

Savremeni trendovi u forenzici

Milan Jovanović, Nikola Mitrović, Milica Janković, Radovan Radovanović

Apstrakt— Forenzika, kao primenjena nauka, zahteva konstantan razvoj da bi se uspešno odgovorilo na aktuelne zahteve društva i omogućila efikasnu borbu protiv kriminala. Shodno tome, razvijaju se specijalizovane naučne discipline u oblasti forenzike, u cilju što boljeg i preciznijeg odgovara na potrebe. U radu smo prikazali skorašnja dostignuća u oblasti forenzičkog inženjerstva, digitalne forenzike i forenzike životne sredine sa analizom prednosti i potencijalnih mana istih, kao i sugestijama u kom pravcu dalja istraživanja mogu ići.

Ključne reči—forenzičko inženjerstvo; savremeni trendovi; forenzika životne sredine; digitalna forenzika

I. UVOD

Forenzika se može grubo definisati kao interdisciplinarna nauka čiji je cilj primena naučnih tehnika i dostignuća u cilju rasvetljavanja određenih događaja. Iako se pri ovome najčešće obuhvataju kriminalni događaji, te se za istu može reći da je nauka u službi policije, postoji i komercijalna forenzika, gde se prevashodno misli na privatne kompanije koje se bave istom.

Razvoj nauke i društva je neraskidivo povezan, te su kroz vreme definisane nove naučne discipline i grane kao odgovor na aktuelne izazove i zahteve. Shodno tome, forenzika se takođe grana na više disciplina, od kojih je svaka usko specijalizovana za određenu vrstu događaja i/ili tragova, čime se dobija na preciznosti i efikasnosti. [1]

Cilj ovog rada jeste predstavljanje aktuelnih naučnih dostignuća, u cilju skretanja pažnje na trenutni razvoj forenzike, kao i pregled izazova, kako trenutnih, tako i onih koji dolaze u budućnosti. Grane forenzike o čijem je razvoju reč u ovom radu smo odabrali tako najviše zbog aktuelnih tema u društvu, što nikako ne umanjuje značaj ostalih naučnih disciplina u okviru forenzike.

II. DIGITALNA FORENZIKA

Digitalna forenzika predstavlja granu forenzike koja se trenutno i najbrže razvija. Pandemija COVID-19 virusa je uslovlila obavljanje izvesnih delatnosti putem Interneta i računarskih tehnologija, što je uticalo na promenu odnosna snaga između sajberkriminala i klasičnih formi kriminala [2, 4]. Uzevši u obzir ubrzanu digitalizaciju društva, kao i činjenicu da je tržište kriptovaluta u porastu, logično je

očekivati da digitalna forenzika nastavi trend ekspanzije, što dovodi do novih izazova i problema. Neophodno je unapređivati sisteme zaštite, kako bi se smanjio rizik od uspešnih sajber napada, koji su i više nego u stanju da dovedu do ozbiljnih poremećaja u radu institucija, i da ugroze pojedinca, firme, ali i celo društvo. Treba imati na umu da je tehnologija nešto što je jednako dostupno svima, i počiniocima i onima koji se protiv istih bore.

Savremeni trendovi u ovoj oblasti predstavljaju pokušaje da se prevaziđu aktuelni problemi i izazovi, koji se mogu podeliti u tehnološke i etničke. [3] Tehnološki izazovi predstavljaju ograničenja dostupnih uređaja, ali i činjenicu da sistemi postaju sve kompleksniji, sa sve većom količinom informacija i bržim protokom istih. Samim tim, nameće se problem vremenski efikasnog sakupljanja informacija, kao i mogućnosti propuštanja bitnih podataka. [3] Osim toga je značajno je da ukažemo na antiforenzičke alate, čiji je primarni zadatak da onemoguće ili značajno onemoguće akviziciju željenih podataka, čime se zapravo sprečava prikupljanje dokaza. [3, 4] Dodatan izazov su i raznovrsne vrste operativnih sistema i uređaja, od kojih svaki može zahtevati zaseban pristup. Etnički izazovi su najviše vezani za sferu privatnosti, budući da je imperativ razrešenje slučaja bez povrede privatnosti, uz minimalno invazivne metode. Međutim, forenzička akvizicija podataka zahteva autentičnost i garanciju da isti podaci nisu menjani ni na koji način, da bi integritet dokaza ostao netaknut, što automatski implicira da se osim dokaza preuzimaju svi dostupni podaci, sa kojima se mora pažljivo rukovati. Konačno, postoje izazovi pravne jurisdikcije, jer, budući da sajber zločini ne poznaju granice, kako je slučaj sa „klasičnim“ zločinima, može doći do sukoba različitih pravnih sistema u pogledu naležnosti, te je neophodna dobra saradnja i poštovanje svih standarda. [3, 4]

Još jedan savremeni trend predstavlja razmatranje upotrebe veštačke inteligencije i automatizacije u polju digitalne forenzike. Od značaja je naglasiti tri potencijalne prednosti u potencijalnoj upotrebi ovog sistema u istragama digitalne forenzike. Prva je ušteda na vremenu, čime se automatski dobija na brzini akvizicije podataka, kao i na rešavanju slučaja. [5] Druga predstavlja mogućnost lakše analize, budući da je veštačka inteligencija brža u obradi podataka i uočavanju veza između informacija po zadatim kriterijumima, u poređenju sa tradicionalnim metodama. [5] Treća prednost je značajna ušteda sredstava, koja omogućava preraspodelu istih na druge sektore, budući da jednom uspostavljen automatizovan sistem veštačke inteligencije zahteva manje izdatke, u odnosu na cenu rada jednog eksperta digitalne forenzike. [5]

Naglasili bismo da je ovo polje još uvek u razvoju i da je potrebno savladati sve potencijalne prepreke. Pre nego što

Milan Jovanović – Kriminalističko – policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: mjnmilan9@gmail.com)

Nikola Mitrović – Kriminalističko – policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: nikola.mitrovic@kpu.edu.rs) (<https://orcid.org/0000-0001-5970-2654>),

Milica Janković – Kriminalističko – policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: jankovicmilica095@gmail.com)

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

ovakav sistem bude ušao u upotrebnu praksu, on mora da ispuni sve sigurnosne i bezbednosne zahteve. Takođe, neophodno je da se sprovede dobar „trening“ takvog sistema, da bi se obezbedila mogućnost prepoznavanja vrste dokaza. Ne smemo zaboraviti mogućnost da dokazi u digitalnoj sferi budu lažirani, što donosi nove potencijalne komplikacije koje se moraju prevazići. [6]

Za kraj ove celine, u Tabeli I prikazujemo sumirane izazove sa kojima se digitalna forenzika suočava.

TABELA I
IZAZOVI DIGITALNE FORENZIKE [5, 6]

Izazov	Rešenje
Tehnološki izazovi	Konstantne inovacije
Legalni izazovi	Jedinstvena pravna praksa i dobra saradnja
Etnički izazovi	Standardizacija pri postupanju i dobra obučenost službenika

III. FORENZIKA ŽIVOTNE SREDINE

Forenzika životne sredine privlači sve više pažnje, jer je uticaj delatnosti čoveka na životnu sredinu od presudnog značaja za opstanak mnogih vrsta (uključujući i samog čoveka). Ova grana forenzike se definiše kao primena postojećih naučnih tehnika (poput adekvatnog uzorkovanja i primene uređaja) u cilju utvrđivanja porekla kontaminacije, kao i utvrđivanja mehanizma kako je ista dospela u životnu sredinu. [7 - 8] U skladu sa osnovnim principima forenzike kao celine, neophodno je da dokazi budu prikupljeni standardizovanim tehnikama, kao i da je iste moguće prezentovati na sudu.

Želeli bismo da naglasimo da je forenziku životne sredine moguće posmatrati sa dva aspekta. U literaturi se često pominje i aspekt istorijskog proučavanja određene životne sredine u cilju utvrđivanja promena kroz vreme. Ovaj aspekt sa sobom ne nosi pravne posledice, osim u slučaju kada se utvrdi da su prekršeni relevantni zakoni. [9] Drugi aspekt je i poznatiji, i odnosi se na proučavanje određene životne sredine nakon izvesnih događaja, čime se zapravo utvrđuje odgovornost subjekata i formira slučaj. Moramo naglasiti kako je zagađenje životne sredine često antropogen faktor, ali postoje i prirodni izvori zagađenja. [9]

Grupisati odgovornost subjekta u slučajevima forenzike životne sredine je izazov, budući da svaka država ima svoje zakone (pri čemu postoje i međunarodne konvencije koje se moraju poštovati). Ipak, možemo reći da se u najvećem broju slučajeva radi o neodgovornom rukovanju/skladištenju opasnih materija i otpada, koji potom dospevaju u životnu sredinu i negativno utiču na istu, kao i o prekomernoj emisiji štetnih supstanci. [9] Tehnički gledano, možemo svaki prestup

u ovoj oblasti definisati kao akciju koja dovodi do štete po organizme koji se nalaze na određenom prostoru, i okolinu.

Ako govorimo o polutantima, moramo naglasiti njihovo proučavanje sa prostorno - vremenskog aspekta. Moramo biti upoznati sa mehanizmima širenja polutanata da bismo u potpunosti bili svesni uticaja istih na životnu sredinu. Osim toga, moramo uzeti u obzir vreme izlaganja polutantima, koje zavisi od vrste istih. U određenim slučajevima je dugoročno izlaganje povišenim koncentracijama polutanata štetnije po okolinu i organizme koji je nastanjuju, nego kratkoročno izlaganje izuzetno visokim koncentracijama. [10]

Savremeni trendovi u ovoj oblasti obuhvataju rešavanje kompleksnih slučajeva zagađenja. Naime, industrijski i prerađivački procesi su često praćeni nusproduktima i otpadnim materijama, koji mogu imati negativne efekte po životnu sredinu. Zato se prilikom neadekvatnog rukovanja istim često javlja sadejstvo polutanata, što dovodi do prisustva više polutanata na mestu koje se proučava. Za forenziku životne sredine je od suštinske važnosti da utvrdi i poreklo polutanata, da bi se pronašlo odgovorno lice ili institucija. [11] Shodno tome, forenzika životne sredine zahteva saradnju više naučnih disciplina, poput geologije, da bi se pravilno obradilo mesto događaja. Neophodno je dobro poznavati teren i identifikovati moguće izvore zagađenja, a zatim odrediti optimalne zone za uzorkovanje, kako bi se garantovala verodostojnost dobijenih rezultata. Potom se vrši tipizacija elemenata i jedinjenja prisutnih u uzorku i vrši procena jesu li isti u životnu sredinu dospeli prirodnim ili antropogenim putem. [11] U članku [11] je dat prikaz sadejstva statističkih alata i tehnika forenzike životne sredine. Autori na praktičnoj studiji slučaja prikazuju kako je pređašnje pomenutim metodama moguće ne samo odrediti vrstu polutanata, nego i dati jasne indicije o poreklu istog, što daje odgovor na ranije iznete zahteve u ovom radu.

Još jedan savremeni trend predstavlja prepoznavanje ove grane forenzike kao izuzetne u proučavanju životne sredine čak i pre nego što se određeni događaj odigra. Naime, zagađenje životne sredine je proces koji traje dugo, i nije nužno da dođe do određene havarije, poput izliva tankera, da bismo vršili ispitivanja. Forenzika životne sredine može biti od izuzetne važnosti u prevenciji dugoročnih efekata, budući da je jedna od retkih grana ove nauke, čije su tehnike i preventivnog karaktera. Naime, možemo vršiti ispitivanja izvesnog terena pre bilo kakvog događaja (naravno, uz sve potrebne dozvole) i sačuvati prikupljen dokaze za budućnost, čime osiguravamo efikasnost procesa utvrđivanja odgovornosti, u slučaju da isto bude potrebno. [8] Osim toga, poznavanje potencijalnih polutanata u jednoj regiji omogućava i bolje planiranje sanacije u slučaju neželjenih događaja, čime se direktno smanjuju posledice i troškovi.

Poslednje što bismo istakli u okviru ove celine jeste neophodnost kvalitetne i striktno legislative u okviru zaštite životne sredine, kao i sprovođenja iste, jer bez toga, nemamo dovoljno dobru podlogu za sprovođenje forenzičkih istraga. Potrebno je nastaviti ispitivanja da bi se utvrdio kako kratkoročni, tako i dugoročni efekat materija i hemikalija koje

dospevaju u životnu sredinu, da bismo znali na šta sve treba obratiti pažnju za vreme jedne istrage.

IV. FORENZIČKO INŽENJERSTVO

Forenzičko inženjerstvo podleže višestrukim definicijama, što jasno ukazuje na kompleksnost ove naučne discipline. Ipak, u literaturi se može najčešće naći da ono obuhvata primenu inženjerskih principa i metoda u cilju utvrđivanja mehanizma odvijanja izvesnog otkaza ili događaja. [1] Ova oblast forenzike se takođe sreće i u komercijalnom sektoru, u osiguravajućim kućama, kojima je od interesa da rasvetle događaj, ne bi li se došlo do zaključka da li postoji osnov za isplatu polise ili ne. Ova naučna grana je usko vezana sa ostalim naučnim disciplinama koje se bave konstrukcijom i materijalima, jer upravo te discipline dozvoljavaju forenzičkom inženjerstvu da se razvija.

Forenzičko inženjerstvo pruža niz neophodnih odgovora, poput činjenice da li je do neželjenog događaja došlo nenamerno, ili je u pitanju namerno izazvana situacija. Osim toga, cilj je i da se utvrde sve posledice, kao i pravna odgovornost, ako ista postoji. Forenzički inženjer proučava svu relevantnu dokumentaciju (tehničke crteže i drugu prateću dokumentaciju), upoznaje se sa stanjem na terenu i upoređuje šta je trebalo da se dogodi sa onim što se zapravo dogodilo. Postupci procene događaja i prikupljanja dokaza podležu standardima, kako je slučaj i u ostalim granama forenzike. [1]

Želeli bismo da naglasimo značaj adekvatne prezentacije rezultata, jer ekspert u oblasti forenzičkog inženjerstva često bude i veštak u sudskom procesu. Naučni termini, koji su obavezan deo kvalitetnog izveštaja, mogu biti nerazumljivi stručnjacima iz drugih oblasti, te je neophodno da se nalaz predstavi na način razumljiv i široj publici.

Forenzičko inženjerstvo nema samo praktične, već i teorijske primene. Naime, moguće je sprovesti studije slučaja i reevaluacije kako već rešenih, tako i nerešenih događaja, što se posebno radi ako je u međuvremenu postala dostupna neka nova naučna tehnika, koja može dovesti do novih saznanja. Rezultati takvih studija su od velikog značaja, budući da sprovođenjem istih potvrđujemo korisnost novih tehnika, ali i doprinosimo naučnom saznanju u celini. [12]

Savremeni trendovi u ovoj oblasti obuhvataju konstantnu obuku stručnjaka, kao i saradnju sa drugim naučnim oblastima u cilju bržeg i kvalitetnijeg obrađivanja mesta događaja. Studije slučaja dostupne javnosti se uglavnom bave građevinskim havarijama (najčešće usled dejstva prirodnih nepogoda poput poplava, zemljotresa), gde se ispituje jesu li poštovani svi standardi pri izgradnji istih, ili je došlo do nedozvoljenih propusta. Uzrok predstavlja ključan faktor u forenzičkoj istrazi.

Predstavili bismo jednu studiju slučaja koja ilustruje sve napred navedeno. Referenca [12] ilustruje pomenuti postupak reevaluacije od strane eksperata u cilju boljeg objašnjenja samog toka događaja, pri čemu se u konkretnom slučaju radi o rušenju Tej mosta, kao i pojašnjenja kako je do propusta došlo. Prateći njihov metod rada, možemo ga primeniti i na buduće reevaluacije, pri čemu moramo imati na umu da nikad dva slučaja nisu ista i da moramo izbeći predrasude, te da nam objektivnost mora biti imperativ. [12]

Forenzičko inženjerstvo zajedno sa naukom o materijalima

se takođe može koristiti i u druge svrhe. [13] Naime, proučavanjem izvesne konstrukcije i karakterizacijom materijala od koga je sačinjena je moguće utvrditi razloge zašto i kako tokom vremena dolazi do degradacije iste, te preduzete preventivne korake i obaviti restauraciju na najbolji način. Iako na prvi pogled ovo možda odstupa od prvobitnih zadataka forenzičkog inženjerstva, treba uzeti u obzir da su spomenici kulture od značaja i zaštićeni su zakonom. Svako oštećenje istih predstavlja neprocenjivu štetu, tako da je optimalno rešenje da se blagovremeno identifikuju svi potencijalni i već prisutni defekti, i samim tim predupredi svaka negativna situacija. [13]

Jedna od specifičnosti forenzičkog inženjerstva predstavlja vezanost za samo mesto događaja. Za razliku od digitalne forenzike, čije su subjekti od interesa često malih fizičkih dimenzija ili im se može pristupiti bez potrebe da se zapravo bude na istom mestu, subjekti forenzičkog inženjerstva često nisu uopšte prenosivog karaktera ili zahtevaju izuzetne napore da se isto obavi. Samim tim je fotografija, kao metoda fiksiranja mesta događaja, jedna od ključnih faktora kad proučavamo bilo šta iz sfere forenzičkog inženjerstva. Jedan od savremenih trendova je upravo i razvijanje prenosnih uređaja i mobilnih laboratorija, kako bi se na licu mesta moglo obaviti što više analiza, što bi ubrzalo postupak forenzičke obrade, kao i dobijanje dokaza za nastavak istog. U određenim slučajevima gde pristup fizički nije moguć se moramo osloniti na sistem kamera, da bismo došli do neophodnih informacija.

Kao što smo pokazali, forenzičko inženjerstvo postepeno postaje sve dostupnije i u komercijalnoj sferi. Očekujemo da se taj trend nastavi, jer forenzika u celini postaje sve dostupnija društvu, i prestaje da bude ograničena na pravni i policijski sektor. Očekujemo da u do budućnosti dođe do još jače sprege između forenzičkog inženjerstva i ostalih grana forenzike, budući da digitalne tehnologije polako preuzimaju primat u društvu. Samim tim će posao forenzičkog inženjera biti još zahtevniji i složeniji.

V. ZAKLJUČAK

Ovim radom smo imali nameru da sažmemo novija dostignuća u oblasti forenzike, u cilju formiranja jedne polazne tačke za dalje usavršavanje i istaživanje. Forenzika je uvek bila, jeste i uvek će biti neraskidivo povezana sa drugim naukama, jer sa istim sarađuje, od istih zavisi i primenjuje njihove metode i tehnologije. Savremeni trendovi u forenzici se mogu, konačno, grupisati u tri pravca. Prvi pravac podrazumeva usavršavanje postojećih tehnika, kako bismo lakše, brže i pouzdanije dolazili do rezultata, uz što manju neophodnu količinu polaznog materijala. Drugi pravac predstavlja implementaciju novih tehnika, koje se neprestano razvijaju, u cilju pronalaženja informacija koje nisu bile otkrivene zbog tehnoloških ograničenja u vremenu kada su se odigrali (ovde prevashodno mislimo na studije slučaja i rešenje nerešenih kriminalnih događaja). Treći pravac obuhvata sve veću interdisciplinarnost i saradnju između različitih nauka, što olakšava dolazak do cilja. Dalja istraživanja u ovom smeru mogu dati sugestije u kom pravcu treba nastaviti sa razvojem forenzike, kao i dati ideju kojim veštinama treba ovladati, da bismo ostali u koraku sa

vremenom i zahtevima koji se pred nas, kao naučnike, postavljaju.

ZAHVALNICA

Želeli bismo da se zahvalimo Organizacionom odboru konferencije ETRAN 2023 na mogućnosti da prezentujemo naš rad, i na pridavanju značaja forenzici kao naučnoj disciplini. Mladi autori istraživači se zahvaljuju na mogućnosti da ovde otpočnemo naš naučni put.

LITERATURA

- [1] S. E. Petty, *Forensic Engineering: Damage Assessments for Residential and Commercial Structures*, 2nd Edition, Boca Raton, USA, CRC Press (Taylor & Francis Group), 2022
- [2] S. Monteith, M. Bauer, M. Alda, J. Geddes, P. C. Whybrow, Tasha Glenn, *Increasing Cybercrime Since the Pandemic: Concerns for Psychiatry*, Current Psychiatry Reports, March, 2021.
- [3] L. Caviglione, W. Mazurczyk, S. Wendzel, *The Future of Digital Forensics: Challenges and the Road Ahead*. IEEE Security and Privacy Magazine, November, 2017.
- [4] A. R. Javed, W. Ahmed, M. Alazab, Z. Jalil, K. Kifayat, T. Reddy Gadekallu, *A Comprehensive Survey on Computer Forensics: State-of-the-Art, Tools, Techniques, Challenges, and Future Directions*, IEEE Access Volume 10, January 2022.
- [5] A. Jarrett, K. R. Choo, *The impact of automation and artificial intelligence on digital forensics*, WIREs Forensic Science, Volume 3, Issue 6, November/December. 2021
- [6] S. W. Hall, A. Sakzad, K. R. Choo, *Explainable artificial intelligence for digital forensics*, WIREs Forensic Science, Volume 4, Issue 2, March/April 2022.
- [7] S. M. Mudge, *Methods in Environmental Forensics*, Boca Raton, USA, CRC Press (Taylor & Francis Group), 2009.
- [8] I. G. Petrisor, *Environmental Forensics Fundamentals: A Practical Guide*, Boca Raton, USA, CRC Press (Taylor & Francis Group) 2014.
- [9] B. L. Murphy, R. D. Morrison, *Introduction to Environmental Forensics*, 2nd Edition, London, United Kingdom, Elsevier Academic Press, 2007.
- [10] S. Stojčić, R. Radovanović, M. Srećković, N. Radovanović, *Forenzički aspekt prostorne i vremenske komponente*, Zbornik ETRAN 2022 (https://www.etrans.rs/2022/zbornik/ETTRAN-22_radovi/SSFO2.2.pdf)
- [11] D. Baragaño, G. Ratié, C. Sierra, V. Chrástný, M. Komárek, J.R. Gallego, *Multiple pollution sources unravelled by environmental forensics techniques and multivariate statistics*, Journal of Hazardous Materials, Volume 424, Part B, February 2022.
- [12] V. S. N. S. Goli, R. Yadav, M. R. Singh *Forensic investigations on 1900 years old brick and mortar samples from Buddhist stupa located at Nalasopara, India*, Construction and Building Materials, Volume 367, February 2023.
- [13] P. M. R. Lewis, K. Reynolds *Forensic engineering: a reappraisal of the Tay Bridge disaster*, Interdisciplinary Science Reviews, Volume 27, 2002

ABSTRACT

Forensics, as an applied science, demands constant development in order to successfully answer the demands of society, and effectively combat crime. In order to fulfill this goal, highly specialized branches of forensic science are constantly being developed. We have shown recent achievements in the field of forensic engineering, digital forensics and environmental forensics in this paper, with the goal of analyzing their advantages and disadvantages, and suggesting future paths of research.

Key words: forensic engineering, modern trends, environmental forensics, digital forensics

Modern Trends in Forensics

Milan Jovanović, Nikola Mitrović, Milica Janković, Radovan Radovanović