане тржишне атрактивности, које се могу довести у везу са факторима као што су близина постојеће урбане инфраструктуре, саобраћајна повезаност и очекивани правци будућег развоја. У том контексту, идентификовани кластери могу се интерпретирати као зоне потенцијалне трансформације намене земљишта, где пољопривредно земљиште постепено добија карактеристике грађевинског земљишта.

Са становишта просторне анализе, оваква дистрибуција вредности може се посматрати кроз призму просторне аутокорељације и ефеката суседства, где вредност појединачне парцеле није искључиво функција њених интерних карактеристика, већ и ширег просторног контекста. Стога, уочени обрасци се могу разматрати као индикатори ширења стамбене зоне градског подручја Крагујевца ка наведеним катастарским општинама.

Као контраст претходно анализираним подручјима, наводи се Сремска Митровица као пример где не постоји изражена тенденција урбане експанзије. Процењене вредности пољопривредног земљишта по ару у овом граду крећу се у интервалу од 70 до 190 евра, што указује на релативно умерен ниво варијације и стабилније тржишне услове у поређењу са динамичнијим урбаним зонама.

На Слици бр. 6 можемо видети да просторна дистрибуција вредности показује висок степен континуитета, без изразитих локалних екстрема. Одсуство наглих скокова у ценама указује на хомогеније тржиште и слабији утицај урбанизационих фактора на вредност земљишта. Уочене варијације могу се пре свега објаснити природним и агрономским карактеристикама, а не притисцима урбаног развоја. Конкретно, више вредности у северном делу у односу на насељену област могу се приписати бољем квалитету земљишта у поређењу са подручјима јужно од реке Саве. Овај пример указује на ситуацију у којој вредност пољопривредног земљишта превасходно одражава производни потенцијал и природне услове, а не очекивања у погледу промене намене.

Сремска Митровица представља репрезентативан пример стабилног руралног простора, у коме масовна процена вредности не детектује значајније сигнале урбаног ширења, већ пре свега одражава реалне агроекономске карактеристике терена.



Слика бр. 6: Приказ стабилног руралног простора Сремске Митровице (РГЗ)

6. ЗАКЉУЧАК И БУДУЋИ ПРАВАЦ ИСТРАЖИВАЊА

Резултати приказани у овом раду јасно сугеришу да масовна процена вредности непокретности, заснована на комбинацији параметарских и непараметарских приступа, представља снажан аналитички инструмент у оквиру савремених система администрације земљишта. Интеграцијом неуронских мрежа и латентне многострукости омогућено је моделовање сложених, нелинеарних и просторно зависних односа који постоје на тржишту пољопривредног земљишта, чиме се постиже висок степен тачности и просторне конзистентности процењених вредности.

Посебан допринос овог приступа огледа се у способности модела да, кроз анализу просторних образаца вредности, индиректно детектује процесе урбаног ширења. Уочене аномалије у дистрибуцији цена, нарочито у зонама у близини административних граница насељених места, показале су се као потенцијални индикатори притиска на трансформацију пољопривредног у грађевинско земљиште. На тај начин, модел превазилази своју примарну функцију процене вредности и постаје алат за подршку просторном планирању и доношењу стратешких одлука.

Међутим, иако развијени модел показује високу тачност у процени вредности непокретности и способност препознавања просторних образаца који могу бити повезани са процесима урбаног ширења, неопходно је указати на одређена ограничења у интерпретацији добијених резултата.

Пре свега, модел је примарно конципиран за процену тржишне вредности непокретности, а не за директно извођење закључака о будућим променама намене земљишта. Иако виши нивои вредности пољопривредног земљишта могу указивати на појачан притисак ка урбанизацији, они се не могу посматрати као довољан и једнозначан показатељ будуће трансформације простора.

Поред тога, локалне специфичности тржишта, укључујући институционалне факторе, инфраструктурна ограничења и административне одлуке, могу довести до појаве одступања у процењеним вредностима која не одражавају нужно стварне развојне тенденције, већ специфичне контекстуалне околности. На тај начин, одређени сигнали које модел генерише могу се тумачити и као потенцијално лажно позитивни индикатори урбаног ширења.

Сателитски снимци су коришћени као квалитативна потврда уочених образаца и они нису формално интегрисани у сам модел нити у квантитативну евалуацију његових перформанси, те се њихова улога у овом раду може посматрати као помоћна и дескриптивна, а не као интегрални део модела. Један од потенцијалних праваца нашег будућег истраживања подразумевао би инкорпорацију сателитских снимака у сам модел, као и развој засебног модела за аутоматску детекцију кластера који врше притисак на границе насељених зона.

Други потенцијално веома интересантан правац будућег истраживања односи се на трансформацију начина представљања просторних карактеристика. Уместо коришћења континуалних нумеричких координата, као што су географска дужина и ширина, могуће је разматрати употребу искључиво категоричких локацијских варијабли, као што су катастарске општине, зоне или друге административне и функционалне целине. Ово би довело до значајне промене у начину на који модел реконструише просторну структуру података. Конкретно, очекује се да би се тиме умањио директан утицај параметарског дела модела (неуронске мреже) у опису просторне континуалности, док би се улога непараметарског модела, односно латентне многострукости, додатно нагласила. У таквом окружењу, латентна структура би преузела доминантну улогу у реконструкцији „глатке“ просторне зависности, што би омогућило дубљи увид у скривене факторе који дефинишу пожељност локације.

Анализа излаза овако модификованог непараметарског модела могла би да пружи нове увиде у просторну организацију тржишта непокретности. Посебно би било интересантно испитати да ли латентна многострукост успева да „премости“ дискретне границе уведене категоричким варијаблама и реконструише континуалне обрасце пожељности, као и у којој мери такви обрасци кореспондирају са реалним процесима урбаног развоја.

Поред тога, у тренутној поставци модела латентна многострукост је дефинисана као искључиво просторно зависна структура, што представља одређено поједностављење реалних процеса. У складу са тим, један од кључних праваца будућих истраживања јесте увођење просторно-временски зависне латентне многострукости. Овакав приступ би омогућио моделовање динамике промена пожељности локације кроз време и простор истовремено, чиме би се добила знатно реалистичнија репрезентација тржишних процеса.

Просторно-временска латентна структура би, на пример, могла да детектује постепено ширење урбаних зона, промене у инфраструктури, као и кашњења у реакцији тржишта на те промене. Увођењем временске компоненте у непараметарски део модела отвара се могућност анализе трендова, детекције „таласа“ урбанизације и предвиђања будућих просторних трансформација.

На крају, може се закључити да предложени модел представља чврсту основу за даљи развој интелигентних система за масовну процену вредности непокретности. Његова флексибилност и способност интеграције различитих извора информација чине га погодним за даље проширење у правцу сложенијих, динамичких и интерпретабилнијих модела, који могу имати значајну улогу у будућим системима управљања земљиштем.

РЕФЕРЕНЦЕ

- A. S. Dornfest, B. Marchand, D. Warr, A Dettbarn, W. Forde, J. Myers, and C. Neihardt. Standard on Automated Valuation Models. International Association of Assessing Officers, 2022.
- Bengio, Y., Goodfellow, I., & Courville, A. (2017). Deep learning (Vol. 1, pp. 23-24). Cambridge, MA, USA: MIT press.
- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). Pattern recognition and machine learning (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer.
- Clarke, K. C., Hoppen, S., & Gaydos, L. (1997). A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area. *Environment and planning B: Planning and design*, 24(2), 247-261.
- Enemark, S., Bell, K. C., Lemmen, C. H. J., & McLaren, R. (2014). Fit-for-purpose land administration. International Federation of Surveyors (FIG).
- Group of Authors. Standard on Ratio Studies. International Association of Assessing Officers, 2025.
- Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). Cadastre 2014: A vision for a future cadastral system (pp. 1-8). J. Kaufmann, D. Steudler.
- Unger, E. M., Bennett, R., Crompvoets, J., Lisec, A., & Cantat, F. (2022, September). Advancing FELA—The framework for effective land administration. In *Proceedings of the FIG Congress*.
- Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). Land administration for sustainable development (Vol. 487). Redlands, CA, USA: ESRI Press Academic.