

# Analiza pametnih gradova otkrivanjem znanja iz baza podataka

---

**Furlan, Katarina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:478511>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-14**



*Repository / Repozitorij:*

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Integrirani preddiplomski i diplomski studij Poslovne ekonomije**

**Smjer: Menadžerska informatika**

**ANALIZA PAMETNIH GRADOVA OTKRIVANJEM  
ZNAJANJA IZ BAZA PODATAKA**

**Diplomski rad**

**Katarina Furlan, 0067584972**

**Mentor: Prof.dr.sc. Mirjana Pejić Bach**

**Zagreb, rujan, 2023.**

**Sveučilište u Zagrebu**

**Ekonomski fakultet**

**Integrirani preddiplomski i diplomski studij Poslovne ekonomije**

**Smjer: Menadžerska informatika**

**ANALIZA PAMETNIH GRADOVA OTKRIVANJEM ZNANJA IZ  
BAZA PODATAKA**

**ANALYSIS OF SMART CITIES BY USING DATABASE  
KNOWLEDGE DISCOVERY**

**Diplomski rad**

**Katarina Furlan,0067584972**

**Mentor: Prof. dr. sc. Mirjana Pejić Bach**

**Zagreb, rujan, 2023.**

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

\_\_\_\_\_  
Ime i prezime studenta/ice

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_  
(vrsta rada)  
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen 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.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(potpis)

## **Sažetak i ključne riječi**

U suvremenom svijetu naglašava se važnost pametnih gradova, koji se temelje na tehnologiji i cilj im je prevladati urbanističke izazove kao što su prometne gužve, energetska učinkovitost, sigurnost i kvaliteta života građana. Proučavanje pametnih gradova uključuje usporedbu faktora kao što su tehnološke inovacije, sustavi upravljanja, javne usluge te zadovoljstvo građana. Kroz korištenje sekundarnih izvora podataka i klaster analizu, nastoji se identificirati najpametnije gradove, istražiti njihove karakteristike te utvrditi ulogu Hrvatske u tom kontekstu.

Istraživanje pametnih gradova ima za cilj ne samo pružiti dublje razumijevanje ovog koncepta i njegovih aspekata, već i potaknuti razmišljanje o tome kako gradovi mogu bolje iskoristiti tehnologiju kako bi unaprijedili svakodnevni život građana i učinili svoje okruženje održivijim i naprednijim.

Ključne riječi: otkrivanje znanja iz baza podataka, klaster analiza, pametni gradovi, tehnologija, razvoj

## **Summary and Keywords**

In the modern world, the importance of smart cities, built on technology, is emphasized, with their goal being to overcome urban challenges such as traffic congestion, energy efficiency, security, and the quality of citizens' lives. The study of smart cities involves comparing factors such as technological innovations, management systems, public services, and citizen satisfaction. Through the use of secondary data sources and cluster analysis, the aim is to identify the smartest cities, explore their characteristics, and determine the role of Croatia in this context. The research on smart cities aims not only to provide a deeper understanding of this concept and its aspects but also to stimulate thinking on how cities can better harness technology to improve citizens' daily lives and make their environment more sustainable and advanced.

Keywords: knowledge discovery from databases, cluster analysis, smart cities, technology, development

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Predmet i cilj rada.....	1
1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja .....	1
1.3. Sadržaj i struktura rada .....	1
2. PAMETNI GRADOVI .....	2
2.1. Pojam i karakteristike pametnih gradova .....	2
2.2. Razvoj pametnih gradova .....	5
2.3. Pametni gradovi u svijetu .....	7
2.3.1. Singapur .....	8
2.3.2. Amsterdam .....	9
2.3.3. Dubai .....	9
2.4. Pametni gradovi u Hrvatskoj .....	10
2.4.1. Rijeka .....	12
2.4.2. Zagreb.....	13
2.4.3. Dubrovnik.....	13
3. OTKRIVANJE ZNANJA U BAZAMA PODATAKA .....	15
3.1. Uvod u otkrivanje znanja u bazama podataka .....	15
3.2. Područja primjene otkrivanja znanja iz baza podataka .....	17
3.2.1. Primjer korištenja otkrivanja znanja iz baza podataka u pametnim gradovima. 19	
3.4. Prikaz metoda za otkrivanje znanja iz baza podataka .....	21
3.4.1. Metode otkrivanja grupa .....	22
3.4.2. Metode za predviđanje događaja.....	24
3.4.3. Metode za predviđanje vrijednosti .....	25
4. ISTRAŽIVANJE PAMETNIH GRADOVA KORIŠTENJEM OTKRIVANJA ZNANJA IZ BAZA PODATAKA .....	26
4.1. Metodologija istraživanja .....	26
4.2. Rezultati istraživanja .....	29

4.2.1.	Klaster analiza prema karakteristikama pametnih gradova.....	29
4.3.	Rasprava .....	33
4.3.1.	Rasprava o klaster analizi prema karakteristikama pametnih gradova .....	33
4.3.2.	Prosječna vrijednost indeksa s obzirom na klastere .....	36
5.	ZAKLJUČAK .....	41
	POPIS LITERATURE .....	42
	Popis slika .....	44
	Popis tablica .....	44
	Popis grafikona.....	44



# 1. UVOD

## 1.1. Predmet i cilj rada

Pametni gradovi su tema koja sve više dobiva na važnosti u suvremenom svijetu koji se brzo mijenja. S razvojem tehnologije i povećanjem urbanizacije, gradovi se suočavaju s brojnim izazovima poput prometnih gužvi, energetske učinkovitosti, upravljanja otpadom, sigurnosti i kvalitete života svojih građana. Pametni gradovi se fokusiraju na upotrebu informacijskih i komunikacijskih tehnologija kako bi se ti izazovi prevladali i gradovi učinili održivijim, učinkovitijim i ugodnijim mjestima za život. Koristit ćemo sekundarne izvore podataka koji prikazuju pametne gradove kako bismo ih usporedili i otkrili koji su najpametniji gradovi i zašto. Za postizanje tih ciljeva, koristit ćemo otkrivanje znanja iz baza podataka i provesti klaster analizu. Klaster analiza je metoda koja se koristi za grupiranje objekata ili promatranja u skupine (klaster) na temelju njihovih sličnosti. Ova metoda ima široku primjenu u istraživanju pametnih gradova i može nam pomoći u razumijevanju obrazaca i trendova među gradovima.

## 1.2. Izvor podataka i metode prikupljanja

Teoretski dio rada temelji se na sekundarnom istraživanju. U okviru sekundarnog istraživanja korišteni su različiti izvori podataka kao što su knjige iz područja rudarenja podacima, brojni znanstveni članci domaćih i stranih autora vezanih uz pametne gradove, te javno objavljenim statističkim podacima. Istraživački dio rada temeljen je na podacima prikupljenima sa web stranice Kaggle (Database) te znanjem usvojenim na kolegiju Otkrivanje znanja u bazama podataka. Provedeni istraživački dio rada ujedno je i vlastiti doprinos radu. Pri izradi analize u istraživanju korištena je metodologija klaster analize te programski alati Excel i Weka.

## 1.3. Sadržaj i struktura rada

Sadržaj rada podijeljen je na dva dijela: teorijski i istraživački dio. U teorijskome dijelu, u uvodu definiran je predmet i ciljevi rada te izvori podataka i metode prikupljanja. Zatim slijedi poglavlje o pametnim gradovima gdje će se definirati pametni gradovi, proučiti njihov razvoj i osvrnuti na pametne gradove u svijetu i u Hrvatskoj. U idućemu poglavlju približen je teorijski dio o otkrivanju znanja u kojemu će se definirati pojmovi i pobliže objasniti metode i njihova važnost i primjena. Nakon teorijskog dijela, slijedi istraživački dio u kojemu su se metodom klasteriranja podataka analizirali podaci o pametnim gradovima. Dobiveni klasteri analizirani su u raspravi istraživanja te je na kraju rada iznesen zaključak.

## 2. PAMETNI GRADOVI

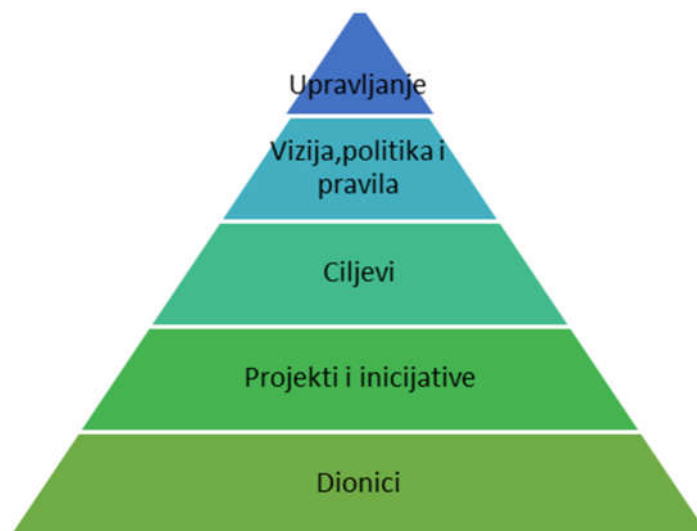
### 2.1. Pojam i karakteristike pametnih gradova

Pametni gradovi su tema koja sve više dobiva na važnosti u suvremenom svijetu koji se brzo mijenja. Klimatske promjene, porast svjetskog stanovništva kao i neprestana urbanizacija doprinijeli su razvoju gradova. Prema procjenama Ujedinjenih naroda 68% svjetskog stanovništva živi u gradovima. Istraživanja predviđaju da će do 2050. godine 2,5 milijardi ljudi živjeti u urbanim sredinama. Upravo zbog toga, potrebno je racionalno i održivo upravljanje gradovima- „pametno upravljanje“. Razmatrajući ključne komponente koje oblikuju koncept pametnog grada, mogu se identificirati četiri skupine definicija. Prva skupina povezuje grad s tehnologijama. Temelji se na korištenju tehnološke infrastrukture, posebno informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT), kako bi se poboljšala kvaliteta života u gradu. Prema tome, pametni grad može biti definiran kao dobro određeno geografsko područje u kojem napredne tehnologije poput ICT-a, logistike, proizvodnje energije i drugih surađuju kako bi stvorile koristi za građane u smislu prosperiteta, uključenosti, sudjelovanja, kvalitete okoliša i inteligentnog razvoja (Dameri, 2013). Također, pametni grad može biti opisan kao urbani centar budućnosti - siguran, zaštićen, ekološki prihvatljiv i učinkovit - jer su sve strukture (npr. energija, voda, prijevoz) osmišljene, izgrađene i održavane uz pomoć naprednih, integriranih materijala, senzora, elektronike i mreža koje su povezane s računalnim sustavima s bazama podataka, praćenjem i algoritmima za donošenje odluka (Hall, Bowerman, Braverman, Taylor, Todosow i Wimmersperg, 2000). Druga skupina definicija usredotočuje se na obrazovanje, učenje i znanje ljudi, koje neki autori smatraju ključnim pokretačem razvoja grada (ljudska orijentacija). Unutar ovog aspekta, pametni grad je onaj koji inspirira, dijeli kulturu, znanje i život te motivira svoje stanovnike da stvaraju i razvijaju vlastite živote (Rios, 2008), kao i metropolitanske regije s velikim udjelom odraslog stanovništva s višim obrazovanjem (Winters, 2010). Treća skupina definicija naglašava institucionalne faktore urbanih razvoja (institucionalna orijentacija). Unutar ovog okvira, pametni gradovi se odnose na gradove koji poduzimaju brojne inicijative kako bi stvorili bolje uvjete života, okoliša i ekonomije, te kako bi poboljšali svoju privlačnost i konkurentnost (De Jong, Joss, Schraven, Zhan i Weijnen, 2015), te su integralni sustav u kojem ljudski i društveni kapital međusobno djeluju, koristeći tehnologiju kako bi postigli održiv razvoj i visok kvalitet života temeljen na partnerstvu svih dionika (Monzon, 2015).

Posljednja skupina definicija obuhvaća hibridne definicije koje povezuju tehnološke, ljudske i institucionalne dimenzije pametnog grada. Tako se pametni grad može definirati kao grad u kojem ulaganja u ljudski i društveni kapital, kao i tradicionalna (prijevoz) i moderna (ICT) komunikacijska infrastruktura, potiču održivi ekonomski rast i visok kvalitet života, uz mudro upravljanje prirodnim resursima i putem sudjelovanja u upravljanju (Caragliu, Del Bo i Nijkamp, 2011), ili kao održiv i učinkovit grad visokog kvaliteta života, koji uspješno nosi se s urbanim izazovima primjenom informacijskih i komunikacijskih tehnologija u infrastrukturi i uslugama, uz suradnju ključnih dionika (građana, sveučilišta, vlade, industrije), te integraciju osnovnih domena (okoliš, mobilnost, upravljanje, zajednica, industrija i usluge)

Pametni gradovi koriste informacijske i komunikacijske tehnologije (ICT) za povećanje učinkovitosti, održivosti, ali i transparentnosti. Usmjereni su na poboljšanje kvalitete života građana kroz optimizaciju i unaprjeđenje gospodarskog rasta. Neke od ključnih karakteristika pametnih gradova su: javni prijevoz i infrastruktura grada, očuvanje okoliša i pametno upravljanje energentima, transparentno upravljanje i smanjenje birokracije, gospodarski rad, kvaliteta života.... (Caragliu i dr., 2009) donose definiciju pametnoga grada koja se temelji na šest dimenzija: „pametno gospodarstvo“, „pametni ljudi“, „pametno upravljanje“, „pametno okruženje“, „pametno življenje“ i „pametna mobilnost“. Pametni grad nije top-down, već bottom-up koncept jer koncept pametnoga grada proizlazi iz načina korištenja tehnologijom za rješavanje urbanih problema (Dameri, 2013).

Slika 1 Bottom up koncept pametnog grada



Izvor: Autorski rad prema Dameri, R. P. (2013.)

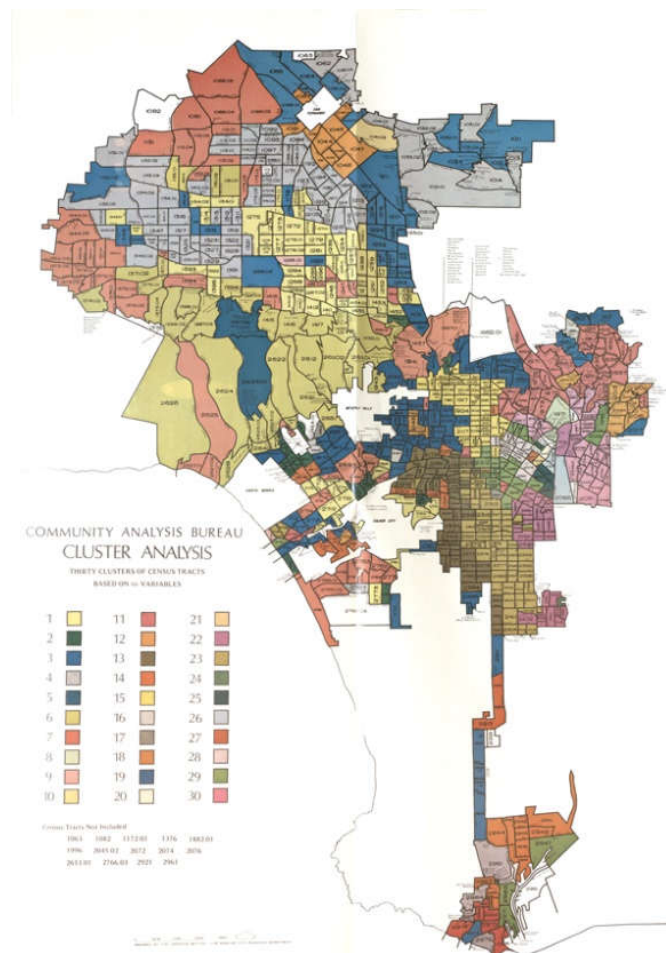
Bottom-up koncept u pametnim gradovima označava pristup u kojem građani i lokalna zajednica aktivno sudjeluju u pokretanju inicijativa i promjena unutar grada. Umjesto da se razvoj pametnog grada oslanja samo na vlasti ili velike tvrtke, ovaj pristup potiče ideje i napore građana. Kao što prikazuje Slika 1, ovaj pristup uključuje građane i lokalne poslovne subjekte koji sudjeluju u oblikovanju grada. To može uključivati predlaganje rješenja za lokalne probleme, suradnju u urbanom planiranju i korištenje digitalnih platformi za prikupljanje povratnih informacija. Ukratko, "bottom-up" pristup naglašava ulogu građana i lokalnih dionika u stvaranju pametnog grada te potiče suradnju i inovacije koje dolaze iz same zajednice.

Pametni gradovi koriste različite tehnologije poput Interneta stvari (IoT), softverskih rješenja, korisničkih sučelja (UI) i komunikacijskih mreža. Od svih tih tehnologija, IoT često predstavlja temelj na kojem se temelji transformacija u pametne gradove. IoT, ili Internet stvari, obuhvaća mrežu međusobno povezanih fizičkih uređaja čija je svrha razmjena podataka s drugim uređajima koji su povezani na internetu. Spajanjem automatizacije, strojnog učenja i IoT-a otvaraju se mnogobrojne primjene ovih tehnologija. Na primjer, koncept pametnog parkiranja omogućava vozačima brzo pronalaženje slobodnih parkirnih mjesta i olakšava digitalno plaćanje. No, to je samo početak. Pametno upravljanje prometom i javnim prijevozom ključno je za funkcionalnost pametnih gradova. Sustavi koji optimiziraju prometne tokove i koordiniraju raspored javnog prijevoza čine gradski promet učinkovitijim i manje stresnim za građane. Uz to, održivost i energetska učinkovitost igraju presudnu ulogu u pametnim gradovima. To se očituje u primjerima poput pametne ulične rasvjete koja se automatski prilagođava okolnostima - gasi se kad nema potrebe kako bi se štedjela energija, ali se pali kada je to neophodno. Ključno je istaknuti da pametni gradovi nisu samo rezultat tehnoloških inovacija. Oni predstavljaju sredstvo koje pomaže gradovima postati učinkovitijima, održivijima i udobnijima za svoje stanovnike. Kroz integraciju automatizacije, strojnog učenja i IoT-a, pametni gradovi su inspirativan primjer kako tehnologija može oblikovati budućnost urbanog života.

## 2.2. Razvoj pametnih gradova

Iako pametne gradove vežemo uz nove i napredne tehnologije, njihova povijest datira u 1974. godinu kada je Los Angeles stvorio prvi urbani big data projekt: *A Cluster Analysis of Los Angeles* („Analiza klastera Los Angelesa“). Los Angeles tih godina izvješće nije kategoriziralo u uobičajene četvrti, već u raštrkane klasterne s imenima kao što su "samci Los Angelesa", "predgrađa iz pedesetih ", "najbogatiji među siromašnima", itd. Odnosno, ovo izvješće prikazuje diferencijaciju različitih podataka s obzirom na razne kategorije. Ono dovodi do potrebe za analizom, izradom baza podataka, potrebe za razvojem i kreiranjem prvih pametnih gradova. Pa se tako i smatra početkom razvoja pametnih gradova. Također, zanimljivi su i klasteri prema kojima je podijeljen Los Angeles jer će se u ovom radu provoditi klaster analiza pametnih gradova.

Slika 2 Podjela klastera u Los Angelesu 1970-ih



Izvor: California Boom, Uncovering the Early History of “Big Data” and the “Smart City” in Los Angeles,

<https://i0.wp.com/boomcalifornia.org/wpcontent/uploads/2015/06/vallianatos2.jpg?resize=600%2C852>

Pametni gradovi kakve poznajemo danas, krenuli su sa razvojem nakon terorističkog napada u New Yorku. Nakon napada 11. rujna, gradovi poput New Yorka instalirali su 24/7 nadzorne kamere i umjetnu inteligenciju (AI) kako bi zaštitili javne prostore putem partnerstava između javnog i privatnog sektora. U Kini se koristi društveno profiliranje kako bi se pratilo političko i društveno ponašanje, ali to izaziva zabrinutost oko prava na putovanje, obrazovanje i stanovanje. U Torontu, Google promovira Sidewalk Lab kao način za oživljavanje obale, no građani su podijeljeni zbog brige oko nedostatka privatnosti i transparentnosti podataka. Nakon Pariškog sporazuma, gradovi dodaju održivost svojim podacima vođenim programima pametnih gradova. IoT senzori i AI se koriste za upravljanje i smanjenje prometa, energetske potrošnje i emisija CO<sub>2</sub>. S porastom prirodnih katastrofa, gradovi uključuju planiranje otpornosti u svoje pametne programe. AI-pogonjeni alati za prognoziranje vremena i oštećenja traže se kako bi se spasili životi i smanjili gubici. Smart city projekti također razvijaju inovativne poslovne modele. Umjesto da zahtijevaju postavljanje solarnih panela na kuće, gradovi poput Palo Alta kupuju obnovljivu energiju od solarne mreže putem konkurentskih ugovora. Gradovi se također fokusiraju na uključivanje građana i tvrtki putem pametnih aplikacija, potičući inovacije i suradnju. Konačni cilj pametnih gradova je uzgoj "pametnih građanskih znanstvenika" gdje svi doprinose poboljšanju gradskih usluga.

Razvoj pametnih gradova kroz proteklo vrijeme možemo podijeliti u tri značajne generacije, svaka sa svojim specifičnim fokusom i pristupom. Prva generacija, poznata kao Smart City 1.0, usredotočena je na primjenu tehnologije, čak i u gradovima koji nisu bili tehnološki sofisticirani. Međutim, karakteristično za ovu generaciju bila je očigledna pretpostavka da je tehnološka implementacija dovoljna za postizanje "pametnosti" u gradovima. Nažalost, u tom pristupu često je nedostajala ključna komponenta - interakcija i participacija građana, koja je ključna kako bi se gradovi istinski prilagodili potrebama i željama zajednice. Nasuprot tome, razvoj druge generacije pametnih gradova, poznate kao Smart City 2.0, predstavlja suštinsku promjenu. U ovoj fazi, naglasak se premješta s tehnologije na same gradove. Gradski lideri prepoznaju tehnološka rješenja kao instrument za unapređenje kvalitete života građana te usmjeravaju svoje napore prema stvaranju inovativnih i održivih urbanih okruženja. Ova generacija naglašava integralnu ulogu građana u procesima planiranja, implementacije i upravljanja pametnim gradskim inicijativama. U trećoj generaciji, Smart City 3.0, fokus postaje još sveobuhvatniji. Utemeljen na dubokoj interakciji sa građanima i njihovim stvarnim potrebama, ovaj pristup stvara temelj za transparentnost, participaciju i uključivanje. Pametni

gradovi postaju rezultat kolektivnog djelovanja, gdje građani i lokalne zajednice postaju aktivni dionici u stvaranju urbanog okruženja koje odgovara njihovim željama i potrebama. U sklopu Smart City 3.0 pristupa, tehnologija se koristi kao alat za ostvarivanje ciljeva, ali njena implementacija postaje usmjerena prema potrebama zajednice, a ne obrnuto.

Ovakav razvoj kroz generacije pametnih gradova reflektira rastući naglasak na građanskoj participaciji i zajedničkom upravljanju urbanim resursima. Ključna pouka koja proizlazi iz ovog evolucijskog procesa jest da su istinski "pametni" gradovi oni koji se izgrađuju na osnovama inkluzije, suradnje i usmjerenosti na stvarne potrebe građana.

Uzimajući u obzir potrebe okoline, socijalnu inkluziju i održivost, pametni gradovi postaju središta inovacija koja kombiniraju tehnologiju, zajednički angažman i mudre urbanističke politike kako bi stvorili bolje i održivije budućnosti za sve svoje građane. U budućnosti, očekujemo da će pametni gradovi nastaviti rasti i razvijati se, usmjeravajući se prema konceptu Smart City 4.0 i dalje. Integracija naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije, 5G mreža, analize velikih podataka i autonomnih vozila omogućit će gradovima da pruže još sofisticiranije usluge i rješenja svojim stanovnicima. Također, dublja suradnja između javnog sektora, privatnih tvrtki i akademske zajednice vodit će ka inovativnim projektima i održivim urbanim transformacijama. Kroz ovu evoluciju, pametni gradovi će nastaviti postavljati standarde za životnu kvalitetu, energetske učinkovitost i održivi razvoj, postavljajući put prema boljem i svjetlijem urbanom sutrašnjem.

### 2.3. Pametni gradovi u svijetu

Mnogi od najvećih svjetskih gradova već su usvojili promjene koje donosi usvajanje pametne tehnologije. Dok neke od tih promjena možda nisu odmah uočljive, mnoge inovacije koje donosi pametna tehnologija pozitivno utječu na način života ljudi širom tih gradova.

Na 2021. godišnjem izvještaju "Indeks pametnih gradova", Institut za upravljanje razvojem proveo je istraživanje u suradnji sa Sveučilištem za tehnologiju i dizajn u Singapuru (SUTD). Rezultati su pokazali da su Singapur, Zurich i Oslo najpametniji gradovi na svijetu. Ovaj indeks temelji se na ekonomskim i tehnološkim podacima, uz uključivanje percepcije građana o "pametnosti" njihovih gradova. Svake godine se sve više gradova pridružuje istraživanju. Primjerice, Lausanne u Švicarskoj pridružila se popisu po prvi put 2021. godine i odmah zauzela peto mjesto među pametnim gradovima. Novi gradovi na popisu uključuju Leeds i Glasgow u Ujedinjenom Kraljevstvu, Bordeaux i Lille u Francuskoj, Kiel u Njemačkoj, Medina u Saudijskoj Arabiji, Istanbul u Turskoj i San Jose u Kostariki.

U nastavku ćemo se osvrnuti na tri primjera vodećih pametnih gradova diljem svijeta i načine na koje su usvojili pametnu tehnologiju.

### 2.3.1. Singapur

Singapur, grad-država smješten u jugoistočnoj Aziji, ističe se kao globalni lider u implementaciji pametnih tehnologija i inovacija kako bi poboljšao kvalitetu života svojih građana i učinio grad održivijim i učinkovitijim. Ova ambicija potiče iz početka 2000-ih, kada je Singapur počeo svoj put prema transformaciji u pametni grad. Grad je usmjeren na iskorištavanje tehnologije kako bi riješio ključne izazove urbanog života, uključujući prometnu zagušenost, održivost, sigurnost i javnu uslugu. Iz tog razloga, Singapur je uspostavio razne inovativne inicijative koje se temelje na tehnološkim rješenjima.

Jedan od ključnih aspekata pametnog Singapura je njegov cilj postati prvi grad na svijetu s potpuno autonomnim vozilima. Kroz projekt nazvan "VX2" (Vehicle-to-Everything), Singapur teži postizanju potpuno samovozećih vozila do 2025. godine. Ovaj projekt omogućava vozilima da komuniciraju međusobno i s infrastrukturom, razmjenjujući informacije u stvarnom vremenu. To bi trebalo pomoći u smanjenju prometnih nesreća i zagušenja te optimizaciji prometa.

Također, Singapur se ističe po svom inovativnom pristupu energetskej učinkovitosti. Grad je implementirao napredne tehnologije poput pametnih mjerača energije i upravljanja potrošnjom kako bi smanjio potrošnju energije i emisiju stakleničkih plinova. Pametna gradnja i integracija obnovljivih izvora energije pomažu Singapuru da ostvari svoje ciljeve održivosti. Pametno upravljanje otpadom također je visoko na listi prioriteta. Grad koristi senzore i tehnologiju praćenja kako bi pratili razinu otpada i učinkovito ga upravljali, doprinoseći smanjenju ekološkog otiska. Napredak Singapura prema pametnom gradu nije samo rezultat tehnoloških inovacija, već i aktivnog uključivanja građana. Grad potiče participaciju građana putem digitalnih platformi i inicijativa koje omogućuju građanima da sudjeluju u oblikovanju gradskih politika i planova.

Sve ove inicijative i napore Singapura čine ga istaknutim primjerom pametnog grada-države koji uspješno koristi tehnologiju i inovacije kako bi stvorio bolji životni standard za svoje stanovništvo i postao model za druge gradove u svijetu.



### 2.3.2. Amsterdam

Amsterdam, glavni grad Nizozemske, ističe se kao jedan od prvih pametnih gradova, ne samo u Europi, već i širom svijeta. Njegova reputacija kao pametnog grada temelji se na naprednom pristupu tehnologiji i održivosti, stvarajući inovativno i moderno urbano okruženje. Jedna od ključnih karakteristika Amsterdama kao pametnog grada je njegova fokusiranost na održivost i zeleni životni stil. Grad je poznat po brojnim kanalima i obilju biciklističkih staza, čime se potiče održiva mobilnost i smanjenje emisija. Osim toga, Amsterdam potiče korištenje obnovljivih izvora energije i pametno upravljanje energijom kako bi postao energetski učinkovit i smanjio svoj ekološki otisak.

Amsterdam također stavlja naglasak na transparentnost i dostupnost podataka. Građanima je omogućeno aktivno sudjelovanje u oblikovanju grada putem digitalnih platformi. Inovativna "Mijnbuur" aplikacija povezuje građane sa susjedima, lokalnom policijom i drugim relevantnim akterima kako bi se poboljšala sigurnost i suradnja u zajednici. Podaci prikupljeni putem ove aplikacije pomažu vlastima da bolje razumiju potrebe i izazove različitih četvrti.

Pametni promet je još jedan ključni segment Amsterdama kao pametnog grada. Sustavi pametnog prometa omogućuju bolje upravljanje prometnim tokovima, smanjenje gužvi i optimizaciju putovanja. Također, Amsterdam je predvodnik u pametnom upravljanju otpadom, koristeći tehnologiju kako bi se poboljšala učinkovitost prikupljanja i recikliranja otpada.

S obzirom na svoje inovacije, održivost i angažiranu zajednicu, Amsterdam je stvorio jedinstveni okvir za pametan grad koji ne samo da koristi tehnologiju, već je usmjeren na bolji život za svoje građane i stvaranje održive budućnosti. Njegova sposobnost da integrira inovacije u svakodnevni život, potiče kreativnost i suradnju među građanima, te čini Amsterdam inspirativnim modelom za druge gradove koji teže postati pametni i održivi entiteti u modernom svijetu.

### 2.3.3. Dubai

Dubai, glavni grad Ujedinjenih Arapskih Emirata (UAE), doživio je nevjerojatnu transformaciju iz skromnog naselja u jedno od najpoznatijih i najvećih svjetskih urbanih središta. Ova metropola se ističe kao vodeći pametni grad ne samo u regiji, već i globalno, te ima ambiciozan cilj postati tehnološki napredno i inovativno urbano središte.

Dubai je uložio značajna sredstva u tehnološke inicijative te je ostvario suradnju s vodećim tehnološkim kompanijama. Ova strategija omogućila je gradnju razvoj pametne infrastrukture koja obuhvaća mnoge aspekte života građana. Primjerice, pametne zgrade opremljene su naprednim sustavima za energetska efikasnost i upravljanje resursima. Također, Dubai je poznat po ambicioznim planovima vezanim uz autonomna vozila i napredne sustave upravljanja prometom, čime nastoji olakšati mobilnost i smanjiti gužve u prometu. Posebno je impresivan njihov pristup korištenju tehnologija kao što su blockchain i umjetna inteligencija za poboljšanje javnih usluga. Dubai se ponosi implementacijom blockchain tehnologije u mnogim sektorima, uključujući administraciju, financije, zdravstvo i trgovinu. Umjetna inteligencija se koristi za optimizaciju sustava javnih usluga te unaprjeđenje iskustva građana u interakciji s gradskim institucijama.

Futuristički projekt "Dubai Smart City" odražava ambiciju grada da transformira svakodnevni život građana kroz povezivanje digitalnog i stvarnog svijeta. Osim toga, Dubai se ističe i po svojim investicijama u infrastrukturne projekte poput 5G komunikacija, cloud tehnologije, analitike velikih podataka, 3D printanja i tehnologije lanca blokova. Dubai je i poznat po poticanju start-up ekosustava te privlačenju tehnoloških inovatora iz cijelog svijeta.

U svjetlu svoje tehnološke osviještenosti, Dubai se ipak ne oslanja samo na tehnologiju. Grad aktivno potiče očuvanje okoliša, održivu mobilnost te kulturnu kreativnost. Zeleni projekti, poput pametnog upravljanja otpadom i smanjenja emisija CO<sub>2</sub>, ističu se kao važan dio njihove strategije.

Sve navedeno svjedoči o Dubaijevoj predanosti postati globalni lider u području pametnih gradova. Njihova težnja prema inovacijama, tehnološkom napretku i održivosti čini ih nezaobilaznom adresom u svijetu pametnih gradova.

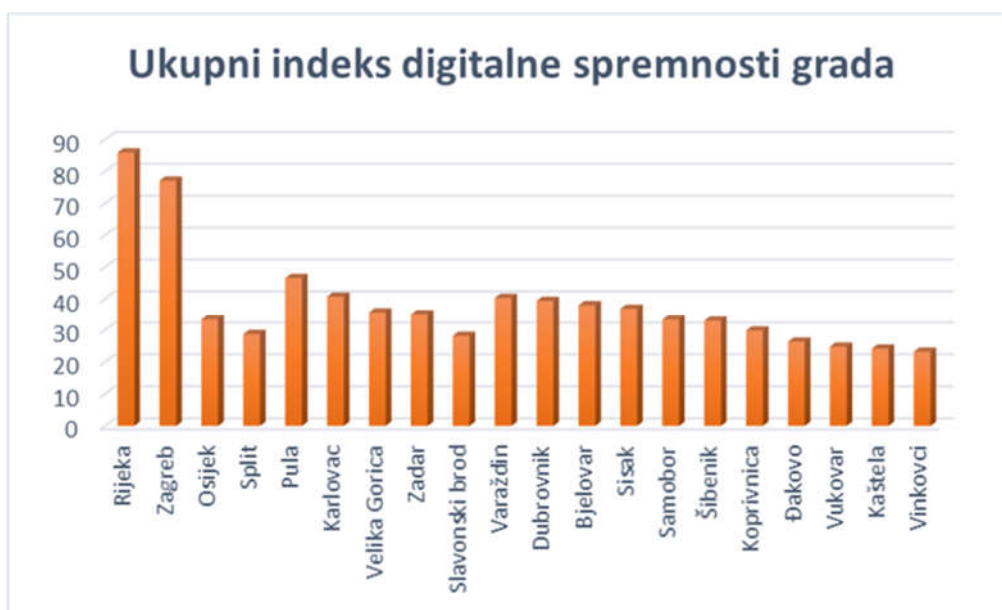
#### 2.4. Pametni gradovi u Hrvatskoj

Kako u cijelom svijetu dolazi do porasta urbanizacije, tako i u Hrvatskoj. Prema popisu stanovništva, u Republici Hrvatskoj 60 % stanovnika živi u gradovima. Također, Hrvatska sve više dostiže svjetsku razinu tehnologije, pa se tako i približuje ostalim svjetskim pametnim gradovima. Dakako, tome doprinosi Europska unija koja kroz Europske strukturne i investicijske fondove sufinancira razvoj pametnih gradova, ali isto tako Republika Hrvatska je donijela „Nacionalnu razvojnu strategiju“ u kojoj je strateški cilj razvoj pametnih gradova.

Kada je riječ o pametnim gradovima u Hrvatskoj, neizostavan grad je Rijeka koji se mjeri i sa velikim europskim središtima. Također, i ostali hrvatski gradovi poput Zagreba, Dubrovnika i Pule su se uključili u proces transformacije u pametne gradove, te sve više počeli primjenjivati tehnološka rješenja. Prema indeksu digitalne spremnosti gradova za 2020. god. (Slika 3), Hrvatskoj se nalazi 20 pametnih gradova od kojih je najpametniji grad Rijeka kao što je rečeno koji prednjači sa svojim indeksom 85,92. Slijedi ga glavni grad Zagreb sa 77,12. Na posljednjem mjestu nalazi se grad Vinkovci. Neki od kriterija za određivanje indeksa bili su:

- Pametna administracija
- Greenfield program
- Komunalije
- Transport
- Sigurnost
- Život zajednice

Grafikon 1 Indeks digitalne spremnosti gradova RH 2020.godine



Izvor: Autorski rad prema: <https://www.rijeka.hr/grad-rijeka-najbolji-u-hrvatskoj-u-kategoriji-smart-city-pametni-grad/>

#### 2.4.1. Rijeka

Rijeka, treći najveći grad u Hrvatskoj, ističe se kao napredni primjer pametnih gradova unutar zemlje. U 2020. godini, Rijeka je osvojila titulu najpametnijeg hrvatskog grada, zahvaljujući svojoj inovativnoj tehnološkoj orijentaciji i dosljednom fokusu na modernizaciju. Grad se aktivno posvećuje olakšavanju administrativnih procesa i pružanju boljih usluga svojim građanima kroz digitalizaciju i inteligentna rješenja. Rijeka se izdvaja po implementaciji brojnih naprednih projekata. U želji da reducira birokraciju i omogući veću dostupnost informacija građanima, grad je uveo inovativne sustave za upravljanje otpadom, uključujući pametne kontejnere i praćenje količine otpada. Ovaj pristup pridonosi učinkovitijem resursnom upravljanju i očuvanju okoliša. Rijeka također daje naglasak održivosti svojih projekata. Kroz korištenje autobusa na prirodni plin kao gorivu, grad smanjuje emisije štetnih plinova i potiče čišći zrak. Implementacija solarnih panela na javnim zgradama, kao što su škole, pokazuje njihovu posvećenost povećanju energetske učinkovitosti i promicanju obnovljivih izvora energije.

Jedno od značajnih dostignuća Rijeke u području pametnih gradova jest i njeno priznanje kao europskog središta kulture. Kao grad mentor, Rijeka dijeli svoje iskustvo i znanje s ostalim hrvatskim gradovima kako bi ih potaknula na transformaciju u pametne gradove.

Rijeka se ističe i kroz ulaganje u moderne tehnologije kao što su Internet stvari (IoT) i informacijsko-komunikacijske tehnologije (ICT). Grad aktivno razvija sustave pametnih rješenja kako bi unaprijedio kvalitetu života svojih građana. Primjer toga je implementacija pametnih parkirališta koja olakšavaju vozačima pronalazak slobodnih parkirnih mjesta, smanjujući gužve i stvarajući učinkovitiji prometni tok. Rijeka također njeguje svoj identitet kao kulturni centar, organizirajući brojne događaje i manifestacije. Ovaj fokus na kulturu dodatno obogaćuje iskustvo građana i posjetitelja te stvara dinamično i privlačno okruženje za razvoj inovacija. Uz napredak u tehnološkim aspektima, Rijeka je postala i lider u primjeni participativnog pristupa. Građani se aktivno uključuju kroz digitalne platforme i inicijative, omogućavajući im da izraze svoje ideje, prijedloge i komentare te tako sudjeluju u oblikovanju budućnosti svog grada. Sve ove inicijative zajedno stvaraju Rijeku kao primjer pametnog grada koji povezuje tehnologiju, održivost, kulturu i participaciju. Njen napredak i angažman otvaraju put za daljnji razvoj pametnih gradova u Hrvatskoj.

#### 2.4.2. Zagreb

Kao glavni hrvatski grad, Zagreb se ističe predanošću zaštiti okoliša, suočavanju s klimatskim promjenama te razvoju pametnih rješenja za gradsku upravu i interakciju s javnošću. Uz zajedničke ciljeve s ostalim gradovima, Zagreb je usmjeren na konkretne inicijative koje ga čine modernim i tehnološki naprednim urbanim središtem. Jedno od ključnih područja na kojima se Zagreb ističe je pametna mobilnost. Implementacijom sustava za praćenje prometa i upravljanje prometnim signalima postignuta je veća protočnost prometa te smanjenje gužvi. Pametna rješenja za parkiranje omogućuju građanima brže pronalazak slobodnih parkirnih mjesta putem mobilnih aplikacija, što doprinosi efikasnijem korištenju gradskog prostora i manjim prometnim zagušenjima. Zagreb se također ističe digitalizacijom javnih usluga, omogućujući građanima online platforme za obavljanje administrativnih poslova. To ne samo da štedi njihovo vrijeme, već i olakšava pristup različitim uslugama. Osim toga, digitalna inovacija primjenjuje se u obrazovanju i zdravstvu, unaprjeđujući kvalitetu života građana.

Grad kontinuirano radi na održivom razvoju, pa tako treba istaknuti i inicijative poput solarnih punionica električnih vozila koje koriste energiju iz solarnih panela. Osim toga, Zagreb je usvojio šest ključnih strategija za postizanje statusa pametnog grada: razvoj digitalne infrastrukture, efikasna i transparentna gradska uprava, pametno upravljanje energijom i komunalnim uslugama, poticanje obrazovanja i gospodarstva te promicanje održive urbane mobilnosti. Kroz svoje inovacije i tehnološki napredne pristupe, Zagreb se pozicionirao kao važan akter u transformaciji hrvatskih gradova prema pametnim gradovima budućnosti.

#### 2.4.3. Dubrovnik

Dubrovnik, jedan od vodećih hrvatskih pametnih gradova, ističe se digitalizacijom turističkih usluga kako bi unaprijedio iskustvo posjetitelja. Mobilne aplikacije omogućuju turistima pristup informacijama o gradu, znamenitostima i događajima u stvarnom vremenu, poboljšavajući njihov boravak i omogućavajući bolje upoznavanje s destinacijom. Grad je također uspješno razvio aplikaciju kojom prati kretanje ljudi u staroj jezgri grada, čime se očuvava kulturna baština i izbjegava gužva. Dubrovnik se ponosi svojom kulturnom baštinom i povijesnom starom jezgrom. No, istovremeno se fokusira na suvremene tehnologije kako bi postigao održivi razvoj. Grad je postao prepoznatljiv po pametnom parkiranju, sustavu koji omogućuje efikasno upravljanje parkirnim prostorima i olakšava vozačima pronalazak slobodnih mjesta, poboljšavajući prometnu protočnost.

Dubrovnik je također bio među prvima u Hrvatskoj koji su uveli pametnu upravu. Ovakav pristup omogućuje građanima lakši pristup gradskim uslugama, smanjuje administrativne barijere i povećava transparentnost gradske uprave. Dodatno, grad se ističe i svojim pametnim sustavima upravljanja energijom. Praćenje potrošnje energije i vode u javnim zgradama te osvjetljenju omogućava veću efikasnost i smanjenje troškova, dok istodobno pridonosi zaštiti okoliša. Kroz ove inovativne pristupe, Dubrovnik nastoji ostati atraktivna destinacija, ali i grad koji je okrenut budućnosti, te koji koristi tehnologiju kako bi unaprijedio kvalitetu života svojih građana i posjetitelja.

### 3. OTKRIVANJE ZNANJA U BAZAMA PODATAKA

#### 3.1. Uvod u otkrivanje znanja u bazama podataka

Otkrivanje znanja iz baza podataka označava proces ekstrakcije korisnih informacija iz određenog skupa podataka (data seta). Tijek ovog postupka obuhvaća temeljit izbor i adekvatnu pripremu podataka, implementaciju procedura za čišćenje podataka, primjenu prethodno stvorenih znanstvenih spoznaja na relevantne podatke te interpretaciju preciznih rješenja koja se generiraju putem analize rezultata. Temelji otkrivanja znanja u bazama podataka sastoje se od tri međusobno povezane znanstvene discipline: statistike, umjetne inteligencije, te strojnog učenja. Proces otkrivanja znanja iz baza podataka pretpostavlja korištenje strukturiranih podataka, čime se olakšava efikasnost postupka ekstrakcije, transformacije i učitavanja podataka (ETL). ETL postupak, sukladan definiciji otkrivanja znanja iz baza podataka, nužan je korak koji obuhvaća selekciju, pripremu i pročišćavanje podataka. Značajan dio vremena korištenog u procesu investira se u preliminarnu analizu i obradu podataka.

Rudarenje podataka ima dva osnovna zadatka: deskriptivni i prediktivni. Deskriptivni zadatak fokusira se na otkrivanje zanimljivih obrazaca ili relacija u opisu podataka. Ovo može uključivati pronalaženje skrivenih uzoraka ili povezanosti među podacima, što može biti od velikog značaja za razumijevanje informacija sadržanih u skupovima podataka. S druge strane, prediktivni zadatak ima za cilj predviđanje budućih ishoda ili ponašanja temeljenih na dostupnim podacima. To može uključivati predikciju ili klasifikaciju, gdje se model koristi za procjenu ili kategorizaciju novih podataka na temelju naučenih uzoraka iz prethodnih podataka. Ovaj pristup omogućuje donošenje informiranih odluka i predviđanje budućih događaja.

Rudarenje podataka je interdisciplinarno područje koje koristi različite tehnike i alate za automatsko otkrivanje složenih uzoraka, asocijacija, anomalija i struktura iz velikih količina podataka. Koristi se za filtriranje ključnih informacija iz ogromnih setova podataka pohranjenih u skladištima podataka ili drugim izvorima. Sveukupno, rudarenje podataka ima svrhu istraživanja i analize podataka kako bi se stekao dublji uvid u njihov sadržaj te kako bi se korisne spoznaje primijenile u praktičnim situacijama.

Proces otkrivanja znanja u bazama podataka sastoji se od nekoliko koraka (Pejić Bach i Kerep, 2011):

#### 1. Definicija poslovnog problema

U ovom koraku najvažnije je da menadžer postavi točno pitanje o problemu kako bi se na kraju procesa saznao odgovor.

#### 2. Priprema podataka

Izuzetno je važno dobro provesti pripremu podataka jer se uglavnom radi o velikoj količini podataka, a kako bi proces proveli jednostavnije, potrebna je manja količina podataka. Zbog toga se izbacuju podaci koji odstupaju od uzorka-atipični podaci.

#### 3. Modeliranje

Nakon što pripremimo podatke za obradu, potrebno je odabrati metodu kojom ćemo obraditi podatke. Postoje tri metode koje se koriste u rudarenju podataka: klasifikacija, predviđanje i grupiranje. Također, postoji više alata koji se koriste za rudarenje podataka, a u ovom radu koristit će se alat Weka.

#### 4. Implementacija

Nakon obrade podataka, potrebno ih je dobro prezentirati kako bi ih svi razumjeli, uglavnom se rezultati prikazuju grafikonima.

Definiranje poslovnog problema i postavljanje hipoteza su ključni koraci u analizi podataka. Ovi koraci stvaraju temelj za cijeli proces analize i određuju smjer istraživanja. Pravilno definiranje problema omogućava postavljanje konkretnih ciljeva analize i usmjerenje prema praktičnim rezultatima. Postavljanje hipoteza pomaže analitičarima da razviju okvir za svoj rad i plan kako će rješavati problem. Ova faza je od iznimnog značaja jer osigurava da analitički proces bude relevantan i svrhovit, što je ključno za donošenje informiranih poslovnih odluka. Ovi početni koraci su ključni jer omogućavaju analitičarima da usmjere svoj rad i stvore okvir za rješavanje poslovnih izazova kroz analizu podataka. Pravilno definirani problem i postavljene hipoteze čine analizu fokusiranom i svrhovitom, osiguravajući da analitički proces ima jasne smjernice prema ostvarivanju ciljeva.



### 3.2. Područja primjene otkrivanja znanja iz baza podataka

Raznolike industrije poput trgovine, banaka, proizvodnje, telekomunikacija i osiguranja sve više koriste rudarenje podataka kako bi otkrile veze između različitih elemenata. To uključuje optimizaciju cijena, promocije, demografiju, ali također i razumijevanje kako ekonomske prilike, rizici, konkurencija i društveni mediji utječu na njihove poslovne modele, prihode, operacije i odnose s korisnicima. Rudarenje podataka omogućava dublje razumijevanje podataka i pomaže tvrtkama donositi informirane odluke temeljene na činjenicama.

U današnjem dobu informacija, gotovo svaka industrija, sektor ili tvrtka koristi rudarenje podataka. Neke od grana su zasigurno:

- Zdravstvo

U području zdravstva, otkrivanje znanja u bazama podataka ima ključnu ulogu u dijagnosticiranju, liječenju i prevenciji bolesti i ozljeda. Primjene obuhvaćaju dijagnozu pacijenata, predviđanje ishoda pacijenata i analizu zadovoljstva pacijenata. Jedan od primjera je upotreba rudarenja podataka u medicinskom istraživanju. Ova tehnika omogućuje znanstvenicima da prouče ogromne količine podataka o zdravstvenom stanju pacijenata i identificiraju ključne faktore koji utječu na napredak bolesti. Analizom podataka, moguće je otkriti obrasce i trendove u bolestima, kao i identificirati čimbenike rizika ili genetske predispozicije koji mogu doprinijeti razvoju određenih bolesti. Osim toga, otkrivanje znanja u zdravstvu može pomoći u personalizaciji medicinskih tretmana. Analiza podataka omogućava prilagodbu terapije i liječenja prema individualnim potrebama svakog pacijenta, što značajno poboljšava uspješnost liječenja i smanjuje rizik od nuspojava. Također, analiza podataka može se primijeniti u praćenju i upravljanju zdravstvenim resursima. Na primjer, bolnice i klinike mogu koristiti otkrivanje znanja kako bi optimizirale raspored pacijenata i resursa, čime se poboljšava učinkovitost zdravstvenog sustava.

- Bankarstvo

Rudarenje podataka ima ključnu ulogu u prepoznavanju uzoraka prijevare, analizi ponašanja klijenata i otkrivanju prilika i rizika u ulaganju. Značajne primjene uključuju ocjenjivanje kreditnog rejtinga, procjenu rizika i analizu tržišta dionica. Banke koriste rudarenje podataka za analizu podataka o klijentima i otkrivanje uzoraka prijevare. Također, rudarenje podataka igra ključnu ulogu u procjeni rizika. Financijske institucije koriste ovu tehniku za identifikaciju potencijalnih rizičnih transakcija ili aktivnosti koje ukazuju na nepravilnosti. To pomaže u

sprječavanju prijevara i zloupotreba financijskih sustava. U kontekstu ulaganja, analiza podataka omogućava investitorima da bolje razumiju tržište dionica. Prateći i analizirajući povijest cijena dionica, volumen trgovanja i ekonomske pokazatelje, investitori mogu donositi informirane odluke o kupnji ili prodaji dionica. Nadalje, banke koriste rudarenje podataka kako bi analizirale podatke o klijentima i prepoznale uzorke prijevara. To može uključivati detekciju neobičnih transakcija, sumnjivih aktivnosti ili nepravilnosti u upotrebi financijskih sredstava. Ovaj pristup poboljšava sigurnost financijskih sustava i štiti klijente od potencijalnih prijevara.

- **Obrazovanje**

U obrazovanju, otkrivanje znanja iz baza podataka pomaže u predviđanju uspjeha učenika, prepoznavanju učenika u riziku i analizi zadovoljstva učenika. Obrazovne institucije koriste rudarenje podataka za analizu rezultata testova učenika i utvrđivanje čimbenika koji doprinose akademskom uspjehu. Također, analiza podataka može se primijeniti i na zadovoljstvo učenika. Praćenjem povratnih informacija i ocjena učenika, obrazovne institucije mogu bolje razumjeti njihove potrebe i preferencije. To omogućava prilagodbu nastavnih metoda i programa kako bi se poboljšalo iskustvo učenja. U konačnici, rudarenje podataka u obrazovanju omogućava bolje razumijevanje učeničkog uspjeha, identifikaciju potreba učenika i poboljšanje kvalitete obrazovnog iskustva. Ova tehnika pomaže obrazovnim institucijama da pruže personaliziranu podršku učenicima i unaprijede proces obrazovanja.

- **Telekomunikacije**

Zasigurno, televizijske i radio stanice koriste otkrivanje znanja u bazama podataka u stvarnom vremenu kako bi mjerile svoju online televizijsku (IPTV) i radijsku publiku. Ovi sustavi prikupljaju i analiziraju, istovremeno, anonimne informacije o gledanosti kanala, emitiranju i programiranju. Pomoću otkrivanja znanja u stvarnom vremenu, medijske kuće mogu dinamički prilagođavati svoje emitiranje i programiranje kako bi bolje odgovaralo interesima njihove publike. To znači da mogu brže reagirati na promjene u preferencijama gledatelja i slušatelja te ponuditi relevantan i privlačan sadržaj. Osim toga, ova tehnika pomaže televizijskim i radijskim stanicama da mjere učinkovitost svojih reklamnih kampanja. Analizom podataka o gledanosti, mogu bolje ciljati oglase prema demografskim grupama i interesima publike, čime povećavaju šanse za uspješno oglašavanje i bolji povrat ulaganja.

### 3.2.1. Primjer korištenja otkrivanja znanja iz baza podataka u pametnim gradovima

Uvođenje strojnog učenja u pametne gradove predstavlja ključni korak prema ostvarivanju vizije modernih, održivih i tehnološki naprednih urbanih sredina. Pametni gradovi su postali središte inovacija i razvoja, potaknutih rastom urbanizacije i potrebom za učinkovitim upravljanjem resursima i uslugama u urbanim okruženjima. Ovaj uvod istražuje ulogu strojnog učenja u transformaciji pametnih gradova i kako ta tehnologija može unaprijediti različite aspekte urbanog života. Pametni gradovi se oslanjaju na napredne informacijske i komunikacijske tehnologije kako bi optimizirali resurse, poboljšali kvalitetu života građana i postigli održivost. Strojno učenje, grana umjetne inteligencije, igra ključnu ulogu u ostvarivanju tih ciljeva. Ova tehnologija omogućuje pametnim gradovima da analiziraju ogromne količine podataka prikupljenih iz različitih izvora, poput senzora, pametnih uređaja i društvenih mreža, te izvlače vrijedne uvide iz tih podataka. Jedan od ključnih izazova u pametnim gradovima je identifikacija i upravljanje prometom, kako vozilskim, tako i internetskim. Strojno učenje omogućuje preciznu identifikaciju internetskog prometa, što je ključno za upravljanje mrežom, sigurnost i osiguravanje kvalitete usluge. Također pomaže u optimizaciji prometne infrastrukture i smanjenju gužvi u gradovima.

Uz to, strojno učenje igra važnu ulogu u energetske učinkovitosti, praćenju okoliša, prevenciji kriminala i poboljšanju zdravstvene skrbi u pametnim gradovima. Analizom podataka o energetske potrošnji, emisijama stakleničkih plinova i prometnim uzorcima, strojno učenje omogućuje gradskim vlastima donošenje informiranih odluka za smanjenje negativnih utjecaja na okoliš.

Korištenje rudarenja velikih podataka i strojnog učenja ima ključnu ulogu u rješavanju problema proizvodnje, transporta i upravljanja prometom u stvarnom vremenu u pametnim gradovima. Ove tehnologije su integrirane u sustave i okvire koji olakšavaju učinkovit prijenos podataka među različitim dionicima i aplikacijama. Pametni gradovi uspješno primjenjuju rudarenje velikih podataka u područjima kao što su pametno obrazovanje, pametne mreže, predviđanje potrošnje električne energije, te posebno, pametna semafora i upravljanje i predviđanje zagušenja prometa. Učinkovito upravljanje prometnim tokovima temeljna je značajka pametnih gradova jer može unaprijediti mreže za prijevoz i optimizirati opće uvjete prometa. S rastućim urbanim stanovništvom javljaju se problemi u prometu, povećane emisije i ekološki i ekonomski problemi. Stoga je iznimno važna uporaba relevantnih strategija (kao

što su predviđanje zagušenja prometa ili pametni semafori) koje pametni gradovi koriste kako bi se nosili s rastućim problemima zagušenja prometa.

U konkretnom primjeru Thessalonikija, istraživanje je posebno važno jer se bavi prometnim izazovima u stvarnom vremenu koji se pojavljuju u tom gradu. Thessaloniki, kao studija slučaja, omogućava razumijevanje složenih problema s kojima se pametni gradovi suočavaju i kako primjena rudarenja velikih podataka i strojnog učenja može pomoći u njihovom rješavanju. Istraživanje koje je provela School of Science na International Hellenic University ima ključnu ulogu u primjeni rudarenja velikih podataka i strojnog učenja za rješavanje izazova proizvodnje, transporta i upravljanja prometom u pametnim gradovima. Ova škola je istraživala različite aspekte pametnih gradova, uključujući pametne semafore, predviđanje zagušenja prometa i druge tehnologije koje mogu unaprijediti urbano okruženje. Njihova istraživanja pomažu u razumijevanju kako se tehnologije rudarenja velikih podataka i strojnog učenja mogu primijeniti na stvarne probleme u urbanim sredinama, poput Thessalonikija. Time School of Science na International Hellenic University doprinosi napretku znanja i inovacija u području pametnih gradova i prometne optimizacije. Istraživanje se bavi primjenom pametnih sustava za upravljanje prometom u cilju razvoja naprednih algoritama za predviđanje zagušenja prometa. Mnogi programi su razvijeni kako bi prikupljali podatke o prometu za opskrbu tih sustava, ali takve tehnologije su često skupe i podložne vremenskim uvjetima. Stoga se istraživanje usmjerava prema alternativnim metodama prikupljanja podataka, uključujući mobilne uređaje poput mobilnih telefona i GPS-a. Studije su pokazale da se podaci prikupljeni putem ovih uređaja mogu koristiti za razvoj modela predviđanja zagušenja prometa s visokom točnošću.

### 3.3. Važnost primjene otkrivanja znanja iz baza podataka

U prethodnom dijelu iznesene su neke česte industrije u kojima se često koristi otkrivanje znanja iz baza podataka. Naravno, primjena ovog procesa je znatno šira, no zajednička karakteristika tih industrija je akumulacija velikih količina podataka u skladištima ili bazama, koji sadrže velike količine informacija. Rudarenje podataka, ili otkrivanje znanja iz baza podataka, igra vitalnu ulogu u suvremenom poslovnom okruženju. Organizacije danas posjeduju ogromne količine podataka, no ta sirova količina informacija sama po sebi nije dovoljna za donošenje informiranih odluka. Ovdje nastupa proces rudarenja podataka, koji omogućuje pretvaranje tih podataka u korisne uvide i informacije.

Najvažnija uloga ovog procesa leži u pružanju konkretnih informacija koje organizacijama pomažu da bolje razumiju tržište, trendove i potrebe svojih kupaca. Otkrivanje znanja omogućuje dublje uvide u ponašanje korisnika, predviđanje budućih trendova te identifikaciju ključnih obrazaca i asocijacija među podacima. Sposobnost pravovremenog i preciznog izvlačenja znanja iz podataka omogućuje organizacijama da donose bolje informirane odluke, optimiziraju svoje procese i poboljšaju korisničko iskustvo. Povećava se efikasnost marketinških strategija, olakšava donošenje odluka temeljenih na stvarnim informacijama te podržava razvoj novih proizvoda i usluga. Rudarenje podataka postaje sve važnija industrija. Brojni pružatelji usluga, kao što su AWS, Oracle, Microsoft, SAP i SAS Institute, nude alate za rudarenje podataka. Njegova neosporiva važnost leži u činjenici da podaci, iako korisni, trebaju biti temeljito istraženi kako bi se postigli organizacijski ciljevi. Sirovi podaci sami po sebi nisu dovoljni; proces rudarenja omogućuje dobivanje korisnih informacija iz tih sirovih podataka, pridonoseći koristi i organizacije i njenih korisnika. Rudarenje podataka ima široku primjenu, uključujući otkrivanje prijevара, filtriranje neželjenih poruka, upravljanje rizicima te kibernetičku sigurnost.

U upravljanju lancem opskrbe, otkrivanje znanja povezuje proizvođače, potrošače i dobavljače te brže prepoznaje tržišne trendove i precizno prognozira potražnju. Otkrivanje znanja poboljšava korisničku uslugu identificiranjem trendova u ponašanju korisnika, omogućujući personalizaciju i rješavanje problema u podršci. Upravljanje rizicima i prijevarama postaje učinkovitije putem otkrivanja znanja, prepoznajući rizične situacije i poduzimajući adekvatne mjere zaštite. Ova tehnika također smanjuje troškove optimizacijom procesa i brzom analizom velike količine podataka.

### 3.4. Prikaz metoda za otkrivanje znanja iz baza podataka

Prilikom otkrivanja znanja u bazama podataka postoje različite metode koje je moguće koristiti u softverima za rudarenje podataka i strojno učenje, a glavna je podjela istih na metode za klasifikaciju, za predviđanje vrijednosti te metode za grupiranje (Pejić Bach i Kerep, 2011). U ovom dijelu će biti razmatrane metode koje se koriste u procesu otkrivanja znanja u bazama podataka, kao dio samog koraka rudarenja podataka: metoda stabla odlučivanja, metoda asocijativnih pravila i klaster metoda kao najzastupljenije metode.

### 3.4.1. Metode otkrivanja grupa

Metode segmentiranja (ili klaster analiza) i asocijativna pravila spadaju u grupu metoda za otkrivanje grupa.

Metode segmentiranja se odnose na tehnike koje grupiraju slične podatke zajedno, stvarajući tako "klaster" ili grupu podataka sličnih karakteristika. Ova tehnika omogućuje identifikaciju obrazaca i veza među podacima koji bi inače mogli biti teško uočljivi. Na primjer, u marketingu se često koristi segmentacija kupaca kako bi se identificirale ciljne skupine sličnih preferencija ili ponašanja. Metode segmentiranja omogućuju organizacijama da prilagode svoje strategije prema specifičnim potrebama svake grupe. poznata i kao klasteriranje, je metoda rudarenja podataka koja grupira slične podatke zajedno. Cilj klaster analize je podijeliti skup podataka u grupe (ili klastera) tako da su podatkovne točke unutar svake grupe sličnije jedna drugoj nego podatkovnim točkama u drugim grupama. Ovaj proces često se koristi za istraživačku analizu podataka i može pomoći u otkrivanju uzoraka ili odnosa unutar podataka koji možda nisu odmah očigledni. U ovom radu koristiti ćemo klaster analizu za analizu pametnih gradova diljem svijeta. Klaster analiza je proces pronalaska sličnih grupa objekata radi formiranja klastera. Radi se o algoritmu temeljenom na nesuperviziranom strojnom učenju koji djeluje na podacima bez oznaka. Skup podataka podijeljen je u različite grupe spajanjem sličnih objekata u grupu. Ta grupa je poznata kao klaster. Odnosno, klaster je kolekcija sličnih podataka koji su grupirani zajedno.

Metoda "Simple k-means" ili jednostavna k-srednja vrijednost je popularan algoritam klaster analize. Ova metoda ima cilj podijeliti skup podataka u predefiniрани broj klastera ( $k$ ), tako da svaki klaster sadrži slične instance. Algoritam počinje nasumičnim odabirom  $k$  središnjih točaka (centroida) kao početnih vrijednosti klastera. Zatim svaka instanca podataka se dodjeljuje onom klasteru čiji centroid je najbliži toj instanci, na temelju odabrane mjere udaljenosti.

U ovom radu korištena je k-metoda srednje vrijednosti kod koga je broj klastera izračunat pomoću formule gdje  $k$  označava broj klastera, a  $n$  broj opažanja.

Slika 3 Formula za izračun broja klastera

$$k \approx \sqrt{\frac{n}{2}}$$

Izvor: Pejić Bach i Kerep, 2011.

S druge strane, asocijativna pravila se bave otkrivanjem značajnih veza između različitih atributa u podacima. Ova tehnika pronalazi obrasce tipa "ako - onda" između podataka. Primjerice, u maloprodaji, asocijativna pravila mogu otkriti veze između proizvoda koje često kupuju zajedno (poput "ako netko kupuje kavu, često će kupiti i šećer"). Ovo omogućuje organizacijama da prilagode svoje prodajne strategije, preporučuju dodatne proizvode ili poboljšaju skladištenje proizvoda na temelju tih veza. Metoda asocijativnih pravila je postupak koji se koristi za otkrivanje čestih obrazaca, korelacija, udruženja ili uzročnih struktura u skupovima podataka pohranjenim u različitim vrstama baza podataka kao što su relacijske baze podataka, transakcijske baze podataka i druge vrste spremišta podataka. Najjednostavnijim mogućim riječima rečeno, asocijativna pravila govore nam u koliko slučajeva (izraženo u postocima) se nakon događaja A dogodio događaj B. Asocijativna pravila mogu predvidjeti bilo koji atribut, za razliku od stabla odlučivanja koja mogu predvidjeti samo klasni atribut. Cilj metode asocijativnih pravila, uz zadan niz transakcija, jest pronaći pravila koja nam omogućuju predviđanje pojavljivanja određene stavke na temelju pojavljivanja drugih stavki u transakciji. Proces rudarenja podataka otkrivanjem pravila koja upravljaju udruženjima i uzročnim objektima između skupova stavki poznat je kao rudarenje asocijativnih pravila. ((Witten and Frank, 2011.)

Asocijativna pravila uglavnom se koriste kod analiziranja potrošačke košarice, ali i kod izračuna premija osiguranja, dijagnostike u medicini, otkrivanja uzroka neispunjenja planova, predviđanje potencijalnih kvarova u telekomunikacijama itd.

Obe metode, segmentiranje i asocijativna pravila, doprinose dubljem razumijevanju podataka te omogućuju organizacijama da donose informirane odluke, unapređujući svoje strategije, procese i korisničko iskustvo.

### 3.4.2. Metode za predviđanje događaja

Pod metode predviđanja događaja spadaju stablo odlučivanja, logistička regresija i neuronske mreže. Ove metode koriste se za predviđanje ishoda kao što je npr. povrat kredita od strane klijenta, odnosno da li će klijent vratiti kredit ili neće.

Metoda stabla odlučivanja gradi model za klasifikaciju podataka. Modeli se grade u obliku strukture stabla i stoga pripadaju nadziranom obliku učenja. Osim modela za klasifikaciju, stabla odlučivanja se koriste za izgradnju modela za regresiju radi predviđanja oznaka klasa ili vrijednosti koje pomažu procesu donošenja odluka. Stablo odlučivanja može koristiti kako numeričke tako i kategoričke podatke poput spola, dobi, itd. Unutarnji čvorovi stabla označavaju testiranje atributa, a listovi sadrže oznake klasa ili vrijednosti. Stablo odluke primjenjuje se za diskretne i kontinuirane varijable. Skup podataka dijeli se na podskupove temeljem ključnih atributa, koristeći algoritme za odabir i podjelu. Struktura stabla ima korijenski čvor i odlučujuće čvorove za podjelu. Listovi se ne dijele i predstavljaju konačne oznake. Podaci se dijele na homogene regije, s vrha prema dolje. To se naziva "pohlepni pristup", jer se fokusira na trenutni čvor. Rad stabla traje dok se ne ispuni kriterij zaustavljanja. Točnost modela provjerava se na testnom skupu. Stablo odluke koristi se u klasifikaciji i regresiji. (Lior Rokach and Maimon, 2015)

Stablo odlučivanja se ističe svojom iznimnom jednostavnošću i razumljivošću u usporedbi s drugim metodama. Ta jednostavnost čini je izrazito privlačnom i popularnom. Ova metoda je toliko pristupačna da se pravila stabla mogu zapisati u obliku razumljivog jezika koji je svatko sposoban pročitati. Ova pravila se mogu izravno primijeniti u radu s bazama podataka. Korištenjem pravila koja su generirana stablom odlučivanja, možemo selektirati određene primjere iz baze podataka.

Logistička regresija, unatoč svom nazivu, nije prikladna za rješavanje problema s numeričkom ciljnom varijablom. Ona je posebno prilagođena za situacije gdje je ciljna varijabla kategorijska, kao što su binarne (dvije moguće vrijednosti) ili višekategorijske (više od dvije moguće vrijednosti) varijable. Za predviđanje numeričke ciljne varijable, češće se koriste metode kao što su linearna regresija, polinomijalna regresija ili druge varijacije regresijskih modela. Ove metode omogućuju modeliranje linearne ili nelinearne veze između prediktorskih varijabli i ciljne numeričke varijable. Primjeri regresije mogu uključivati procjenu postotka smanjenja brzine trkača nakon ozljede koljena ili procjenu prosječne ocjene srednjoškolaca na



temelju ocjena iz osnovne škole. U ovim slučajevima, koristili bismo odgovarajuće regresijske modele kako bismo kvantificirali vezu između varijabli i predvidjeli numeričke rezultate.

Neuronska mreža je kompleksan sustav sastavljen od međusobno povezanih računalnih elemenata, koji podsjećaju na strukturu usmjerenog grafa. Ova struktura je konceptualno inspirirana organizacijom ljudskog mozga i drugih bioloških mreža. Ključna komponenta unutar neuronske mreže je "neuron", koji se može zamisliti kao čvor u grafovskoj strukturi s ulaznim i izlaznim poveznicama. Slično ljudskim neuronima, ulazne informacije se integriraju unutar neurona kako bi se generirala izlazna informacija. Ulazni dio neurona čini vektor stvarnih vrijednosti  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , dok je izlazna vrijednost označena kao  $y$ .

Izuzetna važnost pridaje se svakoj pojedinačnoj ulaznoj vrijednosti jer i najmanje promjene u ulazima mogu znatno utjecati na konačni ishod. Snaga neuronskih mreža leži u njihovoj sposobnosti modeliranja kompleksnih obrazaca u skupovima podataka. Arhitektura neuronske mreže osmišljena je tako da se neuroni povezuju na način da izlaz jednog neurona može postati ulaz za jedan ili više drugih neurona.

#### 3.4.3. Metode za predviđanje vrijednosti

Metode koje smo već koristili za klasifikaciju i estimaciju imaju potencijalnu primjenu i u području predikcije, pod uvjetom da su pravilne okolnosti zadovoljene. Ovi pristupi uključuju i tradicionalne metode poput jednostavne linearne regresije i korelacije, kao i složenije tehnike kao što su višestruka regresija, neuronske mreže i stabla odlučivanja.

Slično tome, metode rudarenja podataka, poput neuronskih mreža i stabala odlučivanja, također mogu biti korisne za predviđanje. Neuronske mreže su sposobne uhvatiti složene nelinearne obrasce u podacima, dok stabla odlučivanja pružaju lako razumljive modele koji su osjetljivi na različite varijable.

Za konkretni primjer predikcije, kao što je predviđanje cijene dionica sljedeća tri mjeseca, ove metode mogu se prilagoditi kako bi predvidjele buduće vrijednosti na temelju dostupnih podataka. Važno je uzeti u obzir prirodu podataka, raspoložive varijable i cilj predikcije kako bi se odabrala najprikladnija metoda i postigao što precizniji rezultat.

## 4. ISTRAŽIVANJE PAMETNIH GRADOVA KORIŠTENJEM OTKRIVANJA ZNANJA IZ BAZA PODATAKA

U ovom poglavlju provedena je klaster analiza nad podacima o pametnim gradovima. Također, obraditi će se i alat koji je korišten-Weka, te detaljno prikazati korake u analizi podataka.

### 4.1. Metodologija istraživanja

U ovom radu analizirati ćemo pametne gradove diljem svijeta. Set podataka koje analiziramo prikazuje 102 pametna svjetska grada. U ovom radu korištena je klaster analiza, upravo zato što je ovaj rad imao za cilj utvrditi mogu li se pametni gradovi svrstati u homogene skupine obzirom na njihova slična obilježja, a za takvo grupiranje i analizu podataka, potrebna je upravo klaster analiza. Obilježja pametnih gradova koja ćemo analizirati su pametna mobilnost, pametni okoliš, pametna vlada, pametna ekonomija, pametan život i ukupan pametan indeks.

Za klaster analizu koristiti ćemo alat Weka. WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) je alat za otkrivanje podataka otvorenog koda koji mnogi istraživači i studenti koriste za izvršavanje mnogih zadataka strojnog učenja. Korisnici također mogu graditi svoje metode strojnog učenja i izvoditi eksperimente na uzorcima skupova podataka koji se nalaze u Weki.

U tablici 1 su prikazani atributi, njihovi opisi, format i modaliteti. Ovaj set podataka ima 9 atributa.

Tablica 1 Popis atributa

Naziv atributa	Opis atributa	Format atributa	Modaliteti atributa
City	Naziv pametnih gradova diljem svijeta	Nominalno	Oslo ,Bergen, Amsterdam, Copenhagen ,Stockholm, Montreal, Vienna, Odense, Singapore, Boston, Zurich, Trondheim,Vasteras, Aalborg, Ottawa, Washington, DC. Stavanger, Los Angeles, Helsinki, Vancouver, Berlin, Toronto, New York, Chicago, Taipei, Düsseldorf, Reykjavik, Lyon, Helsingborg, Munich, Philadelphia, Hamburg, Geneva, Luxembourg, Aarhus

			Turku, Espoo, Paris, Hannover, Strasbourg, Joensuu, Sydney, Frankfurt am Main, San Francisco, Oulu, Cologne, Bochum, Stuttgart, Hameenlinna, London, Tampere, Adelaide, Melbourne, Tokyo, Jyväskylä, Perth, Vantaa, Auckland, Osaka, Bordeaux, Milan, Madrid, Daejeon, Nantes, Brussels, Marseille, Leeds, Lahti, Dublin, Abu Dhabi, Verona, Seoul, Nice, Tallinn, Dubai, Catania, Bayreuth, Turin, Florence, Birmingham, Budapest, Bari, Bratislava, Ljubljana, Perugia, Tel Aviv, Hong Kong, Barcelona, Ancona, Lisbon, Prague, Rome, Shanghai, Kuala Lumpur, Genova
Country	Naziv država u kojima se nalaze pametni gradovi	Nominalno	Norway, Netherlands, Denmark, Sweden, Canada, Austria, Denmark, Singapore, United States, Switzerland, Canada, Finland, Germany, Taiwan, Iceland, France, Luxembourg, Australia, United Kingdom, Japan, Finland, New Zealand, Italy, Spain, South Korea, Belgium, Ireland, United Arab Emirates, Estonia, Hungary, Slovakia, Slovenia, Israel, China, Portugal, Czech Republic, Malaysia
Smart_mobility	Indeks izračunat iz procjene sustava javnog prijevoza grada, ICT-a, infrastrukture pristupačnosti	Numerička	Min: 3.175 Max: 8.110 Mean: 5.759 StdDev: 1.214
Smart_Environment	Indeks izračunat na temelju utjecaja na održivost okoliša, praćenja zagađenja i upravljanja energijom	Numerički	Min.: 1.85 Max: 8.844 Mean: 5.944 StdDev: 1.724

Smart_Government	Indeks izračunat iz komparativne studije transparentnog upravljanja i otvorenih podataka inicijativa pametnih gradova	Numerički	Min.: 2.806 Max.: 8.726 Mean: 5.894 StdDev: 1.153
Smart_Economy	Indeks izračunat putem globalne usporedbe produktivnosti u cijelom gradu, ekonomske vitalnosti i podrške	Numerički	Min.: 1.49 Max.: 9.225 Mean: 6.132 StdDev: 1.802
Smart_Living	indeks izračunat mjerenjem metrike oko zdravstvenih usluga, socijalne sigurnosti i kvalitete stanovanja	Numerički	Min.: 1.98 Max.: 10 Mean: 6.377 StdDev: 2.286
SmartCity_Indeks	Indeks mjeren prema svim karakteristikama	Numerički	Min.: 4.191 Max.: 7.353 Mean: 5.992 StdDev: 0.853
SmartCity_Indeks_Relative_Edmonton	Relativni indeks mjeren prema svim karakteristikama	Numerički	Min.: -2.281 Max.: 0.88 Mean: -0.48 StdDev: 0.853

Izvor: Autorski rad

## 4.2. Rezultati istraživanja

U ovom radu bit će provedena klaster analiza s ciljem istraživanja pametnih gradova i njihovih karakteristika. Analiza će se fokusirati na grupiranje gradova prema pet ključnih karakteristika pametnih gradova: pametna mobilnost, pametno okruženje, pametna uprava, pametno gospodarstvo i pametni način života, označenih kao "Smart\_Mobility", "Smart\_Environment", "Smart\_Government", "Smart\_Economy" i "Smart\_Living". Glavni cilj ove analize je identificirati sličnosti među gradovima i razumjeti koji aspekti posebno se ističu u pojedinim gradovima. Ova analiza omogućit će stvaranje uvida u to koji gradovi dijele slične obrasce razvoja u različitim područjima pametnih tehnologija i rješenja.

Prvi korak koji se provodi u klaster analizi je obrada podataka. Potrebno je urediti podatke u programu Excel. Nakon što su podaci uređeni u Excelu, prije nego što započne obrada u Weki alatu, treba izvršiti dodatnu prilagodbu koristeći Blok za pisanje ili "Notebook" alat. Ovaj korak je neophodan kako bi se podaci transformirali u CSV format, čime će postati razumljivi za Weki. Konkretno, potrebno je otvoriti set podataka u Bloku za pisanje i zamijeniti sve točke-zareze (";") sa zarezima (","). Nakon toga, korak koji slijedi je pokretanje alata Weka. Kada se alat otvori, pojavljuje se izbornik Weka koji nudi nekoliko opcija: "Explorer", "Experimenter", "KnowledgeFlow", "Workbench", "Simple CLI". Za potrebe ovog procesa, odabire se opcija "Explorer".

### 4.2.1. Klaster analiza prema karakteristikama pametnih gradova

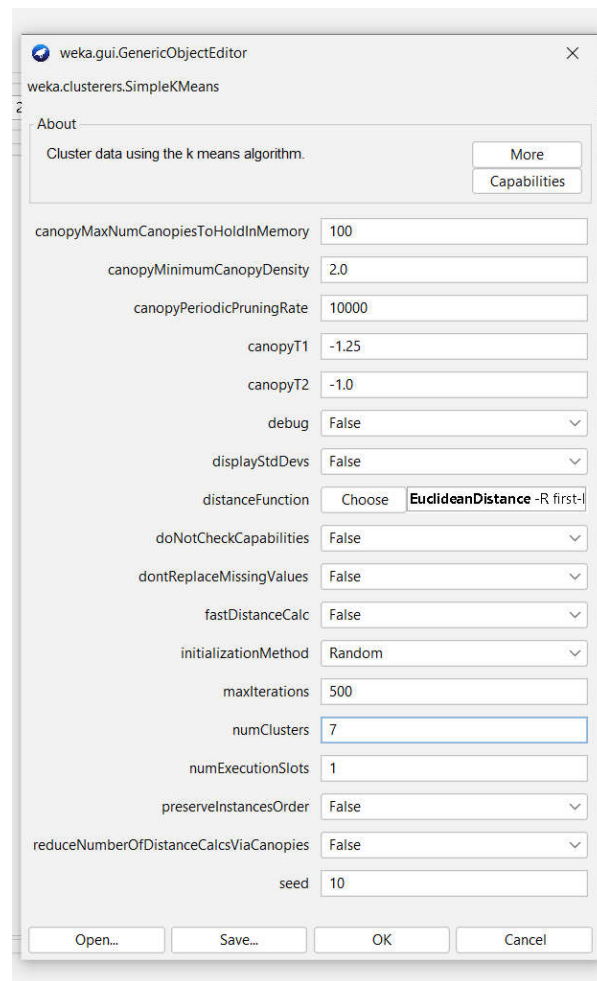
U prvoj fazi započinje klaster analiza temeljena na karakteristikama pametnih gradova. Nakon otvaranja alata Weka Explorer, vidi se izbornik s opcijama poput "Classify", "Cluster", "Associate", "Select Attributes" i "Visualize". U ovom koraku, otvara se CSV datoteka s podacima te selektira kartica "Cluster". Na toj kartici odabire opciju "Choose", a zatim "Simple K Means". Nakon toga, prema određenoj formuli odabire se broj klastera (označen kao "k"). U ovom slučaju, primijenjena formula rezultirala je s 7 klastera. Ovo znači da će pametni gradovi biti grupirani u 7 skupina prema njihovim karakteristikama.

$$k \approx \sqrt{\frac{n}{2}} \approx \sqrt{\frac{102}{2}} = 7,14 \approx 7$$

Nakon što smo odredili broj klastera, slijedi korak u kojem ignoriramo atribute koji nisu potrebni za ovu analizu. Konkretno, u ovom slučaju, smo odlučili ignorirati atribute „City“ i

"Country" kako bismo se mogli usredotočiti isključivo na karakteristike gradova. Također, na početku analize, u koraku "Preprocess" smo koristili funkciju "Remove" kako bismo isključili i atribut ukupnog indeksa pametnih gradova. Time smo usmjerili analizu isključivo na karakteristike pojedinačnih aspekata pametnih gradova. Ovaj korak nam omogućuje bolju fokusiranost na relevantne karakteristike i olakšava proces klasteriranja i analize podataka.

Slika 4 Prikaz odabira Simple K means kod klaster analize



Izvor: Autorski rad

Kao što možemo vidjeti na slici 4, Nakon završenog „preprocess“ procesa u Weka softveru odabiremo prozor „Cluster“ u kojemu nakon odabira algoritma kojim želimo provoditi klaster analizu imamo mogućnost postaviti posebne postavke algoritma. U ovom istraživanju odabiremo algoritam SimpleKMeans te broj klastera postavljamo na sedam. Analizu pokrećemo pritiskom na dugme "Start", a rezultati analize vidljivi su u polju "Cluster output" kako je prikazano na slici 5 i 6.

## Slika 5 Prikaz rezultata klaster analize-Cluster ouput

```

Cluster output

kMeans
=====

Number of iterations: 9
Within cluster sum of squared errors: 11.89825824410547

Initial starting points (random):

Cluster 0: 7.49,7.92,8.726,5.58,5.78,7.2
Cluster 1: 5.79,4.344,5.56,5.535,9.695,10
Cluster 2: 4.347,2.076,5.89,2.72,3.313,8.79
Cluster 3: 5.128,2.962,4.878,3.95,5.315,4.93
Cluster 4: 5.487,7.65,6.196,7.6,4.868,5.69
Cluster 5: 4.335,3.97,6.438,6.74,5.485,2.44
Cluster 6: 6.362,6.586,6.898,6.97,6.528,6.75

Missing values globally replaced with mean/mode

Final cluster centroids:

Attribute          Full Data          Cluster#
                   (102.0)          0          1          2          3          4
                   (102.0)          (8.0)          (13.0)          (6.0)          (12.0)          (23.0)
=====
Smart_Mobility      5.7594      5.8862      6.1641      6.5978      6.2693      4.8194
Smart_Environment  5.9435      8.1472      5.4931      3.905      3.2127      6.8499
Smart_Government   5.8938      7.3327      6.6383      5.6453      4.6623      6.2826
Smart_Economy      6.1318      5.3306      5.1988      2.6975      3.6846      7.8238
Smart_People       5.874      6.887      7.8545      4.2583      6.1222      5.4567
Smart_Living       6.377      7.465      9.2992      9.3817      3.2175      7.5274
    
```

Izvor: Autorski rad

## Slika 6 Prikaz rezultata klaster analize-Cluster output

```

Cluster output

Missing values globally replaced with mean/mode

Final cluster centroids:

Attribute          Full Data          Cluster#
                   (102.0)          0          1          2          3          4
                   (102.0)          (8.0)          (13.0)          (6.0)          (12.0)          (23.0)
=====
Smart_Mobility      5.7594      5.8862      6.1641      6.5978      6.2693      4.8194
Smart_Environment  5.9435      8.1472      5.4931      3.905      3.2127      6.8499
Smart_Government   5.8938      7.3327      6.6383      5.6453      4.6623      6.2826
Smart_Economy      6.1318      5.3306      5.1988      2.6975      3.6846      7.8238
Smart_People       5.874      6.887      7.8545      4.2583      6.1222      5.4567
Smart_Living       6.377      7.465      9.2992      9.3817      3.2175      7.5274

Time taken to build model (full training data) : 0 seconds

=== Model and evaluation on training set ===

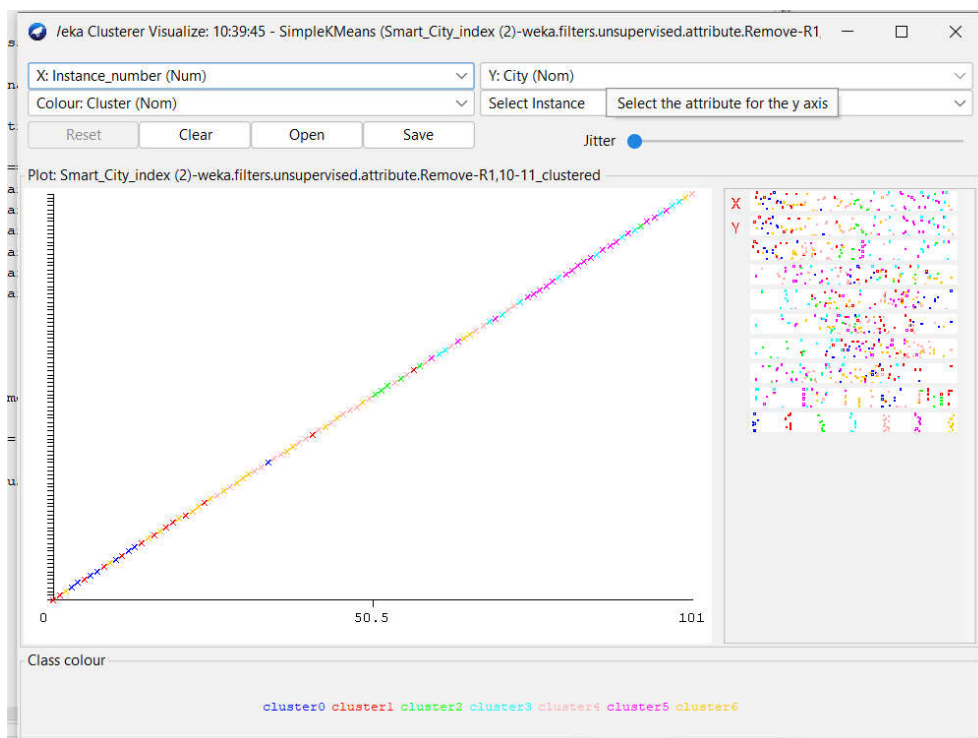
Clustered Instances

0          8 ( 8%)
1         13 ( 13%)
2          6 ( 6%)
3         12 ( 12%)
4         23 ( 23%)
5         20 ( 20%)
6         20 ( 20%)
    
```

Izvor: Autorski rad

Kao što vidimo na slikama 5 i 6, k-means model je izvršen s ukupno 9 iteracija, a suma kvadrata udaljenosti unutar klastera (within-cluster sum of squared errors) iznosi 11.89. Ovo je mjera kako su instance grupirane unutar istog klastera. Model je temeljen na podacima o 102 instance (gradova) s 8 atributa koji ocjenjuju različite pametne karakteristike. Vrijeme potrebno za izgradnju ovog modela na cijelom skupu podataka iznosi 0 sekundi. Nakon dobivene klaster analize, pritisnemo desni klik kako bi otvorili karticu „Visualize cluster assignments“. Vizualni prikaz klastera možemo vidjeti na Slici 7. Dok na slici 8 vidimo prikaz klastera u Preprocessu. Naime, potrebno je spremiti klaster u arff obliku, te ih otvoriti u Preprocessu kako bi vidjeli podjelu klastera. Također, te rezultate je potrebno spremiti u csv. obliku, te ih otvoriti u Microsoft Excelu kako bi vidjeli koji grad spada u koji klaster.

Slika 7 Weka cluster visualize



Izvor: Autorski rad



Slika 8 Prikaz klastera u Preprocessu



Izvor: Autorski rad

#### 4.3. Rasprava

Ova analiza omogućuje razumijevanje grupiranja gradova sličnih pametnih karakteristika. Klasteriranje pomaže identificirati obrasce i sličnosti među gradovima, što može biti korisno za donošenje odluka u područjima kao što su urbanističko planiranje, tehnološki razvoj i strategije razvoja pametnih gradova. Kroz ovu analizu, moguće je usmjeriti resurse i napore prema specifičnim klasterima kako bi se poboljšale karakteristike pametnih gradova i potaknulo održivo urbanističko razvojno planiranje.

##### 4.3.1. Rasprava o klaster analizi prema karakteristikama pametnih gradova

Nakon provedene klaster analize nad karakteristikama pametnih gradova (4.2.1.), vidimo da su države grupirane u 7 klastera (0-6). Prikazana je raspodjela primjera unutar svakog klastera. Klasteri se razlikuju po broju članova: Klaster 0 (8 članova), Klaster 1 (13 članova), Klaster 2 (6 članova), Klaster 3 (12 članova), Klaster 4 (23 člana), Klaster 5 (20 članova) i Klaster 6 (20 članova). Klaster 0 karakteriziraju visoke ocjene u većini pametnih karakteristika, uključujući mobilnost, okoliš, vladu, ekonomiju, ljude i život. To sugerira da su gradovi u ovom klasteru općenito dobro razvijeni u svim aspektima pametnih gradova. Primjer grada u ovom klasteru je Copenhagen. Klaster 1 se ističe visokom ocjenom pametne ekonomije, ljudi i života. To ukazuje na fokus na ekonomske aspekte i kvalitetu života. Također ima visoku ocjenu za pametnu vlast,

što može ukazivati na efikasno upravljanje. Primjer grada u ovom klasteru je Singapore. Gradovi u klasteru 2 imaju niže ocjene za većinu pametnih karakteristika, osim za ekonomiju. To sugerira da su gradovi u ovom klasteru vjerojatno usmjereni na ekonomske aspekte razvoja, dok su drugi aspekti manje naglašeni. Primjer grada u ovom klasteru je Kuala Lumpur. Klaster se 3 ističe visokim ocjenama pametne mobilnosti i ekonomije, ali nižim ocjenama za okoliš i ljude. To može sugerirati fokus na razvoj mobilnosti i ekonomske aktivnosti. Primjer grada u ovom klasteru je Prague. Klaster 4 karakteriziraju visoke ocjene pametne mobilnosti i okoliša, s dobrim ocjenama za ekonomiju i gospodarstvo. To ukazuje na naglasak na održivi razvoj i transport. Primjer grada u ovom klasteru je Frankfurt am Main. Gradovi u klasteru 5 imaju niže ocjene za većinu pametnih karakteristika. To može sugerirati da su gradovi u ovom klasteru još uvijek u ranijim fazama razvoja pametnih gradskih inicijativa. Primjer grada u ovom klasteru je Bratislava. Klaster 6 karakteriziraju visoke ocjene za većinu pametnih karakteristika, osim za okoliš. To ukazuje na širok raspon razvijenosti u različitim aspektima pametnih gradova. Primjer grada u ovom klasteru je Paris.

Grafikon 2 Veličina klastera sa obzirom na karakteristike gradova



Izvor: Autorski rad

Na Grafikonu 1 možemo vidjeti raspodjelu veličina klastera dobivenih analizom klastera temeljenom na karakteristikama pametnih gradova. Važno je obratiti pozornost na razlike između tih klastera jer nam pružaju uvid u različite aspekte pametnih gradova. Najmanji klaster, Klaster 2, obuhvaća samo 6% gradova ili 6 gradova. Specifičnost ovih gradova leži u činjenici da imaju visoke ocjene za većinu pametnih karakteristika, osim u ekonomskom aspektu. To sugerira da se ovi gradovi ističu po svojoj izvrsnosti u područjima poput pametne mobilnosti, okoliša, pametne vlasti, pametnih ljudi i života, ali imaju prostora za unapređenje u ekonomskom sektoru. S druge strane, najveći klaster, Klaster 4, čini čak 22% svih gradova ili njih 23. Gradovi u ovom klasteru posebno su usmjereni na održivi razvoj i transport. To znači da su uspješni u stvaranju održivih i učinkovitih transportnih sustava te su vjerojatno usmjereni na zaštitu okoliša. Ovaj klaster može poslužiti kao primjer drugim gradovima u pogledu implementacije održivih praksi.

U Tablici 2 vidi se raspored gradova prema klasterima.

Tablica 2 Pripadnost gradova klasterima prema karakteristikama pametnih gradova

Klaster 0	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5	Klaster 6
Copenhagen	Oslo	Adelaide	Madrid	Reykjavik	Milan	Boston
Aarhus	Montreal	Melbourne	Daejeon	Helsingborg	Ljubljana	Cologne
Aalborg	Singapore	Tokyo	St Petersburg	Geneva	Bratislava	San Francisco
Västerås	Trondheim	Perth	Shanghai	Luxembourg	Perugia	Paris
Zurich	Ottawa	Kuala Lumpur	Beijing	Turku	Tel Aviv	Marseille
Odense	Auckland	Osaka	Moscow	Espoo	Barcelona	London
Vienna	Taipei		Prague	Strasbourg	Ancona	Leeds
Stockholm	Sydney		Hong Kong	Frankfurt am Main	Lisbon	Calgary
	Toronto		Budapest	Joensuu	Rome	Amsterdam
	Vancouver		Dubai	Edmonton	Naples	Hannover
	Helsinki		Seoul	Tallinn	Riga	Hamburg

	Stavanger		Abu Dhabi	Nice	Genova	Philadelphia
	Bergen			Dublin	Bari	Munich
				Lahti	Birmingham	Lyon
				Nantes	Florence	Düsseldorf
				Bordeaux	Turin	Chicago
				Vantaa	Bayreuth	New York
				Jyväskylä	Catania	Berlin
				Tampere	Verona	Washington DC
				Hameenlinna	Brussels	Los Angeles
				Stuttgart		
				Bochum		
				Oulu		

Izvor: Autorski rad

#### 4.3.2. Prosječna vrijednost indeksa s obzirom na klaster

S analizom klastera pametnih gradova, dobivamo dublji uvid u raznolikost i specifične karakteristike gradova u različitim skupinama. Ovi podaci pomažu u identifikaciji potreba i prioritetnih područja za razvoj pametnih inicijativa u gradovima. Također, omogućuju nam usporedbu kako se različiti gradovi nose s izazovima i prilozima pametnog urbanog razvoja. Ova analiza može služiti kao inspiracija i vodič za donošenje odluka koje će doprinijeti napretku i održivosti gradova u budućnosti.

Tablica 3 pruža prosječne vrijednosti indeksa za različite karakteristike pametnih gradova u odnosu na različite klastera. Ova analiza omogućuje razumijevanje kako su se gradovi grupirali u različite klastera i kako se svaki klaster razlikuje u pogledu prosječnih vrijednosti za različite karakteristike pametnih gradova. Ove prosječne vrijednosti pomažu nam identificirati klastera koji se ističu po tome jesu li iznad ili ispod ukupnog prosjeka za pojedine karakteristike.

Ove prosječne vrijednosti omogućuju nam usporedbu klastera i identifikaciju klastera koji se ističu u različitim karakteristikama pametnih gradova. Ova analiza pomaže široj zajednici da bolje razumije kako se gradovi grupiraju i kako se razlikuju u svojim pametnim inicijativama. To može biti korisno za identificiranje najboljih praksi i pristupa te za poticanje razmjene iskustava i suradnju među gradovima s ciljem unaprjeđenja razvoja pametnih gradova.

Tablica 3 Prosječna vrijednost indeksa sa obzirom na klastere

	Prosjek svih gradova	Klaster 0	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5	Klaster 6
Smart Mobility	5,75941	5.8862	6.1641	6.5978	6.2693	4.8194	4.6547	7.0739
Smart Environment	5.9435	8.1472	5.4931	3.905	3.2127	6.8499	6.3393	6.1667
Smart Government	5.8938	7.3227	6.6383	5.6543	4.6623	6.2826	5.3511	5.7433
Smart Economy	6.1318	5.3306	5.1988	2.6975	3.6846	7.8238	6.5543	7.1891
Smart People	5.874	6.887	7.8545	4.2583	6.1222	5.4567	4.582	6.2894
Smart Living	6.377	7.465	9.2992	9.3817	3.2175	7.5274	3.9425	6.1483

Izvor: Autorski rad

Prosječna vrijednost atributa „Smart mobility“, odnosno pametne mobilnosti, iznosi 5.75941, što ukazuje na srednju razinu razvijenosti prometne infrastrukture i mobilnosti. Međutim, kada pogledamo klasterizaciju gradova, primjećujemo značajne razlike. Klaster 6 s najvišim prosjekom (7.0739) jasno pokazuje kako su gradovi u tom klasteru uložili znatne napore u poboljšanje prometnih sustava. Ovo bi moglo uključivati bolju javnu infrastrukturu, integraciju pametnih tehnologija u promet i promicanje održivih oblika prijevoza. S druge strane, Klaster 4 s najnižim prosjekom (4.8194) sugerira da su gradovi u tom klasteru suočeni s izazovima u

vezi s mobilnošću i prometnom infrastrukturom te da bi trebali uložiti više truda u ovo područje kako bi poboljšali kvalitetu života svojih građana.

Prosječna vrijednost atributa „Smart environment“, odnosno pametnog okoliša iznosi 5.20973, što sugerira na prosječnu razinu ekološke održivosti i svijesti o okolišu. Klaster 1 se izdvaja s najvišim prosjekom (8.1472), što ukazuje na napredne ekološke inicijative i uspješne programe zaštite okoliša. To može uključivati čiste energijske izvore, smanjenje emisija stakleničkih plinova i očuvanje prirodnih resursa. S druge strane, Klaster 4 s najnižim prosjekom (3.2127) možda zaostaje u tim ekološkim naporima i treba više pažnje posvetiti očuvanju okoliša i smanjenju negativnog utjecaja na prirodni svijet.

Što se tiče atributa „Smart government“, odnosno pametne vlade, prosječna vrijednost ovog atributa za sve gradove iznosi 6.18987, što ukazuje na relativno dobar napredak u digitalizaciji i transparentnosti gradske uprave. Klaster 1 s najvišim prosjekom (7.3227) pokazuje da su gradovi u tom klasteru uspješni u implementaciji digitalnih servisa i otvorenoj komunikaciji s građanima. To može uključivati e-upravu, platforme za građanske inicijative i transparentno donošenje odluka. Klaster 4 s najnižim prosjekom (4.6623) može se suočavati s izazovima u digitalnoj transformaciji gradske uprave i potrebom za većom transparentnošću u procesima vlasti.

Prosječna vrijednost pametnog gospodarstva, odnosno „Smart economy iznosi 6.67014, što ukazuje na dobar napredak u stvaranju poticajnog poslovnog okruženja i poticanju inovacija. Klaster 6 s najvišim prosjekom (7.8238) sugerira da su gradovi u tom klasteru privukli visoke razine investicija, razvili tehnološke centre i podržali razvoj poduzetništva. Klaster 3 s prosjekom znatno ispod prosjeka (2.6975) možda treba raditi na privlačenju investicija i diversifikaciji gospodarstva kako bi povećao ekonomske prilike.

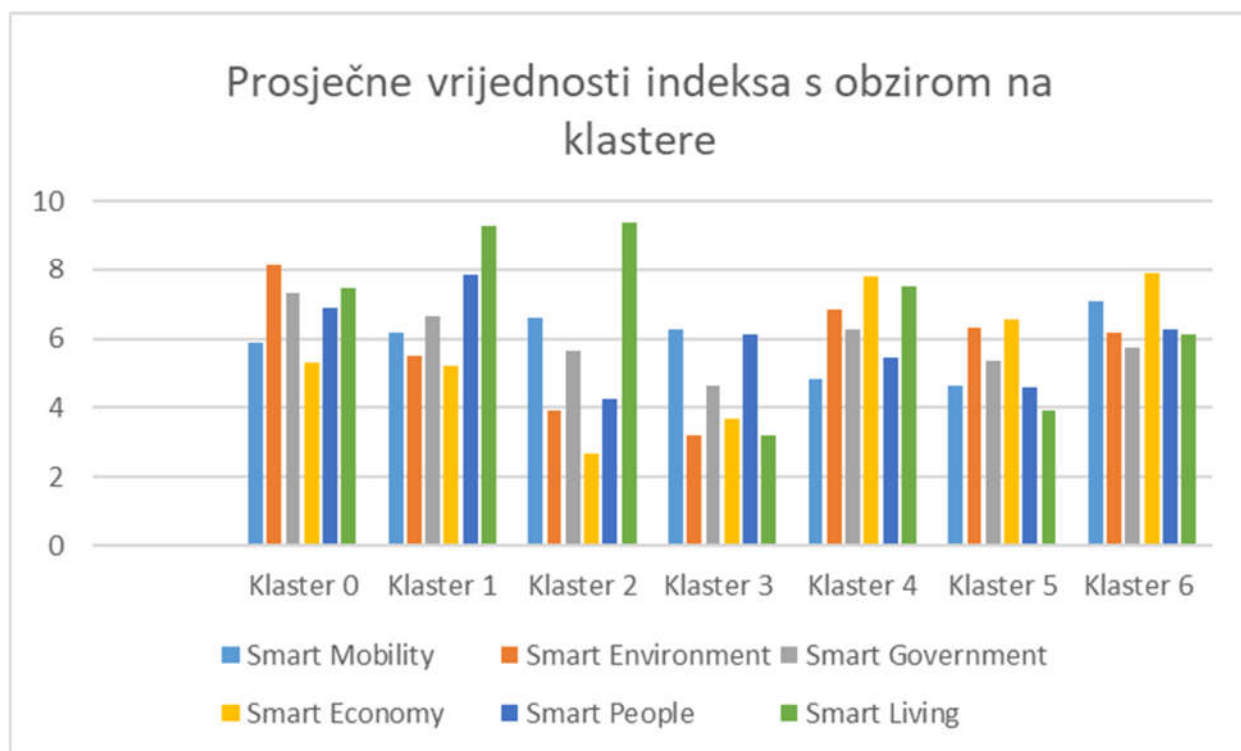
Prosječna vrijednost atributa „Smart people“, odnosno Pametni Ljudi iznosi 6.32469, što ukazuje na dobru razinu obrazovanja i razvoja ljudskih resursa. Klaster 2 s najvišim prosjekom (7.8545) pokazuje da su gradovi u tom klasteru usmjereni na visoko obrazovanje i razvoj vještina svojih građana. Klaster 3 s najnižim prosjekom (4.2583) sugerira da bi trebao uložiti više u obrazovanje i razvoj ljudskih resursa kako bi podigao razinu stručnosti svojih stanovnika.

Što se tiče atributa „Smart living“, odnosno pametnog života, Prosječna vrijednost ovog atributa iznosi 6.20868, što ukazuje na dobru kvalitetu života u pogledu zdravstva, kulture i sigurnosti. Klaster 3 s najvišim prosjekom (9.3817) sugerira visoku kvalitetu zdravstvene skrbi, kulturne

ponude i sigurnosti. Nasuprot tome, Klaster 4 s najnižim prosjekom (3.2175) možda treba poboljšati ove aspekte kako bi osigurao bolji život za svoje građane.

Grafikon 3 grafički prikazuje rezultate prosječnih vrijednosti indeksa s obzirom na klaster.

Grafikon 3 Prosječne vrijednosti indeksa s obzirom na klaster



Izvor: Autorski rad

Možemo zaključiti da iako nema najnižih prosjeka u nijednoj kategoriji, Klaster 0 ima razmjerno srednje vrijednosti u svim kategorijama. Ovo sugerira uravnoteženi razvoj u različitim aspektima pametnih gradova. Gradovi poput Copenhagena i Stockholma, koji spadaju u ovaj klaster, pokazuju se pametnima u svim aspektima.

Klaster 1 se izdvaja s visokim prosjekom u kategoriji Pametno Okruženje (8.1472) i Pametna Vlast (7.3227). To ukazuje na snažne inicijative u očuvanju okoliša i modernizaciji vlasti u gradovima ovog klastera.

Klaster 2 uključuje gradove poput Singapura i Osla, koji su zasigurno jedni od najrazvijenijih. Međutim, važno je napomenuti da u ovaj klaster spada i grad Kuala Lumpur, koji je nerazvijeniji od ostalih gradova i ima jedan od najnižih indeksa.

Klaster 3 značajno se izdvaja s visokim prosjekom u kategorijama Pametno Gospodarstvo (7.8238) i Pametan Život (9.3817). Gradovi ovog klastera vjerojatno imaju iznimno razvijena gospodarstva i visoku kvalitetu života, što se vidi u primjerima kao što su Dubai, Peking i Abu Dhabi.

Klaster 4 ima niže prosjeke u većini kategorija, sugerirajući da ovi gradovi mogu imati prostora za unaprjeđenje u različitim aspektima pametnih gradova.

Klaster 5 također ima srednje vrijednosti u većini kategorija, bez posebnih izraženih karakteristika u odnosu na druge klaster.

Klaster 6 se ističe s najvišim prosjekom u kategoriji Pametna Mobilnost (7.0739) i Pametno Gospodarstvo (7.8238). Gradovi ovog klastera vjerojatno su vođeni inovacijama u mobilnosti i ekonomskom sektoru, što je razumno s obzirom na primjere kao što su Berlin, London i New York.

Analiza klastera pametnih gradova pruža dubok uvid u različite dinamike razvoja tih urbanih sredina. Nijedan klaster ne bilježi najniže prosjeke u svim kategorijama, što ukazuje na raznolikost i specifičnosti pametnih inicijativa širom svijeta. Pa tako možemo zaključiti da se klaster 0 ističe po ravnoteži u svim aspektima razvoja. Klaster 1 se izdvaja po očuvanju okoliša i modernizaciji vlasti. Klaster 2 uključuje raznolike gradove, od najrazvijenijih do manje razvijenih. Klaster 3 se izdvaja po iznimno razvijenim gospodarstvima i visokoj kvaliteti života. Klasteri 4 i 5 trebaju ulaganje za postizanje globalnog standarda. Klaster 6 se ističe inovacijama u mobilnosti i ekonomiji.

Pametni gradovi predstavljaju izazov i priliku za budućnost urbanog razvoja. Analiza klastera pametnih gradova, temeljena na različitim aspektima pametnosti, pruža dubok uvid u različite dinamike razvoja tih urbanih sredina. Nijedan klaster ne bilježi najniže prosjeke u svim kategorijama, što ukazuje na raznolikost i specifičnosti pametnih inicijativa širom svijeta.



## 5. ZAKLJUČAK

U suvremenom svijetu, koncept pametnih gradova postaje sve važniji jer se gradovi suočavaju s rastućim izazovima i potrebom za efikasnim i održivim urbanim rješenjima. Pametni gradovi temelje se na tehnološkim inovacijama i ciljaju na rješavanje ključnih problema s kojima se suočavaju urbana područja diljem svijeta. Neki od tih problema uključuju prometne gužve, energetske učinkovitost, sigurnost građana i općenito kvalitetu života u gradovima.

Ključna metoda za istraživanje i razumijevanje pametnih gradova je analiza podataka. Korištenje sekundarnih izvora podataka i analitičkih metoda, kao što je klaster analiza, omogućava nam da prepoznamo obrasce, karakteristike i trendove među gradovima. Ova analiza pruža dragocjen uvid u to što čini grad "pametnim" i kako različite karakteristike utječu na njihovu uspješnost u rješavanju izazova urbanog života.

U kontekstu pametnih gradova, klaster analiza je korisna jer omogućava grupiranje gradova sličnih karakteristika i performansi. Prema rezultatima analize, identificirano je sedam klastera gradova. Klaster 0 se ističe kao grupa gradova koji su dobro razvijeni u svim aspektima pametnih gradova. Klaster 1 naglašava visoku ocjenu u ekonomiji, ljudima i kvaliteti života. Klaster 2 je usmjeren na ekonomske aspekte, dok Klaster 3 ističe pametnu mobilnost i ekonomiju. Klaster 4 se izdvaja po održivom razvoju i transportu. Klaster 5 je još u ranijim fazama razvoja, dok Klaster 6 pokazuje širok raspon razvijenosti u različitim aspektima.

U Hrvatskoj, pametni gradovi također postaju značajna inicijativa. Gradovi poput Rijeke, Zagreba i Dubrovnika prepoznali su važnost digitalizacije, održivosti, transparentnosti i interakcije s građanima. Prema indeksu pametnih gradova, Hrvatska se pozicionira kao zemlja koja cijeni potrebu za pametnim urbanim razvojem i ulaže napore u transformaciju svojih gradova prema modernim standardima i očekivanjima građana. Ova inicijativa može pozitivno utjecati na kvalitetu života u hrvatskim gradovima i pridonijeti boljoj budućnosti za njihove stanovnike.

## POPIS LITERATURE

### Knjige i znanstveni članci:

- 1) Ekonomska misao i praksa, Vol. 27 No. 2, Marko Paliaga (2018.) Trendovi u primjeni koncepta pametnih gradova, dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/clanak/311736>
- 2) Pejić Bach, M. & Kerep I. (2011) Weka – alat za otkrivanje znanja uz baza podataka. Zagreb. Mikrorad
- 3) Hastie, T., Tibshirani, R. i Friedman, J. (2009) The Elements of Statistical Learning: Data mining, Interface, and Prediction, 2. izd. New York: Springer-Verlag
- 4) Witten, I. H., Frank, E. i Hall, M., A. (2011) Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. 3. izd. Burlington: Morgan Kaufmann
- 5) Kantardzic M., (2011) Data mining : concepts, models, methods, and algorithms, 2nd ed. Piscataway : IEEE Press ; Hoboken : Wiley-Interscience, cop.
- 6) Bašić S., (2019), Pametni gradovi i zgrade, Građevinar God.71 10. Članak dostupno <https://hrcak.srce.hr/226660> [10.svibnja 2023.]
- 7) Kordej-De Villa Ž., Jurlina Alibegović D., (2018.) , Pokazatelji pametnog grada: Mogu li pomoći u upravljanju hrvatskim velikim gradovima? ,Ekonomski institut, Radni materijali EIZ-a, No. 5, dostupno: <https://hrcak.srce.hr/clanak/302965> [10.svibnja 2023.]
- 8) M. Townsend A.(2013)., Smart Cities.- Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia, . W. Norton & Company; 1st edition
- 9) Chourabi H. ; Nam T. (2012); Understanding Smart Cities: An Integrative Framework, 45th Hawaii International Conference on System Sciences, dostupno: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6149291/authors#authors> [10.svibnja 2023.]
- 10) Chuan T. , Zhang X. (2015.), , A literature survey on smart cities, Science China dostupno: [https://www.researchgate.net/profile/Jingyuan-Wang-14/publication/281670019\\_A\\_literature\\_survey\\_on\\_smart\\_cities/links/5c0e2f0092851c39ebe1e619/A-literature-survey-on-smart-cities.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jingyuan-Wang-14/publication/281670019_A_literature_survey_on_smart_cities/links/5c0e2f0092851c39ebe1e619/A-literature-survey-on-smart-cities.pdf) [10.svibnja 2023.]

- 11) Harrison C., Abbott Donnelly I. (2011.), A Theory of Smart Cities, IBM United Kingdom Limited dostupno: <https://journals.issn.org/index.php/proceedings55th/article/view/1703> [11.svibnja 2023.]
- 12) Frawley, W. J., Piatetsky-Shapiro, G., & Matheus, C. J. (1992). Knowledge Discovery in Databases: An Overview. AI Magazine, 13(3), 57. dostupno <https://doi.org/10.1609/aimag.v13i3.1011> [11.svibnja 2023.]
- 13)Maimon, O., Rokach, L. (2005). Introduction to Knowledge Discovery in Databases: Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Springer, Boston, MA. Dostupno [https://doi.org/10.1007/0-387-25465-X\\_1](https://doi.org/10.1007/0-387-25465-X_1) [12.svibnja 2023.]
- 14) Caragliu A. , Del Bo C. & Nijkamp P. (2011) Smart Cities in Europe, Journal of Urban Technology, dostupno: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10630732.2011.601117> [12.svibnja 2023.]
- 15) McClellan S., Jimenez A., Koutitas G.,(2018.) Smart Cities: Applications, Technologies, Standards, and Driving Factors, Springer

#### **Web stranice:**

- 1) Smart Cities Index Datasets, <https://www.kaggle.com/datasets/magdamonteiro/smart-cities-indexdatasets?resource=download> [05.svibnja, 2023.]
- 2) Smart Cities Council, [www.smartcitiescouncil.com](http://www.smartcitiescouncil.com) [12. svibnja 2023.]
- 3) Smart Cities World, [www.smartcitiesworld.net](http://www.smartcitiesworld.net) [12. svibnja 2023.]
- 4) The Smart City Journal [www.thesmartcityjournal.com](http://www.thesmartcityjournal.com) [12. svibnja 2023.]
- 5) European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities [12. svibnja 2023.] <https://www.smart-cities.eu/>
- 6) KDnuggets, [www.kdnuggets.com](http://www.kdnuggets.com) [13. svibnja 2023.]
- 7) Towards Data Science, [www.towardsdatascience.com](http://www.towardsdatascience.com) [13. svibnja 2023.]

## Popis slika

Slika 1 Bottom up koncept pametnog grada.....	3
Slika 2 Podjela klastera u Los Angelesu 1970-ih.....	5
Slika 3 Formula za izračun broja klastera .....	23
Slika 4 Prikaz odabira Simple K means kod klaster analize.....	30
Slika 5 Prikaz rezultata klaster analize-Cluster output.....	31
Slika 6 Prikaz rezultata klaster analize-Cluster output.....	31
Slika 7 Weka cluster visualize.....	32
Slika 8 Prikaz klastera u Preprocessu.....	33

## Popis tablica

Tablica 1 Popis atributa.....	26
Tablica 2 Pripadnost gradova klasterima prema karakteristikama pametnih gradova .....	35
Tablica 3 Prosječna vrijednost indeksa sa obzirom na klaster.....	37

## Popis grafikona

Grafikon 1 Indeks digitalne spremnosti gradova RH 2020.godine .....	11
Grafikon 2 Veličina klastera sa obzirom na karakteristike gradova.....	34
Grafikon 3 Prosječne vrijednosti indeksa s obzirom na klaster.....	39

## **ŽIVOTOPIS**

### **OSOBNI PODACI**

Ime i prezime: Katarina Furlan

Adresa: Bartola Kašića 16,53220 Otočac

E-mail: kfurlan@net.efzg.hr

### **RADNO ISKUSTVO**

- OU Podum | Listopad 2022. – Svibanj 2023. - Voditeljica i koordinatorica ACF projekta „Lokalne politike pod povećalom“
- OU Podum | Veljača 2022.-Listopad 2022. – Voditeljica Erasmus+ projekata

### **OBRAZOVANJE**

Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Poslovna ekonomija, Menadžerska Informatika. 2018. –

### **STRANI JEZICI**

Engleski B2

### **DODATNE KVALIFIKACIJE**

- Konferencija "Dijalog EU-a s mladima postaje vidljiv"
- Konferencija "Revitalizacija ruralnih područja kroz EU fondove, strateški pristup i strateške projekte"
- Konferencija i seminar: SUPROTIVA- "Mi ostajemo u Hrvatskoj"
- EUth Open Summit Berlin 2017.
- SDG ambasador- Mladi u Hrvatskoj aktivni oko Globalnih ciljeva održivog razvoja
- PRO PO LI - Ambasadorica poduzetništva za Ličko-senjsku županiju Promocija poduzetništva u Ličkosenjskoj županiji
- Erasmus+ Sudjelovanje na mnogim Erasmus+ razmjenama (nacionalno i internacionalno) od 2016. godine. Sudjelovanje kao sudionik i team leader (youth worker). Posjedovanje Youthpass certifikata.