

Forenzički aspekt prostorne i vremenske komponente

Snežana Stojičić, Radovan Radovanović, Mileša Srećković, Nikola Radovanović

Apstrakt—Dinamičnost realnih sistema uključuje neizostavno vremenski okvir i prostorno referenciranje, što je u direktnoj vezi sa davanjem nalaza i mišljenja sa forenzičkog aspekta. U određenim događajima i slučajevima primene forenzičkih metoda, posebno se mora dati značaj redosledu, sledu dešavanja u okviru određenog događaja, jer on može značajno uticati na zaključivanje. Prostorno referenciranje se, može razmatrati od osnovnog navođenja mesta događaja do dovođenja u kontekst uticaja elemenata prostora na uzrok i posledicu događaja, koji se obrađuje. Ukoliko je moguće obezbediti referentne vremenske podatke, podatke u jednakim vremenskim intervalima oni mogu biti posmatrani i analizirani kao vremenske serije. U radu su dati primeri uključivanja vremenskog okvira i prostornog referenciranja, imajući u vidu da značajno mogu doprineti ciljevima forenzičkog inženjerstva.

Ključne reči—Forenzički aspekti; prostorno referenciranje, vremenski okvir;

I. UVOD

Zaključci o uzrocima nastanka incidentnih događaja se zasnivaju na činjenicama i analizi u kojoj mogu biti primenjene i metode forenzičkog inženjerstva. Nalaz i mišljenje do kojih se dođe u toku analize može, prema prethodno navedenim aspektima primene stručnih znanja, veština i specifičnih znanja, mogu biti usmereni ka poboljšavanju bezbednosti proizvodnog procesa, poboljšanju performansi i efikasnosti rada mašina i uređaja, kao i ka primeni nalaza i mišljenja kao stručne pomoći u sudskim i drugim postupcima pri utvrđivanju činjenica, koje se odnose na nesreće ili krivične stvari. Generalno se sa forenzičkog aspekta procenjuje stanje pre događaja, posle događaja, postavljaju hipoteze o mogućim načinima i uslovima koji se mogu dovesti u vezu sa nastankom stanja posle događaja, pronalaze dokazi koji negiraju ili potvrđuju postavljene hipoteze i primenjuju znanja i veštine za povezivanje različitih činjenica i dokaza u koherentni scenario, vezan za nastanak događaja i sačinjava nalaz i mišljenje u formi koja odgovara daljoj primeni i/ili procesuiranju slučaja [1].

Snežana Stojičić, Ministarstvo unutrašnjih poslova, Kneza Miloša 101, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: snezana.stojici@mup.gov.rs),

Radovan Radovanović – Kriminalističko policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: radovan.radovanovic@kpu.edu.rs),

Mileša Srećković – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd, Srbija (e-mail: esreckov@etf.bg.ac.rs).

Nikola Radovanović – Kriminalističko policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: nikola.radovanovic@gmail.com).

Primena metoda forenzičkog inženjerstva se vrši od strane pojedinaca ili stručnih timova koji obavljaju forenzičke istrage u sprovođenju aktivnosti na otkrivanju uzroka koji je doveo do incidenta. Prostorni kontekst je jedna od osnova za referenciranje događaja, pojave ili procesa koji se analizira, kao i vremenski okvir koji je potrebno dati sa najvećim mogućim stepenom preciznosti [2,3]. Međutim, nije uvek jednostavno ustanoviti veze vremenskog okvira i prostornog referenciranja [2, 4-7].

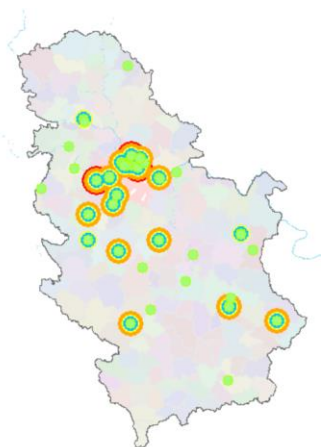
II. PROSTORNO REFERENCIRANJE

Jedan od primera koji će biti obrađivan odnosi se na prostorni kontekst događaja koji su uzrokovani požarnim ili eksplozivnim procesima [8], odnosno jednim aspektom koji se odnosi na dejstvo štetnih materija na okruženje, što pak uključuje potrebu za omogućavanjem utvrđivanja koncentracija zagađujućih materija u vazduhu [9]. Određivanje koncentracije zagađujućih materija se može vršiti na osnovu postojećih mernih stanica. Za to se mogu koristiti merne stanice automatskog monitoring kvaliteta vazduha u Republici Srbiji¹Za određivanje lokacija mernih mesta za uzimanje uzoraka za merenje koncentracija zagađujućih materija, a u svrhu ocenjivanja kvaliteta vazduha u zonama i aglomeracijama, primenjuju se kriterijumi dati u Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Sl. glasnik RS“, br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013). Posebno, makrolokacije za fiksna merenja, određuju se u cilju zaštite zdravlja ljudi, vegetacije i prirodnih ekosistema, a u neposrednoj blizini tačkastih izvora, s obzirom na gustinu emisija, očekivanu raspodelu zagađujućih materija u vazduhu i potencijalnu izloženost stanovništva.

Određivanje lokacija mernih mesta, vrši se tako da se može pratiti primena standarda i najboljih dostupnih tehnika u skladu sa propisima u oblasti sprečavanja i kontrole zagađivanja vazduha (Sl.1). Sam postupak određivanja lokacija zahteva prethodnu analizu na osnovu dostupnih podataka u odnosu na prostor, uz primenu svih propisanih kriterijuma i analizom dobijenih procena. Posebno, imajući u vidu da izbor mernog mesta i lokacije za uzimanje uzoraka, je potrebno proveravati periodično ili protokom određenog vremenskog perioda, u cilju potvrđivanja validnosti kriterijuma koji su prethodno korišćeni i u zavisnosti od

¹ [АЗЗЖС - ОБЈЕДИЊЕНИ ПРИКАЗ АУТОМАТСКОГ МОНИТОРИНГА КВАЛИТЕТА ВАЗДУХА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ \(sepa.gov.rs\)](http://www.sepa.gov.rs)

promena nastalih okruženju nalaženja novih predloga i rešenja [2].



Sl. 1. Prikaz lokacija mernih stanica iz Sistema automatskog monitoringa kvaliteta vazduha sa podataka o koncentracijama PM2.5 izmerenih u periodu 18-25.04.2022. godine – satni podaci.

Različite vrste fizičkih dokaza mogu pružiti opšte informacije o prostornim odnosima između objekata, ljudi i događaja. Pored toga, primena forenzičkih metoda ispitivanja i analize može doprineti tumačenju i potencijalnom rasvetljavanju krivičnog dela.

Forenzičke metode koje se primenjuju za ispitivanje, komparacije i identifikacije uzroka i posledica, kod eksplozivnih i požarnih procesa, kao i drugih dokaza u istražnom postupku, olakšavaju rasvetljavanje krivičnih dela. Kod razrešavanja krivičnih dela u kojima se pojavljuju eksplozivni i požarni procesi uključivanjem prostorne komponente, može značajno doprineti davanju kvalitetnije prezentacije i vizualizaciji događaja sa ciljem davanja mišljenja i nalaza o dejstvu ovih procesa sa aspekta forenzičkog inženjerstva. Upotrebom softverskih alata za rad sa prostornim podacima omogućava se postavljanje upita u odnosu na podatke o lokaciji događaja kao i primena metoda za analizu podataka u odnosu na prostor. Ovi alati omogućavaju vršenje merenja, analize i izradu prikaza, koji pored sadržaja koji se odnosi na prostorne podatke, organizovane po tematskim slojevima, mogu sadržati elemente koji su određeni prema parametrima koji su definisani faktorima relevantnim za posmatrane događaje i procese. Mogu se ostvariti simulacije dejstva, analize koje se mogu vršiti i u odnosu na prostor, kao i testiranje hipoteza i rekonstrukciju događaja u cilju utvrđivanja relevantnih činjenica. U postupku utvrđivanja relevantnih činjenica koriste se instrumentalne i komparativne metode za modelovanje procesa, vizualizaciju i dokazivanje dejstva eksplozivnih i požarnih procesa. U radu je dat prikaz mogućnosti korišćenja podataka sa mernih stanica u sistemu automatskog monitoringa kvaliteta vazduha u Republici Srbiji i mogućnosti analize i detekcije i vizualizacije stanja za slučaj uzorak, u izabranom vremenskom periodu od 18-25.04.2022. godine. Sa mernih stanica preuzeti su satni podaci kako bi se izvršila njihova analiza. Dalja razmatranja mogu

biti usmerena ka analizi eksplozivnih i požarnih procesa u odnosu na lokaciju dešavanja procesa i distribuciju u odnosu na prostor, čime forenzički inženjering može dati neutralan i objektivni doprinos da istraži jedan od načina da se jedna kompleksna problematika dejstva eksplozivnih i požarnih procesa obradi uz uključivanje prostorne komponente, i da se pruži potpuniji izvor informacija o ovoj temi u prostornom kontekstu. Praktičan značaj je ukazivanje na mogućnost uključivanja komponente prostora uz komponentu vremena u forenzičkom inženjerstvu, u odnosu na forenzičke identifikacije eksplozivnih i požarnih procesa u cilju sprečavanja i suzbijanja kriminaliteta i opšte bezbednosti.

Razmatranja podataka iz sistema automatskog monitoringa kvaliteta vazduha data su u odnosu na granične vrednosti suspendovanih čestica PM10 i PM2.5, date u Tabeli I, kao zagađujućih materija, čija koncentracija može biti povećana i u slučaju pojave incidentnih situacija izazvanih požarnim i eksplozivnim procesima.

TABELA I
GRANIČNE VREDNOSTI ZA PM10 I PM2.5

Zag. Materija (1h)	Odličan	Dobar	Prihvatljiv	Zagađen	Jako zagađen
PM10 (ug.m-3)	0-25	25-50	50-90	90-180	> 180
PM2.5 (ug.m-3)	0-15	15-30	30-55	55-110	> 110

III. PRAKTIČNI PRIMER ANALIZE VREMENSKOG OKVIRA I PROSTORNOG REFERENCIRANJA

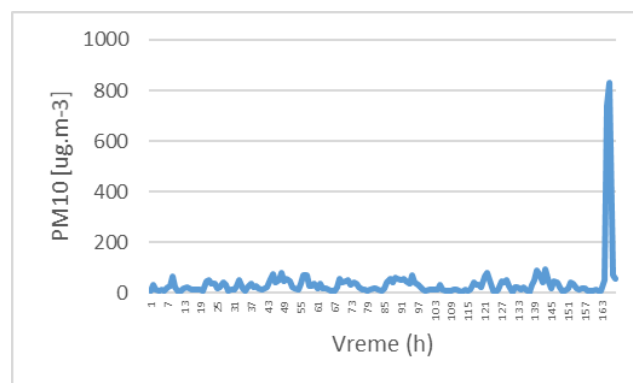
Za prikaz praktičnih aspekata, preuzeti su podaci sa mernih stanica Sistema za automatsko praćenje kvaliteta vazduha u Republici Srbiji, koji su dostupni na satnom, nedeljnom i mesečnom nivou, i koji su dostupni za analizu i korišćenje kao otvoreni podaci. Podaci su preuzeti u period od 18-25.04.2022. godine na satnom nivou, prema stepenu dostupnosti i stanju mernih uređaja na mernim stanicama. Preuzeti skup podataka je dalje obrađivan, kao slučajni uzorak. Prema lokacijama mernih stanica, podaci su pripremljeni za korišćenje u alatima za rad sa prostornim podacima i omogućavanje prikaza i dalje analize u odnosu na prostor.

TABELA II
DESKRIPTIVNI PODACI ZA PM10 PO MERNIM STANICAMA

Naziv merne stanice	N	Sr. vred	SD	Min	Med	Max
Beograd Obrenovac Ušće	167	29.69	20.35	3.76	23.56	126.49
Beograd Ovča	162	24.19	22.00	2.29	16.89	163.87
Beograd Topčiderska Zvezda	164	23.30	11.95	4.31	18.99	56.4
Bor Gradski park	167	19.20	15.15	2.47	14.37	75.72

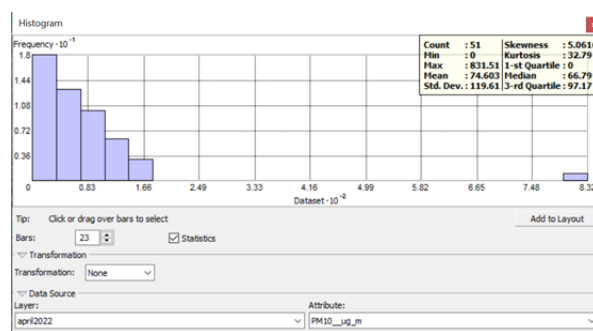
Naziv merne stanice	N	Sr. vred	SD	Min	Med	Max
Čačak	167	28.76	17.37	4.32	25.04	96.66
Novi Sad Rumenačka	167	20.56	8.83	5.95	19.83	56.52
Pirot	167	28.03	15.67	7.31	25.25	122.7
Beograd Ada petlja	167	26.33	11.91	8.22	23.85	63.03
Beograd Bežanijska kosa	167	26.61	13.93	3.32	21.6	74.66
Beograd Despota Stefana	167	26.24	11.78	4.87	23.12	55.43
Beograd Dragiša Mišović	167	23.93	13.201	3.13	20.73	67.11
Beograd Lazarevac	167	26.52	14.716	5.73	23.09	80.76
Beograd Mostar	167	26.06	14.99	5.11	21.54	74.24
Beograd Novi Beograd	167	23.72	13.29	4.47	19.27	65.88
Beograd Oml. brigada	167	28.06	14.97	4.17	22.65	70.09
Beograd Stari grad	167	25.2	12.53	3.68	21.73	59.16
Beograd Vinča	167	24.38	16.39	3.34	20.89	138.9
Beograd Vračar	167	30.21	16.44	6.5	25.03	100.86
Beograd Vračar Dom zdravlja	167	24.93	12.86	3.89	22.08	66.79
Beograd Zeleno brdo	167	23.53	11.770	4.09	20.81	63.44
Kosjerić	167	29.29	19.66	1.75	25.45	97.43
Kragujevac	167	33.09	18.15	9.52	30.41	132.66
Niš IZJZ Niš	167	20.25	12.82	2.79	16.83	72.2
Niš O.š. Sveti Sava	167	31.26	24.4	5	24.52	154.16
Novi Pazar	167	39.67	25.50	4.37	34.81	110.43
Pančevo Vojlovica	166	30.39	17.12	4.29	26.59	91.4
Smederevo Centar	167	25.24	14.55	3.43	21.87	92.81
Valjevo	165	38.45	24.64	5.97	29.88	150.23
Veliki Crljeni	167	35.50	19.71	6.29	30.42	130.85
Beograd Banovo brdo	167	24.22	12.252	3.35	21.09	67.58
Obrenovac Centar	167	34.13	19.49	3.9	28.08	93.92
Pančevo Starčevo	167	37.75	84.98	1.37	23.39	831.51
Pančevo Vatrogasni dom	167	21.06	12.49	2.78	18.03	68.89

Na osnovu deskriptivnih statističkih podataka, prikazanih u Tabeli II, u posmatranom uzorku identifikovane su lokacije sa pojavom ekstremnih vrednosti i vremenski period nastanka i trajanja prisustva povišenih vrednosti (Sl. 2). Identifikovane ekstremne vrednosti su dalje analizirane sa ciljem utvrđivanja dužine trajanja visokih koncentracija i prostorne distribucije.



Sl. 2. Prikaz podataka o koncentracijama PM10 za lokaciju sa identifikovanim ekstremnim vrednostima u posmatranom uzorku, kao vremenskoj seriji.

Analizom je dobijeno da je prisustvo ekstremnih vrednosti identifikovano u kraćem vremenskom interval i da u odnosu na posmatrani period nije ostvaren značajan uticaj na distribuciju posmatranih vrednosti (Sl. 3).



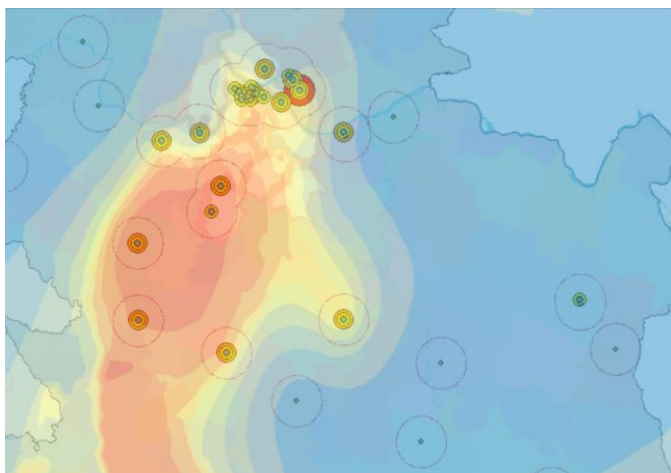
Sl. 3. Prikaz statističkih podataka o koncentracijama PM10 izmerenih u periodu 18-25.04.2022. godine na merim stanicama za monitoring kvaliteta vazduha.

U cilju procene prostorne distribucije na osnovu posmatranog uzorka, korišćene su geostatističke metode dostupne u okviru alata za rad sa prostornim podacima i to na lokacijama, u odnosu na vreme i u odnosu na sve posmatrane lokacije in a njima izmerenih vrednosti sa prediktivnom procenom. Korišćena je prostorna ocena za PM10, kao promenljive, na osnovu doprinosa tačaka u kojima je vrednost poznata (Kriging).

Rezultati analize pokazuju da značajnije dejstvo ostvaruju povišene vrednosti u dužem vremenskom periodu i ako su nižeg nivoa, od ekstremnih vrednosti, koje se pojavljuju u kraćem vremenskom periodu (Sl. 4). Potrebno je svakako imati u vidu da u analizu nisu uključeni ostali element iz okruženja i karakteristike terena za izvedeni zaključak, što svakako ukazuje na potrebu dajeg istraživanja i uključivanja drugih elemenata realnog okruženja, odnosno, ukoliko isti nisu dostupni u vreme sprovođenja analize identifikacije elemenata i generisanje modela sa mogućnošću variranja vrednosti i procene uticaja.

Svakako, sprovedenom analizom je potvrđeno da komponente prostora i vremena mogu biti značajno doprineti

pri analizi događaja koji dovode do emisije zagađujućih materija u vazduh i procene dejstva.



Sl. 4. Prikaz podataka o koncentracijama PM10 izmerenih u periodu 18-25.04.2022. godine na mernim stanicama za monitoring kvaliteta vazduha sa zomama i predikcionom mapom u odnosu na prostor.

IV. ZAKLJUČAK

Uključivanje prostorne i vremenske komponente, uz korišćenje alata za rad sa prostornim podacima, proširuje mogućnosti analize i primenu metoda sa forenzičkog aspekta. Izložena razmatranja i praktični prikazi na datom na slučajnom uzorku, ukazuju na mogućnosti koje mogu biti dalje razmatrane i istraživane u korelaciji sa određenim događajima koji su predmet primene drugih forenzičkih metoda, kao što su između ostalog i požari i eksplozije, koji za posledicu mogu imati povećanu koncentraciju suspendovanih čestica u vazduhu.

ZAHVALNICA

Aurori se zahvaljuju organizacionom odboru konferencije ETRAN 2022 na prepoznatom značaju oblasti forenzike, prostoru i vremenu datom za izlaganje i diskusiju.

LITERATURA

- [1] R. K. Noon, „*Forensic Engineering Investigation*“, CRC Press, USA, 2001.
- [2] Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha, „Sl. glasnik RS“, br. 11/2010, 75/2010 i 63/2013. 2013. [Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha \(paragraf.rs\)](#)

- [3] Ambient (outdoor) air pollution, [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health), Accessed 1st April 2022.
- [4] Vazduh građanima, Beogradski hakaton Descon 4.0, 2018. [Početna stranica - Vazduh građanima \(klimerko.org\)](#), Accessed 25th Mart 2022.
- [5] Svetsko zagađenje vazduha: Indeks kvaliteta vazduha u realnom vremenu, [Svetsko zagađenje vazduha: Indeks kvaliteta vazduha u realnom vremenu \(waqi.info\)](#), Accessed 25th March 2022.
- [6] [Build your DIY sensor and become part of the worldwide citizen science, open data, civic tech network. Supported by a lot of contributors](#) ❤️, Accessed 25th March 2022.
- [7] [xEco Vazduh - Kvalitet vazduha u Srbiji u realnom vremenu](#), Accessed 25th March 2022.
- [8] H. Ménard, O. Akinpelu, N.A. Fiakpui, R. (L.) He, S. Huxter, C. Jordan, L. Judge, A. King, B. Miller, S. E. Moggs, C.-T. Patrascu, T. Pearson, M. E. J. Seneviratne, L. E. Timmerman, P. R. Haddrill, J. K. Klu, C. Cole, & N. Nic Daéid, N. “Research trends in forensic science: A scientometric approach to analyze the content of the INTERPOL reviews”. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Forensic Science*, 2021. e1447. <https://doi.org/10.1002/wfs2.1447>
- [9] A. Kloosterman, A. Mapes, Z. Geradts, E. van Eijk, C. Koper, J. van den Berg, S. Verheij, M. van der Steen & A. van Asten, “The interface between forensic science and technology: how technology could cause a paradigm shift in the role of forensic institutes in the criminal justice system”. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 2015. 370(1674), 20140264. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0264>

ABSTRACT

The dynamic of real systems inevitably includes time frame and spatial referencing, which are directly related to giving findings and opinions from the forensic aspect. In certain events and cases where application of forensic methods might be appropriate, special importance must be given to the sequence of events within a certain event, because it can significantly affect the conclusion. Spatial referencing can also range from the basic indication of the place of the event to bringing into context the influence of the elements of space on the cause and effect of the event being processed. If it is possible to provide reference time data, the data in equal time intervals can be observed and analyzed as time series. The paper gives examples of including time frame and spatial referencing, bearing in mind that they can significantly contribute to the goals of forensic engineering.

A space and time from forensic aspects

Snežana Stojičić, Radovan Radovanović, Mileša Srećković, Nikola Radovanović