

NEKOLIKO PRIMJENA MATEMATIKE U FORENZICI

Pregledni naučni rad

Selman REPIŠTI

Joško SINDIK

Sažetak

Inspiracija za rad i problem(i) koji se radom oslovljava(ju): Kriminalistika i kriminologija nisu samo kvalitativne, već i kvantitativne discipline. Veliki broj današnjih saznanja iz statistike i matematike općenito nalaze svoju primjenu u forenzici. Stoga je problem ovog rada podsjećanje ili informiranje ovog profila stručnjaka vezano za nekoliko matematičkih i logičkih procedura korisnih za forenzičke svrhe.

Ciljevi rada (naučni i/ili društveni): Cilj ovog rada jeste prikaz četiri primjene matematike u forenzičnim znanostima, odnosno u kriminalističke svrhe. Prva primjena odnosi se na procjenu visine na osnovi dužine traga stopala. Druga se tiče procjene vremena koje je prošlo od trenutka smrti, na osnovi tjelesne temperature. Sljedeća primjena ogleda se u pravilnom korištenju teorije vjerojatnosti prilikom izvođenja zaključaka u forenzici. Posljednja primjena matematike koja je prikazana tiče se geografskog profiliranja, te se odnosi na određivanje zone (područja) u kojoj počinitelj najvjerojatnije boravi ili živi.

Metodologija/Dizajn: Kako je članak preglednog tipa, provedena je analiza sadržaja radova drugih autora i relevantnih rezultata do kojih su oni došli.

Ograničenja istraživanja/rada: Radom nisu zahvaćene sve primjene matematike u forenzičkoj znanosti, već primjeri za nekoliko odabranih primjena.

Rezultati/Nalazi: Imajući u vidu nabrojane koristi od primijenjene matematike, potrebno je naglasiti da forenzičar, za njihovo uspješno korištenje u praksi, treba znati ispravno interpretirati koeficijent korelacije, te pravilno koristiti koeficijente u regresijskoj jednačini (što je potrebno u domeni antropometrijskih podataka). Nadalje, nužno je razumjeti osnove logaritamskog, te diferencijalnog i integralnog računa, koji se nalaze u osnovi određivanja vremena smrti na osnovu tjelesne temperature. Prilikom geografskog profiliranja uz Rossmovu formulu, važno je poznavati osnovne principe teorije vjerojatnosti, induktivnog zaključivanja i interpretacije statističkih testova, te koristiti odgovarajuća informatička pomagala, uz ispravno očitavanje odgovarajućih vrijednosti.

Generalni zaključak: Uloga matematičara/statističara u timu forenzičara je od velikog praktičnog značaja.

Opravljanost istraživanja/rada: Radom se skreće pažnja na često zapostavljeno područje primijenjene matematike u okviru forenzičke znanosti.

Ključne riječi

visina, dužina stopala, vrijeme smrti, matematičko zaključivanje, geografsko profiliranje.

UVOD

Matematika se doima teorijskom znanošću, koja je rezervirana za uskostručne akademske krugove. Međutim, primijenjena matematika (naročito u vidu statistike i teorije vjerojatnosti) predstavlja okosnicu suvremenih istraživanja u društvenim znanostima (kao što su psihologija, ekonomija, kriminalistika...). Uspješno, pouzdano, validno i korisno mjerenje, uspoređivanje, objašnjavanje i predviđanje gotovo da i nisu mogući bez primjene matematičkih znanja i metoda.

Stoga je cilj ovoga rada da prikaže nekoliko ovakvih primjena u kontekstu forenzike. Neke primjene praćene su primjerima, kako bi se apstraktnost matematičkih postupaka smjestila u okvire kriminalistike i kriminologije, te kako bi se olakšala njihova primjena u forenzičkoj praksi.

Neki od izračuna zahtijevaju upotrebu računara, s obzirom da su složeniji i manje ekonomični. Drugi podrazumijevaju grafičko prikazivanje podataka, te je važno poznavati osnove geometrije za njihovo razumijevanje.

Pored toga, u radu je podcrtan značaj sposobnosti (ili obučenosti) za logičko, statističko, te zaključivanje na temelju osnovnih postulata teorije vjerojatnosti.

ANTROPOMETRIJSKE PRIMJENE

U istraživanju koje su proveli Patel, Shah i Patel (2007) dobiveno je da koeficijent korelacije između dužine stopala i visine kod 278 ispitivanih muškaraca iznosi $r = .65$, a kod 224 žene jednak je $r = .80$. Treba napomenuti da $r = 0$ podrazumijeva neovisnost (nekoreliranost) između varijabli (pojava, fenomena koji variraju), dok $r = 1$ ili -1 upućuje na potpunu (maksimalnu) povezanost među njima (bila ona pozitivna ili negativna). U skladu s tim, autori su došli do sljedećih jednadžbi regresije:

$$Y' = 75.45 + 3.64 * X \text{ (poduzorak muškaraca)}$$

$$Y' = 75.41 + 3.43 * X \text{ (poduzorak žena)}$$

Ovdje je X – dužina stopala u centimetrima, a Y' visina u centimetrima. Dakle, na svakidodatni centimetar dužine stopala muškaraca, njihova pretpostavljena visina je veća za 3.64 cm, dok je kod žena riječ o povećanju visine za 3.43 cm. Važno je i napomenuti da je ovo istraživanje provedeno na sudionicima od 17. do 22. godine.

Ove jednadžbe se koriste vrlo jednostavno: uvrštavanjem dužine stopala muškaraca, odnosno žena, kako bi se dobila procjena njihove visine. Naprimjer, ukoliko raspoložemo podatkom da osumnjičeni muškarac ima dužinu stopala od 30 cm, njegova procijenjena visina je 184.65 cm. S druge strane, ukoliko je osumnjičena žena, čija je dužina stopala 25 cm, njena najvjerojatnija visina bila bi 161.16 cm.

Pawar i Dadhich (2012) su proveli sličnu studiju na 298 sudionika, podijeljenih u šest grupa, s obzirom na dob. Dobili su sljedeće rezultate: veoma nisku korelaciju između dužine stopala i visine kod jednogodišnjaka, a visok koeficijent kod jednogodišnjakinja; umjerenu do visoku korelaciju između ova dva antropometrijska podatka kod oba spola u dobnim grupama od 11, 12 i 13 godina (kod dječaka, najviša korelacija iznosila je $r = .83$, a kod djevojčica $r = .85$), umjerenu korelaciju kod mladića i djevojaka starosti od 17 do 19 godina, te umjerenu do visoku povezanost kod oba spola starosti iznad 30 godina ($r = .73$ i $r = .62$, respektivno). Ovi autori utvrdili su da visina, u prosjeku, iznosi 6.5 dužina stopala.

Babu, Deepika i Potturi (2013) analizirali su ove antropometrijske podatke na uzorku od 104 sudionika, starosti od 21. do 35. godine. Dobili su umjerene pozitivne korelacije između palca lijevog, odnosno desnog stopala i visine sudionika, kao i između visine i dužine cijelog stopala. Oni su prikazali jednadžbe regresije za svako stopalo posebno:

$$Y' = 50.350 + 4.691 * LS$$

$$Y' = 47.971 + 4.782 * DS$$

U gornjim jednadžbama, oznake znače: Y' – procijenjena visina (u cm), LS – dužina lijevog, a DS dužina desnog stopala (oboje u cm).

Stoga, ukoliko raspoložemo informacijama o dužini oba stopala osumnjičenog (ili pak samo jednog stopala), možemo okvirno odrediti njegovu visinu. Pretpostavimo da je njegovo lijevo stopalo dugačko 27.5 cm, a desno 28 cm. Procijenjena bi visina iznosila 179.35 cm, odnosno 181.87 cm. Dakle, naš osumnjičeni/počinitelj je visok negdje oko 180 cm.

Aml, Peker, Turgut i Ulukent (1997) su također utvrdili da su dužina stopala i visina u visokoj pozitivnoj korelaciji kod oba spola (u ovom slučaju, sudionika od 17. do 25. godine). Pored toga, dobili su da je ova povezanost veća nego povezanost dužine stopala i tjelesne mase (težine) sudionika.

ODREĐIVANJE VREMENA SMRTI NA OSNOVI TEMPERATURE TIJELA

Počet ćemo sa jednim starijim znanstvenim člankom, u kome se navodi da se vrijeme smrti određuje uz pomoć sljedeće formule (DeSaram, Webster i Kathirgamatamby, 1956):

Broj sati od trenutka smrti = $(98.4^{\circ}\text{F} - \text{rektalna temperatura u vremenu ispitivanja tijela}) / (\text{opći pad temperature po satu})$

98.4°F jednako je 36.89°C , rektalna temperatura je jedan od parametara koji se inače mjeri u ovakvim situacijama, a procjena općeg (uobičajenog) pada tjelesne temperature po satu je 1.6°F ($= 0.89^{\circ}\text{C}$). Autori spomenutog članka upozoravaju da ova formula može biti korisna ukoliko zanemarimo razlike u hlađenju različitih tijela, te drugih faktora koji bi mogli utjecati na brzinu hlađenja (vlažnost zraka i ostale vremenske prilike; u kojoj mjeri je mrtvac odjeven; te u kakvom je stanju tijelo).

Za korištenje nešto preciznije metode određivanja vremena smrti uz pomoć temperature tijela, potrebno je poznavati *Newtonov zakon hlađenja tijela*. Naime, promjena temperature tijela (dT) s protokom vremena (dt) proporcionalna je razlici između tjelesne (T) i ambijentalne temperature (T_a):

$$dT/dt = -k*(T - T_a)$$

U prethodnom obrascu, k je pozitivna konstanta, a znak minus ispred nje označava da se tijelo hladi, tj. gubi toplotu. T_a (ambijentalnu temperaturu) također smatramo konstantom (kako bi se postavljani model dovoljno pojednostavio). Za dalje korištenje ove jednačine, potrebno je poznavati diferencijalni i integralni račun. Drugim riječima, alate za matematičko opisivanje toka i smjera promjene jedne varijable, imajući u vidu jednu ili više drugih varijabli. Stoga se prethodni obrazac može napisati u obliku diferencijalne jednadžbe (pri čemu je razlika tjelesne i ambijentalne temperature označena kao y):

$$y'(t) = dy/dt = d(T - T_a)/dt = d(T - T_a)/dt = dT/dt - d(T_a)/dt = dT/dt = -k*(T - T_a) = -k*y$$

Integriranjem jednadžbe $y'(t) = -k*y$, dobiva se sljedeća jednadžba ($\exp$ je oznaka za Eulerov broj e koji približno iznosi 2.718, točnije, za bazu eksponenta navedenog u zagradi):

$$y(t) = y_0 * \exp(-k*t)$$

Zapravo, ova jednadžba se može napisati i na sljedeći način:

$$T(t) - T_a = (T_0 - T_a) * \exp(-k*t)$$

Dakle, konstanta y_0 je početni (inicijalni) uvjet jednadžbe, koji podrazumijeva razliku temperature tijela u trenutku smrti (T_0) i ambijentalne (okolišne) temperature (T_a). Za temperaturu tijela u trenutku smrti uzimamo 37°C (98.6°F). Mrtvozornik bi, ukoliko se služi ovom formulom, trebalo dvaput izmjeriti temperaturu tijela, kako bi mogao izračunati konstantu k , te je uvrstiti u spomenutu formulu, s ciljem računanja vremena proteklog od trenutka smrti. Korištenje ove formule ilustrirat ćemo primjerom koji slijedi.

Pretpostavimo da je mrtvozornik došao na mjesto zločina u 18.30h, te odmah izmjerio temperaturu tijela, koja je iznosila 34°C. Potom je, u 19.00h izvršio drugo mjerenje, gdje je temperatura tijela iznosila 33.5°C. Ambijentalna temperatura bila je 20°C, a kao temperaturu u trenutku smrti, mrtvozornik je uzeo u obzir normalnu tjelesnu temperaturu, koju je zaokružio na 37°C.

Prvo ćemo uvrstiti podatke o temperaturama kojima raspolažemo u dva mjerenja (pošto je drugo mjerenje izvršeno 30 minuta nakon prvog, u drugoj jednadžbi imamo član $(t+30)$):

$$34 - 20 = (37 - 20) * \exp(-k*t)$$

$$33.5 - 20 = (37 - 20) * \exp(-k*(t+30))$$

Potom, da bi se poništio parametar t , možemo podijeliti ove dvije jednadžbe jednu s drugom. Kako imamo eksponent Eulerovog broja, potrebno je "izvući" prirodni logaritam iz jednadžbe, koju smo dobili kao rezultat dijeljenja:

$$\ln(14/13.5) = 30 \cdot k$$

Iz nove jednadžbe možemo izračunati konstantu k , koja iznosi .001212. Potom ovaj rezultat uvrstimo u prvu jednadžbu, koja odgovara vremenu dolaska mrtvozornika na mjesto zločina:

$$14 = 17 \cdot \exp(-.001212 \cdot t)$$

Ovu jednadžbu ponovo transformiramo uz pomoć prirodnog logaritma, kako bismo dobili vrijeme proteklo od trenutka smrti (t):

$$t = \ln(14/17)/(-.001212) = 160.195 \text{ minuta} = 2.67 \text{ sati}$$

Dakle, u našem primjeru, vrijeme proteklo od trenutka smrti je oko dva sata i 40 minuta. Naravno, postoje određeni dijagrami i sheme koje mrtvozornik/patolog može koristiti za brže određivanje vremena smrti. Cilj prikaza ovog izračuna jeste da se ukaže na matematičku pozadinu opservacija i zaključaka u ovoj oblasti forenzike.

Pored opisane tehnike, Marshall i Hoare (1962) su predložili model hlađenja tijela koji objedinjuje Newtonov zakon hlađenja i tzv. plato postmortalne temperature. *Plato postmortalne temperature* je kratak period nakon smrti, tijekom kojega se tijelo uopće ne hladi ili mu čak temperatura malo poraste. Nakon ovog perioda, hlađenje tijela se odvija sukladnom spomenutom Newtonovom zakonu. Dakle, krivulja tjelesne temperature nakon smrti je, ustvari, sigmoidnog oblika, uz pozitivnu asimetričnost (Marshall i Hoare, 1962).

Inače, hlađenje tijela se u principu odvija dva puta brže u stajaćoj, a tri puta u tekućoj vodi (Asante, 2013). Naravno, postoje još složeniji modeli, koji uzimaju u obzir tjelesnu masu i visinu (npr. Green i Wright, 1985).

MATEMATIČKO ZAKLJUČIVANJE U FORENZICI

U ovom poglavlju prikazat će se tri vida (oblika) matematičkog zaključivanja u forenzici: 1) zaključivanje uz pomoć Millovih induktivnih metoda, 2) zaključivanje koje se oslanja na osnove teorije vjerojatnosti i 3) zaključivanje na osnovi vrijednosti dobivenih primjenom statističkih testova.

Kao prvo, forenzičari bi trebali poznavati pet *Millovih induktivnih metoda*, koje se izučavaju u oblasti logike. To su (npr. Churchill, 1990): metoda slaganja, metoda razlike (diferencije), kombinirana metoda slaganja i razlike, metoda reziduala i metoda istodobnih varijacija.

Metoda slaganja odnosi se na sljedeće: ukoliko dva ili više događaja imaju jedan zajednički faktor (imenitelj), a drugi faktori koji ih definiraju se razlikuju, onda je taj zajednički faktor ili njihov uzrok ili posljedica. Naprimjer, ukoliko su dva dijela grada različita po svojim glavnim karakteristikama, a slična po tome što imaju jednak broj banaka, onda se slična stopa provala u banke može pripisati činjenici da je njihov broj isti u oba dijela grada.

Metoda razlike korisna je u razumijevanju uzroka određenog fenomena, na osnovi informacije o tome da se dvije situacije ili dva događaja razlikuju upravo u jednoj karakteristici. Primjer je kriminalni recidivizam kod dvije vrste osuđenika. Neka su u prvoj oni kod kojih je recidivizam jako nizak (gotovo zanemariv), a kod druge veoma izražen/čest. Ako su ove dvije grupe slične po svim karakteristikama, osim jedne (npr. da kriminalci iz druge grupe imaju široku i veoma

“tijesnu” mrežu prijatelja koji su prestupnici), onda je ta jedna različita karakteristika (u našem slučaju, kriminogena socijalna mreža) uzrok recidivizma.

Kombinirana metoda slaganja i razlike je, jednostavno, “združivanje” prethodno opisanih metoda, pri čemu karakteristika (pojava) koja je specifična za nekoliko slučajeva (fenomena, situacije, događaja), može biti uzrok, posljedica ili djelomični uzrok određenog efekta (posljedice). Pretpostavimo da je troje od ukupno četvero ljudi bilo namjerno otrovano na nekom događaju. Nazovimo ih A, B, C i D, pri čemu osoba D nije otrovana. Treba otkriti hranu u kojoj se nalazio otrov. Sve četiri osobe jele su kavijar, a troje od njih jeli su i biftek (A, B i C). S druge strane, dvije osobe poslužile su se salatoma (A i B), a preostale dvije sirom (C i D). Kao što se može primijetiti, otrov nije bio u kavijaru, jer su ga svi jeli. Također, kako nije bilo troje ljudi koji su jeli salatu, niti sir (već po dvoje), ni ove dvije vrste jela nisu uzrok trovanja. Preostaje biftek, koji su jele tri osobe, za koje se i ispostavilo da su otrovane. U ovom primjeru, metoda sličnosti ogleda se u saznanju da su tri osobe konzumirale isto jelo (biftek), a metoda različitosti primjenjuje se na činjenicu da jedna osoba nije bila otrovana jer nije jela biftek. Isto tako, primjena metode razlike počiva na saznanju da su dvije osobe jele jedno (salatu), a druge dvije drugo jelo (sir), te da nisu sve one otrovane.

Metoda reziduala (ostatka) podrazumijeva da imamo dva ili više događaja, koji su praćeni sa još jednim setom (skupom) događaja (situacija, fenomena). Ukoliko je npr. jedan događaj iz prvog seta uzrok događaju iz drugog seta, drugi događaj iz prvog seta uzrok drugom događaju iz drugog seta itd. – onda, kada ostane par događaja iz oba seta, možemo zaključiti da je događaj iz prvog seta ili uzrok ili posljedica preostalome događaju iz drugog seta. Kao primjer uzet ćemo delinkventno ponašanje omladine na nekom prostoru. Pretpostavimo da je nekoliko autoriteta u kriminalistici dugoročno pratilo stanje na ovom prostoru i identificiralo tri faktora koja utječu na ovakvo ponašanje omladine: 1) siromaštvo (nizak socioekonomski status), 2) nedovoljna zastupljenost policijske kontrole (nadzora) na pomenutom području i 3) nedostatak roditeljske kontrole. Utvrdili su i da su oblici devijantnog ponašanja (dakle, posljedice pobrojanih faktora) sljedeći: 1) krađa hrane i pića iz lokalnih prodavnica, 2) devastiranje saobraćajnih znakova i klupa u parku, te vanjskih zidova (vandalizam), te 3) upućivanje psovki i prijetnji prolaznicima, uz konzumiranje alkohola i ostalih psihoaktivnih supstanci. Pomenuti autoriteti su se pitali šta je posljedica nedostatka roditeljske kontrole (tj. pretjerano permissivnog roditeljskog stila). Prvo su krađu robe iz prodavnica nedvosmisleno pripisali niskom socioekonomskom statusu počinitelja, a kao uzrok vandalizma naveli su nedovoljnu prisutnost policijskog nadzora. Posljedica nedostatka roditeljske kontrole je, dakle, bio preostali efekat (rezidual) – upućivanje psovki i prijetnji prolaznicima, kao i konzumiranje alkohola i drugih psihoaktivnih sredstava. Ovome treba dodati da je konzumiranje pomenutih supstanci moglo djelomice biti pod utjecajem slabog policijskog nadzora i kontrole.

Metoda istodobnih varijacija odnosi se na korelaciju (povezanost) između dvije ili više varijabli, pri čemu su drugi faktori konstantni. Na osnovu toga se izvlači zaključak da je jedna od tih varijabli uzrok druge. Naprimjer, ukoliko se dvije grupe muškaraca razlikuju samo po razini testosterona u krvi (pri čemu su, dakle, ove dvije grupe ujednačene po drugim relevantnim faktorima), a dobivena je korelacija između razine testosterona i sklonosti kriminalnom ponašanju, onda će ovaj faktor biti uzrok kriminalnog ponašanja u muškaraca. Naravno da je mnogo faktora koji bi mogli utjecati na sklonost kriminalnom ponašanju, a primjer koji je naveden služi samo kako bi se ilustrirao metoda istodobnih varijacija.

Nesumnjivo, poznavanje Millovih metoda bitno je za donošenje logički validnih zaključaka. Po- red toga, potrebno je poznavati bar osnove zaključivanja na temelju teorije vjerojatnosti, kao i elemente statističkog zaključivanja. Posljednja dva vida matematičkog zaključivanja u forenzici najbolje je ilustrirati primjerima, kako bi se istakla njihova pragmatička vrijednost.

Izvođenje zaključaka na osnovi teorije vjerojatnosti prikazano je u primjeru koji slijedi. Naime, pretpostavimo da o osobi koja je počinila silovanje znamo sljedeće podatke: posjeduje kućnog ljubimca, visoka je više od 180 cm i posjeduje automobil. Zločin se dogodio u mjestu na kome živi 20000 stanovnika i zna se da je počinitelj jedan od stanovnika tog mjesta. Isto tako, raspo- lažemo sljedećim podacima: 25% žitelja ovog mjesta ima kućnog ljubimca, 15% ih je viših od 180 cm, a 50% posjeduje automobil. Voditelj istrage pronašao je jednog osumnjičenog koji se uklapa u ovaj profil. Da li to znači da je on počinitelj?

Sukladno teoriji vjerojatnosti, mogli bismo razmišljati ovako: osoba mora posjedovati sve po- brojane odlike, dakle, vrijedi:

$$P(X) = P(K) * P(V) * P(A)$$

Prije svega, treba pojasniti da su K, V i A neovisni događaji, te se vjerojatnosti njihovog po- javljivanja ne sabiraju, već množe. Ovdje je P(X) vjerojatnost da određeni stanovnik ima sve pobrojane karakteristike, P(K) vjerojatnost da stanovnik ovog mjesta ima kućnog ljubimca, P(V) je vjerojatnost da je stanovnik danog mjesta viši od 180 cm, dok je P(A) vjerojatnost da stanovnik ovog mjesta posjeduje lični automobil. Uvrštavanjem zadanih vrijednosti u prethod- ni obrazac, dobivamo:

$$P(X) = .25 * .15 * .50 = .01875$$

Kada dobivenu vjerojatnost pomnožimo s ukupnim brojem žitelja u spomenutom mjestu, kao rezultat dobivamo 375, što znači da još 374 osobe imaju iste karakteristike kao naš osumnjičeni (tj. veća je vjerojatnost da se među njima nalazi pravi počinitelj). Dakle, vjerojatnoća da smo našli počinitelja, imajući u vidu sve žitelje sa istim karakteristikama, je:

$$P(Y) = 1/375 = .00267$$

Ako nađemo ukupno pet osoba sa istim karakteristikama, onda je vjerojatnost da je među njima počinitelj:

$$P(Z) = 5/375 = .01333$$

Dakle, vjerojatnost je i u ovom i prethodnom slučaju veoma niska. Međutim, ukoliko prethod- nim podacima dodamo činjenicu da je počinitelj muškarac (recimo da je 40% muškaraca u danom mjestu), te ukoliko znamo da je među muškarcima iz spomenutog mjesta 25% onih koji su viši od 180 cm, izračun bi izgledao ovako:

$$P(X) = .25 * .25 * .50 = .03125$$

Kako je u spomenutom mjestu 40% muškaraca, dalje računanje vršimo na 8000 osoba (muš- karaca). Dakle,

$$P(X) * 8000 = .03125 * 8000 = 250 \text{ muškaraca}$$

Naš osumnjičeni (dakako, pod uvjetom da je muškog spola), predstavlja 1/250-i dio onih koji se uklapaju u navedeni profil. To je .004, odnosno .4% od populacije muškaraca u danom mjestu. Vjerojatnost da se među pet muškaraca nalazi počinitelj je:

$$P(Z) = 5/250 = .02 \text{ (odnosno 2\%)}$$

Dakle, veoma su bitne informacije o uvjetnoj vjerojatnosti (npr. koliko je osoba viših od 180 cm, pod uvjetom da je riječ o muškarcima), te o stupnju u kome se pretpostavlja da osumnjičeni ustvari i nije počinitelj.

Treća (ovdje posljednja) tema u sklopu matematičkog zaključivanja jeste *očitanje vjerojatnosti na osnovi primjene statističkih testova*. Za primjer ćemo uzeti zaključivanje o efikasnosti edukacije građana o prevenciji eventualnih pljački i provala. Edukacija je provedena sredinom 2014. godine, a istraživač-kriminolog raspolaže sljedećim podacima:

- a) u prvom dijelu 2014. godine, broj pljački i provala bio je 165
- b) u drugom dijelu 2014. godine (nakon provedene edukacije), broj pljački i provala iznosio je 153
- c) u drugom dijelu 2013. godine (dakle, u istom periodu prethodne godine), broj pljački i provala bio je 171.

Recimo da je istraživač-kriminolog ("zdravorazumski") zaključio kako se broj pljački i provala u njegovom gradu zaista smanjio: manji je od prethodnog polugodišnjeg perioda, kao i u odnosu na isti period protekle (2013.) godine. Međutim, statistika govori u prilog drugačijem zaključku. Naime, kako je riječ o učestalosti određenih događaja, govorimo o frekvencijskom nacrtu istraživanja (događaji za svaki period se broje i njihove sume se međusobno uspoređuju). Stoga je u svrhu uspoređivanja učestalosti (frekvencija) najbolje upotrijebiti hi-kvadrat (χ^2) test, odnosno provjeriti da li je razlika između frekvencija dovoljno velika da bi bila statistički značajna (tj. da ne bi mogla biti proglašena slučajnom, već stvarnom razlikom). Ako je $p < .05$, ispitivana razlika uzima se kao statistički značajna. U suprotnom, prihvaća se nulta hipoteza da nema statistički značajne razlike između frekvencija. Hi-kvadrat je, inače, neparametrijski postupak, budući da se može provesti i u slučaju kada distribucije rezultata (podataka) statistički značajno odstupaju od normalne krivulje. U okviru ovog testa, zbroje se kvadrirane razlike između opaženih (empirijskih) i očekivanih (teorijskih) frekvencija podijeljene očekivanim frekvencijama. Dobiveni rezultat je vrijednost χ^2 -testa.

Prvo usporedimo frekvencije 153 (drugi dio 2014. godine) i 165 (prvi dio iste godine). Dobivamo da je vrijednost hi-kvadrat testa $\chi^2 = 0.453$, uz $p = .501$. Kako je p veće od .05, možemo zaključiti da nismo dobili statistički značajnu razliku između ove dvije frekvencije (za statistički značajan rezultat, potrebno je da je $p < .05$, odnosno da je vjerojatnost prihvatanja hipoteze o nepostojanju razlike manja od 5%). Dakle, ovo smanjenje broja krađa i provala moglo se, jednostavno, dogoditi po slučaju.

Potom, usporedimo frekvencije 153 (drugi dio 2014. godine) i 171 (drugi dio 2013. godine). Dobivena vrijednost hi-kvadrat testa je $\chi^2 = 1$, a $p = .317$. Kako je i ovdje p veće od .05, možemo konstatirati da razlika između ove dvije frekvencije nije statistički značajna.

Dakle, u oba slučaja je dobiven statistički neznačajan rezultat (tj. razlika), te možemo zaključiti kako provedena edukacija nije bila učinkovita. Naravno, posrijedi mogu biti i alternativne mogućnosti interpretacije rezultata, naročito u slučaju kada imamo dodatne varijable koje nismo uzeli u obzir.

GEOGRAFSKO PROFILIRANJE

Prije samog objašnjenja koncepta geografskog profiliranja, opisat ćemo pristup koji se često može pomiješati sa ovim konceptom, a ustvari je njegova preteča. Riječ je o tzv. *putovanju ka zločinu* ili *putu do počinjenog kriminalnog djela* (eng. *journey to crime*). Ovaj je pojam prvi upotrijebio P. D. Phillips (1980), misleći pri tome na udaljenost (distanca) između prebivališta/boravišta počinitelja i mjesta gdje je počinjeno krivično djelo (ubojstvo, silovanje, provala ili pljačka). Zapravo, ova distanca ne mora biti vezana za pravu adresu počinitelja, već za "skrovište" ili "tajnu lokaciju" koja mu služi da se sakrije i u kojoj se osjeća najsigurnije. Stoga nailazimo na pojmove kao što su "kućna baza" (eng. *home base*) i "sidrište" ili "sidrišna točka" (eng. *anchor point*). Lu (2003) predlaže još jednu korisnu sintagmu – *putovanje (put) nakon zločina* (eng. *journey after crime*), imajući u vidu da se počinitelj, nakon izvršenog djela, povlači na svoju tajnu lokaciju. Ona se može poklapati sa onom sa koje je krenuo s ciljem da počinji zločin, ali i ne mora.

U statistici je poznato sljedeće načelo: što je veći uzorak (mjera, sudionika istraživanja, indikatora, opservacija i slično), to je manja standardna pogreška. Dakle, mjerenje i zaključci koji proističu iz njega su valjaniji i pouzdaniji. Naravno, ovaj uzorak treba biti što reprezentativniji.

U slučaju jednog počinitelja i jednog zločina, važno nam je ispitati mjesto na kojem je počinjeno kriminalno djelo, dokaze, te eventualne svjedoke. Isto tako, bitno je pronaći počinitelja koji je u međuvremenu pobjegao sa mjesta zločina. Međutim, ovdje imamo samo jedan zločin i teško je zaključiti gdje se počinitelj zaista skriva. Stoga je, sa statističkog stanovišta, povoljnije ukoliko pred sobom imamo slučaj počinitelja serije zločina/kriminalnih djela. Na osnovi geografske konstelacije nekoliko mjesta zločina, moguće je rekonstruirati informaciju o počiniteljevom "sidrištu", odnosno "bazi". Ako nam je poznato da je od strane jednog osumnjičenog počinjeno šest zločina i da je to zaista ukupan broj počinjenih krivičnih djela od strane spomenute osobe, raspoložemo populacijom njegovih zločina. U tom slučaju, možemo pouzdanije procijeniti ograničen prostor na kojem se nalazi počiniteljevo "sidrište". Međutim, ukoliko je on počinio više zločina (npr. osam, deset), a nama su dostupne informacije o samo nekoliko njih, govorimo o uzorku njegovih kriminalnih djela. Naravno, u ovakvim je uvjetima nešto teže procijeniti pravo "sidrište" počinitelja. Procjene se mogu izraziti u procentima, dakle, one nisu apsolutne (tj. stopostotne), te ih kao takve ne treba tretirati nijedan forenzičar. Drugim riječima, svaka predikcija (bez obzira što se u ovom slučaju temelji na egzaktnoj znanosti, kakva je matematika) je opterećena faktorom pogreške i svakako ovisi o podacima kojima matematičar-forenzičar raspolaze na početku i tokom svoje analize (procjene).

Udaljenosti između mjesta zločina, te između ovih mjesta i mogućih lokacija počiniteljevog "sidrišta" obično se računaju kao Euklidske ili Manhattan (blok) distance (slijede formule za računanje distanci u xy-ravni):

$$\text{Euklidska distanca: } d(A,B) = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}$$

$$\text{Manhattan (blok) distanca: } d(A,B) = |x_A - x_B| + |y_A - y_B|$$

Prvi izračun udaljenosti temelji se na Pitagorinom poučku (pri čemu je $\sqrt{}$ oznaka za korjenovanje), koji je nešto proširen, dok se drugi način izračuna distance zasniva na zbrajanju apsolutnih razlika x i y koordinata točaka A i B. Ove točke mogu predstavljati dva mjesta zločina. Pretpostavimo da teritoriju na kojoj su počinjena dva zločina (A i B) od strane istog počinitelja svedemo na xy-ravninu. Koordinate područja prvog zločina su (20, 10), a drugog (50 i 50). Koordinate su izražene u kilometrima, u odnosu na koordinatni početak. Euklidska udaljenost bi iznosila:

$$d(A, B) = (\sqrt{(20 - 50)^2 + (10 - 50)^2}) = \sqrt{900 + 1600} = \sqrt{2500} = 50 \text{ kilometara}$$

S druge strane, Manhattan distanca bi bila:

$$d(A, B) = |20 - 50| + |10 - 50| = 30 + 40 = 70 \text{ kilometara}$$

Prije nego što pređemo na geografsko profiliranje u pravom smislu te riječi, navest ćemo dvije "primitivne" (jednostavnije) metode procjene – *metodu velikog kruga* (eng. *great circle method*) i *centrografiju*.

U okviru *metode velikog kruga*, izračunaju se udaljenosti između svaka dva mjesta zločina. Potom, "par" mjesta zločina između kojih je dobivena najveća distanca postaje osnova za crtanje "velikog kruga". Ove dvije tačke (tj. mjesta zločina) trebaju se nalaziti na samoj njegovoj kružnici, pri čemu je centar kružnice na sredini duži koja ih spaja. Drugim riječima, distanca između pomenute dvije tačke mora biti prometer (prečnik) kruga. Na koncu, nakon što se obilježi centar ovakvog kruga, dolazimo do "sidrišta" počinitelja. Drugim riječima, koordinate središnje točke kruga su ustvari koordinate "sidrišne točke" osumnjičenog. Premda je ova metoda jednostavna za shvatiti i prilično lagana za primjenu, ona nije dovoljno pouzdana, jer se zna desiti da je opisana kružnica prevelika, a procijenjeno "sidrište" pokriva pretjerano ograničen prostor, koji uopće ne mora biti skrovište osumnjičenog (van der Kemp i van Koppen, 2007).

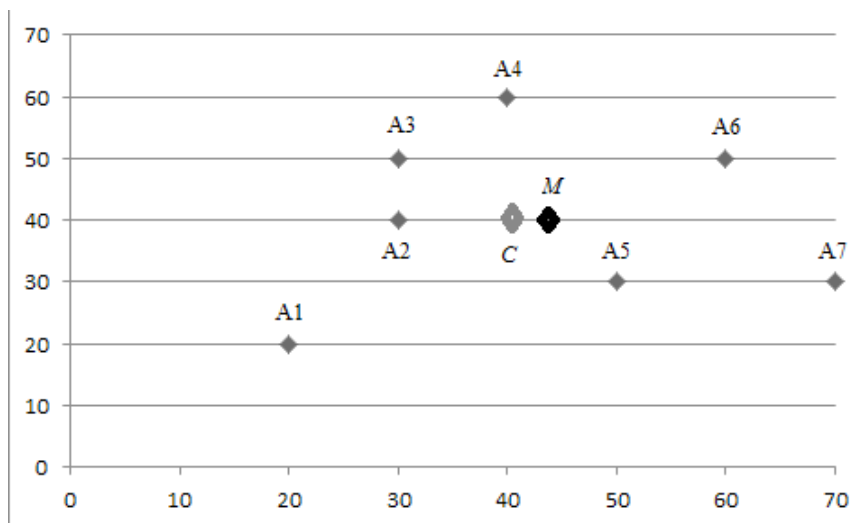
Centrografija se temelji na aritmetičkim sredinama, koje se računaju posebno za x, a posebno za y-koordinatu (npr. van der Kemp i van Koppen, 2007). Postupak je sljedeći: prvo se zbroje x-koordinate svih mjesta zločina, potom podijele brojem mjesta zločina. Dakle:

$$x_{\text{centar}} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n$$

$$y_{\text{centar}} = (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_n) / n$$

"Sidrište" je, stoga, centar mase svih zločina, odnosno par koordinata: $(x_{\text{centar}}, y_{\text{centar}})$. Centar mase je termin preuzet iz fizike, a odnosi se na težišnu točku sistema od nekoliko tijela. Međutim, kako se ovaj izračun zasniva na aritmetičkim sredinama, on je podložan iskrivljavanju uslijed postojanja ekstremnih vrijednosti (tzv. netipična vrijednost, eng. *outlier*). Ovakve vrijednosti (npr. jako udaljena mjesta zločina) vidno "pomjere" vrijednost aritmetičke sredine u određenom smjeru, tako da ona nije više dobar reprezentant podataka kojima raspolazemo (tj. mjesta zločina). Stoga se, umjesto aritmetičke sredine, može koristiti medijana (tj. vrijednost koja pada točno u sredinu niza poredanih podataka/mjera).

Kao primjer ćemo uzeti situaciju u kojoj je osumnjičeni počinio sedam krađa. Teritorija na kojoj su počinjene krađe prikazana je u xy-ravnini (v. sliku 1). Korištene mjerne jedinice su kilometri.



Slika 1. Prikaz teritorije na kojoj je počinjeno sedam krađa, uz procjenu koordinati "sidrišta" osumnjičenog (centrografija)

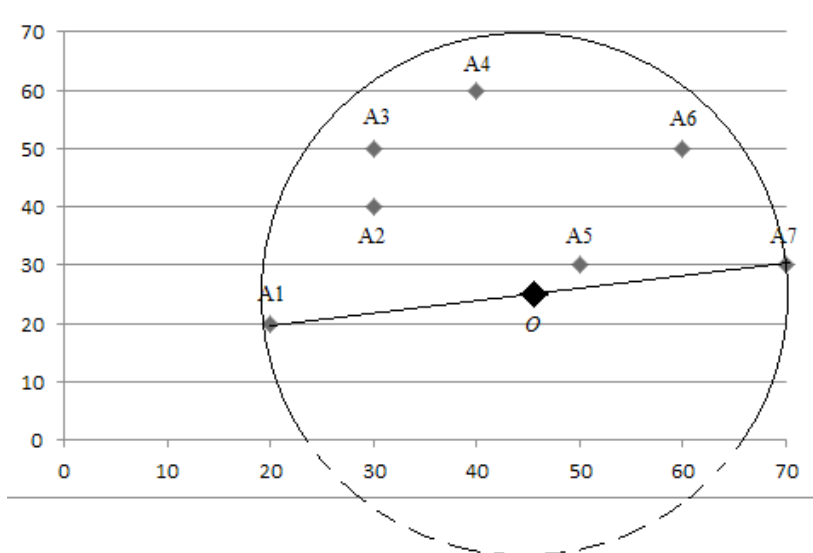
Kao što vidimo (slika 1), mjesta na kojima su počinjena nedozvoljena djela su prikazana točkama (od A_1 do A_7). Njihove koordinate su: $A_1(20, 20)$, $A_2(30, 40)$, $A_3(30, 50)$, $A_4(40, 60)$, $A_5(50, 30)$, $A_6(60, 50)$ i $A_7(70, 30)$. Ako odaberemo koristiti centrografiju kao metodu utvrđivanja "sidrišne točke" osumnjičenog, prvo ćemo izračunati prosjek x-koordinata spomenutih sedam tačaka, te prosjek njihovih y-koordinata:

$$x_{centar} = (20 + 30 + 30 + 40 + 50 + 60 + 70) / 7 = 42.86 \text{ kilometara}$$

$$y_{centar} = (20 + 40 + 50 + 60 + 30 + 50 + 30) / 7 = 40 \text{ kilometara}$$

Dakle, "sidrišna točka" ima koordinate koje su aritmetičke sredine koordinata svih mjesta na kojima je počinjeno krivično djelo – $M(42.86, 40)$.

Međutim, ukoliko koristimo medijanu (C) kao mjeru centralne tendencije podataka kojima raspolažemo, imamo sljedeću situaciju: $C(x) = 40$ i $C(y) = 40$ kilometara (budući da ove vrijednosti/koordinate padaju u sredinu niza x, odnosno y-koordinata poredanih po veličini). Dakle, "sidrišnu točku" opisuje uređeni par koordinata (40, 40). Obje vrijednosti (M i C) su prikazane na slici 1, iz čega se može steći predstava o centralnoj tendenciji podataka sa sedam mjesta na kojima su izvršena krivična djela. Na istom primjeru smo ilustrirali metodu velikog kruga (slika 2).



Slika 2. Procjena koordinata "baze" osumnjičenog uz pomoć metode velikog kruga

Kao što je navedeno, prvo se izračuna distanca između onih mjesta koja su najudaljenija. U našem slučaju, to bi bile točke A_1 i A_6 , odnosno A_1 i A_7 . Potom smo provjerili za koji par točki je distanca veća:

$$d(A_1, A_6) = \sqrt{40^2 + 30^2} = \sqrt{2500} = 50 \text{ kilometara}$$

$$d(A_1, A_7) = \sqrt{50^2 + 10^2} = \sqrt{2600} = 50.99 \text{ kilometara}$$

Dakle, distanca između točki A_1 i A_7 će biti uzeta kao polazište za "veliki krug". Središte duži između ovih točaka (tj. središte kruga) je na slici 2 označeno simbolom O . Njegova x-koordinata iznosi oko 45, a y-koordinata oko 25 kilometara. Iz toga je jasno da je "sidrišna točka" određena uz pomoć metode velikog kruga različita od onih dobivenih centrogrijom.

Kako bismo pojednostavili dalje izlaganje, pretpostavimo da tragamo za jednim počiniteljem (serijskim ubojicom ili silovateljem), koji ima jednu "sidrišnu točku", pri čemu imamo informacije o svim mjestima na kojima je počinio svoja djela. Pored toga, primijećena je tendencija počinitelja da više zločina počinji blizu svoje "sidrišne točke", a kako distanca raste, broj zločina opada (npr. McIver, 1981; Rhodes i Conly, 1981; Brantingham i Brantingham, 1984). Ovakva tendencija poznata je pod nazivom "raspad/osipanje s povećanjem udaljenosti" (eng. *distance decay*). U fizici je poznat model radioaktivnog raspada, odnosno disolucije radioaktivnog materijala s protokom vremena. U našem slučaju, to je, dakle, "prorjeđivanje" ubojstava, napada, silovanja, provala ili krađa s povećanjem distance. Međutim, također je primijećeno da serijske ubojice, silovatelji i slično izbjegavaju počiniti djela na mjestima koja se nalaze previše blizu njihovoj "sidrišnoj točki" (npr. Rossmo, 1993). Dakle, oni prave jedan vid "tampon zone" (eng. *buffer zone*) između svoga "skrovišta" i najbližih mjesta na kojima će počiniti neki zločin (Brantingham i Brantingham, 1981).

Na osnovi prethodno pobrojanim pretpostavkama i proučavanjima obrazaca serijskih zločina na različitim područjima, kanadski kriminolog Kim Rossmo (1993, 1995, 2000) predlaže relativno novu metodologiju, poznatu kao *geografsko profiliranje*. Kako računari umnogome olakšavaju složenije matematičke izračune i grafičko predstavljanje rješenja do kojih se došlo, Rossmo (1993) je predložio i algoritam poznat kao *računalna tehnika geografskog profiliranja*. Obrazac, poznat i kao *Rossmova formula*, glasi ovako (npr. Rossmo, 2000):

$$p_{ij} = k * \sum_{c=1}^T [\phi / (|x_i - x_c| + |y_j - y_c|)^f + (1 - \phi) * B^{g-f} / (2 * B - |x_i - x_c| - |y_j - y_c|)^g]$$

Oznake imaju sljedeće značenje: Σ – simbol za sumu (zbrajanje); p_{ij} – rezultirajuća vjerojatnost za točku ij ; T – ukupan broj mjesta zločina; k – konstanta koja je određena empirijski; B – polumjer tampon (*buffer*) zone; f i g – eksponenti koje također treba odrediti empirijski (kako bi matematički model koji je postavljen što više odgovarao realnosti, tj. poznatim obrascima kretanja počinitelja i informacijama o mjestima na kojima su počinjeni zločini); x_i, y_j – koordinate točke ij ; x_c, y_c – koordinate c -te točke mjesta zločina, a ϕ – parametar koji je jednak jedinici ukoliko je zadovoljen uvjet: $|x_i - x_c| + |y_j - y_c| > B$ (u ostalim slučajevima, $\phi = 0$). Sukladno prethodnim razmatranjima, član formule $|x_i - x_c| + |y_j - y_c|$ je Manhattan mjera distance između točke (x_i, y_j) i točke vezane za određeno mjesto zločina (x_c, y_c) . Inače, prvi dio formule predstavlja smanjenje vjerojatnosti zločina s povećanjem distance, a drugi dio služi kako bi se uzela u obzir i tampon zona (B). Kako treba izračunati rezultirajuću vjerojatnost za svaku tačku istraživanog prostora, te odabrati vrijednosti f i g tako da se prihvaćenim modelom obezbijedi najveća prediktivna moć, ovdje nije prikazan primjer kompletnog postupka izračuna sa zadanim vrijednostima. Svakako, izračuni ovog tipa su mnogo brži i jednostavniji uz primjenu računalne tehnologije, kako se jedino i rade u današnje vrijeme.

Kako bi rezultati dobiveni ovom formulom bili dovoljno validni, predlaže se da treba raspolagati informacijama o bar šest mjesta zločina (Rossmo, 1993). U daljim istraživanjima (npr. Levine i Lee, 2013) utvrđeno je da postoje spolne i dobne razlike u prijađenim udaljenostima od "sidrišta" do mjesta zločina: mlađi muškarci su skloniji prevaliti kraći put, stariji muškarci imaju tendenciju prelaska dužeg puta, dok je pređena distanca kod žena umjerene dužine (manja nego u starijih muškaraca, a veća nego u mlađih muškaraca). Također, počinitelji su skloni prevaliti veće udaljenosti, ukoliko je meta njihovog zločina privlačnija i teža, odnosno ukoliko ona za njih predstavlja veći izazov (npr. Levine i Lee, 2013).

Dakle, forenzičar treba imati u vidu i ostale relevantne varijable, koje bi mogle utjecati na obrazac kretanja osumnjičenog (ne samo spol, dob i "privlačnost" mete, već i mrežu puteva koji vode od jednog do nekog drugog mjesta zločina, konfiguraciju terena, gustoću naseljenosti teritorije na kojoj su počinjeni zločini i slično). Uzimanje u obzir većeg broja nezavisnih varijabli čini izračune mnogo kompliciranijim, te je angažiranje matematičara/ računalnog stručnjaka ovdje od presudne važnosti.

ZAKLJUČCI

U članku su prikazane četiri primjene matematike u forenzičnim znanostima, odnosno u kriminalističke svrhe. Prva primjena odnosi se na procjenu visine na osnovi dužine traga stopala. Druga se tiče procjene vremena koje je prošlo od trenutka smrti, na osnovi tjelesne temperature. Sljedeća primjena ogleda se u pravilnom korištenju teorije vjerojatnosti prilikom izvođenja zaključaka u forenzici. Posljednja primjena matematike koja je prikazana tiče se geografskog profiliranja, te se odnosi na određivanje zone (područja) u kojoj počinitelj najvjerojatnije boravi ili živi. Pored navedenih primjena, matematika može biti korisna i u sljedećim područjima i situacijama: analizi uzoraka DNK; daktiloskopiji; određivanju stupnja poklapanja profila određene osobe za koju se sumnja da je terorist, s unaprijed utvrđenim profilom terorista; prilikom psihološkog ispitivanja ličnosti i inteligencije osumnjičenih (uz pomoć psihometrije, odnosno grane psihologije koja se zasniva na matematičkim proračunima); prilikom analize putanje metka, projektila i slično; u situaciji kad se sumnja u autentičnost potpisa pojedine osobe. Sve ove primjene ukazuju na važnost profiliranja stručnjaka koji će se baviti ovakvim analizama, u smislu njegove educiranosti u područjima: statistike, teorije vjerojatnosti, logike, metodologije i još nekih matematičkih područja (npr. geometrija, diferencijalni i integralni račun). Jedno od rješenja ovog problema je mogućnost da matematičar/statističar postane neizostavni dio forenzičkog tima.

LITERATURA

- Aml, A., Peker, T., Turgut, H. B. i Ulukent, S. C. (1997). An examination of the relationship between foot length, foot breadth, ball girth, height and weight of Turkish university students aged between 17 and 25. *Anthropologischer Anzeiger*, 55(1), 79–87.
- Assante, S. (2013). Application of Newton's law of cooling (Case study: Estimation of time of death in murder). *Magistarska radnja*. Kumasi, Ghana: Kwame Nkrumah University of Science and Technology.
- Babu, R. S., Deepika, V. i Potturi, B. R. (2013). Estimation of stature from foot length. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 3(3), 266–270.
- Brantingham, P. L. i Brantingham, P. J. (1981). Notes on the geometry on crime. In P. J. Brantingham i P. L. Brantingham, P. J. (Eds.), *Environmental criminology* (pp. 27–54). Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Brantingham, P. J. i Brantingham, P. L. (1984). *Patterns in crime*. New York: Macmillan.
- Churchill, R. P. (1990). *Logic: An Introduction*. New York: St. Martin's Press.
- DeSaram, G. S., Webster, G. i Kathirgamatamby, N. (1956). Post-mortem temperature and the time of death. *Journal of Criminal Law and Criminology*, 46(4), 562–577.
- Green, M.A. i Wright, J.C. (1985). Postmortem interval estimation from body temperature data only. *Forensic Sci Int.*, 28(1), 35–46.
- Levine, N. i Lee, P. (2013). Journey-to-crime by gender and age group in Manchester, England. In Leitner, M. (Ed.), *Crime modeling and mapping using geospatial technologies* (pp. 145–178). New York: Springer.

- Lu, Y. (2003). Getting away with the stolen vehicle: An investigation of journey-after-crime. *The Professional Geographer*, 55(4), 422–433.
- Marshall, T. K. i Hoare, F. E. (1962). Estimating the time of death: The rectal cooling after death and its mathematical expression. *Journal of Forensic Sciences*, 7, 56–81.
- McIver, J. (1981). Criminal mobility: a review of empirical studies. In S. Hakim & G.F.Rengert (Eds.). *Crime spillover* (pp.20–47). Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Patel, S. M., Shah, G. V. i Patel, S. V. (2007). Estimation of height from measurements of foot length in Gujarat region. *J. Anat. Soc. India*, 56(1), 25–27.
- Pawar, P. K. i Dadhich, A. (2012). Study of correlation between human height and foot length in residents of Mumbai. *International Journal of Biological & Medical Research*, 3(3), 2232–2235.
- Phillips, P. D. (1980). Characteristics and typology of the journey to crime. In Georges-Abeyie, D. E. & Harries, K. D. (Eds.), *Crime: A Spatial Perspective*(pp. 156–166). Columbia University Press: New York.
- Rhodes, W. M. i Conly, C. (1981). *Analysis of federal sentencing*. Washington, D.C.: Department of Justice, Federal Justice Research Program.
- Rossmo, D. K. (1993). Target patterns of serial murderers: A methodological model. *American Journal of Criminal Justice*, 17, 1–21.
- Rossmo, D. K. (1995). Targeting victims: Serial killers and the urban environment. In T. O'Reilly-Fleming (Ed.), *Serial and Mass Murder: Theory, Research and Policy* (pp. 133–153) Toronto, CAN: Canadian Scholars' Press.
- Rossmo, D. K. (2000). *Geographic profiling*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Van der Kemp, J. J. i van Koppen, P. J. (2007). Fine-tuning geographical profiling. In R. N. Kocsis (Ed.), *Criminal profiling: International theory, research, and practice*(pp. 347–364). Totowa, NJ:Humana Press Inc.

SOME APPLICATIONS OF MATHEMATICS IN FORENSIC SCIENCE

Review Paper

Abstract

Reason(s) for writing and research problem(s): Forensics and criminology are not only qualitative but also quantitative disciplines. A large number of today's statistical and mathematical findings generally find their application in forensics. Therefore, the problem of this article is to remind or inform this expert profile of several mathematical and logical procedures useful for forensic purposes.

Aims of the paper (scientific and/or social): The aim of this paper is to illustrate four applications of mathematics to forensic science, i.e. for criminology purposes. The first one takes into account height assessment with regard to the length of a footprint. The second one considers time-after-death assessment, based on body temperature. The next application considers the proper usage of the probability theory while making conclusions in forensic science. The last application of mathematics that is shown here includes geographic profiling. It is about determining the zone where an offender stays or resides.

Methodology/Design: As a review article, an analysis of the content of other author's works and the relevant results they came up is conducted.

Research/paper limitations: Not all applications of mathematics in forensic science are included in the article, but examples of several selected applications.

Results/Findings: Taking into account the aforementioned utility of the applied mathematics, it should be highlighted that forensic expert, in order to use them correctly, should know the following things: how to interpret correlation coefficient properly, how to use regression coefficients adequately (it is needed in the field of anthropometric data); how to apply the fundamentals of logarithms, differentials (derivatives), and integrals (all of this is the background of determining time of death on the basis of body temperature); basic principles of the probability theory, inductive reasoning, and interpreting the results of statistical tests, as well as how to use appropriate IT devices, by reading various values and figures correctly concerning the geographic profiling with Rossmo's formula.

General conclusion: The role of mathematician/statistician in the forensic team is of great practical significance.

Research/paper validity: The paper draws attention to the usually neglected field of applied mathematics within forensic science.

Key words: height, time of death, mathematical conclusion, geographic profiling.

Podaci o autorima

Selman Repišti završio je master studij psihologije na Filozofskom fakultetu u Sarajevu. Objavio je pet knjiga i 23 znanstvena i stručna rada. Također je napisao više od 80 znanstveno-popularnih članaka, veliki broj pjesama i kratkih priča, kao i jedan dramski komad. U okviru neformalne edukacije, završio je 80-ak kurseva iz različitih disciplina unutar prirodnih, tehničkih, biomedicinskih i društvenih znanosti. Glavna područja njegovog profesionalnog djelovanja su: psihologija ličnosti, statistika, kvantitativna metodologija, pozitivna psihologija, forenzička psihologija, psihopatologija i klinička psihologija.

Joško Sindik diplomirao je psihologiju na Filozofskom fakultetu, te magistrirao i doktorirao kineziologiju u sklopu odgojnih znanosti na Kineziološkom fakultetu u Zagrebu. Obnašao je nekoliko funkcija u Hrvatskom psihološkom društvu i Hrvatskoj psihološkoj komori, te bio recenzent nekoliko znanstveno-stručnih časopisa u regionu. Zaposlen je na Institutu za antropologiju u Zagrebu, a predavao je i na Visokoj policijskoj školi i Učiteljskom fakultetu u Zagrebu, kao i na Sveučilištu u Dubrovniku. Višestruko je nagrađivan kao psiholog-istraživač i književnik. Objavio je preko 100 znanstvenih i stručnih radova, uz nekoliko monografija i poglavlja u knjigama. Primarne oblasti njegovog profesionalnog djelovanja su: kineziologija, odgojne znanosti, psihologija i antropologija.