

Razvoj prototipa za prostorno-vremensku analizu vatrogasnih intervencija s pomoću interaktivnih toplinskih karata: dokaz izvedivosti na primjeru Grada Trogira

Development of a Prototype for Spatial-Temporal Analysis of Firefighting Interventions Using Interactive Heat Maps: A Feasibility Study on the Example of the City of Trogir

doc. dr. sc. Ivan Jerković

SAŽETAK

U istraživanju je razvijen prototip aplikacije za prostorno-vremensku analizu vatrogasnih intervencija utemeljen na primjeni toplinskih mapa i standardnih intervencija za vizualizaciju podataka te je predstavljen njezin način rada na primjeru Grada Trogira.

Na temelju odabranih operativnih podataka iz sustava za Upravljanje vatrogasnim intervencijama (UVI) Hrvatske vatrogasne zajednice, aplikacija omogućuje dinamičku vizualizaciju razdiobe intervencija na temelju vremena i mjesta intervencije te uključuje alate za ciljanu analizu ključnih trendova i obrazaca. Aplikacija, izrađena s pomoću Pythona unutar programskoga okvira Dash, sadržava značajke filtriranja podataka prema vremenu, vrsti intervencije i udaljenosti od vatrogasne postaje, na temelju čega se prikazuju toplinske karte i karte pojedinačnih intervencija, kao i grafikoni za prikaz vremenskoga kretanja intervencija i razdiobe intervencija prema kategorijama i potkategorijama. Glavna funkcija aplikacije jest prikaz toplinskih karata koje prikazuju gustoću intervencija u određenim područjima, čime se omogućuje prepoznavanje zona s visokim rizikom. Toplinske karte sadržavaju pozadinski zemljopisni sloj s infrastrukturom te, na načelu procjene gustoće jezgre, prikazuju područja s većom zastupljenosti intervencija.

Primjenom ove aplikacije i uporabom široko dostupnih operativnih podataka može se dobiti detaljni uvid u prostornu i vremensku razdiobu vatrogasnih intervencija na odabranom području. Takav pristup omogućuje prepoznavanje obrazaca koji mogu pomoći u optimizaciji raspodjele resursa, planiranju preventivnih mjera i poboljšanju strategija. Aplikacija ima potencijal za širu primjenu na regionalnoj i nacionalnoj razini, što bi moglo povećati učinkovitost vatrogasnih službi i unaprijediti upravljanje resursima.

Ključne riječi: Upravljanje vatrogasnim intervencijama (UVI), prostorno-vremenska analiza, toplinske karte, strateško planiranje

Summary:

The efficiency of firefighting systems has an important role in ensuring public safety, particularly in urban areas with the inherent risk of emergencies that often necessitate firefighting and technical assistance. Fast response and resource allocations are the main factors for mitigating the risk and minimizing the consequences of such incidents that may result in casualties and high material damage. However, the efficiency of such a system highly relies on effective organization and strategic planning, which must be based on comprehensive analyses and detection of the patterns in firefighting interventions and intervention demands.

While operational systems such as the Fire Intervention Management System (Upravljanje vatrogasnim intervencijama, UVI) in Croatia provide standardized methods for tracking and documenting interventions, they lack analytical tools for visualizing data on interventions and extracting meaningful patterns. To address this limitation, the present study aimed to develop a prototype application for spatial-temporal analysis of firefighting interventions, utilizing tools such as heat maps and trend graphs to provide actionable insights and support decision-making.

The application was created using data from the Public Fire Service (JVP) of Trogir extracted from the UVI system. The dataset included a detailed record of interventions from February 2019 to September 2024, encompassing geographic coordinates, intervention types, notification times, and additional operational parameters. The application was created in Python using the Dash framework. Its primary functionalities include dynamic visualization of spatial and temporal intervention distribution, with features for filtering data by

period, type of intervention, and distance from the fire station. These functionalities enable the creation of interactive heat maps and individual incident point maps, along with trend graphs and bar charts displaying the temporal evolution and interventions breakdown by categories and sub-categories.

A central feature of the application is its use of heat maps based on kernel density estimation (KDE) to visualize intervention density across different areas. These maps incorporate a geographic background layer, displaying urban infrastructure and allowing users to identify high-risk zones. Complementary visualizations, such as temporal graphs, provide insights into seasonal patterns and peak activity periods.

By leveraging operational data readily available from the UVI system, the application facilitates detailed spatial and temporal analyses of firefighting interventions. These insights are instrumental in identifying patterns that support resource optimization, preventive planning, and strategic improvements. Although developed as a local-level prototype, the application's scalability makes it suitable for broader regional or national implementation, potentially enhancing the efficiency and resource management of firefighting services across Croatia.

Keywords: *Fire Intervention Management System, spatial-temporal analysis, heatmaps, strategic planning*

UVOD

Introduction

Vatrogasna djelatnost važan je čimbenik javne sigurnosti, posebice u urbanim područjima gdje postoji opasnost od nastanka požara, kao i potreba za raznim hitnim intervencijama tehničke prirode. Brze i učinkovite vatrogasne intervencije sprječavaju daljnje širenje opasnosti i smanjuju mogućnost nastanka veće štete, a što ponajprije ovisi o pravodobnosti intervencije i raspoloživosti resursa. Iako većina takvih događaja nije jednostavno predvidiva, za održavanje usklađenosti takvoga jednog dinamičkog sustava potrebno je neprestano pratiti stanje i, vodeći se podacima i prepoznavajući određene pravilnosti u obilježjima intervencija, infrastrukturnih zahtjeva i vanjskim činiteljima, usklađivati potrebe u pogledu infrastrukture, dostupnosti ljudstva, potrebne opreme i tehnike (Eslamzadeh et al., 2022; Uddin i Warnitchai, 2020; Goswami et al., 2024).

U Republici Hrvatskoj, uz središnju bazu VATROnet (koja prikuplja podatke o vatrogasnim organizacijama, osoblju, vozilima, opremi i aktivnostima), središnju ulogu u koordinaciji i optimizaciji sustava vatrogastva ima sustav Upravljanje vatrogasnim intervencijama (UVI) Hrvatske vatrogasne zajednice (HVZ). Glavna svrha tog sustava jest upravo standardizacija radnih procesa i omogućavanje jedinstvenoga načina praćenja procesa, unosa i obrade operativnih podataka. Sustav omogućuje sveobuhvatno praćenje vatrogasnih intervencija na temelju osnovnih parametara kao što su vremenska obilježja intervencije (vrijeme prijave, početak i kraj intervencije), mjesto intervencije (s preciznim zemljopisnim koordinatama), vrsta intervencije i uporabljeni resursi (Barić, 2023; Jagodin, 2017).

Uz praćenje i standardizaciju podataka o intervencijama, koje je u RH moguće podrobno analizirati na temelju podataka prikupljenih iz navedenoga sustava, potrebno bi bilo provesti i prostorno-vremenske analize za kvalitetnije prepoznavanje obrazaca vatrogasnih intervencija i optimizaciju resursa u vatrogastvu. Naime, pokazano je da analiza prostornih i prostorno-vremenskih podataka uvelike pridonosi optimizaciji vremena intervencije hitnih službi, upravljanju sigurnošću, procjeni rizika te strateškomu razvoju žurnih službi (Abdalla, 2016; Ong et al., 2010; Van Oosterom et al., 2006). U kontekstu vatrogastva, modeliranje raspodjele lokacija u kombinaciji s geografskim informacijskim sustavom (engl. *geographic information system* - GIS) može pomoći u povećavanju pokrivenosti prostora, smanjivanju vremena intervencije te prepoznavanju osjetljivijih područja (Chen et al., 2023; Echeverria et al., 2018; Kiran et al., 2018; Shahparvari et al., 2020), pri čemu posebnu ulogu mogu imati metode vizualizacije (Wielebski, 2019). Toplinske karte i druge kartografske metode mogu učinkovito prikazati prostorne i prostorne obrasce vezane za vatrogasne intervencije (Liu et al., 2019; Wielebski, 2019), što uključuje istodobno razmatranje odnosa učestalosti specifičnih požara na određenim područjima, vrste vegetacije, gustoće populacije i ljudskih aktivnosti (Hardy et al., 2001; Liu et al., 2019). Takvi podatci i rezultati analiza mogu pružiti podršku pri upravljanju požarima na nacionalnoj razini te omogućiti učinkovitije donošenje odluka vođeno podacima i strateško upravljanje resursima (Hardy et al., 2001).

S obzirom na to da sustavi dostupni u RH ne sadržavaju alate koji podržavaju takve vrste prostorno-vremenskih analiza, a uzimajući u obzir njihov neupitni doprinos, cilj

ovoga rada bio je na primjeru intervencija na području djelovanja JVP Grada Trogira razviti i ponuditi model primjene prostorno-vremenske analize vatrogasnih intervencija s pomoću interaktivnih prostorno-vremenskih toplinskih karata. Istraživanje će prikazati kako primjena prostorno-vremenskih analiza može doprinijeti boljemu razumijevanju prostorne razdiobe vatrogasnih intervencija te utvrđivanju područja s povećanim rizikom, što može poslužiti kao osnova za daljnji razvoj sustava UVI.

**MATERIJALI I
METODE**

*Materials and
Methods*

Iz sustava UVI u Excel tablicu izvezeni su podaci o svim intervencijama na području djelovanja Javne vatrogasne postrojbe (JVP) Grada Trogira od uvođenja sustava 2019. godine do 25. rujna 2024. Odobrenje za provedbu istraživanja dao je HVZ 17. listopada 2024.

Ukupno je izdvojeno 855 intervencija s pripadajućim detaljnim podacima o svakoj intervenciji (Tablica 1). Od ukupnog broja intervencija isključene su 52 intervencije kojima su nedostajale zemljopisne koordinate koje nisu zabilježene u početnoj godini po uvođenju sustava. Za potrebe daljnje analize uključen je broj događaja, vrijeme dojave, vrsta intervencije te zemljopisna dužina i širina. S obzirom na razlike u kategorizaciji u sustavu UVI, vrste intervencija prekategoriizirane su na dvije razine tipizacije vatrogasnih intervencija koje je definirao Operativno-tehnički stožer Hrvatske vatrogasne zajednice 24. ožujka 2011. (Operativno-tehnički stožer Hrvatske vatrogasne zajednice, 2011), što je uključivalo: 1) Požarne intervencije (s deset potkategorija), 2) Tehničke intervencije (s deset potkategorija) i 3) Ostale intervencije (s trima kategorijama). Uz postojeće podatke, dodatno je izračunata udaljenost između mjesta svake intervencije i JVP Grada Trogira.

Tablica 1. Podatci izdvojeni iz sustava UVI

Broj događaja
Vrijeme dojave (datum i vrijeme)
Vrsta intervencije
Lokacija (grad, ulica, broj)
Zemljopisna dužina
Zemljopisna širina
Požar lokaliziran (da/ne)

Požar ugašen (da/ne)
Intervencija završena (datum i vrijeme)
Broj postrojbi
Postrojbe (nazivi postrojbi)
Broj vatrogasaca
Broj ostalih sudionika
Broj (vatrogasnih) vozila
Broj plovila
Broj letjelica
Broj mrtvih
Broj ozlijeđenih
Izgorjela površina (ha)
Ukupni trošak (EUR)

IZRADA PROTOTIPA RAČUNALNE APLIKACIJE *Developing App Prototype*

Aplikacija za analizu vatrogasnih intervencija izrađena je s pomoću programskoga jezika Python (v. 3.10.12) u mrežnome sučelju Google Colab (listopad, 2024.). Aplikacija je prvotno napravljena unutar programskoga okvira Dash (v. 2.18.1) kojim se koristi pri razvoju interaktivnih mrežnih aplikacija. Programska zbirka Plotly (v. 5.24.1) primijenjena je za interaktivnu vizualizaciju podataka, dok se zbirkama Pandas (v. 2.2.2) i NumPy (v. 1.26.4.) koristilo pri obradi i upravljanju podatcima.

U prvom je dijelu omogućeno učitavanje podataka u obliku Excel tablice, nakon čega se uklanjaju svi zapisi kojima nedostaju zemljopisne koordinate. Uz postojeće varijable, dodana je nova varijabla udaljenosti svake intervencije od sjedišta JVP Grada Trogira. U sljedećem su koraku dodani interaktivni filtri iz Dash okvira, padajući izbornik kojim se odabire kategorija intervencije na dvije razine, izbornik za odabir vremenskoga raspona i klizna traka za odabir udaljenosti od sjedišta JVP-a.

Za prostorni prikaz intervencija primijenjen je komponenta Mapbox iz zbirke Plotly kojom je na pozadinsku kartu OpenStreetMap (OpenStreetMap contributors, n.d.) dodana toplinska karta i prikaz pojedinačnih intervencija (točaka). Toplinska karta dobiva se s pomoću procjene gustoće jezgre (engl. *kernel density estimation* – KDE), pri čemu se na određeni prostor projicira mreža točaka. Za

svaku točku u mreži gustoća se određuje na temelju udaljenosti i broja okolnih intervencija. Područje s većim brojem intervencija označuje se toplijim bojama, a područja s manje intervencija hladnijim bojama. Uz kartu, dodan je i grafikon trenda koji prikazuje sve događaje ili one odabrane tijekom vremena ovisno o odabranoj vremenskoj jedinici (mjesec, tjedan ili dan) te stupčasti dijagrami koji prikazuju strukturu intervencija.

Kako bi se omogućila implementacija aplikacije, primijenjen je alat Ngrok (v. 7.2.0) s pomoću zbirke Pyngrok (v. 7.2.0). Navedeni alat stvara privremenu URL-a adresu koja traje samo dok je veza aktivna i omogućuje pregled te testiranje programskog rješenja i izvan lokalnoga okruženja. S obzirom na to da je poveznica aktivna samo dok je veza iz Google Colaba aktivna, nema opasnosti od nekontroliranoga dijeljenja podataka.

MOGUĆNOSTI APLIKACIJE

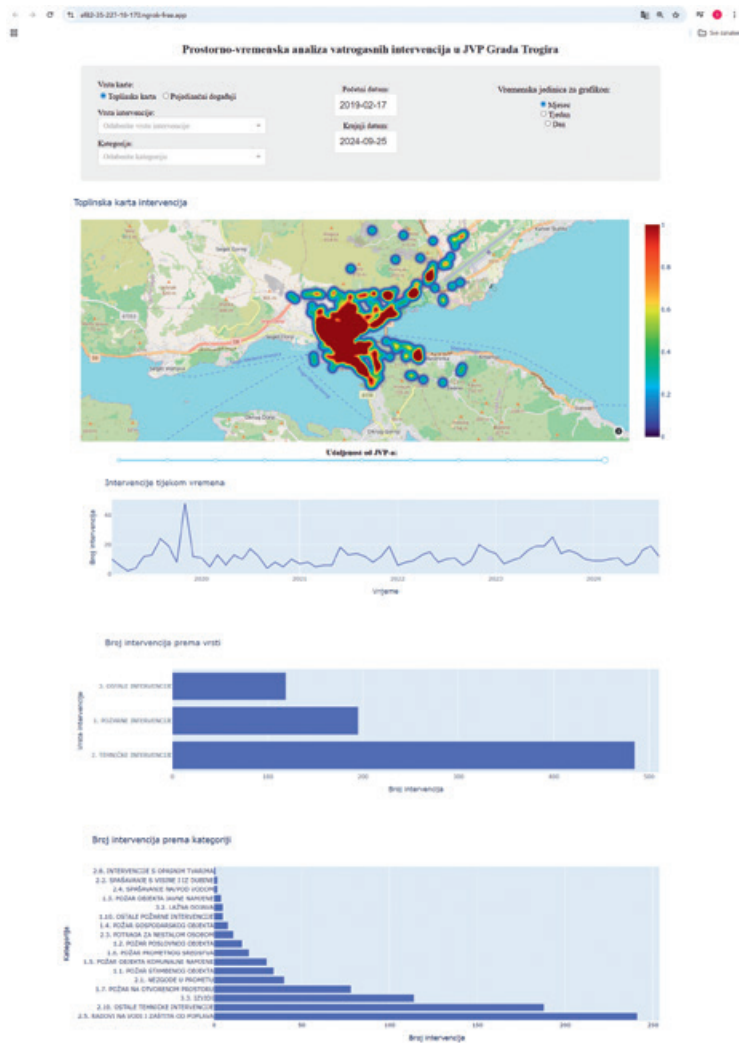
App Functionalities

Razvijena je aplikacija omogućila interaktivnu vremensku i prostornu analizu vatrogasnih intervencija. Interaktivnost je omogućena s pomoću filtera za razmatrano razdoblje, vrste intervencija te radijus udaljenosti od matičnog JVP-a. Tako je korisnicima omogućeno usredotočivanje na određeno razdoblje, određene vrste intervencija i prostorne okvire, odnosno provedbu usmjerenih analiza (Slika 1).

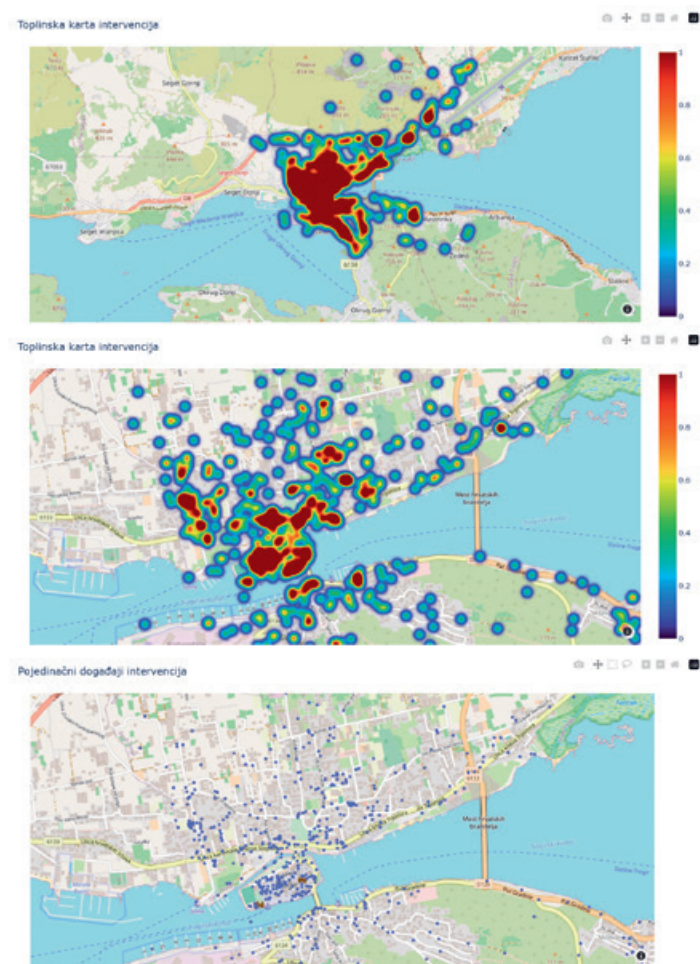
Slikovni prikaz gustoće intervencija dan je u obliku interaktivne toplinske karte koja na osnovnom sloju prikazuje, ulice, građevine i gradsku infrastrukturu. Toplinska karta ističe područja na kojima su se odvijale vatrogasne intervencije. Posebno su istaknuta područja s velikom učestalošću vatrogasnih intervencija, koja su u ovom primjeru najzastupljenija u staroj gradskoj jezgri (najtamnije nijanse crvene). Uz toplinsku kartu, korisnik može odabrati prikaz pojedinačnog događaja i time doći do preciznije lokacije svake intervencije (Slika 2).

REZULTATI

Results

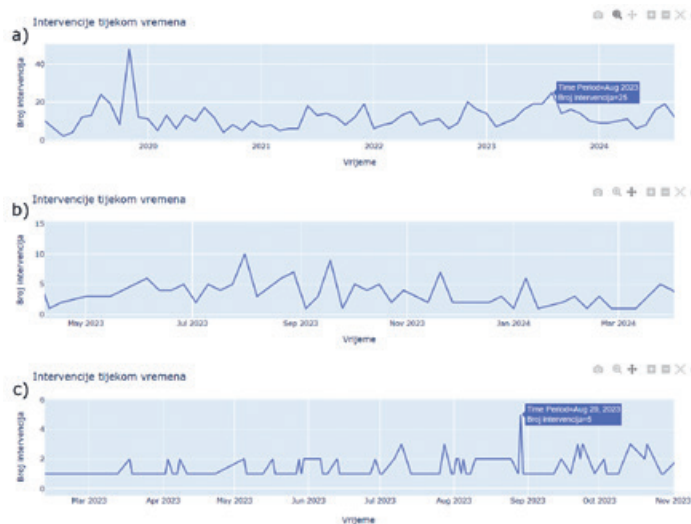


Slika 1. Prikaz cjelokupnog sučelja aplikacije



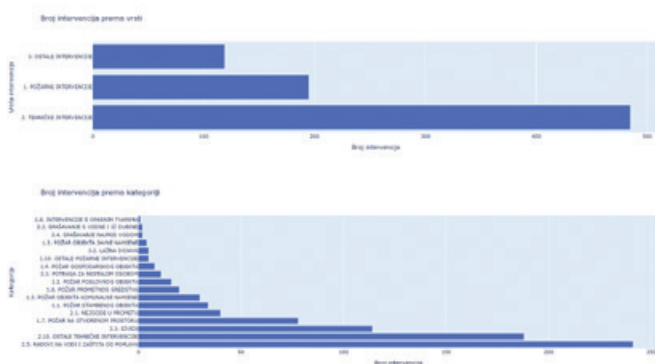
Slika 2. Prikaz toplinske karte i karte pojedinačnih događaja

Slika 3. prikazuje značajku aplikacije koja omogućuje prikaz vatrogasnih intervencija tijekom vremena. Korisnik može odabrati vremensku jedinicu (mjesec, tjedan ili dan) koja je prikladna za prepoznavanje sezonskih obrazaca. U ovom slučaju vidljiv je veći broj ukupnih intervencija tijekom ljetnih mjeseci, ponajprije lipnja i srpnja.



Slika 3. Prikaz broja intervencija tijekom vremena s različitim vremenskim jedinicama: a) mjesec, b) tjedan i c) dan

Sljedeći dio aplikacije sadržava stupčasti dijagram koji prikazuje vatrogasne intervencije prema trima glavnim vrstama. U ovome primjeru, vidljivo je da prevladavaju tehničke intervencije. Detaljniji prikaz kategorija intervencija dan je u dodatnom stupčastom dijagramu (Slika 4). Prikazani grafikom pokazuje da je u ovome slučaju najučestaliji oblik intervencije bio „radovi na vodi i zaštiti od poplava“.

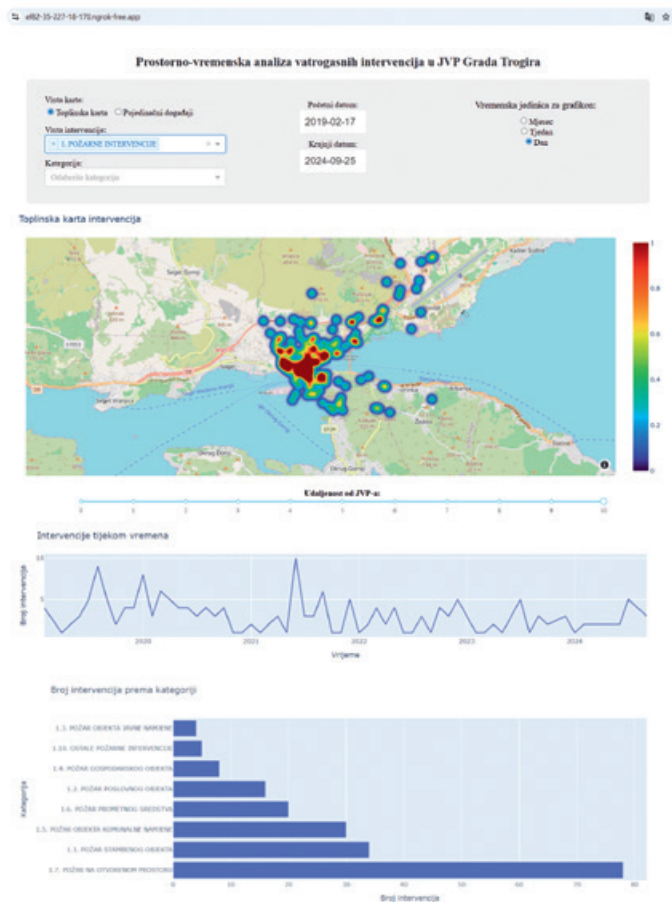


Slika 4. Stupčasti grafikoni s prikazom intervencija po učestalosti

PRIMJER ANALIZE PO VRSTI INTERVENCIJE

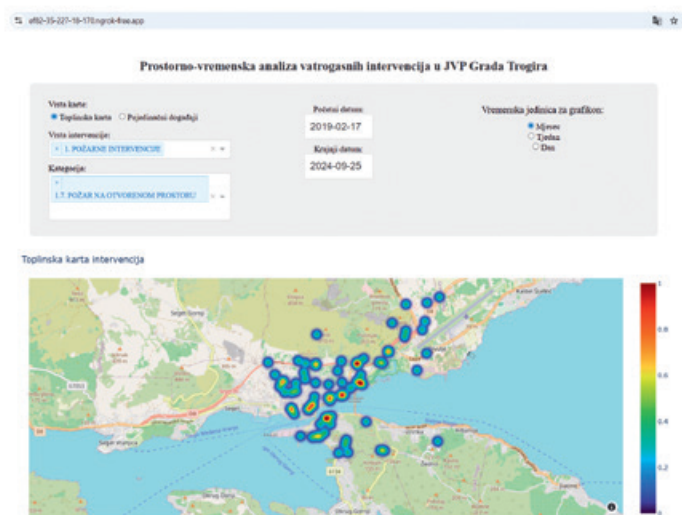
Analysis by intervention type

U sljedećem primjeru (Slika 5) filtrirane su požarne intervencije te je dobiven odgovarajući vizualni prikaz koji je pokazao ponovno najveću koncentraciju u staroj gradskoj jezgri, ali i raspršenost takvih događaja u cijelome području. Vremenski grafikon prikazuje kretanje ovih vrsta intervencija tijekom vremena, a stupčasti detaljniju strukturu tih intervencija, tj., u ovom slučaju, prevladavanje kategorije „požar na otvorenom prostoru“.



Slika 5. Prikaz filtriranih požarnih intervencija od veljače 2019. do rujna 2024.: toplinska mapa, intervencije tijekom vremena i broj intervencija prema kategoriji

Daljnijim odabirom moguće je suziti intervencije samo na požare na otvorenom prostoru (Slika 6), pri čemu se vidi da su u tom slučaju događaji raspršeniji i da nema suštavne koncentriranosti takvih događaja.



Slika 6. Prikaz filtriranih požarnih intervencija na otvorenome prostoru od veljače 2019. do rujna 2024.

RASPRAVA

Discussion

Predloženim programskim rješenjem razvijenim u radu omogućena je interaktivna vizualizaciju prostorne i vremenske razdiobe vatrogasnih intervencija, i to isključivo na temelju postojećih operativnih podataka koji se bez iznimke evidentiraju u svakodnevnome radu vatrogasnih postrojbi. Time je stvorena platforma za kontinuirane analize stanja i trendova, koja bi mogla biti jedan od alata za donošenje informiranih odluka i strateško upravljanje u vatrogasnome sustavu. Iako je prototip razvijen na primjeru podataka jedne javne vatrogasne postrojbe, dugoročno postoji potencijal i za primjenu na široj razini, čime bi se moglo doprinijeti učinkovitosti vatrogasnih službi i optimiziranju upravljanja resursima.

Razvoj navedenog prototipa proširuje saznanja u području prostorno-vremenske analize u požarnim znanostima, posebice u vidu primjene toplinskih karata koje su se pokazale iznimno korisnima u vatrogastvu i upravljanju požarima. Prethodna istraživanja, poput onoga Liua et al. (2019), pokazala su učinkovitost toplinskih karata pri prepoznavanju prostornih obrazaca događaja i visokorizičnih područja, odnosno pri operativnome planiranju, dok su Kiran et al. (2018) uporabili toplinske karte radi identifikacije manje pokrivenih područja i optimizacije prostorne raspodjele vatrogasnih postaja.

Za razliku od spomenutih istraživanja (Kiran et al., 2018; Liu et al., 2019) koja se zasnivaju na relativno statičkim na-

činima vizualizacije, dinamičke toplinske karte razvijene u ovome istraživanju omogućuju interaktivno filtriranje i usmjerenu analizu podataka. Takav pristup omogućuje prilagodbu analize različitim istraživačkim, ali i operativnim pitanjima, čime se omogućuje fleksibilniji pristup i kontinuirano praćenje različitih sastavnica sustava. Primjerice, filtriranjem u određenim vremenskim okvirima, može se kvalitetno usredotočiti na razdoblja s povećanim brojem intervencija, kao što su ljetni mjeseci i sl. Isto tako, moguće je i brzo izdvojiti i specifične intervencije (koje nisu nužno samo požarne) te detaljno analizirati njihove vremenske i prostorne obrasce.

Pristup razvijen u istraživanju prigodan je za osnovne analize, no dodatno bi se mogao proširiti nekima od varijabli koje su razmatrane u prethodnim istraživanjima. Primjerice, druga su istraživanja, ovisno o ciljevima, kao varijable uključivala gustoću populacije (Echeverria et al., 2018; Kiran et al., 2018), prometu infrastrukturu te vremena reakcije (Shahparvari et al., 2020). Uz to, razmatrani su ekološki i okolišni činitelji poput vegetacije i namjene prostora (Liu et al., 2019) te klimatske varijable vezane za nastanak požara (Dastour et al., 2024; Turco et al., 2019). S obzirom na to da je u ovom prikaz bilo razmatrano relativno malo područje, podatci o gustoći naseljenosti nisu bili toliko relevantni. Međutim, pri proširivanju prostornog dosega izvan jedne vatrogasne jedinice, uključivanje gustoće populacije doprinijelo bi razumijevanju razine ljudske aktivnosti u pojedinim područjima i potencijalne ugroženosti stanovništva posljedicama određenih incidenata. Dodavanje osnovnih klimatskih varijabla poput temperature, vlažnosti i oborina, moglo bi pomoći prepoznavanju vremenskih okolnosti koje su vezane za specifičnu vrstu vatrogasnih intervencija, a samim tim i preventivnom djelovanju u rizičnijim razdobljima. Gradska i prometna infrastruktura dijelom je već obuhvaćena u pozadinskom zemljopisnom sloju, no dodatni podatci o prometu (gustoća prometa, trendovi) mogli bi biti korisni pri analizi pristupačnosti određenih područja. U tom kontekstu, vrijeme reakcije moglo bi se prikazati u vidu zasebne toplinske karte, pa bi se područja s težom pristupačnosti moglo jednostavnije prepoznati. Nadalje, slojevi vegetacije i namjene prostora omogućili bi prepoznavanje područja s povećanim rizikom od požara, posebno u ruralnim ili šumskim područjima, gdje prirodni čimbenici značajno utječu na planiranje resursa i intervencija.

Iako su opisana moguća proširenja svakako poželjna, jedna od glavnih značajki prototipa analitičkoga sučelja upravo je to što se temelji na operativnim podacima iz

UVI-ja koji se redovito evidentiraju, pa se može jednostavno doći do aktualnoga stanja bez ulaganja dodatnih resursa. S tim u svezi, trebalo bi biti i relativno jednostavno proširenje analitičkog sučelja i s drugim podacima dostupnim u UVI-ju (Tablica 1). Međutim, tijekom prikupljanja podataka za potrebe istraživanja i razvijanja aplikacije, jedna od poteškoća bila je kategorizacija intervencija kako su navedeni u UVI-ju. Naime, u sustavu se vrsta intervencije opisuje detaljno (npr. požar u/na automehaničarskoj radionici, požar u/na kafiću, požar parka, skidanje prstenja na otvorenom), što nije prikladno za analizu i zahtijeva ulaganje vremena za grupiranje intervencija. To je u ovome slučaju napravljeno prema tipizaciji koju propisuje Operativno-tehnički stožer Hrvatske vatrogasne zajednice (2011) koja ima tri razine (od osnovne, do detaljne) i bolje odgovara analitičkim potrebama. S druge strane, unatoč razini detaljnosti, za neke događaje kategorizacija UVI-ja ne pruža dovoljno specifičnih informacija, pa je potrebno pristupiti dokumentaciji i provjeriti podatke kako bi se osigurala točnost tipizacije. Upravo to je i ograničilo uključivanje treće razine tipizacije u ovaj prototip, a čija bi preciznost mogla biti iznimno korisna (npr. za požar maslinika opisan u UVI-ju - 1. požarne intervencije, 1.7. požar na otvorenom prostoru, 1.7.1. požar poljoprivrednih zemljišta). Međutim, to to bi zahtijevalo znatno više dodatnog rada u pripremi podataka. Slijedom navedenog, preporuka je da se pokuša naći način kako uskladiti kategorizaciju dostupnu u UVI-ju s tipizacijom Operativno-tehničkog stožera (2011), bilo da se radi o izmjenama unutar programa, dodavanjem dodatnih napomena ili automatizacijom čitavoga procesa. Kad bi se riješili navedeni nedostaci, aplikaciju bi se kao analitički alat moglo učiniti javno dostupnom i dodati joj funkciju učitavanja izravno prenesenih podataka. To bi značilo da da bi svima u sustavu vatrogastva koji imaju pristup sustavu UVI bilo moguće izvesti podatke i analizirati ih prema vlastitim potrebama, no isto tako, da bi bilo moguće i objediniti podatke i napraviti analizu na razini RH.

ZAKLJUČCI

Conclusions

Uz to što doprinosi operativnim analizama, razvijeni prototip ima potencijal za širu primjenu unutar postojećih sustava poput UVI-ja, koji trenutno ne uključuju alate za prostorno-vremensku analizu u ovome obliku. Integracijom ovakvih funkcionalnosti u postojeće platforme moglo bi se omogućiti lakše prepoznavanje obrazaca učestalih intervencija ili identificiranje područja koja zahtijevaju dodatne resurse. Uključivanjem podataka na regionalnoj ili nacionalnoj razini, čak i s postojećim mogućnostima

aplikacije, mogla bi se stvoriti cjelovitija slika i olakšati strateškomu planiranju i raspodjeli resursa u kontekstu nacionalnih vatrogasnih aktivnost. S druge strane, na razini jedinica lokalne samouprave, integriranje podataka s onima drugih žurnih službi poput policije, moglo bi se pridonijeti strateškom razvoju područja, optimizaciji procesa te na koncu očuvanju razine sigurnosti i zaštite.

ZAHVALA

Acknowledgements

Zahvala: Autor zahvaljuje Marinu Bubli, zapovjedniku JVP Grada Trogira, na pomoći pri prikupljanju podataka, kategorizaciji vatrogasnih intervencija te iznimno korisnim komentarima i prijedlozima.

Izjava o sukobu interesa: Ivan Jerković član je uredničkog odbora časopisa *Vatrogastvo i upravljanje požarima*. Tijekom zaprimanja, recenzije i pripreme rada za tisak nije imao uredničku ulogu u donošenju odluka kao ni pristup sustavu za obradu rukopisa.

Izjava o korištenju generativne umjetne inteligencije i tehnologija potpomognutih umjetnom inteligencijom u procesu pisanja: Tijekom pripreme ovog rada, autor se koristio programom ChatGPT pri pripremi koda i razvoju aplikacije te tumačenju značajaka aplikacije. Nakon toga, autor je pregledao i uredio sadržaj te u potpunosti preuzima odgovornost za sadržaj publikacije.

LITERATURA

Literature

1. Abdalla, R., 2016: *Evaluation of spatial analysis application for urban emergency management*. SpringerPlus, Vol. 5, No 1, rad 2081.
2. Barić, M., 2023: *Upravljanje vatrogasnim intervencijama*. Završni rad. Veleučilište u Karlovcu. p. 60, <https://repositorij.vuka.hr/islandora/object/vuka:2663>
3. Challands, N., 2010: *The relationships between fire service response time and fire outcomes*. Fire Technology, Vol. 46, No. 3, p. 665–676.
4. Chen, Y., Wu, G., Chen, Y., Xia, Z., 2023: *Spatial location optimization of fire stations with traffic status and urban functional areas*. Applied Spatial Analysis and Policy, Vol. 16, No. 2, p. 771–788.
5. Dastour, H., Ahmed, M. R., Hassan, Q. K., 2024: *Analysis of forest fire patterns and their relationship with climate variables in Alberta's natural subregions*. Ecological Informatics, Vol. 80, rad 102531.
6. Echeverria, F., Ábrego, A., González De Audicana, M., López-Maestresalas, A., Arazuri, S., Ciriza, R., Jarén, C., 2018: *Analysis of fire services coverage in Spain*. DYRA, Vol. 93, p. 247-251.

7. Eslamzadeh, M. K., Grilo, A., Espadinha-Cruz, P., 2022: A Framework for Resource Allocation in Fire Departments: A Structured Literature Review. *Fire*, Vol. 5, No. 4, rad 109.
8. Goswami, S., Kolte, R., Kumar, A., Pipralia, S., 2024: Fire Hazard in Urban Areas: A Scoping Review to Understand Issues and Opportunities. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A*, Vol. 105, p. 741–747.
9. Hardy, C. C., Schmidt, K. M., Menakis, J. P., Sampson, N. R., 2001: Spatial data for national fire planning and fuel management. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 10, No. 4, p. 353–372.
10. Jagodin, N., 2017: Informatizacija Hrvatske vatrogasne zajednice. *Vatrogastvo i upravljanje požarima*, Vol. 7, No. 1, p. 24–30.
11. Kiran, K. C., Corcoran, J., Chhetri, P., 2018: Spatial optimisation of fire service coverage: a case study of Brisbane, Australia. *Geographical Research*, Vol. 56, No. 3, p. 270–284.
12. Liu, D., Xu, Z., Fan, C., 2019: Generalized analysis of regional fire risk using data visualization of incidents. *Fire and Materials*, Vol. 43, No. 4, p. 413–421.
13. Ong, M. E. H., Chiam, T. F., Ng, F. S. P., Sultana, P., Lim, S. H., Leong, B. S. H., Ong, V. Y. K., Ching Tan, E. C., Tham, L. P., Yap, S., Anantharaman, V., 2010: Reducing ambulance response times using geospatial-time analysis of ambulance deployment. *Academic Emergency Medicine*, Vol. 17, No. 9, p. 951–957.
14. OpenStreetMap contributors. (n.d.). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org>.
15. Operativno-tehnički stožer Hrvatske vatrogasne zajednice. (2011). Tipizacija vatrogasnih intervencija.
16. Shahparvari, S., Fadaki, M., Chhetri, P., 2020: Spatial accessibility of fire stations for enhancing operational response in Melbourne. *Fire Safety Journal*, Vol. 117, rad 103149.
17. Turco, M., Marcos-Matamoros, R., Castro, X., Canyameras, E., Llasat, M. C., 2019: Seasonal prediction of climate-driven fire risk for decision-making and operational applications in a Mediterranean region. *Science of the Total Environment*, Vol. 676, p. 577–583.
18. Uddin, M. S., Warnitchai, P., 2020: Decision support for infrastructure planning: a comprehensive location–allocation model for fire station in complex urban system. *Natural Hazards*, Vol. 102, p. 1475–1496.
19. Van Oosterom, P., Zlatanova, S., Fendel, E., 2006: Geo-information for disaster management. *Springer Science & Business Media*. p. 1434
20. Wielebski, Ł., 2019: Visualization of fire brigade interventions based on statistical data. *Abstracts of the ICA*, Vol. 1, p. 1.