

ИНТЕГРАЦИЈА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

Дарија Гаврић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Предмет овог мастер рада је приказ теоријске и практичне примене вештачке интелигенције у грађевинарству. Поред практичних примера у овом раду су анализиране и две студије случаја. Прва студија случаја истражује примену система за надзор безбедности и анализу активности аутономних багера на градилиштима. Аутономни багери раде у екстремним условима и смањују ризик од несрећа, али истовремено захтевају напредан систем за праћење. Систем за безбедност процењује положај багера на основу кључних тачака (зглобова) и на тај начин детектује њихову активност. Ова анализа помаже у оптимизацији рада и повећању продуктивности.[1]. Друга студија случаја се бави употребом роботике у управљању грађевинским пројектима. Студија је заснована је на подацима у реалном времену добијеним од дронова и представља оквир за развој система паметног надзора и извештавања у фази изградње[2].

Кључне речи: вештачка интелигенција, машинско учење, грађевинарство, безбедност, грађевинска механизација

Abstract – The subject of this master thesis is a presentation of the theoretical and practical application of artificial intelligence in construction. In addition to practical examples, this paper also analyzes two case studies. The first case study investigates the application of a safety monitoring system and activity analysis of autonomous excavators on construction sites. Autonomous excavators operate in extreme conditions and reduce the risk of accidents, but at the same time require an advanced monitoring system. The safety system evaluates the position of the excavator based on key points (joints) and thus detects their activity. This analysis helps in optimizing work and increasing productivity [1]. The second case study deals with the use of robotics in construction project management. The study is based on real-time data obtained from drones and provides a framework for the development of a smart monitoring and reporting system in the construction phase[2].

Keywords: artificial intelligence, machine learning, construction, security, construction machinery.

НАПОМЕНА:

Овај рад произтекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Тривунић, ред. проф.

1. УВОД

Грађевинарство се сусреће са бројним изазовима, укључујући прекорачење трошкова, временске притиске, здравствене и безбедносне ризике, продуктивност и недостатак радне снаге. Грађевинарство је значајан део светске економије, са преко 8% светског БДП-а. Примена ВИ је из теоријске области прешла у практичну и нашла широку примену у различитим индустријама, међутим, за ВИ у грађевинарству, још увек постоји велика разлика између могућности и примене.

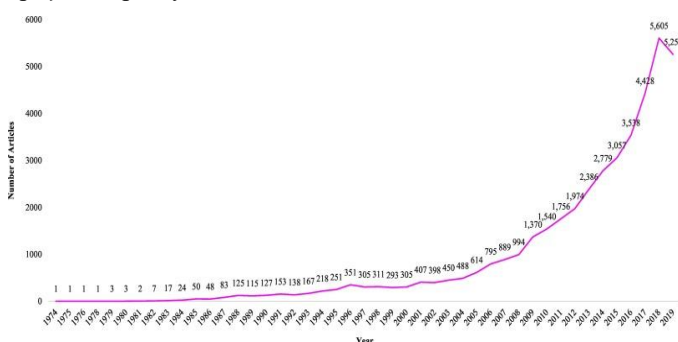
2. ДЕФИНИЦИЈА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ

Напредак примене вештачке интелигенције у грађевинарству укључио је подобласти вештачке интелигенције као што су машинско учење, компјутерски вид, обраду природног језика, системе засноване на знању, оптимизацију, роботiku, аутоматизовано планирање и заказивање [3].

3. ИНТЕГРАЦИЈА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Недостатак дигитализације у грађевинској индустрији чини пројекте сложенијим и непотребно заморним[4].

На слици 1 може се видети напредак ВИ у грађевинарству од 1974. до 2019.



Слика 1. Интеграција ВИ у грађевинарству [4]

4. ПРИМЕЊЕНИ СЛУЧАЈЕВИ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Вештачка интелигенција игра кључну улогу у свим фазама пројектовања, имплементације, као и праћење грађења [5].

4.1 Машинско учење

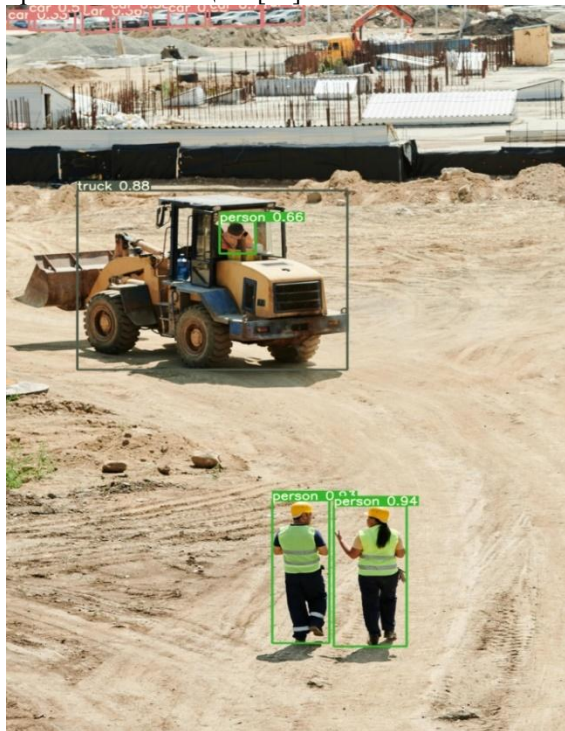
Машинско учење у грађевинарству има више примена за предиктивну аналитику, праћење безбедности, одржавање опреме, енергетска ефикасност, контролу квалитета, процену трошкова, као и надзор [6]. Будући потенцијали ВИ у грађевинарству дати су у табели 2.

Табела 1. Улога и утицај предиктивне аналитике [7]

Улога машинског учења	Утицај
Планирање пројекта	Предвиђа временске оквире, побољшава алокацију задатака
Управљање ресурсима	Оптимизује ресурсе, смањује отпад
Да осигура квалитет	Прати квалитет у реалном времену, ублажава грешке

4.2 Рачунарски вид

Рачунарски вид може идентификовати дизалице, булдожере, багере, утовариваче и другу грађевинску механизацију на основу њиховог кретања и присуства. На тај начин се може осигурати ефикасно коришћење механизације и смањити време чекања на одређеним местима. У оквиру слике 2 приказана су интелигентна решења користе алгоритме за детекцију објеката како би препознала грађевинска возила и спречила да машине блокирају пролазе и излазе [9]. Такође, помоћу рачунаског вида можемо управљати и одржавати имовину, радити контролу квалитета, праћење и оптимизацију процеса, користити за мерење запремине, 3д мапирање, повећати безбедност радног места, вршити инспекцију на градилишту, као што је приказано на слици 3 [10].



Слика

а 2. Помоћу машинског учења, рачунарски вид може идентификовати машине и особе на основу њиховог кретања и присуства [9]



Слика 3. Примена вештачке интелигенције приликом инспекције објекта [11]

4.3 Роботика у грађевинарству

Примена роботике у грађевинарству има за циљ аутоматизацију процеса и сигурно обављање опасних задатака. Роботе у грађевинарству можемо поделити на различите врсте као што су дронови, раднике роботе, индустријске роботе, самовозећи роботи. Када је реч о зидању, прецизно контролишу сечење, усмеравање и постављање опеке. Могу се постићи резултати који су за човека готово немогући, на пример, окретање сваке опеке тачно за један степен, приказано на слици 4. како би се добио суптилно закривљени зид [12],[13].



Слика 4. Зидања помоћу робота [13]

4.4. Примена ИоТ у грађевинарству

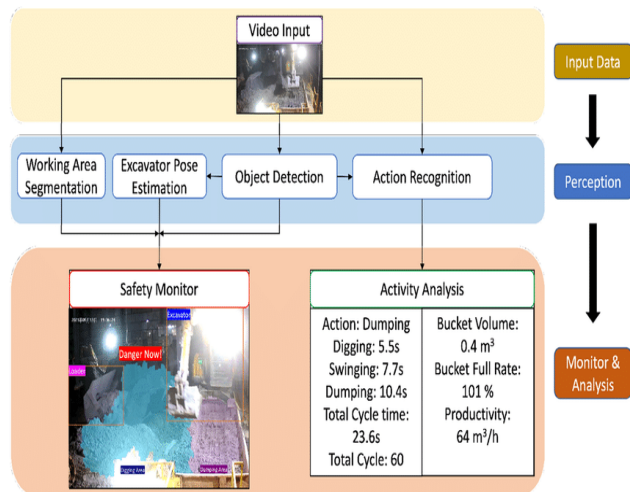
На градилишту сензори се постављају на одређено место или их радници носе са собом. ИоТ уређаји прикупљају податке о активностима, радовима и условима на градилишту, а затим те податке шаљу у базу података где се они анализирају и стварају темељ за будуће одлуке [14].

5. СТУДИЈЕ СЛУЧАЈА

Прва студија случаја фокусира се на употребу аутономних багера на градилишту. Овај део истражује како се компјутерска визија и вештачка интелигенција могу искористити за побољшање безбедности и ефикасности рада багера. Друга студија случаја истражује примену роботике у грађевинарству. Ова анализа разматра како роботи могу допринети оптимизацији грађевинских процеса, као и изазове и предности њихове употребе на градилиштима.

5.1 Прва студија случаја – Коришћење рачунарског вида

Овај студијски случај истражује примену система за надзор безбедности и анализу активности багера на градилиштима. Фокус је на увођењу аутономних багера који користе рачунарску слику за процену положаја и препознавање активности [1].



Слика 5. Анализа активности багера и праћење њихове безбедности

Видео анализа се састоји се од три фазе, прва идентификује различите грађевинске машине на снимку. Затим друга фаза процењује положај багера, идентификујући кључне тачке као што су зглобови машине. Трећа, дели радно подручје на области, копање и депоновање, како би се лакше управљало радом и осигурала безбедност.

5.1.1 Област анализе

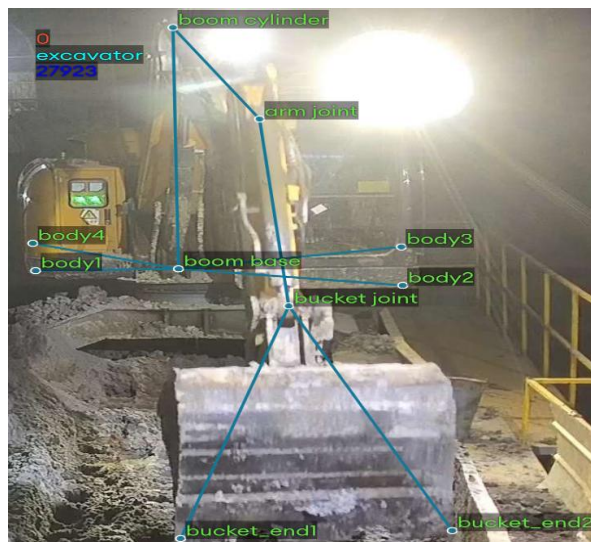
На слици 5 је приказан оквир за препознавање активности грађевинске механизације, праћење безбедности и анализу продуктивности. Надзорне камере служе као улазни систем који се састоји од шест главних модула [1].

1. Детекција грађевинских машина,
2. Процена положаја багера,
3. Сегментација радних области,
4. Препознавање активности,
5. Надзор безбедности,
6. Анализа продуктивности.

5.1.2 Положај багера

На багеру гусеничару постоји десет кључних тачака као што је приказано на слици 6, које одређују положај и кретање, а то су:

- две тачке на крајевима кашике - за праћење где се материјал копа или депонује,
- три зглоба кашике - омогућавају покретљивост кашике,
- два зглоба руку - омогућавају кретање руке багера,
- четири зглоба стреле - повезује руке и тело багера,
- четири тачке на телу - важне за праћење положаја багера [1].



Слика 6. Приказ кључних тачака на багеру

5.1.3 Сегментација радног подручја

Код процеса сегментације фотографије, пиксели сличних својстава (боја, текстура, облик) групишу се у сегменте, ова техника омогућава одређивање области различитих функција. Анализом боје, текстуре и облика пиксела на фотографији, могуће је одредити подручја за копање и одлагање. [1].

5.1.4 Основне радње багера

Рад багера укључују три главна корака: копање, замахивање и одлагање. Прво, багер копа материјал, затим прави замахни покрет, након што је кашика напуњена материјалом, багер се помера (љуља) да би одложио материјал на предвиђено место. Ови кораци омогућавају ефикасно управљање и померање материјала на градилишту. Аутономни багер има четири стања: стање копања, љуљање након копања, стање депоније и стање љуљања за копање .

5.1.5. Праћење безбедности радне механизације

Упозорење се може појавити ако се више машина налази у истој области, а возила могу бити заустављена док се ситуација не реши. Судар између багера и утоваривача може се десити када утоваривач покушава да утовари у подручје копања. У таквом случају сигнал опасности биће активиран како би се спречио судар[1].

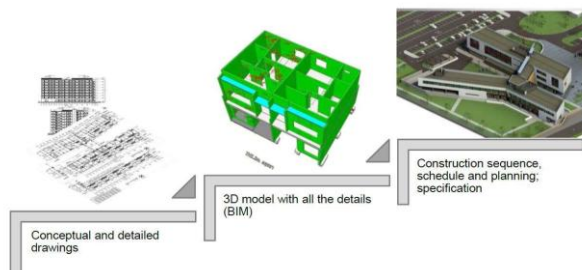
5.2. Друга студија случаја - Употреба роботике у управљању грађевинским пројектима

У грађевинарству примена дронова подразумева надзор аутопутева, мостова, а користи се и за геодетска снимања и мапирања, као и праћење напретка изградње. Беспилотне летелице (eng. unmanned aerial vehicle) омогућавају:

- Креирање прецизних 3Д модела,
- Праћење материјала на складишту,
- Обављају инспекције,
- Интеграција дронова са БИМ системима омогућава извођачима да упореде стварне податке са пројектним дизајном снимци из ваздуха [2].

5.2.1 Преглед

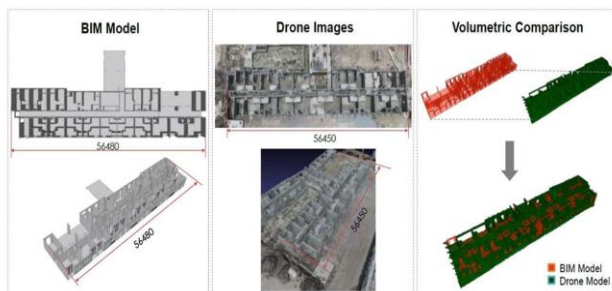
Ова студија случај заснована је на подацима добијеним у реалном времену од дрона и представља оквир за развој система паметног надзора и извештавања у фази изградње. Сlike са дрона и тачаке добијене скенирањем градилишта користе се за креирање 3Д модела. Коришћењем фотографија праве се модели у различитим фазама изградње. [2]



Слика 7. Кораци у планирање и праћењу изградње [2]

5.2.2. Употреба дрона за надзор на грађевинским објектима

После прикупљања фотографија са дрона, креиран је 3Д модел који је извезен као фајл (формат *eng. wavefront*). За 3Д реконструкцију коришћен је софтвер 3DF Zephyr. Тај 3Д модел је затим увезен у РЕВИТ, где је преклопљен са стварним ревит моделом зграде како би се извршило поређење [2].



Слика 8. Преклапање БИМ модела и модела који је настао снимањем дроном градилишту [2]

У току спровођења студије у пројекту је дошло до кашњења радова, што је систем препознао, приказано на слици 9.



Слика 9. Приказ кашњења у извођењу [2]

Различити фактори могу утицати на прецизност прикупљених података, укључујући:

- Извор и квалитет података,
- Висина са које дрон снима,
- Угао камере,
- Какве технике се користе у изградњи, које могу утицати на мерења.

Утврђено је да је просечна грешка мања од 0,12 m у мерењима контролних тачака за пет тестираних случајева [2].

6. ЗАКЉУЧАК

Постигнут је циљ да се поред теоријског прикажу и практични примери. Примена ВИ у грађевинској индустрији потврђена је кроз две различите студије случаја. Ове студије обухватају технологије као што су рачунарска вид, дубоко учење и роботика, што приказује широку примену од процене безбедности на градилишту до праћења напредовања радова.. Сматра се да ће ВИ као и друге технологије које су уведене кроз историју грађевинарства, доћи и бити део свакодневне рутине.

4. ЛИТЕРАТУРА

- [1]https://www.researchgate.net/publication/362268337_Construction_site_safety_monitoring_and_excavator_activity_analysis_system
- [2]https://www.researchgate.net/publication/326264559_Construction_Monitoring_and_Reporting_using_Drones_and_Unmanned_Aerial_Vehicles_UAVs
- [3]<https://www.academia.edu/download/59324554/artificial-intelligence-modern-approach.9780131038059.2536820190520-68130-5er8ed.pdf>
- [4]https://www.researchgate.net/publication/338420260_Artificial_intelligence_in_the_AEC_industry_Scientometric_analysis_and_visualization_of_research_activities
- [5]<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221011578>
- [6]<https://www.viewpoint.com/en-gb/blog/machine-learning-making-your-data-work-harder-for-you?redirected=y>
- [7] <https://keymakr.com/blog/building-with-brains-how-ai-and-machine-learning-are-transforming-construction/>
- [8]<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710220334604>
- [9]<https://viso.ai/applications/computer-vision-in-construction/>
- [10]https://hexagon.com/products/assetperformancemanagement?utm_source=google&utm_medium=social&utm_campaign=2023_q3_eu_growth_maintain_eam
- [11]<https://www.ucf.edu/news/new-ucf-tech-uses-ai-vr-to-monitor-safety-of-bridges-buildings/>
- [12]<https://www.monsenengineering.com/how-robots-are-changing-the-construction-industry/>
- [13]https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-fabrication-methods-using-different-approach-using-clay-material-a_fig1_343604333
- [14]<https://www.agilevision.io/blog/applying-iot-in-the-construction-industry-top-7-use-cases/>



Дарија Гаврић рођена је у Љубовији 1997. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Интеграција вештачке интелигенције у грађевинарству одбранила је 2024.год.
Контакт: gavricdaria7@gmail.com