

# Analiza mogućnosti primjene umjetne inteligencije u pametnim gradovima

---

**Marinović, Ante**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:777323>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-01**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Ante Marinović**

**ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE  
INTELIGENCIJE U PAMETNIM GRADOVIMA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, studeni 2024.**

Zagreb, 28. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Projektiranje informacijsko komunikacijskih usluga**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 7668

Pristupnik: **Ante Marinović (0135250963)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza mogućnosti primjene umjetne inteligencije u pametnim gradovima**

### Opis zadatka:

Istraživanje u okviru diplomskog rada treba se fokusirati na literaturni pregled dosadašnjih istraživanja o umjetnoj inteligenciji i njenim primjenama u konceptu pametnih gradova. Potrebno je detaljno analizirati mogućnosti i načine rada umjetne inteligencije, s posebnim osvrtom na njenu integraciju u urbane sustave i infrastrukture. Istraživanjem je potrebno obuhvatiti analizu praktične primjene AI tehnologija u pametnim gradovima, evaluirati prednosti i ograničenja postojećih rješenja, te razviti prijedloge za poboljšanja i identificirati buduće izazove. Zaključak rada treba sintetizirati ključne rezultate istraživanja i preporuke za daljnji razvoj i integraciju umjetne inteligencije u urbana okruženja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

doc. dr. sc. Ivan Cvitić

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **DIPLOMSKI RAD**

# **ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U PAMETNIM GRADOVIMA**

# **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SMART CITIES**

Mentor: doc. dr. sc. Ivan Cvitić

Student: Ante Marinović

JMBAG: 0135250963

Zagreb, studeni 2024.

## **ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U PAMETNIM GRADOVIMA**

### **SAŽETAK:**

Rad donosi pregled mogućnosti i načina rada umjetne inteligencije, glavne komponente umjetne inteligencije te podjelu umjetne inteligencije na temelju sposobnosti i funkcionalnosti. Analizu koncepta pametnih gradova temeljenih na šest glavnih elemenata pametnog grada. Rad prikazuje mogućnosti primjene umjetne inteligencije u pametnim gradovima odnosno u informacijsko-komunikacijskim uslugama u domeni pametnih gradova. U radu se analiziraju budući izazovi i prijedlozi poboljšanja umjetne inteligencije u pametnim gradovima te studija slučaja grada Dubrovnika kao pametnog grada.

**KLJUČNE RIJEČI:** Umjetna inteligencija, pametan grad, informacijsko-komunikacijska usluga

## **ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF APPLYING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SMART CITIES**

### **SUMMARY:**

The paper provides an overview of the possibilities and ways of working of artificial intelligence, the main components of artificial intelligence and the division of artificial intelligence based on capabilities and functionality. Analysis of the concept of smart cities based on six main elements of a smart city. The paper presents the possibilities of applying artificial intelligence in smart cities, that is, in information and communication services in the domain of smart cities. The paper analyzes future challenges and proposals for improving artificial intelligence in smart cities, as well as a case study of the city of Dubrovnik as a smart city.

**KEY WORDS:** Artificial intelligence, smart city, information and communication service

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Dosadašnja istraživanja .....	3
3. Pregled mogućnosti i načina rada umjetne inteligencije .....	7
3.1. Vrste umjetne inteligencije.....	10
3.1.1. Umjetna inteligencija temeljena na sposobnosti .....	10
3.1.2. Umjetna inteligencija temeljena na funkcionalnosti .....	11
3.2. Glavne komponente umjetne inteligencije .....	12
4. Analiza koncepta pametnih gradova .....	15
4.1. Pametni okoliš .....	17
4.2. Pametno upravljanje .....	18
4.3. Pametna mobilnost .....	18
4.4. Pametna ekonomija .....	19
4.5. Pametno življenje .....	19
4.6. Pametni ljudi .....	20
5. Primjena umjetne inteligencije u pametnim gradovima.....	22
5.1. Mogućnosti primjene AI u uslugama parkiranja.....	23
5.2. Mogućnosti primjene AI kod semaforizacije .....	26
5.3. Mogućnosti primjene AI kod ulične rasvjete .....	28
5.4. Mogućnosti primjene AI kod brojila električne energije .....	30
5.5. Mogućnosti primjene AI kod upravljanja otpadom .....	31
5.6. Primjeri pametnih gradova u Europi .....	34
5.6.1. Analiza studije slučaja Londona kao pametnog grada .....	35
5.6.2. Usporedba pametnih gradova u Europi .....	37
6. Prijedlozi poboljšanja i budući izazovi .....	42
6.1. Budući izazovi.....	42

6.2. Prijedlozi poboljšanja .....	44
6.3. Studija slučaja Dubrovnika kao pametnog grada .....	45
7. Zaključak .....	51
Literatura .....	53
Popis slika .....	58
Popis tablica .....	58

# 1. Uvod

Ako se pravilno koriste, tehnologije poput umjetne inteligencije (*engl. Artificial Intelligence, AI*) mogu poboljšati urbani krajolik na bolje. Oslanjajući se na ogromne resurse i koristeći kombinaciju modernog strojnog učenja, dubokog učenja, obrade prirodnog jezika te računalnog vida. Umjetna inteligencija može se koristiti za povećanje učinkovitosti i poboljšanje kvalitete života u pametnim gradovima u budućnosti. Uspješni AI programi oslanjaju se na ogromne skupove podataka za obavljanje ovih zadataka. Ti se podaci mogu prikupiti digitalnim i mehaničkim uređajima koji prenose i pohranjuju relevantne informacije i obrađuju ih kako bi se osiguralo zadovoljavajuće rješenje problema.

Pametni gradovi postaju ključni dio modernog urbanog planiranja, pružajući inovativna rješenja za efikasnije korištenje resursa, poboljšanje kvalitete života građana i održivi razvoj. Umjetna inteligencija ima ključnu ulogu u transformaciji gradova u pametne okoline, omogućavajući sustavima da analiziraju podatke u stvarnom vremenu, predviđaju potrebe stanovništva te optimiziraju upravljanje resursima i uslugama. Obzirom na sve veći interes za implementacijom umjetne inteligencije u urbanim područjima, razmatranje primjene ove tehnologije postaje sve važnije radi stvaranja održivijih, sigurnijih i efikasnijih gradskih sredina.

Tema diplomskog rada je Analiza mogućnosti primjene umjetne inteligencije u pametnim gradovima. Rad se sastoji od sedam poglavlja:

1. Uvod
2. Dosadašnja istraživanja
3. Pregled mogućnosti i načina rada umjetne inteligencije
4. Analiza koncepta pametnih gradova
5. Primjena umjetne inteligencije u pametnim gradovima
6. Prijedlozi poboljšanja i budući izazovi
7. Zaključak

Cilj istraživanja je analizirati postojeću razinu primjene umjetne inteligencije u informacijsko-komunikacijskim uslugama s ciljem identifikacije ključnih prednosti, nedostataka i budućih izazova te prikazati na koje sve načine je moguće primijeniti umjetnu inteligenciju u gradovima. Svrha ovog istraživanja je buduće povećanje kvalitete života građana kroz smjernice i prijedloge za unaprjeđenje usluga pametnog grada implementacijom umjetne inteligencije.



U drugom poglavlju analiziraju se radovi autora koji su se bavili istom problematikom. U trećem poglavlju se opisuju mogućnosti i načini rada umjetne inteligencije te osnovna podjela iste. Kroz četvrto poglavlje se analizira koncept pametnog grada kroz njegovih šest elemenata. U sljedećem poglavlju se analiziraju najznačajnije informacijsko-komunikacijske usluge temeljene na umjetnoj inteligenciji u domeni pametnih gradova. Na posljetku, kroz posljednje poglavlje se definiraju budući izazovi koje donosi primjena umjetne inteligencije u području pametnih gradova te adekvatni prijedlozi poboljšanja. Također, prikazuje se grad Dubrovnik kao pametan grad s mogućnosti poboljšanja.

## 2. Dosadašnja istraživanja

Očekuje se da će umjetna inteligencija biti značajna podrška održivom razvoju pametnih gradova u budućnosti. Različita područja umjetne inteligencije u razvoju pridonijela su transformaciji gradova u visoko opremljene pametne gradove. Ideja poboljšanja životnog standarda uvođenjem tehnologije u svakodnevne aktivnosti ljudi je jedini cilj stvaranja pametnih gradova.

Rad autora P.J. Navarathna i V.P. Malagi, pod nazivom *Artificial Intelligence in Smart City Analysis*, pokriva neke osnovne tehnologije i rješenja za različite probleme s kojima se suočavaju građani zbog nedostatka digitalne tehnologije. Detaljno opisuje različite načine rješenja problema pametnog grada i svih mogućih odluka. Bavi se pitanjima vezanim uz gradske infrastrukture, javne sigurnosti te brojne probleme povezane s upravljanjem prometom, parkiranjem, vodoopskrbom i odlaganjem koji se mogu učinkovito riješiti. Ne naglašava samo umjetnu inteligenciju, već i primjenu internet stvari (*engl. Internet of Things, IoT*), dubokog učenja, strojnog učenja (*engl. Machine Learning*), prepoznavanje uzoraka, analizu velikih podataka i cloud infrastrukture u stvaranju potpuno opremljenog pametnog grada.

Ideja pametnog grada temelji se na optimizaciji troškova, poboljšanju životnog standarda, očuvanju resursa, integracije tehnologije i ubrzavanja transakcija u svim područjima. Uključuje sve aspekte tehnologije za pretvaranje složene infrastrukture u digitalnu, za poboljšan i pojednostavljen način života. Ovdje pojam 'tehnologija' spada u najpopularnija i nova područja, kao što su umjetna inteligencija i internet stvari. Dok se umjetna inteligencija bavi spajanjem tehnologija u najjednostavnijim stvarima, internet stvari oblikuju temelj za spajanje svih ovih međusobno povezanih tehnologija u jedinstvenu mrežu.

Umjetna inteligencija je znanost o modeliranju inteligencije i treba ih programirati tako da oponašaju ljudske postupke. Trening, obrazloženje i percepcija glavni su ciljevi umjetne inteligencije. Ovaj koncept već se koristi u medicinskoj dijagnostici, kontroli robota, e-učenju, financijama, daljinskom otkrivanju, optičkom prepoznavanju znakova, računalnog vida, virtualne stvarnosti, obrade slika, teorije igara, semantičke mreže i još mnogo toga. Može se koristiti u složenom razvoju pametnih gradova. Umjetna inteligencija proučava kako ljudi koriste grad: tehnologija prepoznavanja uzoraka uz pomoć umjetne inteligencije široko se koristi za upravljanje ogromnim izvorima sirovih podataka kao što su podaci o prodaji karata u javnom prijevozu, policijska izvješća, senzori na cestama i meteorološke stanice [1].

U radu, Z. Ullah, F. Al-Turjman, L. Mostarda and R. Gagliardi, *Applications of Artificial Intelligence And Machine Learning in Smart Cities*, autori davaju pregled najnovijih trendova istraživanja i razvoja pametnih gradova u vezi s različitim složenim problemima i aplikacijama koje su realizirali znanstveni krugovi i industrija. Provedeno je kratko istraživanje temeljnih koncepata tehnologije umjetne inteligencije. Pregledana je učinkovita uloga navedenih protokola za razvoj gotovo optimalnih strategija u odnosu na različite aplikacije koje se smatraju vitalnim za učinkovitost pametnog grada.

Pametni gradovi osmišljeni su kako bi učinkovito upravljali rastućom urbanizacijom, potrošnjom energije, održavanjem okoliša ekološki prihvatljivim, poboljšati ekonomsku razinu i životni standard svojih građana, kao i osnažiti ljude da učinkovito koriste i implementiraju suvremene informacijsko-komunikacijske tehnologije (*engl. Information and communication technology, ICT*). U konceptu pametnih gradova ICT igra vitalnu ulogu u kreiranju politika, donošenja odluka, provedba i pružanja konačnih produktivnih usluga.

Govori se o rastućoj ulozi spomenutih tehnologija u inteligentnoj zdravstvenoj zaštiti, počevši od učinkovite dijagnoze, obnavljanja zdravlja, sigurnost i moguća uloga uređaja usmjerenih na zdravlje u stvaranju najprikladnijih lijekova. Konačno, predstavljeni su najnoviji istraživački izazovi usmjereni na pametne gradove i budući trendovi istraživanja u kojima postojeće metode mogu igrati značajnu ulogu [2].

Istraživački rad autora H.M.K.K.M.B. Herath, *Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review*, govori o usvajanju umjetne inteligencije u glavnim područjima pametnih gradova kao što su zdravstvo, obrazovanje, okoliš i gospodarenje otpadom, mobilnost i pametni prijevoz, poljoprivreda, upravljanje rizicima i sigurnost.

Zaključeno je da gradovi mogu imati koristi od uvođenja umjetne inteligencije u pametne gradove automatizacijom operacija, smanjenjem ljudskih pogrešaka, donošenjem učinkovitih odluka temeljenih na podacima, poboljšanjem okoliša kroz različite sustave, implementacijom novih komercijalnih mogućnosti i automatizacijom učinkovite gradske uprave. S druge strane, oni također stvaraju regulatorna pitanja poput diskriminacije u pružanju usluga, privatnosti, pravnih i etičkih razloga. Uz to, dostupnost podataka, nedostatak kvalificiranih stručnjaka, troškovi i trajanje inicijativa za umjetnu inteligenciju i visoka nezaposlenost prepoznati su kao rizici i prepreke usvajanju umjetne inteligencije u pametnim gradovima.

Gradovi su se dramatično promijenili izumom i primjenom više koncepata, poput održivih i inkluzivnih gradova. Umjetna inteligencija i internet stvari dvije su važne tehnologije koje gradove mogu pretvoriti u održive pametne gradove. U posljednje vrijeme gustoća naseljenosti u gradovima raste bržim tempom. Prema podacima UN-ovog fonda za stanovništvo, u gradovima je 2014. godine živjelo 3,3 milijarde ljudi (54%) ukupne svjetske populacije. Do 2050. godine oko 5 milijardi ljudi (68%) živjet će u gradovima. Da bi urbani način života bio ugodniji i isplativiji, grad mora biti promišljen i inteligentan. To se uglavnom postiže inteligentnim postupkom donošenja odluka pomoću tehnologija temeljenih na umjetnoj inteligenciji.

U radu je provedeno istraživanje kako se umjetna inteligencija koristi u konceptu pametnog grada. Od 2014. do 2021. godine, autori su analizirali 133 članka o zdravstvu, obrazovanju, okolišu i gospodarenju otpadom, poljoprivredi, mobilnosti i pametnom prijevozu te upravljanju rizicima i sigurnosti. Došli su do zaključka da zdravstvena zaštita ima 23% utjecaja, mobilnost 19% utjecaja, privatnost i sigurnost 11% utjecaja i energija 10% utjecaja na značajnije usvajanje umjetne inteligencije u pametnim gradovima. Otkako je epidemija pogodila gradove 2019. godine, zdravstvena industrija povećala je svoj napredak u umjetnoj inteligenciji za 60% [3].

Sljedeći rad, B. Dash, P. Sharma, *Role of Artificial Intelligence in Smart Cities for Information Gathering and Dissemination (A Review)*, ističe da bi pametni gradovi trebali koristiti tehnologije umjetne inteligencije kako bi povećale svoju učinkovitost. Osim uvođenja umjetne inteligencije, pametni gradovi moraju razviti strategije koje omogućuju korištenje tehnologije unutar brojnih funkcija razvoja općine. Takve mjere osigurati će prepoznavanje i primjenu koncepta pametnog grada u većini zemalja svijeta.

U konačnici, razvoj pametnih gradova obećava poboljšanje standardnog načina života u urbanim središtima u javnom i privatnom sektoru. Međutim, razvoj pametnih gradova zahtijeva pažljivo proučavanje tehnologije kako bi se poboljšala njihovu otpornost. Umjetna inteligencija igra vitalnu ulogu u pametnim gradovima pružajući povećanu sigurnost, pravilno gospodarenje otpadom, učinkovito korištenje energije i pametno parkiranje.

AI prikuplja inteligentne podatke pomoću instaliranih kamera i senzora s omogućenim internetom stvari. Ti se podaci zatim prosljeđuju nadležnim tijelima radi donošenja informiranih odluka. Iako neki ekolozi smatraju da je urbanizacija pogrešna, upotreba AI u urbanizaciji donosi više koristi [4].

Autor H. Dhaduk, u članku *AI For IoT: Paving the Way to a Connected and Intelligent Future*, prikazuje povezanost umjetne inteligencije i interneta stvari sa raznim prednostima korištenja umjetne inteligencije kod interneta stvari. Integracija umjetne inteligencije i interneta stvari mogla bi koristiti i pametnim gradovima i uslugama prijevoza, kao i pametnim tvornicama, zdravstvu i mnogim drugim područjima.

Integracija umjetne inteligencije i interneta stvari omogućuje analizu podataka koje generiraju uređaji povezani s internetom u stvarnom vremenu. To omogućuje bržu analizu i reagiranje na događaje jer AI može obraditi podatke sa senzora odmah nakon što ih prikupi. Analiza podataka u stvarnom vremenu uvelike poboljšava učinkovitost i produktivnost u područjima kao što su preventivno održavanje, kontrola kvalitete i optimizacija lanca opskrbe.

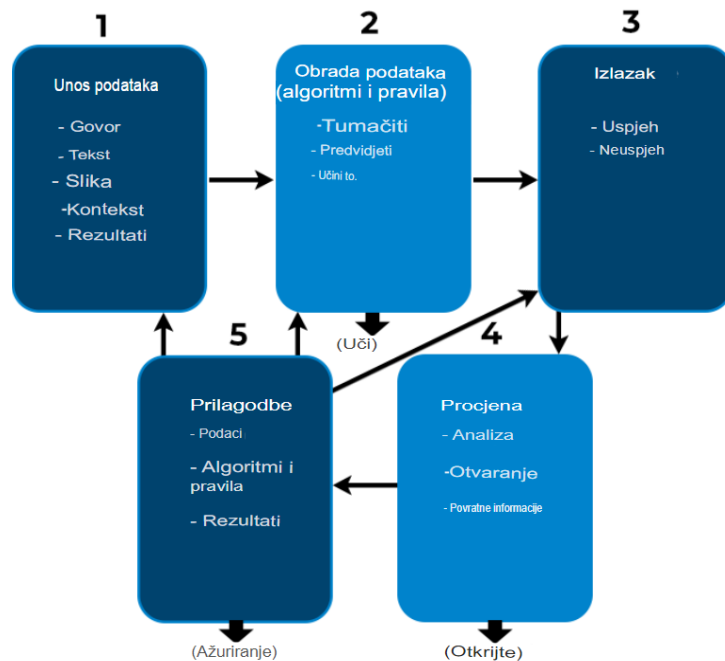
Povezivanje umjetne inteligencije s pametnim sensorima zgrada poboljšava sigurnost smanjenjem rizika od požara i poplava. Osim toga, povezivanje AI s IoT uređajima optimizira energetske učinkovitost i smanjuje operativne troškove. Također, IoT aplikacije mogu pratiti promet i koristiti podatke u stvarnom vremenu za učinkovito upravljanje prometom. Mnogi projekti zahtijevaju duboko razumijevanje prave infrastrukture za podršku procesima koji zahtijevaju velike podatke i analitiku u stvarnom vremenu [5].

### 3. Pregled mogućnosti i načina rada umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija je simulacija ljudske inteligencije u strojevima za obavljanje složenih zadataka donošenja odluka i rješavanja problema. Ovi strojevi kopiraju ljudsko ponašanje primjenjujući logiku, učeći na pogreškama i prilagođavajući se novim informacijama.

Kao interdisciplinarno područje, umjetna inteligencija integrira znanje iz matematike, računalnih znanosti, psihologije, neuroznanosti, kognitivnih znanosti, lingvistike, operativnih istraživanja i ekonomije. Koristi raznolik skup tehnika i tehnologija kao što su algoritmi pretraživanja, logičko programiranje, stabla odlučivanja i neuronske mreže za razvoj transformativnih i raznolikih aplikacija. To uključuje obradu prirodnog jezika, robotiku i korisničku uslugu.

Sustav zatim obrađuje podatke primjenom različitih pravila i algoritama, tumačenjem, predviđanjem i djelovanjem na ulazne podatke. Nakon obrade, sustav daje rezultat, tj. uspjeh ili neuspjeh u unosu podataka. Rezultat se zatim procjenjuje analizom, otkrivanjem i povratnim informacijama. Konačno, sustav koristi svoje procjene za prilagodbu ulaza, pravila i algoritama, kao i za postizanje ciljanih rezultata [6]. Ovaj se ciklus nastavlja sve dok se ne postigne željeni rezultat, kao što je prikazano na slici 1.



*Slika 1. Način rada umjetne inteligencije*

Izvor: [6]

Na primjeru razvoja sustava preventivnog održavanja u industrijskom sektoru, prikazat će se funkcioniranje umjetne inteligencije na pojedinačne korake.

Budući da AI postoji za rješavanje problema, prvi korak je utvrditi koji problem pokušavate riješiti. To često započinje temeljitom procjenom potreba koja određuje opseg i ograničenja onoga što model umjetne inteligencije treba postići. To može uključivati identificiranje specifičnih hipoteza, razumijevanje prirode podataka s kojima ćete raditi i utvrđivanje kako izgleda uspjeh u mjerljivim mjernim podacima, poput smanjenja vremena ručnog izvršavanja zadataka ili poboljšanja točnosti dijagnostičkog alata.

U ovoj se fazi često provode ankete dionika i pregledi literature o određenom području kako bi se u potpunosti razumio problem. Cilj preventivnog održavanja je identificirati rane znakove kvara opreme, čime se smanjuje vrijeme zastoja i broj lažno pozitivnih rezultata. Ciljevi, ograničenja, pretpostavke i potencijalni rizici moraju biti jasno navedeni u ovoj fazi.

U drugom koraku fokus je na pažljivoj pripremi podataka. Neuravnoteženi skupovi podataka prilagođavaju se, uklanjaju se praznine u podacima i anomalije poznate kao emisije kako bi se poboljšala pouzdanost modela i odabire se prava vrsta modela. Za preventivno održavanje prikupljaju se podaci kao što su očitavanja senzora, zapisnici i arhivski zapisi. Kvarovi senzora i drugi poremećaji moraju se otkloniti, a neuravnoteženi podaci moraju se obraditi tehnikama poput ponovnog uzorkovanja.

Sljedeći korak, pretvaranje sirovih podataka u upotrebljiv format uključuje njihovo čišćenje, što znači uklanjanje pogrešaka ili nedostajućih vrijednosti. Zatim ih pretvorite u standardni format. Zatim se vrši normalizacija u kojoj prilagođavate podatke tako da sve bude na istoj skali. Konačno, odabirete najvažnije dijelove podataka, poznate kao objekti na koje ćete se usredotočiti. Cijeli taj proces naziva se razvoj objekata [7].

U primjeru preventivnog održavanja to može uključivati provjeru koriste li se iste mjerne jedinice za sva očitavanja temperature. Također možete standardno označiti vrste strojeva i povezati očitavanja s obližnjih senzora. Takva priprema olakšava AI predviđanje kada će stroj možda trebati popraviti.

U četvrtom koraku obrade, podaci se prvo učitavaju u sustav. Zatim se stvaraju lako razumljivi vizualni elementi, poput grafikona i zaokretnih tablica, koji pomažu u otkrivanju trendova ili neobičnih trenutaka u podacima. Da bi se identificirali obrasci, anomalije i temeljne strukture u podacima, koriste se alati i tehnike poput statističke analize. U kontekstu

preventivnog održavanja, to može uključivati upotrebu raspršenih karata i toplinskih karata za analizu trendova u očitanjima senzora koji dovode do kvarova.

Peti korak, osposobiti stroj znači postaviti ga za donošenje odluka na temelju podataka. To uključuje tri glavna stila učenja: nadzirano učenje koristi podatke slične kvizu s danim odgovorima; nekontrolirano učenje daje stroju sirove podatke i omogućuje mu pronalaženje obrazaca; učenje pojačanja je igra u kojoj se stroj nagrađuje za donošenje ispravnih odluka. Za predviđanje održavanja mogu se koristiti skupovi pravila koji se nazivaju algoritmi koji omogućuju izdvajanje podataka o kvarovima hardvera iz prošlih podataka (navedenih u drugom koraku). Na taj način sustav može izdati upozorenje prije nego što se sličan kvar ponovi.

Zatim, da bismo procijenili koliko dobro funkcionira sustav ranog upozoravanja preventivnog sustava, koristimo jednostavne provjere zvane metrike. Prikazuje se kao izvještaj koji nam pokazuje koliko često sustav radi ispravno ili pogrešno. U preventivnom održavanju pažljivo postavljamo ove provjere kako bismo bili sigurni da sustav ne daje previše lažnih pozitivnih rezultata i ne propušta stvarne probleme.

Sljedeći korak uvođenja modela u stvarne scenarije zahtijeva povezivanje AI softvera s hardverom ili softverom koji se već koristi, kontinuirano praćenje rezultata i pružanje novih podataka dok se prikupljaju kako bi se osiguralo da donosi točne odluke.

U preventivnom održavanju model će biti ugrađen u industrijski sustav upravljanja kodom, a zatim će softver kontinuirano nadzirati predviđanja i performanse modela zbog nedosljednosti, upozoravajući timove stručnjaka da izvrše promjene.

Konačno, u posljednjem koraku važno je prepoznati kada je model zastario ili je neučinkovit i razviti postupke za njegovo postupno ukidanje. To uključuje redovito ispitivanje njegove učinkovitosti u skladu s utvrđenim standardima, poput mjernih podataka točnosti ili vremena odziva. To pomaže organizacijama da održe rezultate umjetne inteligencije relevantnima. Kada se dizajn sustava ažurira kao dio preventivnog održavanja, može se uvesti moderniji algoritam. Stariji modeli arhivirani su zajedno s detaljnom dokumentacijom kako bi se sačuvala njihove korisne informacije koje mogu pomoći u poboljšanju budućih algoritama ili rješavanju sličnih problema [8,9].



### **3.1. Vrste umjetne inteligencije**

Trenutno postoji mnogo otkrića i razvoja u području umjetne inteligencije, od kojih je većina kategorizirana u različite vrste. Umjetna inteligencija može se podijeliti u dvije osnovne kategorije na temelju [10]:

- sposobnosti i
- funkcionalnosti.

U nastavku će biti pojašnjene navedene vrste i njihove funkcionalnosti.

#### **3.1.1. Umjetna inteligencija temeljena na sposobnosti**

Prema sposobnostima, umjetna inteligencija se može podijeliti na tri kategorije:

- uska umjetna inteligencija,
- opća umjetna inteligencija i
- super umjetna inteligencija.

Umjetna inteligencija uskog profila, poznata i kao slaba umjetna inteligencija, koju nazivamo uskom umjetnom inteligencijom, jedina je vrsta umjetne inteligencije koja postoji do danas. Bilo koji drugi oblik AI je teoretski. Može se osposobiti za obavljanje jednog ili uskog zadatka, često mnogo brže i bolje nego što to može učiniti ljudski um. Međutim, ne može raditi izvan svog definiranog zadatka. Umjesto toga, cilja na jedan podskup kognitivnih sposobnosti i postignuća u tom spektru.

Ova vrsta umjetne inteligencije dizajnirana je za obavljanje uskog zadatka poput prepoznavanja lica, pretraživanja interneta ili upravljanja automobilom. Većina modernih AI sustava, uključujući one koji mogu igrati složene igre poput šaha, spadaju u ovu kategoriju. Djeluju u ograničenom, unaprijed definiranom rasponu ili skupu konteksta [11].

Umjetna inteligencija opće namjene je napredniji oblik umjetne inteligencije koji je sposoban učiti, razmišljati i izvršavati širok raspon zadataka na način usporediv s ljudskim. Cilj razvoja je stvoriti strojeve koji mogu obavljati višestruke funkcije i služiti ljudima u svakodnevnom životu kao realistični, intelektualno usporedivi pomagači. Međutim, to je znatno daleko od izgradnje takvog sustava.

Usvajanje opće umjetne inteligencije zahtijeva razvoj i usavršavanje temeljnih tehnologija poput superračunala, kvantnog hardvera i generirajućih AI modela poput ChatGPT-a. Kako istraživači nastavljaju pomicati granice umjetne inteligencije, izgledi za izgradnju zajedničkog AI ostaju važna prekretnica na terenu [10].

Da je ikad implementiran, super AI bi razmišljao, rasuđivao, učio, donosio prosudbe i imao kognitivne sposobnosti veće od ljudskih. Aplikacije koje koriste super AI nadići će razumijevanje ljudskih osjećaja i iskustava i iskusiti emocije, imati potrebe i posjedovati vlastita uvjerenja i želje. To predstavlja budući oblik umjetne inteligencije u kojem strojevi mogu nadmašiti ljudsku inteligenciju u svim područjima, uključujući kreativnost, opću mudrost i vještine rješavanja problema. Super inteligencija je spekulativna i još nije ostvarena [12].

### **3.1.2. Umjetna inteligencija temeljena na funkcionalnosti**

Drugi način klasificiranja sustava umjetne inteligencije temelji se na njihovoj funkcionalnosti, koja se može podijeliti u sljedeće kategorije:

- reaktivni strojevi,
- strojevi s ograničenom memorijom,
- strojevi s teorijom uma i
- samosvjesni strojevi.

Reaktivni strojevi su osnovne vrste umjetne inteligencije koje ne pohranjuju prošla iskustva ili sjećanja za buduće akcije. Takvi se strojevi orijentiraju i reagiraju na trenutne scenarije na temelju najboljih mogućih radnji [13].

Kao primjere reaktivnih strojeva moguće je navesti AI sustave koji se koriste za filtriranje neželjene pošte iz poštanskih sandučića i sustave umjetne inteligencije koji se koriste za preporuku filmova na temelju najnovijih upita za pretraživanje. Reaktivni strojevi mogu se koristiti za provođenje temeljnih autonomnih procesa. Iako su korisni u određenim područjima primjene, reaktivni strojevi imaju ograničenja. Ne dopuštaju učenje ili prilagodbu, mogu prepoznati i odgovoriti samo na određenu količinu podataka. Stoga je njihova funkcionalnost ograničena u usporedbi s onima koji su sposobni učiti i usavršavati se. Uglavnom, nisu u stanju graditi na prethodnom znanju ili izvršavati složene zadatke koji zahtijevaju obuku i prilagodbu.

Strojevi umjetne inteligencije s ograničenom memorijom, kao što i samo ime govori, koriste prošle podatke za donošenje informiranih odluka i povećanje njihove učinkovitosti tijekom vremena. Promatrajući brzinu i smjer kretanja drugih vozila, autonomni automobili mogu se orijentirati na cesti i prilagoditi se u skladu s tim. Ova vrsta umjetne inteligencije razvija se s vremenom dok uči na više podataka, što je čini naprednijom od reaktivnih strojeva.

AI s ograničenom memorijom pronašao je primjenu u raznim složenim sustavima kao što su *chatbotovi*, virtualni asistenti i obrada prirodnog jezika. Ovi sustavi pokazuju potencijal

umjetne inteligencije u učenju iz prošlih iskustava i poboljšanju svojih sposobnosti tijekom vremena nudeći fleksibilnija i prilagodljivija rješenja u usporedbi s reaktivnim strojevima [11].

Teorija uma napredna je kategorija sustava umjetne inteligencije koji se usredotočuju na razumijevanje i tumačenje ljudskog uma, uključujući emocije, uvjerenja i namjere. Ti su sustavi još uvijek u fazi istraživanja i razvoja čiji je cilj omogućiti umjetnoj inteligenciji da bolje razumije i komunicira s ljudima i drugim agentima. Na primjer, autonomni automobil koji zna za susjedovo dijete koje se igra vani nakon škole, prirodno će smanjiti brzinu prilikom vožnje susjedovim prilazom. To je nešto što osnovna umjetna inteligencija s ograničenom memorijom ne bi mogla učiniti [10].

Unatoč potencijalnim prednostima umjetne inteligencije u različitim aplikacijama, postoje problemi koje treba razmotriti. Emocionalni znakovi su vrlo složeni i AI strojevima može trebati znatna količina vremena da ih savladaju, što dovodi do potencijalnih pogrešaka tijekom faze učenja. Osim toga, nakon što tehnologija može otkriti i odgovoriti na emocionalne znakove, to bi moglo dovesti do automatizacije određenih zanimanja, što bi pokrenulo etička i socijalna pitanja.

Samosvjesna umjetna inteligencija je budućnost u kojoj će strojevi imati svoju vlastitu svijest. Ovakva vrsta AI još uvijek je teoretska i ako se ikad stvori, bit će sposoban razumjeti svoja unutarnja stanja i osobine, kao i ljudske emocije i misli. Također bi imao svoj vlastiti skup emocija, potreba i uvjerenja [12].

### **3.2. Glavne komponente umjetne inteligencije**

Danas umjetna inteligencija može obavljati širok raspon impresivnih tehničkih zadataka, često kombinirajući različite funkcije. Glavne grane odnosno komponente umjetne inteligencije koje će biti prikazane u nastavku su [14]:

- strojno učenje,
- duboko učenje,
- računalni vid,
- obrada prirodnog jezika i
- robotika.

**Strojno učenje** disciplina je umjetne inteligencije koja strojevima pruža mogućnost automatskog učenja iz podataka i prošlih iskustava, identificirajući obrasce za predviđanje uz minimalnu ljudsku intervenciju.

Tehnike strojnog učenja omogućuju računalima da rade samostalno bez eksplicitnog programiranja. Aplikacije na telefonu dobivaju nove podatke i mogu samostalno učiti, rasti, razvijati se i prilagođavati.

Strojno učenje izvlači korisne informacije iz velikih količina podataka pomoću algoritama za prepoznavanje obrazaca i učenje kroz iterativni proces. Algoritmi strojnog učenja koriste računske metode za učenje izravno iz podataka, umjesto da se oslanjaju na bilo koju unaprijed definiranu jednadžbu koja može poslužiti kao model [6].

**Duboko učenje** dio je strojnog učenja, duboki dio u kojem računala mogu raditi još autonomnije, uz manje ljudske pomoći. Niz podataka na kojima računalo uči koristi se za formiranje neuronske mreže dubokog učenja: složeni, slojeviti, ponderirani algoritam po uzoru na ljudski mozak. To znači da algoritmi dubokog učenja mogu obrađivati informacije i druge vrste podataka na nevjerojatno napredan ljudski način [15].

**Računalni vid** je sustav umjetne inteligencije koji strojevima omogućuje tumačenje i analizu vizualnih informacija iz svijeta oko sebe, poput slika i videozapisa. Ona koristi algoritme za prepoznavanje uzoraka kako bi naučila računala tumačiti i razumjeti vizualni svijet, slično načinu na koji ljudski mozak percipira vizualne informacije. Korištenjem računalnih sustava vida možemo implementirati aplikacije kao što su: prepoznavanje lica, otkrivanje objekata i praćenje slika i video analize autonomnih vozila.

Potencijal računalnog vida je ogroman, a njegove primjene kreću se od sigurnosti i nadzora do zdravstvene zaštite i zabave. Kako se tehnologija računalnog vida dalje razvija, u budućnosti možemo očekivati još inovativnije i učinkovitije aplikacije [16].

**Obrada podataka na prirodnom jeziku** (*engl. Natural language processing, NLP*) disciplina je koja ima za cilj stvoriti strojeve koji mogu manipulirati ljudskim jezikom ili podacima sličnim ljudskom jeziku na takav način da su napisani, izgovoreni i organizirani. Razvio se iz računalne lingvistike, koja koristi računalne znanosti za razumijevanje principa rada jezika, ali umjesto da razvija teorijske temelje, NLP je inženjerska disciplina koja nastoji stvoriti tehnologiju za obavljanje korisnih zadataka.

NLP se može podijeliti u dva područja koja se preklapaju: razumijevanje prirodnog jezika, koje se usredotočuje na semantičku analizu ili određivanje namjeravanog značenja teksta, i generiranje prirodnog jezika, koje se usredotočuje na strojno generiranje teksta. NLP

postoji odvojeno od prepoznavanja govora, ali se često koristi u kombinaciji s njim, koji ima za cilj raščlanjivanje govornog govora na riječi, pretvaranje zvuka u tekst i obrnuto [17].

**Robotika** je područje umjetne inteligencije koje ugrađuje sustave umjetne inteligencije u robote za autonomno izvršavanje zadataka. Integrirajući umjetnu inteligenciju u robote, oni mogu istraživati okoliš, identificirati i prepoznati predmete i rukovati njima bez ljudske intervencije. Umjetna inteligencija daje robotima sposobnosti kao što su prostorni raspored, računalni vid i kontrola pokreta, omogućujući im izvršavanje zadataka koji zahtijevaju inteligenciju i prilagodljivost. Robotika ima primjenu u raznim industrijama, uključujući proizvodnju, zdravstvo i uslužne djelatnosti. Kako se istraživanje i razvoj umjetne inteligencije dalje razvijaju, možemo očekivati sve naprednije i sposobnije robote koji mogu revolucionirati naš rad i način života [11].

## 4. Analiza koncepta pametnih gradova

Društvena vrijednost gradskog života raste iz dana u dan. U skladu s ovom povećanom vrijednošću, koncept pametnog grada također povećava svoju vrijednost. Kod koncepta pametnog grada općenito je prihvaćeno da upotreba novih tehnologija pomaže kako bi postojeći gradski život bio ugodniji i pogodniji za život. Vrhunac, u kojem se mnoge definicije koncepta pametnog grada konvergiraju je urbani razvoj vizija koja predviđa pronalaženje rješenja za postojeće probleme grada s pravom infrastrukturom koja koristi informacijsko-komunikacijske tehnologije, održive prakse, pridaju veliku važnost prirodi, odlukama koje će javni život učiniti ugodnijim, a posebno u obliku sudjelovanja javnosti.

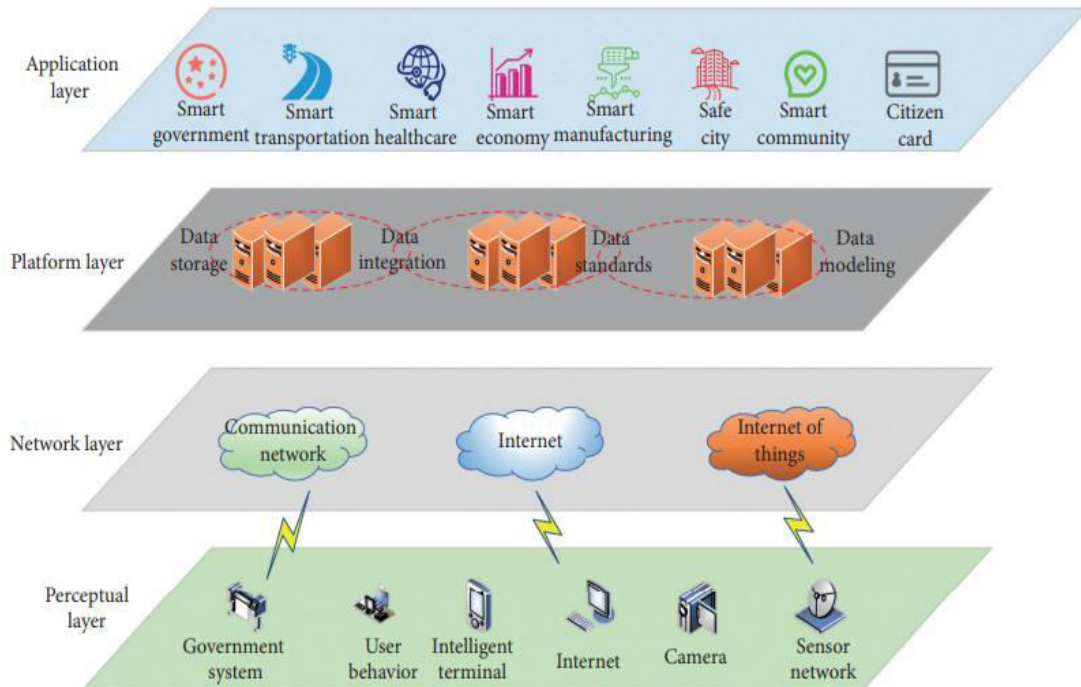
Ujedinjeni narodi predviđaju da će se do 2050. godine stanovništvo zemlje povećati na 2 milijarde ljudi. Kao rezultat toga, u sljedećih 15 godina broj velikih urbanih gradova će se povećati. Prema trenutnim statistikama, 55% svjetske populacije živi u urbanim područjima, a 45% u ruralnim područjima. Procjenjuje se da će se u sljedećih 30 godina udio gradskog stanovništva u svijetu povećati na 68%, prema istraživanjima Siemens-a [18].

Osim potencijalnog povećanja broja gradskih područja, situacija u svijetu također se brzo mijenja zbog klimatskih promjena ili ozbiljnih pandemija. Ti čimbenici dovode do razvoja velikih gradova i brojnih pripremljenih aktivnosti usmjerenih na suočavanje s takvim situacijama i tako postaju važan zadatak, poput upravljanja infrastrukturom, obrazovanjem, okolišem i stanovanjem, socijalnim uslugama i zdravstvom. Svi se ti problemi ne mogu riješiti postojećom tehnologijom, dok je rastući trend urbanizacije i digitalizacije dobio novi razvoj za urbane stanovnike. Dakle, pametni grad rješenje je za pomoć u upravljanju novim razvojem, a rast gradskih područja razlog je za stvaranje pametnog grada [19].

Dizajn arhitekture sustava pametnog grada, temeljenog na tehnologiji velikih podataka, trebao bi se graditi na postojećim gradovima primjenom ovih tehnologija u urbanu izgradnju. To će osigurati da projektirani pametni grad zadovolji potrebe građana. Arhitektura sustava obuhvaća aplikacijski sloj, sloj platforme, mrežni sloj i percepcijski sloj. Aplikacijski sloj uključuje pametnu vladu, pametni prijevoz, pametnu medicinu, pametnu ekonomiju, pametnu proizvodnju, siguran grad i pametnu zajednicu. Sloj platforme obuhvaća pohranu podataka, integraciju podataka, standarde podataka i modeliranje podataka.

Mrežni sloj uključuje komunikacijske mreže, internet i internet stvari, dok percepcijski sloj čine vladini sustavi, inteligentni terminali i nadzorne kamere. Svaki sustav mora

udovoljavati svojim standardima kako bi se osigurala visoka razina sigurnosti, praktičnosti i smanjenja troškova rada i održavanja. Arhitektura sustava pametnog grada prikazana je na slici 2.



*Slika 2. Arhitektura pametnog grada*

Izvor: [48]

Pametni grad je grad koji koristi naprednu tehnologiju i inovacije za poboljšanje učinkovitosti usluga i urbanog planiranja, smanjujući troškove i resurse koje koriste grad i ciljano stanovništvo. Ovaj idealni grad usredotočen je na dobar dizajn i sudjelovanje poslovnog sektora i stanovništva u razvoju grada prema konceptu boljeg i modernog grada u kojem će građani živjeti sretno i održivo, kao i imati dobru kvalitetu života. Pametni grad podijeljen je u nekoliko kategorija odnosno elemenata, koji su prikazani na slici 2. Navedeni elementi će biti pojedinačno objašnjeni u nastavku.



*Slika 3. Elementi pametnog grada*

#### **4.1. Pametni okoliš**

Kada su gradovi pogrešno dizajnirani ili se njihovo planiranje vrši s nepravilnostima, to uzrokuje veliku štetu prirodi. Životni prostori koji su pogrešno dizajnirani ili stvoreni s nedovoljnom infrastrukturom, štete prirodi u svakom pogledu i smanjuju kvalitetu života ljudi. Budući da ovaj ciklus nije izolirana pojava, može dovesti do nepopravljivih posljedica u obliku mogućih pogrešaka. Osobito upornost u pogrešnim praksama stvara sliku kojoj se teško vratiti. Prilikom izrade planova za pametni grad, veliku pozornost treba posvetiti stanovništvu koje grad ima ili će imati. Suvremeni urbani život područje je u kojem ljudi zadovoljavaju svoje potrebe, kako u ekonomskom tako i u društvenom smislu i to je glavno mjesto koje treba zaštititi u smislu ravnoteže između čovjeka i prirode.

Usklađenost s okolišem smanjenje onečišćenja zraka, razvoj obnovljivih izvora energije, pametnih mreža i brojila, ekološki prihvatljivih zgrada, inteligentnih sustava rasvjete i vodoopskrbe, ekološki prihvatljivih goriva, vozila, biciklističke staze i glavna područja (škola, bolnica, tržnica, park itd.) moraju biti unutar pješačke udaljenosti. Danas su veliki trgovački centri i mjesta okupljanja izvan grada, to su uglavnom područja u kojima ljudi koriste svoja vozila za kretanje i gdje postoji visoka razina emisija stakleničkih plinova.

Potrošnju krutih goriva treba svesti na najmanju moguću mjeru, a na obnovljive izvore treba obratiti posebnu pozornost. Što se tiče racionalnog korištenja resursa, kao glavni argument



potrebno je osmisliti područja do kojih ljudi mogu doći pješice ili biciklom. Za mjesta gdje to nije moguće, ako se to učini, tada bi glavni cilj trebao biti usmjeravanje ljudi prema javnom prijevozu. Što se tiče javnih vozila treba ih tretirati selektivno, a željeznički sustavi koji uzrokuju veću štetu prirode, treba koristiti što je duže moguće [20].

## **4.2. Pametno upravljanje**

Pametno upravljanje je intelektualna javna uprava u kojoj sudjelovanje javnosti u donošenju odluka i transparentnosti djelovanja, kao i kvaliteta i dostupnost javnih usluga i njihovo poboljšanje je od najveće važnosti zahvaljujući korištenju inteligentnih tehnologija.

Kao i u bilo kojem drugom području, potreban je model zasnovan na upravljanju kako bi uprava imala zdravu strukturu i u urbanim sredinama. Upravljanje je najperspektivniji element upravljanja u smislu suvremenog društvenog života, gdje se spajaju zajednički pogledi i interesi. Zahvaljujući demokratskoj strukturi s mnogo sudionika, odluke se donose u obliku koji se može brže donijeti i na taj način internalizirati. Istodobno, pluralistička i tolerantna struktura predviđena sustavom upravljanja jača demokratske tradicije. Kao glavni subjekti upravljanja izdvajaju se vlada, regionalni i lokalni organi vlasti, građani, organizacije privatnog sektora, nevladine organizacije, sveučilišta, velike međunarodne tvrtke i udruženja.

Danas otvorena i odgovorna društva koja često vidimo u socioekonomski razvijenim gradovima imaju mnogo više motivacije u smislu stvaranja pametnih gradova. Pored toga, još jedno vrlo važno pitanje je da građani doprinose inovacijama i inicijativama koje se planiraju provesti prema vlastitim željama. Sudjelovanje u odlukama koje donose stanovnici grada oblikuje građansku svijest, a ta svijest stvara osjećaj pripadnosti kod ljudi. To je snažna svijest i emocije koje nastaju, prave put i ubrzavaju razvoj gradova [18].

## **4.3. Pametna mobilnost**

Pametna mobilnost se odnosi na dostupnost grada na nacionalnoj i međunarodnoj razini, kao i korištenje informacijsko-komunikacijske tehnologije koje mogu učiniti prometne tokove učinkovitijima i transportne sustave održivijima, inovativnijima i sigurnijima i u gradu i izvan njega. Može se reći da su se prve prakse koncepta pametnog grada razvile na temelju ekološke svijesti.

Nije pogrešno tvrditi da su početni temelji koncepta pametnog grada postavljeni na stvaranje čistog okoliša, ne zanemarujući aplikacije koje mogu nanijeti manje štete okolišu i dosegnuti populacije u nepovoljnom položaju. Mobilnost, odnosno mobilnost vozila, posebno

iskorištavajući mogućnosti interneta stvari koje pruža tehnologija, usmjereno je na pronalaženje rješenja za probleme prometa i onečišćenja zraka. Posebnu pozornost treba posvetiti ekološkim rješenjima koja ne koriste kruta goriva, s naglaskom na mješovite transportne modele.

Zahvaljujući potrebnim senzorima i mrežnoj infrastrukturi, vozači i putnici dobivaju informacije o prometu u stvarnom vremenu, pružajući veliku praktičnost i uštedu energije. Prema tome razne usluge kao: integrirani sustavi plaćanja u javnom prijevozu, mjerenje gustoće prometa, pametno raskrižje, pametno zaustavljanje i pametni sustavi parkiranja, trebali bi biti potreba za održivim, inovativnim i sigurnim transportnim sustavima podržani inovativnim tehnologijama, te se moraju poduzeti koraci usmjereni na budućnost [21].

#### **4.4. Pametna ekonomija**

Gradovi su u središtu gospodarske aktivnosti. Što se tiče dinamičnosti, gradovi predstavljaju najekonomičniji element života. Financijske mogućnosti grada igraju vodeću ulogu u smislu razvoja. S druge strane, za uspješan razvoj gradova vrlo je važno da grad privuče pozornost s ekonomskog stajališta. Globalizirajući ekonomski parametri otvaraju mogućnosti za razvoj gradova koji se mogu prilagoditi međunarodnim tržištima i biti konkurentni na tim platformama.

U ovoj fazi potrebno je otkriti duh urbanih inovacija i poduzetništva. Poduzetnike treba podržati i poticati na preuzimanje rizika. Potrebno je mobilizirati sva raspoloživa sredstva za održivi razvoj gradova koji potiču gospodarski rast. Na mnogo načina ekonomski parametri izravno utječu na kapital i infrastrukturu potrebnu gradu. Plan pametnog grada trebao bi uzeti u obzir ekonomske vrijednosti u smislu održivosti, uzimajući u obzir nacionalnu i međunarodnu stvarnost. Kompetentno gradsko upravljanje uklonit će prepreke povećanju produktivnosti i učinkovitosti i stvoriti uvjete potrebne za fleksibilno tržište rada.

Pored toga, potrebno je zaštititi ekonomski imidž grada i njegove zaštitne znakove, stvoriti projekte i stvoriti potrebne poticaje za napredak. Da bi se procijenile mogućnosti, inovacije se moraju stalno podržavati, a poduzetnicima se mora pružiti financijska i moralna podrška. Gradovi koji se pretvaraju u globalno zajedničko tržište moraju biti otvoreni za lokalnu i globalnu suradnju i koordinaciju [20].

#### **4.5. Pametno življenje**

Gradovi su područja u kojima živi većina stanovništva. Gradski život zauzima vrlo važno mjesto u smislu ove velike mase ljudi. Koncept pametnog života temelji se na pristupima

i praksama usmjerenim na poboljšanje kvalitete života ljudi koji žive u gradu. U ovom trenutku sve što se pokuša učiniti je osigurati zdrav i ugodan život stanovnicima grada. Unutar ovog područja procjenjuje se poboljšanje dobrobiti ljudi koji žive u gradu putem informacijsko-komunikacije tehnologije u područjima kao što su obrazovanje, kultura, društveni život, stanovanje, sigurnost, zapošljavanje i zdravstvena zaštita, poboljšanjem njihove kvalitete života i razvoj zona udobnosti.

Kako bi se osigurala javna sigurnost u gradovima, upravljanje katastrofama i hitnim slučajevima, vatrogasci i medicinske službe osigurali bi kontinuitet sličnih vitalnih urbanih funkcija, kao što su: senzori, kamere, glasovni sustavi i druge tehnologije koje se moraju procijeniti na optimalnoj razini. Stanovnici grada moraju imati objekte do kojih se može hodati ili biti u blizini svog područja. Pored toga, obrazovne i zdravstvene mogućnosti trebale bi biti dostupne u smislu urbane mobilnosti.

Kvaliteta izgrađenih domova mora biti prioritet u svakom pogledu i mora biti čvrsta i spremna za moguće prirodne katastrofe. Tehnologija, senzori i kamere potrebni za sigurnost grada moraju biti postavljeni na kritična mjesta i trebaju biti uspostavljeni timovi za hitne slučajeve. Što se tiče turizma, treba voditi računa o imidžu grada, kako bi bio zanimljiv i drugima [20].

Pametni život ima za cilj poboljšati kvalitetu života stanovnika i posjetitelja primjenom sveobuhvatnog strateškog pristupa za sve dobne skupine i demografske skupine. Poboljšanje životnih uvjeta i optimizacija upravljanja životnim okolišem dva su aspekta koja se moraju zajednički riješiti kako bi se maksimizirale koristi za općinske vlasti i dionike.

Također, ima za cilj poboljšati socijalnu i digitalnu integraciju (npr. korištenje elektroničkih usluga, internetske veze i društvenih platformi), poboljšati zdravstvenu zaštitu i njegu starijih osoba (npr. e-zdravlje, okoliš), sigurnost, stanovanje i pametne zgrade. Nove metodologije građanske i socijalne interakcije, kao i nove tehnologije (npr. Internet stvari koji se temelji na WiFi ili LPWAN tehnologiji) koriste se za poboljšanje pristupačnosti i iskustva građana u svim prioritetnim područjima [49].

#### **4.6. Pametni ljudi**

Najvažnija komponenta urbanog života je društvo. Urbani mentalitet razvijenih društava pluralistički je i tolerantan unutar društvene strukture. Raznolikost i svestranost svjedoče o

bogatstvu ovih zajednica. Primjećuje se demokratska struktura koja poštuje suprotstavljene stavove i naglašava etnički pluralizam.

Istodobno, to je struktura u razvoju u kojoj građani pridaju veliku važnost konceptima cjeloživotnog kontinuiranog učenja i obrazovanja. Moderne urbane zajednice, gdje je učenje kontinuirano u svakom pogledu, imaju dovoljno pripremljenosti i iskustva u mnogim predmetima. Koncept je također pristup koji se temelji na društvenom i ljudskom kapitalu, a naziva se i pametnim građanima ili pametnim ljudima unutar koncepta pametnog grada.

Pametna osoba je društvo koje se sastoji od ljudi koji se odlikuju tolerancijom, fleksibilnošću, kreativnošću, otvorenošću pogleda i uključeni su u društveni život s ciljem postizanja dovoljne i kvalitetne razine ljudskog i društvenog kapitala. Produktivno i kreativno društvo moguće je samo kroz kontinuirano obrazovanje [21].

Stvaranje pametnog grada temelji se na konceptima inovacija, tehnologije, održivosti i pristupačnosti koji omogućuju gospodarski napredak, kao i veću kvalitetu života. To otvara beskrajne mogućnosti za poboljšanje učinkovitosti javnog i privatnog upravljanja. Demokratizacija tehnologije dovela je do toga da su ljudi mnogo zahtjevniji i informiraniji. Pojavom novih tehnologija, posebno interneta stvari, pojavljuju se novi poslovni modeli za stvaranje rješenja koja poboljšavaju kvalitetu života građana. Od optimizacije ruta javnog prijevoza do korištenja pametnih kanti za praćenje smeća.

Pametni ljudi imaju za cilj promijeniti način na koji građani komuniciraju putem informacija ili pružanja usluga s javnim i privatnim sektorom, kako od strane pojedinaca, tako i od strane poduzeća. Pružanje socijalne i digitalne integracije odnosno digitalne jednakosti kroz obrazovne ponude važan je preduvjet za učinkovitije pružanje informacija i usluga temeljenih na novim tehnologijama.

Zatim, pametni ljudi su pametni oblici učenja koji olakšavaju odabir karijere, mogućnosti na tržištu rada, osposobljavanja za posao, kao i cjeloživotno učenje za sve dobne skupine i demografske skupine. Razvoj talenata također je važan aspekt u smislu gospodarskog razvoja, jer faktor lokacije postaje sve važniji. Rješenja pametnih ljudi promiču pristupačno i inkluzivno okruženje za poboljšanje dobrobiti i inovacije u gradu ili zajednici. Sudjelovanje, otvorenost i kreativnost neki su aspekti koji su omogućeni primjenom inteligentnih rješenja [49].

## 5. Primjena umjetne inteligencije u pametnim gradovima

Iako se umjetnoj inteligenciji pridaje minimalna pažnja u javnom sektoru, postoji trend povećanog raspona pažnje, o čemu svjedoči sve veći broj AI studija i tehničkih izvještaja. U tim su studijama brojne vladine agencije naglasile prednosti primjene umjetne inteligencije u javnom sektoru, što pokazuje da ogroman potencijal umjetne inteligencije ometaju tehnička, organizacijska i politička pitanja. Ranije su istraživači u praksi pokazali ključnu ulogu umjetne inteligencije u racionalnim procesima donošenja odluka koji grad čine pametnim i doprinose kvaliteti života. Upravljanje umjetnom inteligencijom omogućuje gradovima da zajedno stvaraju pametne usluge koje nijedan grad ne može pružiti sam. Inteligentno upravljanje u pametnim gradovima potiče prikupljanje podataka sa senzora i iz drugih izvora kako bi se poboljšalo upravljanje sigurnošću u gradovima.

Umjetna inteligencija u pametnim gradovima postala je ključni aspekt gradova koji se suočavaju s ozbiljnim izazovima kao što su afirmacija društvene prisutnosti, održivost, javno zdravlje i sigurnost, prosperitet i pametno donošenje odluka. Kad se gradovi suoče s takvim izazovima, uvode različite koncepte kako bi svoje gradove pretvorili u pametne [22].

U gradovima se proizvodi velika količina podataka zbog prevencije javnog prijevoza, općinskih poreza, policijskih izvještaja, senzora za ceste i meteoroloških stanica. Ovakve podatke treba prikupiti i procijeniti kako bi se dobili rezultati koji se mogu koristiti za poboljšanje grada. Ali u sirovom obliku, to je mnogo više informacija nego što bi se itko mogao nadati da će vidjeti, protumačiti ili cijeliti.

U ovoj fazi dolazi do umjetne inteligencije. Umjetna inteligencija može obraditi ogromne količine podataka iz različitih izvora, omogućujući informacije koje se mogu koristiti za poboljšanje učinkovitosti općinskih operacija uz smanjenje povezanih troškova. Zbog nedostatka informacija u stvarnom vremenu, značajan dio gradske javne infrastrukture u bilo kojem trenutku je nedovoljno iskorišten, pretjeran ili neučinkovit [23].

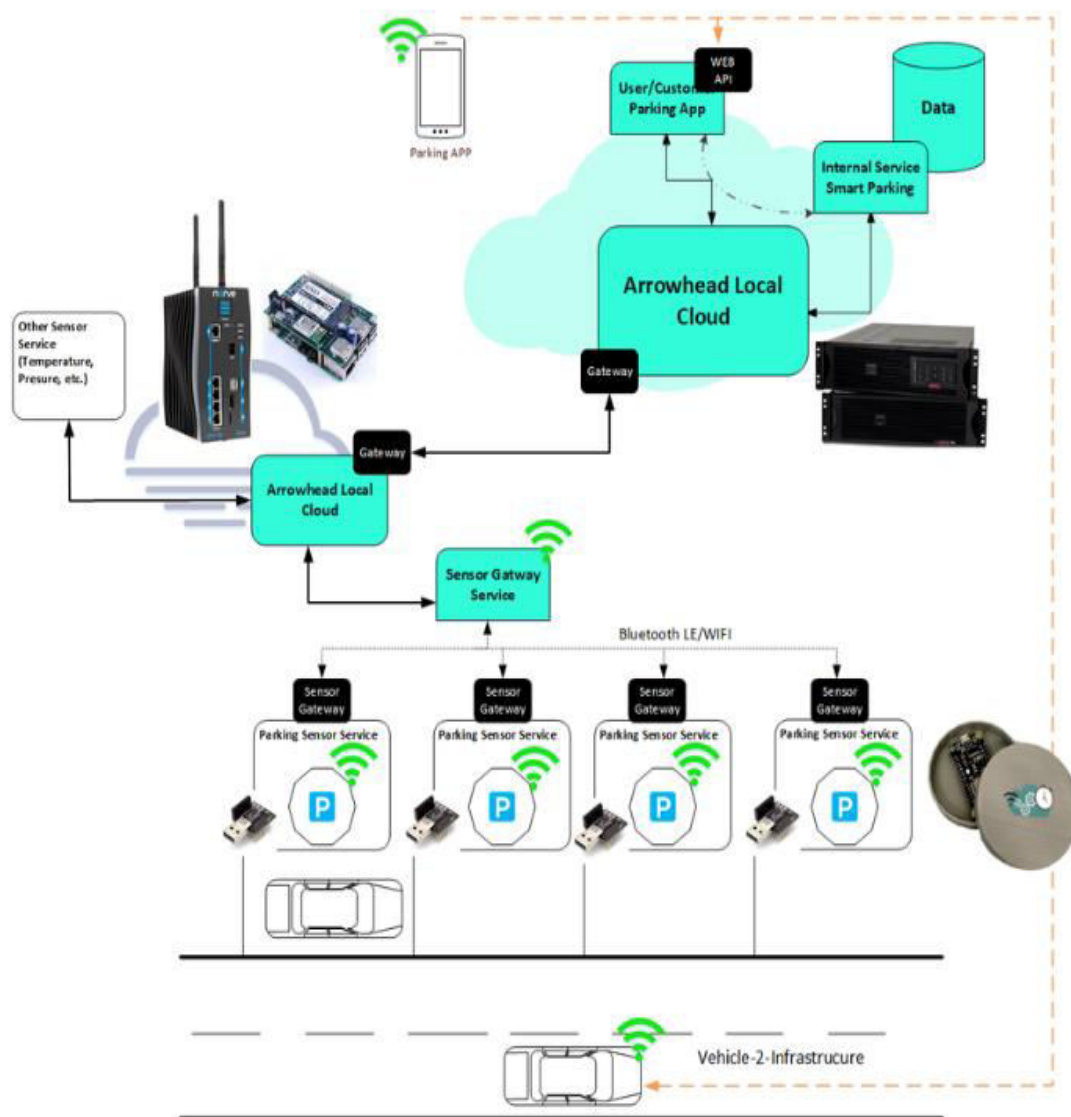
Sustavi pametnog grada temeljeni na umjetnoj inteligenciji mogu prikupljati i analizirati podatke iz širokog spektra komunalnih usluga. Usluge za pametni grad temelje se na šest spomenutih glavnih elemenata. U nastavku će se prikazati i analizirati najznačajnije informacijsko-komunikacijske usluge temeljene na umjetnoj inteligenciji u domeni pametnih gradova.

## 5.1. Mogućnosti primjene AI u uslugama parkiranja

Dobar dio dnevnog vremena putovanja često se troši na težak i dugotrajan zadatak pronalaska parkirnog mjesta, što mnogima često stvara frustraciju. Međutim, s pojavom umjetne inteligencije, inteligentno upravljanje parkiranjem doživjelo je revolucionarne promjene. Rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji pojednostavljaju cjelokupni proces parkiranja, čineći ga praktičnijim, učinkovitijim i održivijim kako za operatore parkiranja, tako i za upravitelje objekata i korisnike.

Pametno parkiranje metoda je korištenja informacijsko-komunikacijske tehnologije koja pomaže vozačima da učinkovitije pronađu odgovarajuća parkirna mjesta. Pametno parkiranje omogućit će: otkrivanje zagušenja vozila u stvarnom vremenu, usmjeravanje stanovnika i posjetitelja na pristupačno parkiralište te promicanje slobodnijeg prometa u gradu. Pametno parkiranje koristi senzore i kamere u kombinaciji sa softverom za informiranje korisnika o slobodnim parkirnim mjestima u određenom području. U većini slučajeva ljudi također mogu izravno rezervirati mjesto i platiti ga pomoću aplikacije.

Princip rada pametnog parkiranja je da senzor otkriva je li automobil na parkirnom mjestu ili nije. To može biti senzor blizine ili često i kamera. Prednost korištenja kamere je u tome što se pomoću nje može vidjeti širi prostor. S druge strane, ako okoliš nije idealan za jednog od njih, na primjer, ako vam drveće ili predmeti stoje na putu, tada mogu postati prilično skupi u usporedbi sa senzorima. Nakon što senzor otkrije promjenu (slobodno parkirno mjesto ili ne) na parkirnom mjestu, šalje poruku u oblak davatelja usluga. Nakon toga korisnik dobiva obavijest o dostupnosti slobodnog parkirnog mjesta i dobiva upute do njega. Kad korisnik napusti mjesto, postupak se ponavlja i drugi ljudi dobivaju obavijest. Pametni sustavi parkiranja mogu biti izvrsna prilika za poboljšanje trenutnih prometnih procesa u gradovima [24]. Arhitektura rada pametnog parkiranja prikazana je na slici 4.



*Slika 4. Arhitektura pametnog parkiranja*

Izvor: [48]

Jedan od glavnih načina na koji umjetna inteligencija optimizira inteligentno upravljanje parkiranjem je poboljšana raspodjela parkirnih mjesta. Tradicionalni sustavi parkiranja često se temelje na fiksnom rasporedu i ograničenoj količini podataka, što rezultira neučinkovitim korištenjem resursa za parkiranje. Umjetna inteligencija, s druge strane, koristi podatke u stvarnom vremenu senzora, kamera i mobilnih aplikacija kako bi osigurala dinamičnu raspodjelu parkirnih mjesta. Uz pomoć algoritama strojnog učenja, AI može pomoći vozačima da brzo pronađu slobodna parkirna mjesta pomoću mobilnih aplikacija, štedeći ih od toga da moraju beskrajno obilaziti blok u potrazi za mjestom. To poboljšava cjelokupno iskustvo parkiranja i doprinosi smanjenju emisija i potrošnje goriva, pridonoseći održivosti okoliša.

Također, AI može predvidjeti potražnju za parkiranjem na temelju prikupljenih podataka i pomoći vlasnicima parkirnih mjesta u postavljanju dinamičnih cijena. Na primjer, tijekom vršnih sati, AI može naplatiti višu cijenu za ista parkirna mjesta. Vlasnici parkirnih mjesta mogu maksimizirati prihod i bolje iskoristiti prostor.

Inteligentni sustavi parkiranja kojima upravlja AI nude više od praktičnosti, također doprinose uštedi troškova i učinkovitom održavanju. Stalnim praćenjem infrastrukture za parkiranje, AI može predvidjeti kada bi oprema, poput šaltera karata ili terminala za plaćanje, mogla propasti. Identificiranjem problema prije nego što postanu ozbiljni, timovi za održavanje mogu ih odmah riješiti, smanjujući vrijeme zastoja i štedeći troškove popravka.

Sustavi rasvjete i ventilacije mogu se optimizirati umjetnom inteligencijom na temelju podataka o zauzetosti u stvarnom vremenu. Kada su parkirna mjesta prazna, umjetna inteligencija može prigušiti osvjetljenje ili smanjiti ventilaciju, štedeći energiju i smanjujući operativne troškove. S vremenom ove male prilagodbe postaju ekonomičnije i ekološki prihvatljivije. Uvidi pruženi umjetnom inteligencijom mogu pomoći upravi parkirališta u donošenju informiranih odluka o cijenama, osiguravajući da su cijene konkurentne i odražavaju potražnju, što u konačnici koristi i operaterima i korisnicima.

Umjetna inteligencija također igra presudnu ulogu u poboljšanju sigurnosti parkirališta. Nadzorne kamere opremljene umjetnom inteligencijom mogu otkriti neobične ili sumnjive aktivnosti, upozoravajući sigurnosno osoblje u stvarnom vremenu. Ovaj proaktivni pristup pomaže u sprječavanju potencijalnih kriminalnih aktivnosti i osigurava sigurnost korisnika i njihovih vozila.

Zaključno, umjetna inteligencija može pomoći u sprječavanju nesreća praćenjem potencijalnih opasnosti na parkiralištima. Na primjer, senzori temeljeni na umjetnoj inteligenciji mogu otkriti skliske površine ili prepreke u prometnim trakama i odmah obavijestiti osoblje o problemima koji se pojave. Održavanjem sigurnog okruženja, operateri parkiranja mogu smanjiti rizike odgovornosti i povećati povjerenje korisnika [25].

Integriranje umjetne inteligencije u inteligentno upravljanje parkiranjem mijenja ljudsku percepciju i interakciju s parkirnim mjestima. Kako potražnja za parkirnim mjestima raste, rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji otvaraju obećavajući put do ugodnijeg, učinkovitijeg i sigurnijeg parkiranja za sve.



Ovakav sustav ima brojne potencijalne slučajeve upotrebe za gradove i privatne vlasnike. S druge strane, još se ne primjenjuju u velikoj mjeri. To može biti zbog nekih od sljedećih nedostataka: Početni troškovi instaliranja pametnog sustava parkiranja mogu biti prilično značajni. Mnogo je čimbenika koji utječu na cijenu, a može biti čak i teško procijeniti točnu količinu, posebno u vrlo zahtjevnim područjima. Jedan od problema u gradovima su objekti koji se nalaze na ulici ili blizu nje, što sensorima otežava prepoznavanje parkirnih mjesta. Kao rezultat toga, potrebno je instalirati više kamera ili senzora, što će povećati troškove instalacije.

Drugi nedostatak može biti poteškoća u dobivanju dozvole od lokalnih vlasti. Ako privatna tvrtka želi implementirati pametni sustav parkiranja u gradu, mora dobiti odobrenje lokalne uprave. Ponekad to možda neće biti moguće, a drugi put može potrajati dugo dok se ne donese Odluka. Održavanje i popravci važni su za pametne sustave parkiranja jer mogu neispravno raditi zbog brojnih problema. Senzori se mogu oštetiti, lišće ili prljavština mogu blokirati kameru ili postoje problemi sa softverom. Sve to zahtijeva redovito održavanje, što može postati skupo [24].

Sve u svemu, ti su troškovi i dalje vjerojatno jeftiniji od tradicionalnih sustava parkirnih mjesta. Posljednji nedostatak može biti korištenje aplikacije za rezervaciju parkirnog mjesta. Nekim korisnicima može biti teško rezervirati mjesto pomoću platforme jer se to razlikuje od uobičajenog postupka. Stoga je dizajn prilagođen korisniku važan aspekt pametnog rješenja za parkiranje.

## **5.2. Mogućnosti primjene AI kod semaforizacije**

Umjetna inteligencija u semaforima osmišljena je kako bi pomogla optimizirati sustave prebacivanja semafora i prometne tokove. Trenutno se na mnogim semaforima još uvijek koristi klasični program koji određuje standardno vrijeme prebacivanja semafora. Neki semafori opremljeni su indukcijskim krugom ili kamerom. Takvi semafori ugrađeni su u shemu semafora samo kada je to potrebno. Ali takvo je programiranje još uvijek daleko. Iako se semafori već mogu reprogramirati pomoću upravljačkih sustava, umjetna inteligencija može koristiti logičke izračune kako bi pogledala u budućnost i učinila putovanje automobilom ugodnijim u budućnosti.

Ključ za optimizaciju protoka prometa je analiza i korekcija upravljanja semaforima. Princip rada sustava lako je objasniti. Umjetna inteligencija na semaforima koristi senzore,

kamere ili druge uređaje za otkrivanje kako bi prikupila informacije o trenutnoj prometnoj situaciji. Ti podaci mogu uključivati broj i vrstu vozila, brzinu kojom se kreću, smjer kretanja i gustoću prometa. Tako prikupljeni podaci o prometu zatim se šalju u središnju procesorsku jedinicu, gdje algoritmi umjetne inteligencije analiziraju te podatke kako bi odredili obrasce prometa kao i njegove trendove. Ti se podaci zatim koriste kao osnova za ispravljanje različitih načina rada semafora. Takve prilagodbe mogu uključivati produljenje ili skraćivanje faza zelenog svjetla za određene smjerove putovanja, a također mogu učiniti faze semafora koordiniranjima.

Cilj je dakle optimizirati protok prometa, a to bi se u budućnosti moglo izračunati i u stvarnom vremenu. To znači da nitko neće stajati na crvenom semaforu kada nema prometa na drugim cestama u istom scenariju. Umjetna inteligencija na semaforima također može komunicirati s vozilima i drugim sudionicima u prometu radi razmjene informacija o trenutnoj prometnoj situaciji. Ti se podaci mogu koristiti za daljnju optimizaciju protoka prometa i pružanje informacija vozilima o nadolazećim promjenama semafora ili zagušenjima. To će također pružiti prednosti u planiranju ruta u budućnosti.

Vozilo za sve (*engl. Vehicle-to-Everything*), predstavlja sustav bežične komunikacije, koja okuplja vozila, putnu infrastrukturu i druge sudionike u prometu. Komunikacija između vozila također može biti važna komponenta umjetne inteligencije na semaforima ako su semafori uključeni u mrežni sustav. Tada se, na primjer, u kompatibilnim vozilima može prikazati trajanje crvenog svjetla.

Korištenjem umjetne inteligencije na semaforima i uspostavljanjem interakcije s odgovarajućim vozilima mogu se izbjeći prometne gužve i poboljšati protok prometa. Inteligentna kontrola načina rada semafora pomaže smanjiti nepotrebno vrijeme čekanja na raskrižjima. To omogućuje vozilima da se brže i učinkovitije snalaze u protoku automobila, što zauzvrat štedi vrijeme i gorivo i na taj način štiti ne samo okoliš, već i novac.

Jedna od najvažnijih prednosti korištenja umjetne inteligencije u semaforima je smanjenje utjecaja na okoliš. Optimizirani protok prometa i skraćeno vrijeme čekanja na semaforima smanjuju potrošnju goriva, dovode do nižih emisija štetnih plinova i stoga doprinose zaštiti okoliša [26, 27].

### 5.3. Mogućnosti primjene AI kod ulične rasvjete

Pametna ulična svjetiljka je uređaj za javnu rasvjetu koji uključuje tehnologije kao što su kamere, fotoćelije osjetljive na svjetlost i drugi senzori za pružanje funkcija praćenja u stvarnom vremenu. Također se naziva adaptivna rasvjeta ili pametna ulična rasvjeta, ova vrsta rasvjetnog sustava prepoznata je kao značajan korak u razvoju pametnih gradova. Osim što će gradovima omogućiti da osiguraju dovoljno ulične rasvjete za lokalne uvjete, instaliranje pametne rasvjete pomoći će povećati zadovoljstvo građana u pogledu sigurnosti, a općinama će omogućiti značajne uštede u potrošnji energije i održavanju rasvjetnih sustava. Osim toga, vanjska rasvjetna infrastruktura poslužit će kao osnova za niz aplikacija internet svega (*engl. Internet of Everything, IoE*), kao što su praćenje vremena, zagađenja i prometa.

Tehnologija koja stoji iza pametnih uličnih svjetala može se razlikovati ovisno o njihovim značajkama i zahtjevima, ali obično uključuje kombinaciju kamera i senzora. Kada se implementiraju u standardna ulična svjetla, ovi uređaji mogu detektirati kretanje, što omogućuje dinamičko osvjetljenje i zatamnjenje. Također omogućuje susjednim svjetilkama da međusobno komuniciraju. Kada se otkrije pješak ili automobil, sva okolna svjetla će svijetliti jače sve dok se promet više ne registrira [28].

Uvođenje umjetne inteligencije u javna ulična svjetla moglo bi dovesti do nekoliko prednosti, poput energetske učinkovitosti, poboljšane sigurnosti i smanjenih troškova održavanja. Evo konceptualnog plana kako se AI može integrirati u javna ulična svjetla:

Instaliranje pametnih senzora na ulična svjetla kako bi se otkrili različiti parametri kao što su intenzitet osvjetljenja, kretanje, temperatura i vlaga. Ovi senzori pružaju podatke u stvarnom vremenu o okolišu koji okružuje ulične svjetiljke. Korištenje algoritama umjetne inteligencije za prikupljanje i obradu podataka dobivenih od senzora. Algoritmi strojnog učenja mogu analizirati obrasce u podacima kako bi razumjeli protok prometa, aktivnost pješaka i uvjete okoliša.

Umjetna inteligencija može dinamički prilagoditi svjetlinu uličnih svjetala na temelju uvjeta u stvarnom vremenu. Na primjer, osvjetljenje se može prigušiti tijekom razdoblja slabe aktivnosti radi uštede energije, a zatim pojačati kada se otkrije kretanje ili se vidljivost smanji zbog vremenskih uvjeta. AI koristi preventivno održavanje kada ulična svjetla mogu otkazati ili zahtijevati održavanje. Analizom povijesnih podataka i mjernih podataka o performansama,

AI algoritmi mogu predvidjeti potencijalne probleme i unaprijed planirati održavanje, smanjujući vrijeme zastoja i troškove održavanja.

Ulična svjetla temeljena na umjetnoj inteligenciji mogu olakšati kontrolu prometa dinamičkim ispravljanjem prometnih signala na temelju obrazaca prometa koje detektiraju senzori. To može pomoći u optimizaciji protoka prometa i smanjenju zagušenja. Umjetna inteligencija može poboljšati sigurnost otkrivanjem i upozoravanjem vlasti na neobične događaje poput nesreća, neovlaštenih radnji ili hitnih slučajeva. Ugrađene kamere i algoritmi umjetne inteligencije mogu prepoznati obrasce povezane s takvim događajima i pokrenuti odgovarajući odgovor.

Implementacija centraliziranog sustava daljinskog nadzora i upravljanja uličnim svjetlima omogućuje vlastima da učinkovito upravljaju cjelokupnom rasvjetnom infrastrukturom, izvrše potrebne prilagodbe i brzo odgovore na sve probleme koji se pojave. Optimiziranjem rasporeda osvjetljenja i razine svjetline, ulična svjetla s omogućenom umjetnom inteligencijom mogu značajno smanjiti potrošnju energije i operativne troškove tijekom vremena. To ne samo da koristi okolišu, već dovodi i do uštede troškova za općine.

Ulična svjetla temeljena na umjetnoj inteligenciji mogu se integrirati s drugim inicijativama pametnog grada, poput sustava javnog prijevoza, gospodarenja otpadom i hitnih službi, kako bi se stvorilo međusobno povezano i učinkovitije urbano okruženje. Važno je uzeti u obzir zabrinutost zbog privatnosti koja se odnosi na korištenje umjetne inteligencije i senzora na javnim mjestima. Provođenjem snažne sigurnosne mjere kako bi se zaštitili podaci prikupljeni sensorima i osigurali poštivanje pravila o privatnosti [29].

Unatoč dugoročnoj vrijednosti nadogradnje rasvjetnih mreža, postoji nekoliko izazova. Iako pametne ulične svjetiljke s vremenom štede novac, početno ulaganje je značajno. Troškovi ulične rasvjete mogu predstavljati više od 40% troškova električne energije u gradu, iako prelazak s halogenih na osnovne LED proizvode trenutno uštede do 80%. Osim toga, postoji mnogo aplikacija i tehnoloških platformi, pa odabir pravih može biti izazov.

Nedostatak zajedničkih standarda u svim mrežama također stvara probleme. Druga prepreka je nedostatak svijesti potrošača o funkcijama i prednostima pametnih uličnih svjetala. Također, primjena pametnih uličnih svjetala zahtijeva poštivanje saveznih komunalnih propisa [28].

## 5.4. Mogućnosti primjene AI kod brojila električne energije

Za mjerenje potrošnje električne energije u svakom domu, komunalije već dugo koriste brojila. Ovi uređaji bilježe količinu potrošene energije u svakom domu kako bi komunalne službe mogle naplaćivati svojim korisnicima. Da biste dobili točne podatke o potrošnji, komunalna služba mora poslati čitače brojila u vaš dom kako bi potvrdila vašu potrošnju energije svakog mjeseca.

Pametno brojilo vrlo je slično tradicionalnom brojilu u domovima po tome što mjeri i bilježi podatke o potrošnji energije. Međutim, pametno brojilo razlikuje se po tome što je digitalni uređaj koji može daljinski komunicirati s komunalnim uslugama. Poslat će podatke o potrošnji odgovarajućem komunalnom poduzeću svakih 15 minuta do jednog sata i eliminirati potrebu za čitačem brojila. Osim što izvještava o potrošnji energije, pametno brojilo može odmah obavijestiti komunalnu službu o nestanku struje u određenom području. Može brzo poslati ljude da poprave situaciju i obnove opskrbu električnom energijom što je prije moguće. Nakon što se sve vrati u normalu, pametno brojilo obavijestit će komunalnu službu o promjeni [30].

Osim dobivanja očitavanja brojila, operater također mora riješiti probleme održavanja. Na primjer, mjerači plina i vode rade na baterije i s vremenom će se isprazniti. Tradicionalni pristup je povremena provjera brojila i nakon što prestane raditi, zamjena na licu mjesta. Umjesto toga, inovativni pristup temeljen na umjetnoj inteligenciji koristi podatke koje mjerač šalje centru za obavljanje onoga što je poznato kao preventivno održavanje. U osnovi predviđa kada će se određena baterija isprazniti kako bi predvidjela kada će je trebati zamijeniti, sprječavajući prekid komunikacije s brojilom i planirajući masovnu zamjenu baterija radi optimizacije rada. Ako mjerač prestane prenositi mjerne podatke, operater mora procijeniti potrošnju krajnjeg korisnika, što samo po sebi nije inovacija, ali to postaje ako se za analizu svih dolaznih podataka koristi metoda strojnog učenja.

Zapravo je moguće obučiti modele strojnog učenja koji mogu točno reproducirati kako korisnik troši električnu energiju, plin ili vodu kako bi podatke koji nedostaju popunio realnim podacima, tj. uz dobivanje mnogo realnijih podataka, operater će ih moći koristiti za donošenje odluka ili provođenje aktivnosti za otkrivanje anomalija u potrazi za, na primjer, curenjem ili lažnom potrošnjom. Konačno, možemo pretpostaviti da je jednostavnom fotografijom koju je operater snimio na terenu tijekom prikupljanja očitavanja moguće, zahvaljujući strojnom učenju i alatima za duboko učenje, izvući sve informacije povezane s brojilom, kao što su mjerna

tehnologija, model, serijski broj i još mnogo toga. Zbrajanjem svega toga bez grešaka zahvaljujući ručnom unosu podataka, a također smanjuje vrijeme obrade [31].

Jedan od problema usvajanja pametnih brojila bila je činjenica da su se neka pametna brojila zapalila. Neki vjeruju da je problem u neispravnim pločama brojila u kući, a ne u samom pametnom mjeraču. Zagovornici uređaja tvrde da kada komunalne službe uklone stara brojila, ponekad oštećuju dio baze brojila. Budući da uređaj ne radi ispravno, pregrijava se i u nekim slučajevima dovodi do požara u kućama.

Drugi problem pametnih brojila je količina zračenja koju emitiraju. Pametna brojila koriste istu tehnologiju kao i mobilni telefoni, koji imaju relativno nisku razinu zračenja, ali opasnost od zračenja ovih naprednih brojila čak je niža od mobilnih telefona. Pametna brojila obično se postavljaju izvan kuće, na stražnjoj ili bočnoj strani objekta, na mjestima koja ljudi obično ne posjećuju. Stoga je rizik od izlaganja zračenju još manji [30].

## **5.5. Mogućnosti primjene AI kod upravljanja otpadom**

Korištenje umjetne inteligencije potencijalno bi moglo revolucionirati upravljanje komunalnim otpadom povećanjem učinkovitosti prikupljanja, recikliranja i klasifikacije otpada. Tehnologije temeljene na umjetnoj inteligenciji, kao što su pametne kante za smeće, roboti za klasifikaciju, preventivni modeli i bežična detekcija, omogućuju praćenje kanti za smeće, predviđanje sakupljanja otpada i optimizaciju poslovanja postrojenja za recikliranje. Korištenjem umjetne inteligencije općine mogu smanjiti troškove, poboljšati sigurnost i smanjiti utjecaj na okoliš povezan s gospodarenjem otpadom.

Konvencionalne kante za smeće dizajnirane su isključivo za prikupljanje otpada, a sanitarni radnici moraju ručno provoditi inspekcije kako bi procijenili razinu smeća u spremnicima. Ovaj pristup nije učinkovit za rutinske inspekcije zbrinjavanja otpada.

Pored toga, zbog čestog punjenja spremnika, organizmi i insekti koji uzrokuju bolesti obično se množe na njima. Stoga je razvoj inteligentnih sustava za nadzor kanti za smeće za upravljanje smećem, ključan u izgradnji pametnih gradova.

Brojne studije usredotočene na pametne kante za smeće usredotočene su na dvije ključne funkcije: automatsku klasifikaciju otpada i nadzor. Ove studije nude potencijalno rješenje za gradove da uspostave učinkovit sustav sakupljanja otpada. Inteligentna kanta za smeće može se stvoriti pomoću sustava na čipu koji je stvorio modul koji automatski otkriva objekte i postavlja

pragove u kanti za smeće. Prikupljene informacije mogu se zatim prenijeti na drugi čvor radi daljnje analize i obrade. Stoga se istraživanje usredotočeno na inteligentne kante za smeće uglavnom fokusira na automatsko praćenje razine punjenja smećem i pravovremeno obavještanje korisnika.

Informacije uglavnom dolaze putem senzora i prenose se mrežom. Inteligentni sustavi smeća mogu potencijalno poboljšati učinkovitost sakupljanja smeća, smanjiti širenje bolesti i poboljšati ekološku situaciju u gradu u cjelini. Međutim, troškovi implementacije pametnih kanti za smeće relativno su visoki, što otežava njihovo široko usvajanje. Da bi se pozabavili tim problemom, vlada bi mogla razmotriti financiranje politika usmjerenih na smanjenje troškova pametnih kanti za smeće, čineći ih dostupnijima široj javnosti. Osim toga, na redoviti rad ovih spremnika mogu utjecati čimbenici okoliša kao što su temperatura i vlaga. Stoga bi posebno osoblje trebalo redovito provjeravati i održavati kante za smeće. Stoga je u budućnosti ključno usredotočiti se na razvoj i promociju pametnih kanti za smeće.

Klasifikacija smeća toplo se preporučuje za upravljanje komunalnim čvrstim otpadom, a upotreba robota može značajno poboljšati učinkovitost klasifikacije smeća. Međutim, roboti zahtijevaju napredne vizualne i operativne vještine za rad u vrlo heterogenim, složenim i nepredvidivim industrijskim okruženjima u klasifikaciji smeća. Nedavna istraživanja usredotočena su na poboljšanje točnosti i učinkovitosti robota za klasifikaciju smeća, što zahtijeva razvoj boljih senzora i kamera za identifikaciju različitih vrsta otpada, kao i poboljšane algoritme umjetne inteligencije za klasifikaciju otpada.

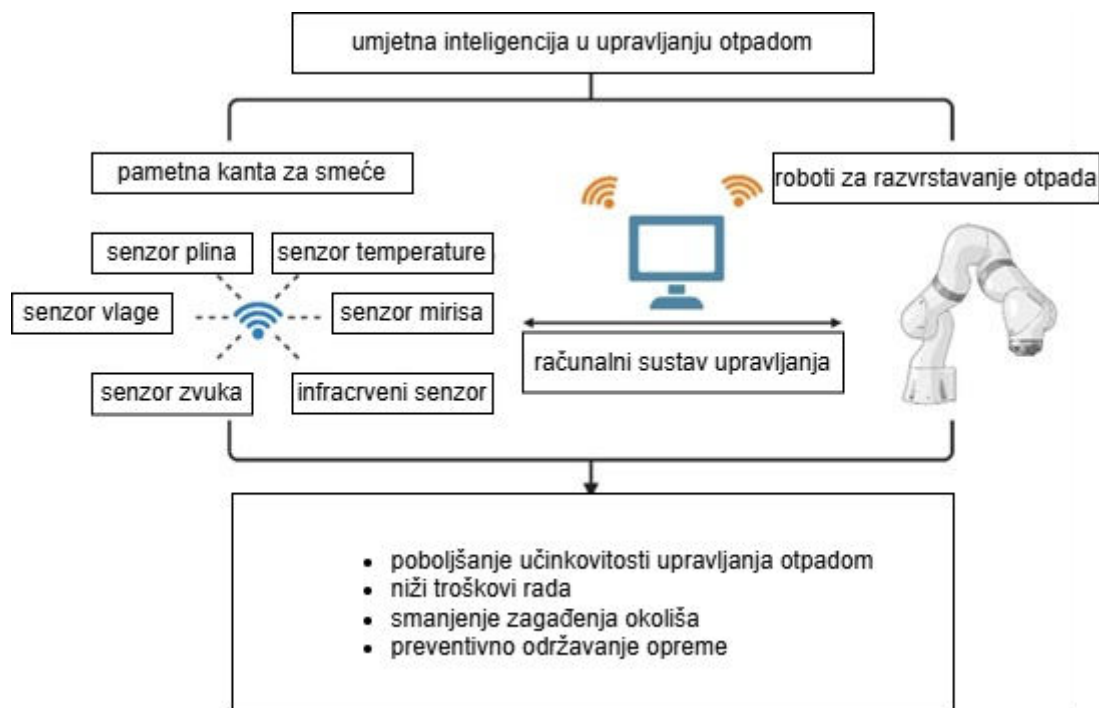
Istraživači sada istražuju metode za integriranje robota za razvrstavanje otpada u postojeće sustave upravljanja otpadom, poput upotrebe robota za razvrstavanje otpada prije nego što ga pošalju na odlagališta.

Zbog toga je tijekom istraživanja predložen paralelni model robota, čija se osnovna koncepcija temelji na hvatanju, potpuno integriranom u sličnu konstrukciju robota. Istraživači također istražuju upotrebu vizualnih senzora za poboljšanje performansi robota za razvrstavanje otpada. Na primjer, razvijen je robot za razvrstavanje otpada pomoću tehnika dubokog učenja i optičkih senzora koji mogu točno identificirati i klasificirati različite vrste otpada.

Zaključno, roboti za razvrstavanje otpada mogu značajno poboljšati učinkovitost upravljanja otpadom, smanjiti troškove rada i poboljšati točnost klasifikacije otpada. Međutim, neki tvrde da su roboti za sortiranje otpada nepraktični zbog visokih troškova instalacije i

održavanja u usporedbi s tradicionalnim metodama sortiranja otpada. Međutim, istraživači istražuju pristupačnije načine za izgradnju robota za razvrstavanje otpada, kao što je korištenje jeftinijih materijala ili razvoj robota koji rade u različitim okruženjima. Osim toga, u tijeku su napori za poboljšanje dizajna robota, senzora, algoritama za klasifikaciju otpada i robotskih ruku kako bi bili učinkovitiji. Strojevi za razvrstavanje smeća i dalje će biti od velikog interesa i igrati će važnu ulogu u stvarnoj uporabi u budućnosti.

Praćenje otpada temeljeno na sensorima tehnologija je koja koristi senzore za praćenje količine proizvedenog otpada, identificiranje izvora otpada i procjenu učinkovitosti strategija gospodarenja otpadom u određenom području. Bežična senzorska mreža je mreža koja se sastoji od mnogih samo organizirajućih bežičnih senzora instaliranih na mreži za praćenje fizičkih parametara sustava ili okoliša. Kao što je prikazano na slici 3, tipična arhitektura bežične senzorske mreže za sustave za recikliranje čvrstog otpada uključuje različite senzore kao što su senzori temperature, vlage, mirisa, infracrveni senzori, senzori plina i zvuka. Poboljšavaju učinkovitost gospodarenja otpadom [32].



**Slika 5.** Arhitektura upravljanja otpadom

Izvor: [32]

Korištenje umjetne inteligencije u odvozu smeća i robotskom razvrstavanju otpada uključuje praćenje kanti za smeće u stvarnom vremenu kako bi se optimizirali putovi sakupljanja otpada i spriječilo prelijevanje kanti za smeće. Osim toga, inteligentno



razvrstavanje smeća može poboljšati učinkovitost recikliranja i smanjiti zagađenje. Suprotno tome, robotsko sortiranje otpada omogućuje upotrebu robotskih ruku za sortiranje otpada u postrojenjima za recikliranje, poboljšavajući brzinu i točnost sortiranja uz smanjenje potrebe za ručnim radom. Umjetna inteligencija također se može koristiti za predviđanje održavanja kako bi se predvidjelo kada će oprema za razvrstavanje otpada zahtijevati održavanje, smanjujući vrijeme zastoja i produžujući vijek trajanja opreme. Konačno, optimizacija gospodarenja otpadom putem umjetne inteligencije omogućuje razmatranje čimbenika kao što su promet, vrijeme i gustoća naseljenosti kako bi se povećala učinkovitost prikupljanja i recikliranja otpada.

## **5.6. Primjeri pametnih gradova u Europi**

Europa je dom mnogih inovativnih i naprednih gradova u kojima tehnologija i održivi razvoj oblikuju urbani krajolik. Pametni gradovi u Europi temelje se na kombinaciji zelenih praksi, napredne infrastrukture i učinkovitog korištenja resursa za poboljšanje kvalitete života svojih građana.

Od modernog javnog prijevoza do zelenih površina, ovi gradovi postavljaju standarde za urbani život u 21. stoljeću. Pametni gradovi su mjesta na kojima se digitalna rješenja koriste za povećanje upotrebe tradicionalnih mreža i usluga. Stoga je cilj pametnih gradova poboljšati kvalitetu života stanovnika, povećati održivost i koristiti tvrtkama. Definicija pametnog grada Europske komisije govori da pametni grad nadilazi korištenje digitalne tehnologije za učinkovitije korištenje resursa i smanjenje emisija. To znači pametnije gradske prometne mreže, nadograđene sustave vode i gospodarenja otpadom te učinkovitije načine osvjetljenja i grijanja zgrada. To također znači interaktivniju i odgovorniju gradsku upravu, sigurnije javne prostore i zadovoljavanje potreba starenja stanovništva. ICT tehnologije to omogućuju prikupljanjem podataka u stvarnom vremenu koji pomažu u razumijevanju i reagiranju na promjene u potražnji na pravodobniji i jeftiniji način [37].

Odjel Ujedinjenih naroda za ekonomska i socijalna pitanja predviđa da će do 2050. godine 68% svjetske populacije živjeti u gradovima. Urbanizacija je stalni trend, gradovi neprestano rastu i sve više ljudi živi u urbanim područjima. To stvara mnoge probleme gradovima, urbanistima i vladama. Društvene, ekološke i ekonomske prepreke moraju se prevladati kako bi se osigurala dobra kvaliteta života. Tehnologije pametnog grada mogu pomoći u uspješnom suočavanju s nekim od ovih izazova, zahvaljujući brojnim tehnologijama koje se uvode u gospodarstvo i povezuju ljude, tehnologiju i gradove na pametan i štedljiv način

[38]. U nastavku će biti predstavljeni i analizirani neki od najpametnijih gradova u Europi za 2024. godinu.

### **5.6.1. Analiza studije slučaja Londona kao pametnog grada**

London je redovito prepoznat kao jedan od najpametnijih gradova na svijetu. London posjeduje veliku rasprostranjenu 5G mrežu, stanice za punjenje električnih vozila i zelene infrastrukture nego bilo koji drugi europski grad. Nova studija proglasila je britanski glavni grad gradom koji je najbolje pripremljen za pametnu budućnost, s ukupnom ocjenom 73,7% od 100% [39].

Zatim Amsterdam ostaje na drugom mjestu, a slijede ga Barcelona, Stockholm i Berlin. London je uvjerio stručnjake svojom zelenom infrastrukturom, uključujući zelene krovove i pristup zelenim površinama na otvorenom, kao i zgrade certificirane za zeleno i javno dostupna mjesta za punjenje električnih vozila. 2018. godine gradonačelnik Londona Sadik Khan izradio je mapu puta 'pametniji London zajedno' s ciljem povećanja intelektualnosti grada.

Ova mapa puta uključivala je prijedloge za suradnju u cijelom gradu, kombinaciju korisnih podataka, poboljšanje digitalne infrastrukture i privlačenje lokalnih talenata i inovacija u 32 gradske četvrti. U velikom i složenom gradu poput Londona, s gotovo 9 milijuna stanovnika, važno je pronaći način korištenja digitalnih tehnologija, podataka i tehnoloških pristupa za prepoznavanje potreba i dizajniranje usluga. Problem za londonske projekte pametnog grada je sam razmjer grada. Do 2030. godine njegovo će stanovništvo dostići 10 milijuna ljudi, a površina grada će iznositi 1500 km<sup>2</sup> (što je više od 14 puta veće od površine Pariza). Javne službe velikog Londona riješit će niz problema u područjima kao što su zdravstvo i prijevoz [40].

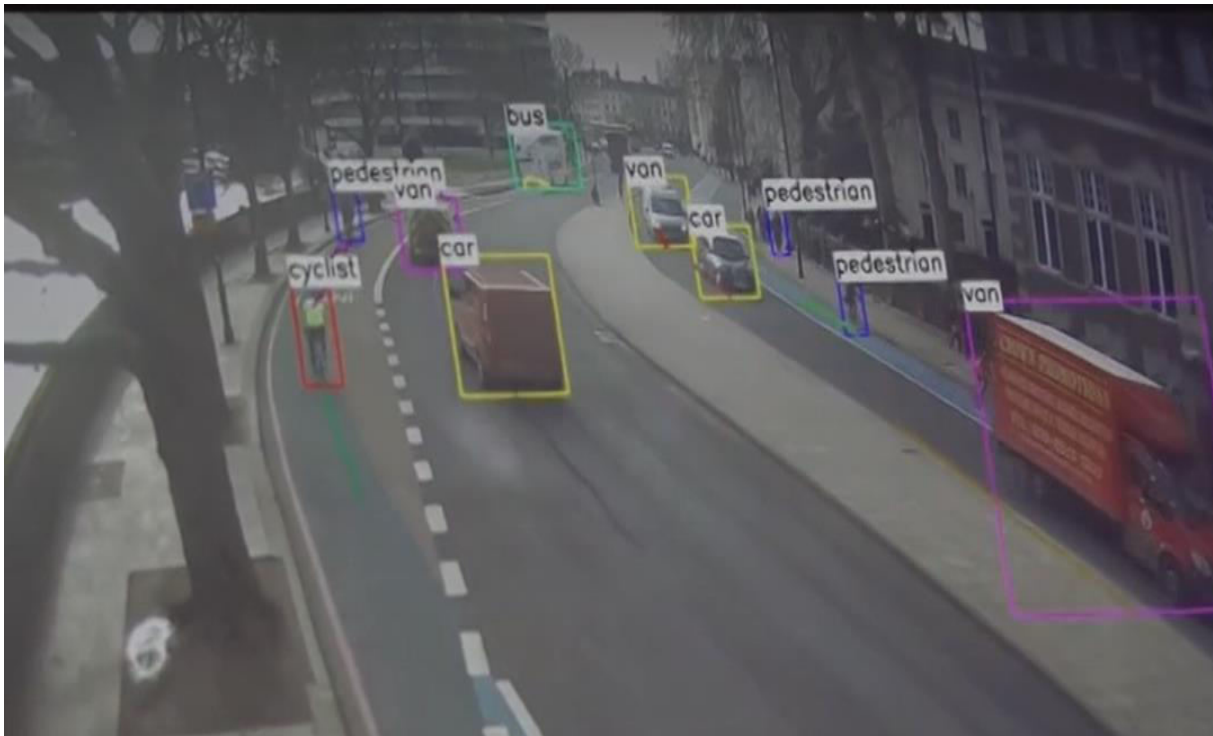
London već prednjači u prikupljanju podataka o građanima. Na raspolaganju je opsežna baza podataka o prijevozu koja je u javnoj domeni. Pandemija je još jednom naglasila važnost objedinjavanja podataka u cijelom gradu kako bi se poboljšalo donošenje odluka. U kombinaciji s umjetnom inteligencijom i internetom stvari, dodatne baze podataka pružit će dublje razumijevanje lokalnog gospodarstva, kvalitete zraka, mobilnosti i potrošnje energije u gradu.

Londonsko skladište podataka ključni je element strategije pametnog grada, nudeći svakom građaninu Londona besplatan pristup informacijama i statistikama koje se odnose na grad. To vrijedi i za programere softvera i start up-ove. Programi, kao što je Glavne Ulice za Sve (*engl. High Streets for All*) uvelike se oslanjaju na ove podatke prilikom modeliranja novih

školskih terena, identificiranja područja na kojima se grade nove škole ili mjerenja kvalitete zraka. Slično tome, program Energija za londončane (*engl. Energy for Londoners*) omogućuje donositeljima odluka da odrede gdje i kako dati prioritet ulaganjima u zelenu infrastrukturu britanske prijestolnice.

Sigurnost je još jedan aspekt Londonske strategije pametnog grada. 5G mreže pružaju ogromne količine podataka u stvarnom vremenu i omogućuju brzu obradu podataka, što pomaže u praćenju prometa, provođenju zakona i reda. Opsežna mreža senzora, kamera, bespilotnih letjelica i robotike pomaže u održavanju sigurnosti u gradu. Tehnologije pametnog grada koje se primjenjuju u Londonu također igraju važnu ulogu u postizanju cilja grada da postigne neto nulu do 2030. godine, praćenjem prometa i suzbijanjem zagušenja, kvaliteta zraka u Londonu uvelike se poboljšava. London također traži inovativne načine za proizvodnju zelenije energije. Na primjer, grad je uveo nove tehnologije koje omogućuju ponovnu upotrebu zaostale topline iz sustava podzemne željeznice. Ova energija može zadovoljiti do 38% gradskih potreba za grijanjem. Istodobno, putnici u podzemnoj željeznici ljeti mogu koristiti hladnije tunele [41].

Kao što je prikazano na slici 4, umjetna inteligencija mogla bi radikalno promijeniti ulice Londona, čineći planiranje i upravljanje novim biciklističkim rutama mnogo lakšim. Umjetna inteligencija razdvaja elemente u prometu kao što su automobil, autobus, kombi, biciklist te pješak. To se obično radi ručnim brojanjem, ali s tim se podacima mogu prikupljati podaci 24 sata dnevno. To je ideja da možemo prikupiti puno više podataka o tome što se događa u gradovima, ali to zapravo nitko nije uspio postići u velikoj mjeri. Londonci u prosjeku voze bicikle četiri milijuna kilometara, a to zahtijeva promjenu u distribuciji načina prijevoza, što je neophodno za rješavanje problema klimatskih promjena, otrovnog zraka, krize neaktivnosti i prometnih gužvi u gradu. Dobiti će se slika o tome gdje ljudi žele voziti bicikl, ali možda ne uživaju puno u tome, gdje ima puno pješačkog prometa i moramo razmisliti o poboljšanju pješačkog prostora. Ono na čemu se radi je da se dobije uvid u dane u tjednu, doba dana te kontinuirane informacije o tome kako se ceste koriste u Londonu [42].



*Slika 6. Slika pomoću umjetne inteligencije*

Izvor: [42].

### **5.6.2. Usporedba pametnih gradova u Europi**

Prva strategija pametnog grada koja je analizirana u prethodnom pod poglavlju je grad London, Engleska. Sljedeća proučavana strategija pametnog grada razvijena je u Amsterdamu u Nizozemskoj. Pametni grad Amsterdam se ostvaruje kroz partnerstvo između poduzeća, vlasti, istraživačkih instituta i stanovnika Amsterdama (više od 70 partnera, uključujući suradnike). Cilj ovog partnerstva je preobrazba gradskog područja Amsterdama u pametni grad s krajnjim ciljem smanjenja emisija ugljičnog dioksida. Amsterdamska platforma pametni grad okuplja sve dionike grada kroz pametnu suradnju, okuplja ih u svrhu razvoja i provedba zajedničkih ideja i rješenja za grad. Svi projekti temelje se na informiranju građana, poduzetnika i javnosti, sektor govori o njihovoj potrošnji energije i podučava ih kako inteligentnije upravljati njome. Pametni uređaji i bežična brojila prenose informacije preko širokopojsnih mreža, pomagajući građanima i organizacijama gradova ponašati se inteligentnije, smanjujući potrošnju energije. Komercijalna i stambena područja u kojima su uvedene inteligentne i energetske učinkovite tehnologije, kao i pametna brojila i oprema za uštedu energije, stvoreni s ciljem poticanja korisnika na uštedu energije i smanjenje emisije ugljičnog dioksida.

Posljednja strategija koju ćemo analizirati je za pametni grad Barcelona, Španjolska. Grad Barcelona već više od desetljeća koristi ICT za poboljšanje urbanih funkcija. Barcelona također ima dugogodišnje iskustvo u provedbi inicijativa i u procesu je razvoja službene strategije pametnog grada. Odjel pametnog grada osnovan je nakon velike organizacijske reforme. To je krovna struktura za koordinaciju usluga koje su prethodno pružali pojedini gradski odjeli u vezi s infrastrukturom, ICT, gradske usluge, urbano planiranje, okoliš, stambena izgradnja, arhitektura, energija itd. S ovom novom organizacijskom shemom, prethodno izolirani vladini odjeli pozvani su koordinirati svoju strategiju za postizanje zajedničkih ciljeva. Također, službena strategija ima globalni fokus, posebno je usmjerena na stvaranje otvorenog okruženja za suradnju između vlade, industrije, akademske zajednice i građana [43].

Prethodne strategije pametnog grada analizirane su kako bi se dobile informacije o svakoj karakteristici pametnog grada te područja koja ga čine. Te su informacije analizirane u usporedbi sa svakom karakteristikom u tri slučaja. Rezultati su prikazani u sljedećim stavcima. Što se tiče tehnologije kao glavne komponente strategija pametnog grada, sva tri grada ulažu pretežno u širokopojasne mreže (uglavnom bežične i optičke) i na drugoj razini, u senzorske mreže (senzori na stacionarnim i mobilni uređaji).

Očito je da su bežične širokopojasne mreže prikladnija opcija za gradove sa složenom fizičkom strukturom. Što se tiče digitalnih usluga i aplikacija, najrasprostranjeniji su u području urbane infrastrukture i komunalnih usluga, naime u energetici, prometu i gospodarenje otpadom. Javne službe također igraju važnu ulogu, uključujući usluge gradske vijećnice i privlačenja građana su uključeni u proces donošenja odluka.

Digitalne usluge za poboljšanje gospodarske aktivnosti i kvalitete života ne igraju značajnu ili sporednu ulogu u naučenim strategijama pametnog grada, iako bi se moglo očekivati suprotno u odnosu na gradova s dugom poviješću, kulturom i dobro uspostavljenom dinamikom društvenih inovacija. Taj se fenomen može objasniti činjenicom da je trenutna stručnost, dostupnost i tehnološka zrelost digitalnih usluga u području urbane infrastrukture, komunalnih usluga i javnih usluga daleko nadmašuje one osjetljivije, nejasno definirane i u velikoj mjeri neprovjerene usluge u gospodarskim aktivnostima i kvaliteti života. U tablici 1, za sva tri grada navedene su karakteristike svakog slučaja.

**Tablica 1. Karakteristike tehnologija**

Grad	Domena	Podaci / informacije
London	Inteligentna tehnologija i infrastruktura	Širokopojasne mreže i senzorske mreže.
	Digitalne usluge i aplikacije	Usluge i aplikacije za upravljanje infrastrukturom (inteligentna mreža, inteligentno prikupljanje otpada, 3D vizualizacija infrastrukture i inteligentan prijevoz za ljude i teret), gradskog upravljanja, suradničkog rada u raznim političkim i fizičkim područjima, urbanističkom planiranju i upravljanju gradom.
Amsterdam	Inteligentna tehnologija i infrastruktura	Širokopojasne mreže i senzorske mreže. Inovativne tehnologije za praćenje potrošnje energije i proizvodnje energije iz obnovljivih izvora.
	Digitalne usluge i aplikacije	Usluge i aplikacije za praćenje potrošnje energije i proizvodnje energije iz obnovljivih izvora (distribuirana proizvodnja električne energije, energetske savjeti, pokazatelji potrošnje energije, skladištenje energije, pametna brojlara, inteligentna rasvjeta, električna vozila, mjesta za punjenje električnih vozila, prikupljanje električnog otpada, održiva logistika i super brzo punjenje).
Barcelona	Inteligentna tehnologija i infrastruktura	Širokopojasne mreže i senzorske mreže. Poseban naglasak stavljen je na povezivanje kao sredstvo za poboljšanje urbanih usluga, sudjelovanja javnosti, mobilnosti i održivosti.
	Digitalne usluge i aplikacije	Usluge i aplikacije za prijevoz, energetska učinkovitost zgrada i komunalne usluge, prikupljanje otpada, javne usluge i sudjelovanje građana, urbana održivost.

Izvor:[43].

Učinkovito upravljanje prometom ključno je za smanjenje prometnih gužvi, zagađenja i vremena putovanja u urbanim područjima. AI u pametnim gradovima može analizirati podatke u stvarnom vremenu i predvidjeti obrasce prometa, omogućujući optimizirano upravljanje signalima i planiranje ruta. Londonski prometni sustav zasnovan na umjetnoj inteligenciji smanjio je kašnjenja za 13%. AI može značajno poboljšati energetske učinkovitost u pametnim gradovima praćenjem i optimizacijom potrošnje energije zgrada, infrastrukture i izvora opskrbe. To rezultira nižim troškovima i manjim utjecajem na okoliš. Evo stvarnih primjera poboljšanja energetske učinkovitosti pomoću AI: Amsterdam koristi platformu umjetne inteligencije za upravljanje i predviđanje potražnje za električnom energijom u cijelom gradu. Barcelona je uvela ulična svjetla na umjetnu inteligenciju koja se prilagođavaju prometu pješaka i vozila. Sustav umjetne inteligencije pomogao je smanjiti potrošnju energije za hlađenje podatkovnih centara za 40%.

AI može značajno poboljšati sustave automatizacije zgrada inteligentnim praćenjem temperature, osvjetljenja i kvalitete zraka na temelju razine zauzetosti i preferencija korisnika. Također može predvidjeti potrebe održavanja. Evo stvarnih primjera inteligentnih zgrada koje koriste AI: Amsterdamska zgrada 'The Edge' koristi sustav umjetne inteligencije za upravljanje temperaturom, osvjetljenjem i resursima na temelju zagušenja. Nekoliko hotela koristi pomoćnike u sobama pomoću umjetne inteligencije za upravljanje sadržajima u sobama na temelju preferencija gostiju. AI-ova tvrtka koristi podatke o bespilotnim letjelicama i strojno učenje za predviđanje problema s održavanjem krova i zgrada [44].

Najvažnija mjera odnosi se na prijenos i komercijalizaciju tehnologije, usmjerena na promicanje poslovnih veza i suradnje s akademskom zajednicom i građanima. Slijedi financijska potpora rasta poslovanja, uglavnom uz privlačenje rizičnog kapitala i početnog kapitala. Usluge inkubacije za poduzeća u ranoj fazi također se široko koriste, iako nešto rjeđe. Tablica 2, pokazuje razvoj poslovnog sektora za navedena tri europska grada.

**Tablica 2. Razvoj poslovnog sektora**

Grad	Domena	Podaci / informacije
London	Mjere za razvoj poduzetničkog sektora	Podrška malim i srednjim poduzećima u pristupu jeftinoj ultra brznoj širokopojasnoj mreži i usvajanju digitalnih alata. Podrška komercijalizacije inovacija, posebno u tehnološkom sektoru.
Amsterdam	Mjere za razvoj poduzetničkog sektora	Programi financiranja sjemena/suradnja s bankama. Usluge inkubacije. Podrška u stvaranju međunarodnih mreže lokalnih tehnoloških tvrtki i start-upa.
Barcelona	Mjere za razvoj poduzetničkog sektora	Atraktivnost glavnog grada je sekundarni prioritet u odnosu na tehnološki, ljudski i društveni kapital. Fizičke zone za razvoj klastera pametnih gradova, opremljene visokotehnološkom infrastrukturom i prostorima za suradnju.

Izvor: [43].



## 6. Prijedlozi poboljšanja i budući izazovi

U gradovima živi više od polovice svjetske populacije, a očekuje se da će se njihov broj još više povećati u narednim godinama. Gradovi se suočavaju s mnogim izazovima kao što su zagušenja, zagađenje, otpad, kriminal, siromaštvo, nejednakost, zdravstveni problemi itd. Pametni gradovi koriste informacijsko-komunikacijske tehnologije kako bi poboljšali kvalitetu života svojih građana, učinili usluge koje pružaju učinkovitijima, smanjili troškove i potrošnju resursa te učinkovitije komunicirali s dionicima. Pametni gradovi koriste podatke iz različitih izvora kao što su senzori, kamere, mobilni uređaji, društvene mreže itd. za praćenje, analizu, planiranje, upravljanje i optimizaciju gradskog života. Umjetna inteligencija također može pružiti informacije i rješenja za koja će ljudima možda trebati pomoć kako bi ih pronašli ili implementirali. U ovome poglavlju će biti prikazani glavni izazovi s kojim se susreće umjetna inteligencija u pametnim gradovima te će se razmotriti prijedlozi poboljšanja. Pored toga, biti će prikazan grad Dubrovnik kao pametan grad s mogućnostima poboljšanja.

### 6.1. Budući izazovi

Umjetna inteligencija može igrati vitalnu ulogu u omogućavanju pametnim gradovima da postignu svoje ciljeve i prevladaju izazove. AI može pomoći gradovima da povećaju svoju učinkovitost, otpornost, mobilnost, sigurnost, zdravlje i socijalnu dobrobit. Međutim, AI predstavlja izazove i rizike za pametne gradove, poput etičkih, socijalnih, pravnih i upravljačkih pitanja. Budući izazovi su sljedeći:

Ispravno i učinkovito funkcioniranje AI ovisi o dostupnosti i pouzdanosti tehnologije i podataka. Međutim, pametnim gradovima možda će trebati pomoć u osiguravanju kvalitete i sigurnosti njihove tehnološke i podatkovne infrastrukture. Na primjer, pametni gradovi mogu zahtijevati više hardvera, softvera, mreža, usluga u oblaku itd. Pametni gradovi također će možda trebati pomoć u tehničkim pitanjima kao što su interoperabilnost, skalabilnost i održavanje, što može utjecati na performanse i funkcionalnost njihovih rješenja temeljenih na umjetnoj inteligenciji. Pametni gradovi također mogu zahtijevati veću količinu i poboljšanje kvalitete podataka kako bi osigurali svoja AI rješenja. Pametni gradovi također mogu naići na probleme s podacima kao što su točnost, cjelovitost, pravovremenost te relevantnost, što može utjecati na rezultate i utjecaj njihovih AI odluka [33].

AI može imati etičke i društvene implikacije za pametne gradove koji utječu na prava, vrijednosti i interese građana i dionika. Na primjer, AI može pokrenuti etička pitanja kao što su

pravednost, transparentnost, odgovornost, povjerljivost te pristanak, što utječe na povjerenje građana i dionika u odluke umjetne inteligencije i njihovo donošenje. AI također može pokrenuti društvena pitanja kao što su inkluzivnost, raznolikost i jednakost utječući na dobrobit građana i dionika i njihovo sudjelovanje u odlukama temeljenim na umjetnoj inteligenciji. AI također može imati neželjene ili štetne posljedice kao što su pristranost, diskriminacija, manipulacija te nanošenje štete, što može utjecati na sigurnost građana i dionika putem AI odluka.

Osiguravanje etičke i odgovorne uporabe i razvoja AI u pametnim gradovima može zahtijevati regulatorni okvir. Međutim, pametni gradovi mogu se suočiti s određenim poteškoćama u stvaranju i provođenju takvih okvira za umjetnu inteligenciju. Na primjer, pametni gradovi možda nemaju potrebne zakone i propise koji definiraju i štite prava i obveze građana i dionika koji su uključeni ili na koje utječu odluke o umjetnoj inteligenciji. Pametni gradovi također se mogu suočiti s pravnim izazovima, poput odgovornosti i odgovornosti za radnje i odluke povezane s odlukama AI. Gradovi se također mogu suočiti i s regulatornim izazovima, poput usklađenosti s postojećim ili novim standardima i smjernicama za umjetnu inteligenciju [34].

AI može zahtijevati vještine i izgradnju kapaciteta za učinkovito i profitabilno korištenje i razvoj u pametnim gradovima. Međutim, pametni gradovi mogu se suočiti s poteškoćama u razvoju i usavršavanju takvih vještina i sposobnosti za AI. Na primjer, pametni gradovi mogu zahtijevati više ljudskih resursa i stručnosti za razvoj i implementaciju rješenja koja koriste AI. Pametni gradovi također mogu zahtijevati više vještina u područjima kao što su znanost o podacima, razvoj umjetne inteligencije, etika umjetne inteligencije itd. Gradovi se također mogu suočiti s kulturnim i organizacijskim preprekama za implementaciju i integraciju rješenja temeljenih na umjetnoj inteligenciji u postojeće procese i prakse.

AI može zahtijevati mehanizme upravljanja i odgovornosti kako bi se osiguralo da je u skladu s vizijom, ciljevima i vrijednostima pametnih gradova. Međutim, pametni gradovi mogu se suočiti s određenim poteškoćama u stvaranju i održavanju takvih mehanizama za AI.

Na primjer, pametni gradovi mogu zahtijevati više vodstva i predviđanja kako bi vodili razvoj i implementaciju rješenja temeljenih na umjetnoj inteligenciji. Pametnim gradovima također može nedostajati suradnja i komunikacija između različitih aktera i sektora koji su uključeni ili na njih utječu rješenja temeljena na umjetnoj inteligenciji. Gradovima također mogu nedostajati potrebni sustavi praćenja i procjene za mjerenje učinkovitosti i utjecaja AI

odluka i izvještavanje o njima. Pametni gradovi također mogu zahtijevati više povratnih informacija i ciklusa obuke kako bi poboljšali i prilagodili AI rješenja kako bi odgovarali promjenjivim potrebama i očekivanjima građana i dionika [33].

Kako pametni gradovi postaju sve više ovisni o tehnologiji, oni postaju sve privlačniji za kibernetičke napade. Brzo povećanje prisutnosti AI i IoT uređaja i ogromne količine podataka koje dijele ekosustavi pametnih gradova stvara mnoštvo ulaznih točaka za napadače. Količina podataka o pojedincima koje prikupljaju i obrađuju pametni gradovi također povećava rizik za sigurnost i privatnost podataka. Ključno je spriječiti kršenje sigurnosti i neovlašteni pristup podacima o privatnim osobama. Zaštita osjetljivih podataka, vitalne infrastrukture i privatnosti građana od kibernetičkih prijetnji bit će stalni zadatak vladinih organizacija. Kako bi se ti rizici sveli na najmanju moguću mjeru, dizajneri pametnih gradova moraju posvetiti resurse učinkovitim mjerama i protokolima kibernetičke sigurnosti i sudjelovati u stalnom nadzoru. Kako bi se očuvalo povjerenje i zajamčila sigurnost osobnih podataka građana, važno je implementirati robusne mehanizme za anonimizaciju podataka, šifriranje i kontrolu pristupa [34].

## **6.2. Prijedlozi poboljšanja**

Da bi se prevladali izazovi i rizici povezani s umjetnom inteligencijom za pametne gradove, prijedlozi poboljšanja su sljedeći:

Pametni gradovi moraju razviti svoju infrastrukturu i standarde digitalizacije kako bi tehnologija i podaci bili dostupni i pouzdani za AI. Na primjer, pametni gradovi moraju ulagati u mreže i usluge, što može omogućiti razvoj i implementaciju rješenja temeljenih na AI. Gradovi također moraju implementirati standarde interoperabilnosti, skalabilnosti i održavanja. Pored toga, također moraju prikupljati, pohranjivati, upravljati i dijeliti podatke koji se mogu koristiti u njihovim AI rješenjima. Pametni gradovi također moraju implementirati standarde točnosti, cjelovitosti, pravovremenosti te relevantnosti, koji mogu osigurati kvalitetu i sigurnost podataka za umjetnu inteligenciju.

Pametni gradovi moraju ulagati u istraživanje i inovacije urbane umjetne inteligencije kako bi istražili i iskoristili potencijal i prednosti umjetne inteligencije za pametne gradove. Na primjer, pametni gradovi moraju podržati i financirati istraživačke i razvojne projekte koji mogu riješiti probleme i iskoristiti moć AI za pametne gradove. Također bi trebali poticati i olakšati inovativne aktivnosti i eksperimente koji mogu testirati i potvrditi učinkovitost AI

rješenja za pametne gradove. Gradovi bi također trebali promovirati i širiti najbolje prakse i lekcije naučene iz istraživanja i inovacija urbane umjetne inteligencije.

Gradovi moraju uskladiti svoje politike i propise o umjetnoj inteligenciji kako bi osigurali njezinu etičku i odgovornu upotrebu i razvoj u pametnim gradovima. Na primjer, pametni gradovi moraju donijeti i primijeniti zakone i propise koji mogu definirati i zaštititi prava i odgovornosti građana i dionika koji su uključeni ili na koje utječu odluke AI. Također moraju stvoriti i provoditi mehanizme odgovornosti i odgovornosti za radnje i odluke donesene putem AI odluka. Gradovi također moraju biti u skladu s postojećim ili razvijenim standardima i smjernicama za umjetnu inteligenciju.

Pametni gradovi moraju promicati suradnju i stvaranje među dionicima kako bi se osigurala koordinacija i integracija AI rješenja u pametnim gradovima. Također bi trebali omogućiti građanima i dionicima da prate i procjenjuju učinkovitost i utjecaj AI odluka. Pametni gradovi također bi trebali poticati i uzeti u obzir povratne informacije i stručnost građana i dionika kako bi poboljšali i prilagodili AI rješenja u skladu s promjenjivim potrebama i očekivanjima građana i dionika.

### **6.3. Studija slučaja Dubrovnika kao pametnog grada**

Posljednjih godina gradovi su postali pokretači gospodarskih aktivnosti u većini zemalja i središte njihovih gospodarskih, društvenih i kulturnih aktivnosti. Uočeni trendovi, kao i očekivani budući prosperitet gradova dovodi do sve većeg pritiska na razvoj urbane infrastrukture, potreba za stvaranjem sinergijskog učinka kroz suradnju između ključnih dionika, postizanje uštede i poboljšanje učinkovitosti pružanja usluga, dodatnih izvori prihoda itd. Sve gore navedeno nesumnjivo ukazuje na to da su modeli upravljanja gradom infrastruktura i usluge moraju se prilagoditi tim stalnim promjenama. Osim promjene tradicionalnih modela upravljanja, gradovi trebaju razumjeti ključne izvore stvaranja vrijednosti i dobiti alternativni pogled na urbane gospodarske aktivnosti i usluge, s posebnim naglaskom inovacijama i novim tehnologijama koje su sposobne stvoriti dodanu vrijednost.

S ovom stajališta, brzi razvoj i primjena različitih tehnoloških rješenja usmjerenih na poboljšanje učinkovitosti grada, poznat je kao koncept pametnog grada. Pametni gradovi su oni koji koriste ICT tehnologiju za poboljšanje učinkovitosti i dostupnosti infrastrukture i koji postoji dugoročna strategija za zdrav i održiv razvoj. S tim u vezi, modeli uprave i razvoj

također su promijenjeni kako bi odražavali dugoročno strategiju razvoja ovog grada. Dakle, pametni grad karakterizira sljedeće[45]:

- Povezivanje i interoperabilnost gradskih sustava, ključnih dionika i pružatelja usluga
- Prikupljanje i obrada podataka i reagiranje na temelju prikupljenih podataka o urbanim područjima usluge i aktivnosti, sve s ciljem poduzimanja proaktivnih i reaktivnih mjera u stvarnom vremenu.
- Analiza potreba grada i građana kroz aktivno sudjelovanje i suradnju građana u urbanim aktivnosti kako bi se poboljšala kvaliteta života i zadovoljstvo građana
- Suradnja javnih vlasti, privatnog sektora, akademske zajednice i drugih dionici s ciljem poticanja gospodarske aktivnosti i dugoročne održivosti gradova

Projekt „Dubrovnik pametan grad“ dugoročni je projekt uprave za razvoj Dubrovnika DURA-e i grada Dubrovnika koji je započeo usvajanjem strategije razvoja pametnog grada Dubrovnika na Gradskom vijeću. U skladu s navedenom strategijom, provedba projekta definirana je kroz niz manjih projekata koji su međusobno povezani ali mogu djelovati i samostalno kao zasebne cjeline.

Grad Dubrovnik ima za cilj dugoročni holistički razvoj i poboljšanje kvaliteta života svojih građana, što se posebno očituje u raznim strateškim prioritetima i dokumentima grada, kao i u nizu realiziranih projekata pametni grad. Unatoč na činjenicu da je do sada učinjeno mnogo, problemi koji sprečavaju uspješnu provedbu mogu se promatrati i na razini pojedinačnog projekta i na razini koncepta pametnog grada u cjelini. Zbog nedostatka strategije pametnog grada, kao i odgovarajuće organizacije i procesa, do sada tehnološka rješenja su predložena kao ključne pokretačke snage za projekte pametnog grada.

Međutim, u budućnosti potrebno je osigurati da razvoj i primjena pametnih rješenja vode se isključivo na temelju razumijevanja potreba grada i građana. Stoga bi strategija pametnog grada za Dubrovnik trebala pružiti čvrste temelje za razvoj održivog i holističkog dugoročnog koncepta pametnog grada i ponuditi rješenja i prioritete koji riješit će ključne probleme grada. Stoga su ključni ciljevi strategije pametnog grada za grad Dubrovnik sljedeći [46]:

- Utvrditi dugoročnu viziju razvoja pametnog grada Dubrovnika
- Osigurati da strategija pametnog grada za Grad Dubrovnik bude usmjerena na sve ključne dionike: građani, posjetitelji, privatni sektor, institucije, civilno društvo, akademska zajednica i javni sektor
- Odrediti stupanj zrelosti inteligentnih usluga koje su do sada implementirane u različitim segmentima grada i identificirati ključne probleme i potrebe za svaki od segmenata

- Definirati strateške prioritete i ciljeve koncepta pametnog grada Dubrovnika
- Identificirati strateške projekte koji će za svaki segment ili na razini grada pridonijeti razvoj pametnog grada Dubrovnika odnosno ciljeve pametnog grada
- Izraditi plan za preobrazbu Grada Dubrovnika u skladu s cjelovitim konceptom pametnog grada i odrediti plan provedbe strateških projekata i inicijativa

Strategija Dubrovnik kao pametan grad je pripremljena u tri ključne faze uz blisku suradnju i aktivno sudjelovanje ključnih dionika: Gradsko vijeće, gradske institucije te tvrtke u vlasništvu Grada.

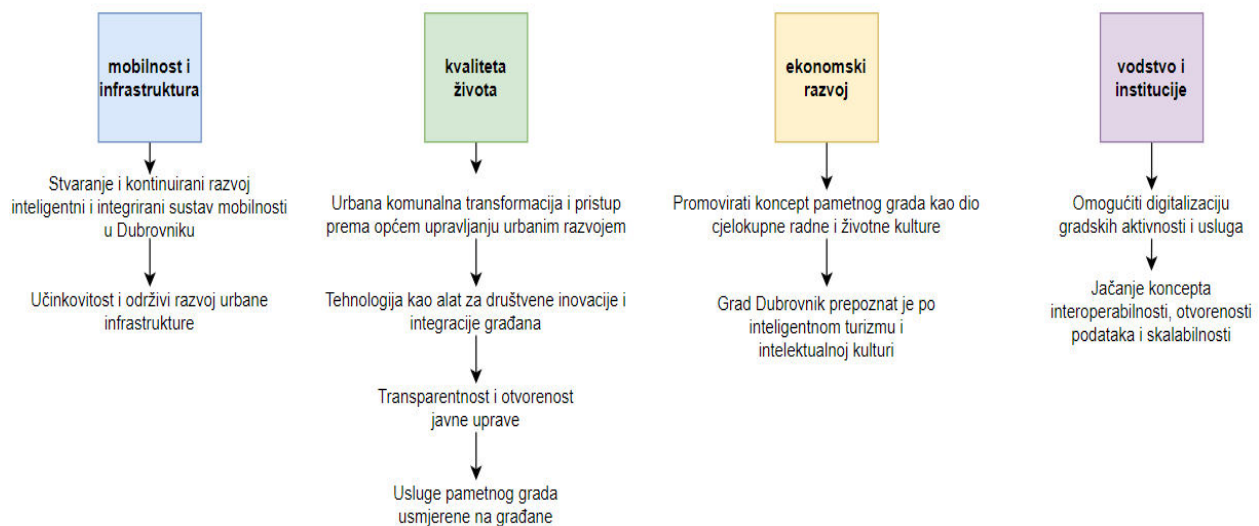
Prva faza razvoja strategije pametnog grada zahtijevala je razumijevanje i analizu postojećih usluga koje pruža grad, odnosno od strane dionika (Upravni odjeli, institucije, tvrtke u vlasništvu grada), kao i projekti pametnog grada koji su već provedeni. Analiza je provedena na temelju proučavanja dostupne dokumentacije, strateških dokumenata grada i ključnih dionika, radionica s predstavnicima grada i ankete provedene među više od 33 sudionika. Na temelju gore navedenog identificirana su ključna područja i segmenti: mobilnost i infrastruktura, kvaliteta života, gospodarski razvoj, uprava i institucije. Također je provedena procjena zrelosti pametnog grada pripremljena na temelju kriterija modela zrelosti pametnog grada. Posljednje, uz definiranje potreba grada u četiri segmenta aktivnosti, to je omogućilo definiranje vizije i ciljeva pametnog grada Dubrovnika na razini grada i na razini odvojene segmente.

Druga faza razvoja strategije pametnog grada temeljila se na rezultatima analize provedene u prvoj fazi. Naime, na temelju utvrđene razine zrelosti postojećih usluga pametnog grada, kao i potreba, problema i ciljeva za pojedine segmente grada, utvrđen je skup strateških inicijativa. Provedba odgovarajućih inicijativa izravno doprinosi stvaranju pametnog grada Dubrovnika. Za svaki od projekata pripremljen je poslovni slučaj na visokoj razini identificirane inicijative, procjena razine napora potrebnog za provedbu inicijative, kao i razmatranje potencijalnih koristi od provedbe inicijative. Kako bi se osiguralo praćenje provedbe inicijativa, odnosno razvoj Dubrovnika kao pametnog grada, razvijen je skup ključnih pokazatelja uspješnosti. Praćenje ključnih pokazatelja uspješnosti jedna je od ključnih karakteristika i izazova pametnog grada.

Plan provedbe odabranih inicijativa pametnog grada pripremljen je u posljednjoj fazi razvoja strategije pametnog grada. Određivanje prioriteta strateških inicijativa provedeno je uzimajući u obzir očekivane troškove i koristi za provedbu, kao i vremensku komponentu. Na temelju toga, pripremljen je plan za provedbu strateških inicijativa na kratkoročni, srednjoročni

i dugoročni i za različite vrste projekata: poticajni projekti, projekti s brzim rezultatima, transformacijski projekti i komplementarni projekti [47].

Ciljevi pojedinih segmenata temelje se na njihovim budućim razvojnim potrebama i usmjereni su na poboljšanje kvalitete života građana, poslovne konkurentnosti i dugoročne održivosti okoliša grada Dubrovnika, kao što je prikazano na slici 5.



*Slika 7. Segmenti pametnog grada Dubrovnika*

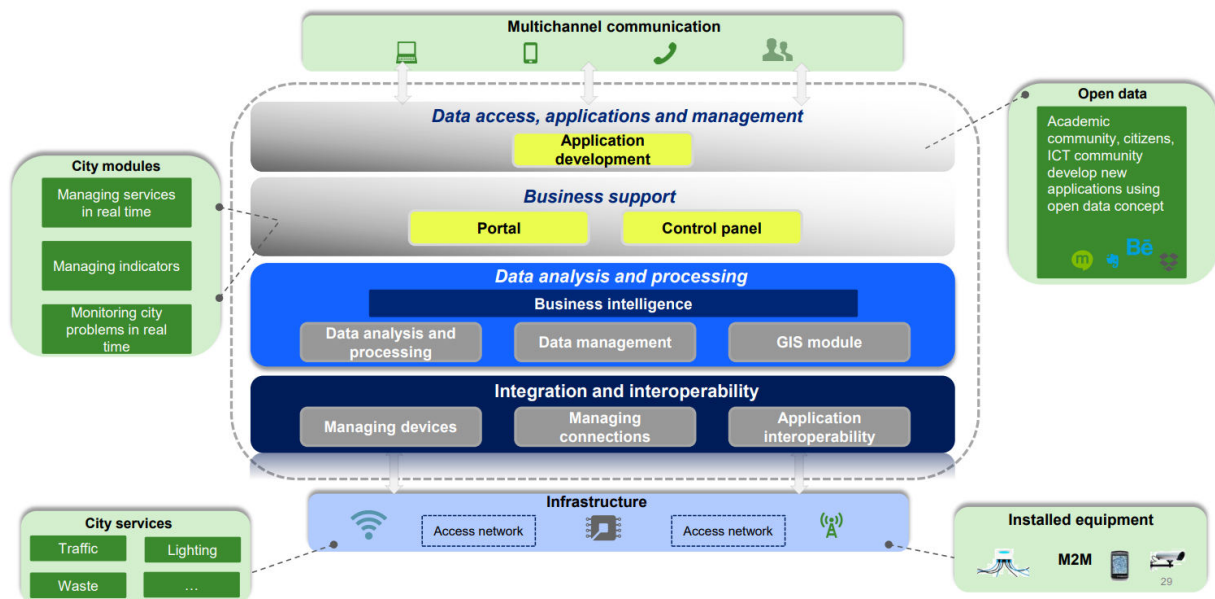
Izvor: [47].

Među tehnološkim trendovima koji dominiraju konceptom pametnog grada ističe se gradska platforma. Glavni ciljevi platforme su stjecanje kontrole nad gradskim uslugama, upravljanje podacima i komunikacija s trećim stranama, prvenstveno s građanima. Platforma je ključna za razvoj koncepta pametnog grada jer pruža holistički pregled urbanih aktivnosti, pruža standarde za gradske usluge, olakšava suradnju aktivnosti svih službi i djeluje kao središnja koordinacijska infrastruktura.

Platforma mora ispuniti određene ključne ciljeve navedene u nastavku. Osigurati prikupljanje pokazatelja pametnog grada. Pokazatelji mjere parametre povezane s kvalitetu života i upravljanje gradskim službama. Zatim, poboljšati učinkovitost modela urbanog upravljanja kako bi se osigurala lakša interakcija između različite zainteresirane strane (građani, institucije, akademska zajednica, poduzetnici itd.). Također, potrebno je promicati transparentnost i otvorenost javne uprave kroz dostupnost podataka (sveobuhvatna, dosljedna i objedinjena), te uspostaviti okvir za održivi razvoj učinkovitim pružanjem usluga i potrošnja

resursa. Uz gore navedene ciljeve, buduća platforma mora ispuniti sljedeće karakteristike: mogućnost povezivanja, kompatibilnost te skalabilnost.

Referentna arhitektura pametnog grada Dubrovnika, prikazana na slici 6, sinergija i suradnja između velikog broja dionika u gradu u središtu su koncepta pametnog grada. S ove točke gledišta, urbana platforma smatra se glavnim alatom koordinacije i suradnje.



*Slika 8. Arhitektura pametnog grada Dubrovnika*

Izvor:[47].

Cilj projekta je implementacija velikog broja ICT tehnologija i usluga temeljenih na strategiji razvoja pametnog grada Dubrovnika koji će imati značajan pozitivan utjecaj na životni standard građana. Svi projekti moraju biti planirani i međusobno usklađeni, s posebnim naglaskom na koncepte velikih i otvorenih podataka, gdje se različiti podaci prikupljeni iz okruženja stavljaju na raspolaganje građanima [35].

Najznačajnije usluge koje su trenutno implementirane se uglavnom baziraju na turizam poput Dubrovnik Card aplikacije za kulturno-povijesne znamenitosti grada, brojača posjetitelja odnosno aplikacije za predviđanje gužvi, aplikacije Dubrovačko oko za učinkovitije rješavanje komunalnih problema te usluge pametnog parkiranja.

Za uslugu pametnog parkiranja, 124 parkirna mjesta opremljena su sensorima koji u realnom vremenu šalju podatke na server i dostupni su korisnicima u obliku interaktivne karte na mobilnoj iOS ili Android aplikaciji koja će prikazati sve informacije o parkiranju, od cijene



do besplatnih sati i uvjeta korištenja parkirališta. Glavne prednosti ovog projekta u odnosu na postojeća rješenja su jednostavna montaža, bežična komunikacija i automatska rekonfiguracija mreže [36].

Najveći problem grada Dubrovnika veći dugi niz godina je rješavanja prometnih gužvi tijekom ljetne sezone. Koncem aktualne godine bi se trebala uvesti nova regulacija prometa koja će zabraniti ulazak automobilom ili drugim prijevoznim sredstvom, oko stare jezgre grada svim posjetiteljima koji nemaju prebivalište na području grada Dubrovnika.

Također, od velikog značaja bi bilo uvođenje umjetne inteligencije u uslugu pametnih semafora na raskrižjima, koja je objašnjena u petom poglavlju, jer gužva po gradu nije samo oko stare jezgre nego na području cijelog grada. Cilj je dakle optimizirati protok prometa, a to bi se u budućnosti moglo izračunati i u stvarnom vremenu. To znači da nitko neće stajati na semaforu kada nema prometa na drugim cestama u istom scenariju. Umjetna inteligencija na semaforima također može komunicirati s vozilima i drugim sudionicima u prometu radi razmjene informacija o trenutnoj prometnoj situaciji. Ti se podaci mogu koristiti za daljnju optimizaciju protoka prometa i pružanje informacija vozilima o nadolazećim promjenama semafora ili zagušenjima.

## 7. Zaključak

Integracija umjetne inteligencije u pametne gradove označava promjenu dosadašnjeg urbanog života. Koristeći snagu podataka i automatizacije, gradovi mogu optimizirati usluge, povećati održivost i stvoriti povoljnije područje za svoje stanovnike. Unatoč postojećim izazovima, proaktivne mjere mogu smanjiti rizike i osigurati široko prihvaćanje prednosti umjetne inteligencije. Kako se tehnologija nastavlja razvijati, potencijal pametnih gradova temeljenih na umjetnoj inteligenciji za oblikovanje budućnosti urbanog života ostaje neograničen.

Danas umjetna inteligencija sposobna je obavljati širok spektar tehničkih zadataka, često integrirajući različite funkcionalnosti. Ključne komponente koje omogućuju rad usluga temeljenih na AI uključuju strojno učenje, duboko učenje, računalni vid, obradu prirodnog jezika i robotiku. Pametan grad je onaj koji koristi napredne tehnologije i inovacije za poboljšanje učinkovitosti urbanih usluga i planiranja, smanjujući troškove i resurse potrebne za funkcioniranje grada i njegovih stanovnika.

Idealni pametan grad fokusira se na kvalitetan dizajn i aktivno uključivanje poslovnog sektora i građana u njegov razvoj. Cilj je stvoriti grad u kojem će ljudi živjeti sretno, održivo i u kojem će uživati u visokoj kvaliteti života. Glavne komponente pametnog grada na kojima se temelje usluge uključuju pametan okoliš, pametno upravljanje, pametnu mobilnost, pametnu ekonomiju, pametne ljude i pametno življenje. U ovom kontekstu, ključne informacijsko-komunikacijske usluge koje omogućuju primjenu umjetne inteligencije, a koje su detaljno obrađene u ovom radu, uključuju usluge parkiranja, semaforizaciju, uličnu rasvjetu, brojila električne energije i upravljanje okolišem.

Umjetna inteligencija igra ključnu ulogu u ostvarivanju ciljeva pametnih gradova, pomažući im da prevladaju izazove i poboljšaju učinkovitost, otpornost, mobilnost, sigurnost, zdravlje i socijalnu dobrobit. Ipak, AI također donosi određene rizike i izazove, uključujući etička, socijalna, pravna i upravljačka pitanja.

Kako bi tehnologija i podaci postali dostupni i pouzdani za primjenu umjetne inteligencije, pametni gradovi moraju ulagati u razvoj infrastrukture i digitalizacijske standarde. Također, potrebno je investirati u istraživanje i inovacije vezane uz urbanu umjetnu inteligenciju kako bi se maksimizirali njezini potencijali i prednosti za gradsku sredinu.

Gradovi također moraju uskladiti svoje politike i propise vezane uz AI kako bi osigurali njezinu etičku, odgovornu i održivu primjenu u pametnim gradovima. Osim toga, važno je poticati suradnju i zajednički rad svih dionika, kako bi se omogućila bolja koordinacija i integracija AI rješenja u urbanu infrastrukturu.

Kroz tehnologije kao što su senzorski sustavi, analitika podataka te automatizirani sustavi upravljanja, AI može omogućiti optimizaciju prometa, bolje planiranje javnog prijevoza, praćenje potrošnje energije i resursa, kao i bržu reakciju na hitne slučajeve. Također, umjetna inteligencija omogućava prikupljanje i obradu velikih količina podataka koje lokalnim vlastima pruža uvid u stvarne potrebe građana i omogućava donošenje boljih odluka temeljenih na podacima.

Ipak, za uspješnu implementaciju umjetne inteligencije u pametnim gradovima potrebna je pažljiva analiza etičkih, pravnih i sigurnosnih pitanja. Privatnost građana te odgovornost u donošenju odluka moraju biti ključni prioriteti kako bi se izbjegle zloupotrebe i kako bi se osiguralo povjerenje javnosti u nove tehnologije. Također, suradnja između javnog i privatnog sektora, te ulaganje u obrazovanje i osposobljavanje građana i stručnjaka može značajno doprinjeti razvoju održivih i inovativnih rješenja.

## Literatura

- [1] P.J. Navarathna, V.P. Malagi, Artificial Intelligence in Smart City Analysis. Preuzeto sa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8748476/citations?tabFilter=papers#citations> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [2] Z. Ullah , F. Al-Turjman, L. Mostarda and R. Gagliardi, Applications of Artificial Intelligence And Machine Learning in Smart Cities. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/profile/Zaib-Ullah-3/publication/339620997\\_Applications\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_and\\_Machine\\_learning\\_in\\_smart\\_cities/links/6332b06b165ca2278776b65e/Applications-of-Artificial-Intelligence-and-Machine-learning-in-smart-cities.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Zaib-Ullah-3/publication/339620997_Applications_of_Artificial_Intelligence_and_Machine_learning_in_smart_cities/links/6332b06b165ca2278776b65e/Applications-of-Artificial-Intelligence-and-Machine-learning-in-smart-cities.pdf) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [3] H.M.K.K.M.B. Herath, Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. Preuzeto sa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096822000192> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [4] B. Dash, P. Sharma, Role of Artificial Intelligence in Smart Cities for Information Gathering and Dissemination (A Review). Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/profile/BibhuDash5/publication/361796537\\_Role\\_of\\_Artificial\\_Intelligence\\_in\\_Smart\\_Cities\\_for\\_Information\\_Gathering\\_and\\_Dissemination\\_A\\_Review/links/62c5a37590397461ef9080b9/Role-of-Artificial-Intelligencein-Smart-Cities-for-Information-Gathering-and-Dissemination-A-Review.pdf](https://www.researchgate.net/profile/BibhuDash5/publication/361796537_Role_of_Artificial_Intelligence_in_Smart_Cities_for_Information_Gathering_and_Dissemination_A_Review/links/62c5a37590397461ef9080b9/Role-of-Artificial-Intelligencein-Smart-Cities-for-Information-Gathering-and-Dissemination-A-Review.pdf) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [5] H. Dhaduk, AI For IoT: Paving the Way to a Connected and Intelligent Future. Preuzeto sa: <https://www.simform.com/blog/ai-for-iot/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [6] V. Kanade, What Is Artificial Intelligence (AI)? Definition, Types, Goals, Challenges, and Trends in 2022. Preuzeto sa: <https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-ai/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [7] R. Maheshwari, What Is Artificial Intelligence (AI) And How Does It Work? Preuzeto sa: <https://www.forbes.com/advisor/in/business/software/what-is-ai/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [8] G core, What Is Artificial Intelligence and How Does It Work? Preuzeto sa: <https://gcore.com/learning/what-is-ai-how-does-it-work/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [9] P. J. Kiger, How Does AI Work? Preuzeto sa: <https://science.howstuffworks.com/artificial-intelligence.htm> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [10] IBM Data and AI Team, Understanding the different types of artificial intelligence. Preuzeto sa: <https://www.ibm.com/blog/understanding-the-different-types-of-artificial-intelligence/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [11] Understanding the different types of AI. Preuzeto sa: <https://www.qa.com/about-qa/our-thinking/types-of-ai-explained/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]

- [12] S. Betz, 7 Types of Artificial Intelligence. Preuzeto sa: <https://builtin.com/artificial-intelligence/types-of-artificial-intelligence> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [13] Types of Artificial Intelligence That You Should Know in 2024. Preuzeto sa: [https://www.simplilearn.com/tutorials/artificial-intelligence-tutorial/types-of-artificial-intelligence#types\\_of\\_artificial\\_intelligence](https://www.simplilearn.com/tutorials/artificial-intelligence-tutorial/types-of-artificial-intelligence#types_of_artificial_intelligence) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [14] H. Guinness, What is AI?: A human guide to artificial intelligence. Preuzeto sa: [https://zapier.com/blog/what-is-ai/?utm\\_adgroup=DSA-BestApps-Form\\_Builder&gad=1&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=gaw-row-nua-evr-search\\_nb\\_desktop\\_blog\\_prospecting\\_developing1\\_developing2-ads&utm\\_adgroup=DSA-BestApps-Form\\_Builder&utm\\_term=&utm\\_content=1007620&gad\\_source=1&gclid=Cj0KCOjwxeYxBhC7ARIsAC7dS38AEkIWhqkdewmAYhd0wityJt3htlC-rv2WqsF18GMRIS90gZniBkwaAu60EALw\\_wcB](https://zapier.com/blog/what-is-ai/?utm_adgroup=DSA-BestApps-Form_Builder&gad=1&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=gaw-row-nua-evr-search_nb_desktop_blog_prospecting_developing1_developing2-ads&utm_adgroup=DSA-BestApps-Form_Builder&utm_term=&utm_content=1007620&gad_source=1&gclid=Cj0KCOjwxeYxBhC7ARIsAC7dS38AEkIWhqkdewmAYhd0wityJt3htlC-rv2WqsF18GMRIS90gZniBkwaAu60EALw_wcB) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [15] AWS, What is Deep Learning? Preuzeto sa: <https://aws.amazon.com/what-is/deep-learning/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [16] IBM, What is computer vision? Preuzeto sa: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [17] DeepLearning.AI, Natural Language Processing. Preuzeto sa: <https://www.deeplearning.ai/resources/natural-language-processing/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [18] SCB, Smart City and its Components. Preuzeto sa: <https://www.scb.co.th/en/personal-banking/stories/life-style/smart-city.html> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [19] Gaur, Smart City Architecture and its Applications Based on IoT. Preuzeto sa: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915009229?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=8833a0d3d844248c](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915009229?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8833a0d3d844248c) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [20] Telsac, V. Yilmaz, SMART CITY COMPONENTS. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/publication/356914799\\_SMART\\_CITY\\_COMPONENT\\_S](https://www.researchgate.net/publication/356914799_SMART_CITY_COMPONENT_S) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [21] O. Saber, T. Mazri, SMART CITY SECURITY ISSUES: THE MAIN ATTACKS AND COUNTERMEASURES. Preuzeto sa: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLVI-4-W5-2021/465/2021/isprs-archives-XLVI-4-W5-2021-465-2021.pdf> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [22] S.A.A. Bokhari, S. Myeong, Use of Artificial Intelligence in Smart Cities for Smart Decision-Making: A Social Innovation Perspective. Preuzeto sa: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/620> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [23] H. Yilmaz, Smart Cities: How Does AI Make Cities Smarter? Preuzeto sa: <https://www.plugger.ai/blog/smart-cities-how-does-ai-make-cities-smarter> [Pristupljeno: svibanj 2024.]

- [24] M.B. Priya, S.L. Sailaja, V. Krishna, Smart Parking for Smart Cities. Preuzeto sa: <https://www.rsisinternational.org/journals/ijrsi/digital-library/volume-5-issue-3/197-200.pdf> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [25] H. Cheng, How Artificial Intelligence (AI) Can Help Optimize Smart Parking Management. Preuzeto sa: [How Artificial Intelligence \(AI\) Can Help Optimize Smart Parking Management — Precise ParkLink | Parking Management Services](#) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [26] Traffic lights controlled using artificial intelligence. Preuzeto sa: <https://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2022/february-2022/traffic-lights-controlled-using-artificial-intelligence.html> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [27] How AI in traffic lights can optimise traffic and protect the environment. Preuzeto sa: <https://www.hella.com/techworld/uk/Lounge/AI-in-traffic-lights-optimised-traffic-91403/#:~:text=The%20way%20it%20works%20is,travel%20and%20the%20traffic%20density.> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [28] S. Lewis, smart streetlight. Preuzeto sa: <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/smart-streetlight> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [29] Hindolia, S. Leekha, ARTIFICIAL INTELLIGENCE: APPLICATION TO LIGHTING PRODUCTS. Preuzeto sa: [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJM/VOLUME\\_11\\_ISSUE\\_7/IJM\\_11\\_07\\_104.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJM/VOLUME_11_ISSUE_7/IJM_11_07_104.pdf) [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [30] What is a Smart Meter? Preuzeto sa: <https://taraenergy.com/blog/what-is-a-smart-meter/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [31] Smart metering and AI: Present and future of automation in metering for Utilities. Preuzeto sa: <https://www.terranovasoftware.eu/en/news/smart-metering-and-ai-present-and-future-of-automation-in-metering-for-utilities> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [32] B. Fang, Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. Preuzeto sa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-023-01604-3> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [33] M. Tahmasebi, The Role of AI in Smart Cities: Opportunities and Challenges. Preuzeto sa: <https://terfino.com/smart-cities/ai-in-smart> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [34] AI in Smart Cities: The benefits and challenges. Preuzeto sa: <https://gemmo.ai/ai-in-smart-cities/> [Pristupljeno: svibanj 2024.]
- [35] DURA, Pametni Grad (SMART CITY) Dubrovnik. Preuzeto sa: <https://dura.hr/pametan-grad-2/#1613225917113-4bc89f44-30d3> [Pristupljeno: svibanj 2024.]

- [36] J. Blackman, The 10 smartest (capital) cities in Europe. Preuzeto sa: <https://www.rcrwireless.com/20240607/internet-of-things-4/the-10-smartest-capital-cities-in-europe> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [37] Smart cities in Europe - statistics & facts. Preuzeto sa: <https://www.statista.com/topics/11534/smart-cities-in-europe/#topicOverview> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [38] High Streets for All. Preuzeto sa: <https://www.london.gov.uk/who-we-are/what-mayor-does/priorities-london/londons-recovery-coronavirus-crisis/london-partnership-board/recovery-context/high-streets-all?ac-172823=172822> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [39] London's future as a smart city. Preuzeto sa: <https://centreforlondon.org/blog/londons-future-as-a-smart-city/> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [40] L. Puttkamer. SMART CITY LONDON: EUROPE'S SMARTEST CITY. Preuzeto sa: <https://www.beesmart.city/en/smart-city-blog/london-europes-smartest-city> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [41] Video London and AI. Preuzeto sa: <https://www.bbc.com/news/av-embeds/51415491/vpid/p082ldzf> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [42] M. Angelidou, Four European Smart City Strategies. Preuzeto sa: <https://core.ac.uk/download/pdf/228084206.pdf> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [43] A. Rathod, Top 10 Applications of AI in Smart Cities. Preuzeto sa: <https://aiperceiver.com/top-10-applications-of-ai-in-smart-cities/> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [44] M. Franković, SMART CITY DUBROVNIK. Preuzeto sa: <https://lider.events/smart-cities/wp-content/uploads/sites/246/2024/02/DUBROVNIK-1.pdf> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [45] N. Vlahusić, DUBROVNIK SMART CITY BY LOCAL START-UPS. Preuzeto sa: <https://www.cityone.cz/en/dubrovnik-smart-city-by-local-start-ups/t6747> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [46] Smart city strategy for City of Dubrovnik. Preuzeto sa: <https://dura.hr/wp-content/uploads/2021/02/Smart-City-Strategy-for-the-City-of-Dubrovnik-summary.pdf> [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [47] Impact of Smart City Planning and Construction on Economic and Social Benefits Based on Big Data Analysis. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/figure/The-system-architecture-of-smart-city\\_fig1\\_346813926](https://www.researchgate.net/figure/The-system-architecture-of-smart-city_fig1_346813926) [Pristupljeno: listopad 2024.]
- [48] Smart Parking Architecture Overview. Preuzeto sa: [https://www.researchgate.net/figure/Smart-Parking-Architecture-Overview\\_fig1\\_330542164](https://www.researchgate.net/figure/Smart-Parking-Architecture-Overview_fig1_330542164) [Pristupljeno: studeni 2024.]

[49] SMART CITY INDICATORS. Preuzeto sa:  
<https://www.beesmart.city/en/smart-city-indicators#smart-liv> [Pristupljeno: studeni  
2024.]



## **Popis slika**

<b>Slika 1.</b> Način rada umjetne inteligencije .....	7
<b>Slika 2.</b> Arhitektura pametnog grada .....	16
<b>Slika 3.</b> Elementi pametnog grada .....	17
<b>Slika 4.</b> Arhitektura pametnog parkiranja.....	24
<b>Slika 5.</b> Arhitektura upravljanja otpadom.....	34
<b>Slika 6.</b> Slika pomoću umjetne inteligencije .....	37
<b>Slika 7.</b> Segmenti pametnog grada Dubrovnika .....	49
<b>Slika 8.</b> Arhitektura pametnog grada Dubrovnika .....	50

## **Popis tablica**

<b>Tablica 1.</b> Karakteristike tehnologija .....	38
<b>Tablica 2.</b> Razvoj poslovnog sektora .....	40

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

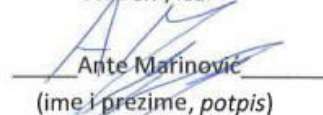
Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ diplomski rad \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom Analiza mogućnosti primjene umjetne inteligencije u pametnim gradovima, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, \_\_\_\_14.11.2024.\_\_\_\_

Student/ica:

  
Ante Marčević  
(ime i prezime, potpis)