

Sodobna metoda ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru - pilotska študija aplikacije BackTrack™ Suite

Katja Drobnič,* Anja Oblak,** Aljaž Žbogar***

Obstaja več metod za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Metode se razlikujejo v načinu izvedbe, ki sega od povsem ročno izvedenega do povsem avtomatiziranega postopka analize. V prispevku je predstavljena enostavna in učinkovita metoda za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru z računalniško aplikacijo BackTrack™ Suite. V študiji je bilo analiziranih devet krvnih sledi, ustvarjenih v šestih poskusih. Skupno je bilo analiziranih 80 krvnih madežev. Povprečna razlika med pravimi in izračunanimi vrednostmi izvora krvnih madežev v 3D-prostoru z BackTrack™ Suite je za koordinati X, Y, ki določata umestitev izvora krvnih madežev v tloris prostora, 5,9 cm ($\pm 4,3$) in 6,1 cm ($\pm 7,8$). Povprečna razlika pri tretji koordinati (koordinati Z), s katero ugotavljamo oddaljenost izvora krvnih madežev od tal, pa je bistveno večja in znaša 15,4 cm ($\pm 10,5$). Izračunali smo tudi povprečno vrednost koordinate Z, ki je bila za krvne sledi na steni znotraj 6 cm ($\pm 2,1$) glede na pravo vrednost. Rezultati študije so, da sta točnost in natančnost metode ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru s programom BackTrack™ Suite ustrezni za predvideni namen, ta pa je ugotavljanje območja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in ne točke izvora. Ustreznost metode smo preverjali ne samo za madeže na steni kot dosedanje študije (Carter et al., 2005; Carter et al., 2006), ampak tudi za madeže na tleh. Točnost in natančnost metode s programom BackTrack™ Suite smo potrdili še s primerjavo rezultatov, ki smo jih izračunali s tangentno metodo. Po nam znanih podatkih je to prva do zdaj objavljena primerjalna validacijska študija obeh metod. V povprečju so bili rezultati s programom BackTrack™ Suite točnejši in natančnejši. Metodo ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru s programom BackTrack™ Suite smo že preverili tudi pri rekonstrukciji kaznivega dejanja. Rezultati so bili skladni z izjavami udeležencev.

Ključne besede: krvni madež, krvna sled, pilotska študija, validacija, izvor krvnih madežev v 3D-prostoru, metoda viziranja z vrvicami, tangentna metoda, BackTrack™ Suite.

UDK: 343.983.2

1 Uvod

Krvni sledovi¹ sodijo med posredne materialne dokaze, ki so pomembni pri razjasnitvi dogodkov (kaznivih dejanj, prekrškov, nesreč ali samomorov). Danes sta v svetu uveljavljeni naslednji osnovni področji preiskav krvnih sledov: preiskave DNK in preiskave oblik krvne sledi. Končni namen preiskav DNK je odgovoriti na vprašanje, kdo je bil prisoten na kraju dogodka, namen preiskav oblik krvnih sledi pa je, kaj se je zgodilo.

Vloga in pomen preiskav DNK pri preiskovanju kaznivih dejanj je bila v slovenskem prostoru osvetljena v kar nekaj prispevkih (Drobnič 1999; 2000; 2001; 2002; 2006; 2007; 2008), medtem ko so preiskave oblik krvnih sledi skoraj povsem prezrto področje. V zadnjih 20 letih je bil v slovenskem prostoru objavljen le en pregleden članek s področja preiskav oblik krvnih sledi (Drobnič, 2002a). Tej tematiki je namenjenih tudi nekaj podpoglavij v knjigi Kriminalistika (Drobnič, 2004, str. 425–437). Iz pregleda publicistične dejavnosti s tega področja preiskav je razvidno, da tudi pred 20 leti slika ni bila bistveno drugačna. Empiričnih raziskav s področja preiskav oblik krvnih sledi ni bilo, o pomenu preiskav oblik krvnih sledi pri rekonstrukciji dogodka pa sta od slovenskih avtorjev zelo na kratko pisala le Vidic (1973, str. 77–78) in Žerjav (1983, str. 121). Edini, ki je nekoliko podrobneje razložil nastanek določenih oblik krvnih sledi in jih tudi shematsko prikazal, je bil beograjski zdravnik dr. Gorkič (1981, str. 69–72).

ali predmet) pri storitvi kaznivega dejanja (Vidic, 1973, str. 41). Krvno sled sestavlja en ali več krvnih madežev.

* Dr. Katja Drobnič, izredna profesorica za kriminalistično tehniko FVV, UM, nadzornica kakovosti v Centru za forenzične preiskave, GPU Policija, MNZ.

** Anja Oblak, univ. dipl. varstvoslovka.

*** Aljaž Žbogar, univ. dipl. biokemik, kriminalistično-tehnični izvedenec v Centru za forenzične preiskave, GPU Policija, MNZ.

¹ V kriminalisti je sled opredeljena kot vsaka vidna ali nevidna fizična sprememba, ki jo povzroči živa ali neživa narava (človek, žival

Z namenom, da bi v slovenskem prostoru vsaj nekoliko zapolnili praznino, ki vlada na izredno pomembnem področju forenzičnih preiskav, tj. preiskav oblik krvnih sledi, smo prispevek zastavili nekoliko širše. V njem smo poleg prikaza programa BackTrack™ Suite, ki je računalniška metoda za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru² (<http://www.bloodspattersoftware.com>), in rezultatov naše pilotske študije, izvedene v Centru za forenzične preiskave, predstavili še prednosti in slabosti različnih metod ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru, primerjavo rezultatov računalniške metode s tangentno metodo in ugotovite glede uporabnosti računalniškega programa BackTrack™ Suite pri preiskavi sledov krvi v konkretnem kaznivem dejanju.

Krvne sledi so različnih velikosti in oblik. Iz oblike, položaja in razporeditve posameznih krvnih madežev v sledi lahko rekonstruiramo dogodek, kar pomeni, da lahko obnovimo potek dogodka. Pri rekonstrukciji med drugim ugotavljamo:

- izvor krvnih madežev v 3D-prostoru,
- smer, iz katere je kri priletela na podlago,
- medsebojni položaj oseb,
- število zadanih udarcev,
- kateri predmet³ je bil uporabljen pri dogodku.

Izmed vseh zgoraj naštetih preiskav, ki se lahko izvajajo med rekonstrukcijo dogodka, bomo v članku, kot smo že omenili, podrobneje predstavili le preiskavo izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Preden podrobneje predstavimo posamezne metode, naj že v uvodu poudarimo, da se izvor krvnih madežev v 3D-prostoru, ne glede na natančnost⁴ uporabljene metode, vedno podaja v območju, in sicer z opisi, kot so na primer: oseba je stala, oseba je sedela, oseba je klečala in podobno (MacDonell, 1997, str. 39–40). Z nobeno od metod namreč ne moremo z absolutno točnostjo določiti, kje natančno v prostoru se je dogodek zgodil, saj na rezultat vpliva veliko spremenljivk (Bevel in Gardner, 2002, str. 190). Glede na ugotovitve Bevela in Gardnerja (2002) ter Eckerta in Jamesa (1989) dajejo vse metode bolj ali manj enake rezultate. Razlike med njimi temeljijo v načinu zbiranja in obdelave podatkov,

kar ima za posledico različno stopnjo avtomatizacije postopka. Zaradi načina zbiranja in obdelave podatkov prihaja med metodami do razlik v času, potrebnem za merjenje in izvedbo analiz, kot tudi v zapletenosti in preverljivosti postopka.

Mnogo let je bila **metoda viziranja z vrvicami** osnovna metoda ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Dandanes ta metoda, zaradi praktičnih težav, s katerimi se preiskovalci srečujejo pri njenem izvajanju na kraju dogodka, počasi tone v pozabo. Kljub temu je metoda še vedno zelo uporabna, kadar želimo nazorno predstaviti izvor krvnih madežev v 3D-prostoru. Prvi, ki je opisal postopek izvedbe te metode, je bil Herbert MacDonell (1995), medtem ko je njene znanstvene temelje postavil že Balthazard (1939, str. 25). Značilnost metode viziranja z vrvicami je, da izvor krvnih madežev določamo na samem kraju dogodka z napenjanjem vrvic. Postopek je naslednji: izberemo najprimernejše krvne madeže, izračunamo njihov vpadni kot in določimo območje stečišča.⁵ Nato na sredino stečišča postavimo stojalo. Nad vsakim madežem pod izračunanim kotom in smerjo napnemo vrvico ter jo prilepimo na stojalo (Eckert in James, 1989, str. 23–25). Mesto, kjer se vrvice stikajo, predstavlja izvor krvnih madežev, torej območje in višino v prostoru, od koder je kri priletela na preiskovano površino. Slabosti metode viziranja z vrvicami so (Carter, Forsythe-Erman, Hawkes, Illes, Laturnus, Lefebvre, Stewart in Yamashita, 2006):

- metoda je dolgotrajna in zamudna,
- za njeno izvedbo sta potrebni vsaj dve osebi,
- natančno napenjanje vrvic pod izračunanim kotom je težavno,
- obstaja visoka verjetnost kontaminacije krvnih madežev (problem rezultatov preiskav DNK) in
- ponovljivost postopka in s tem preverjanje rezultatov praktično nista mogoča.

Druga metoda za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru je **tangentna metoda**, ki za izračun izvora krvnih madežev uporablja trigonometrično funkcijo tangens (Bevel in Gardner, 1997, str. 133–136). Bistvena prednost tangentne metode pred metodo viziranja z vrvicami je, da ne potrebujemo stal in vrvic, kar zmanjša obseg in trajanje ročnih opravil na kraju dogodka. Kljub temu je metoda še vedno dolgotrajna, saj stečišče določamo na kraju dogodka fizično, možnost napak zaradi ročnega merjenja in izračunavanja, ter velikokrat premajhnega števila analiziranih krvnih madežev⁶ pa naj bi bila precejšnja (prav tam, str. 136–137). Sistemska

² Izraz izvor krvnih madežev v 3D-prostoru (angl. origin of blood stains) opredeljuje višino, iz katere je kri priletela na tla, pa tudi oddaljenost od sten, če so sledi na njej, oziroma umestitev v tloris prostora. Torej položaj osebe, ki je krvavela, v prostoru.

³ Krvavitev osebe lahko povzročijo zelo različni predmeti, na primer pest, kij, strelno ali hladno orožje itd. Zaradi različne sile, s katero je bila povzročena krvavitev, nastanejo tudi različni krvni madeži, ki se razlikujejo po velikosti in razpršenosti. Iz tega se da nato sklepati, kateri predmet je bil uporabljen.

⁴ Natančnost še ne pomeni točnost. Točnost pomeni bližino izmerjene vrednosti glede na pravo vrednost, natančnost pa predstavlja stopnjo skladnosti med rezultati (Hönigsfeld Adamič, 1999).

⁵ Stečišče je projekcija 3D-izvora krvnih madežev v 2D-prostor oziroma na ravnino. Glej tudi opombo 13.

⁶ Preiskovalci na kraju dogodka zaradi različnih pritiskov zmanjšajo število analiziranih madežev na spodnji minimum.

napaka obeh metod je, da pri izračunavanju izvora krvne sledi v 3D-prostoru ne upoštevata, da krvne kaplje ne letijo povsem ravno, temveč v obliki parabole.

V zadnjih desetih letih se zaradi slabosti zgoraj omenjenih metod vedno bolj uveljavlja nov metodološki pristop za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru, ki temelji na računalniških programih. Prvi računalniški program, ki je ugledal luč sveta, je bil Trajectories; pod tem imenom ga je leta 1987 izdal Forensic Computing of Ottawa (FCO), Univerza v Carletonu (Kanada), program pa je razvil A. Carter (prav tam, str. 139). V naslednjih 23 letih ga je nadgradil z novimi funkcijami. Zadnjo generacijo je FCO izdal pod imenom BackTrack™ Suite (<http://www.bloodspattersoftware.com>). Za prve programe ni bilo dokazano, da so primerni za rekonstrukcijo krvnih sledi na kraju dogodka (MacDonell, 1997, str. 41). Validacijska študija,⁷ s katero je Carter potrdil, da njegov računalniški programa BackTrack™ Suite izpolnjuje zahteve za ugotavljanje izvora krvnih madežev⁸ v 3D-prostoru, je bila objavljena šele leta 2001 (Carter). Število uporabnikov tega programa v zadnjih letih strmo narašča. Po javno dostopnih podatkih ta program trenutno uporablja 53 forenzičnih oziroma policijskih laboratorijev (oddelkov)⁹ z vsega sveta, med njimi tudi FBI (ZDA) (<http://www.physics.carleton.ca/~carter/Clients.html>). Program BackTrack™ Suite je namenjen ugotavljanju izvora krvnih madežev v 3D-prostoru na paralelnih površinah.¹⁰ Prednost računalniške metode pred ročnimi je, da je lahko v celoti avtomatizirana, mogoča je ponovitev preiskav, s tem pa tudi preverjanje rezultatov. Možnost napak je zaradi avtomatizacije postopka zmanjšana na minimum. Do napačnih rezultatov lahko pride predvsem zaradi nepravilnega fotografiranja krvnih madežev na kraju dogodka (na primer fotografiranje brez merila) ter napačne izbire in napačne določitve elipse (<http://www.bloodspattersoftware.com>). Pomanjkljivost programa BackTrack™ Suite je, da ne vsebuje algoritmov za preiskavo krvnih madežev na neparalelnih oziroma nagnjenih površinah.¹¹ Trenutno poleg programa BackTrack™ Suite obsta-

ja samo še en preverjen (validiran) računalniški program. Gre za FORidentovo aplikacijo HemoSpat (<http://hemospat.com>). Aplikacija HemoSpat je prišla na trg pred nedavnim, točneje konec leta 2008. FORidentova validacijska študija, s katero so potrdili, da je program HemoSpat enako natančen in zanesljiv kot program BackTrack™ Suite, pa je bila objavljena šele avgusta 2009 (FORident, 2009). Po javno dostopnih podatkih aplikacijo HemoSpat uporablja najmanj 23 laboratorijev. Natančno število uporabnikov ni znano, saj vsi niso dovolili javne objave (<http://hemospat.com>). Maloney et al. (2009) so potrdili, da je program HemoSpat točen in natančen tudi pri ugotavljanju izvora krvnih madežev na neparalelnih oziroma nagnjenih površinah.

2 Predstavitev računalniškega programa BackTrack™ Suite

Aplikacija BackTrack™ Suite (<http://www.bloodspattersoftware.com>) je matematični analitski računalniški program, ki na podlagi digitalnih fotografij krvnih madežev z znanimi koordinatami določi izvor krvnih madežev v 3D-prostoru. Temelji na fizikalnih zakonih gibanja, hitrosti in trigonometriji. Aplikacija temelji na algoritmu ravnih črt, ki so v rezultatu analize predstavljeni z izrisom virtualnih vrvic. Prednost računalniške metode pred ročnimi je, da je program zasnovan tako, da na rezultat analize ne vplivata velikost in hitrost potovanja krvne kaplje, delno pa je tudi neodvisen od krivulje leta krvne kaplje (Carter et al., 2006). Aplikacija je razvita za delovanje v različnih operacijskih sistemih, kot so Linux, Microsoft Windows ali Apple Mac OS.

Aplikacijo BackTrack™ Suite sestavljata dva medsebojno povezana programa, BackTrack/Images in BackTrack/Win. Uporaba programov je enostavna in uporabniku prijazna. Naloga programa BackTrack/Images je sprejem digitalnih fotografij krvnih madežev in podatkov o položaju krvnega madeža na določeni površini, tj. oddaljenost krvnega madeža na steni od tal in vogalov stene. Sprejema lahko fotografije različnih grafičnih formatov (BitMap, JPEG in GIF). Funkcija programa BackTrack/Images je kalibracija slike (pixel/cm) na zaslonu računalnika ter izračun dveh kotov krvne kaplje: smernege (kot γ) in vpadnega kota (kot α). Program lahko šele na podlagi rezultatov obeh kotov določi usmerjenost krvnega madeža v prostoru. Smerni kot krvnega madeža ali kot γ ima lahko vrednost med 0° in 360° . Je kot, izmerjen med daljšo stranico krvnega madeža in navpičnico.¹² Vpadni kot ali kot α pa je kot, pod katerim je krvna

⁷ Najenostavnejša definicija validacije je, da je to postopek preverjanja, da je metoda primerna za reševanje določenega analiznega problema (SIST ISO/IEC 17025, 2005). Razlikujemo dve vrsti validacij: razvojno in interno. Razvojno opravijo tisti, ki odkrijejo novo metodo ali program, interno pa mora opraviti vsak laboratorij, ki metodo uporablja.

⁸ Za prve programe, kot sta Trajectories, BackTrack/strings, ni objavljene nobene validacijske študije.

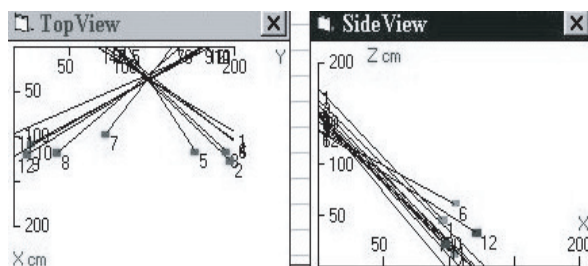
⁹ Od tega jih je Evropi le sedem. Menim, da je razlog povsem v človeškem faktorju. Program je bil namreč razvit v Kanadi, informacije pa se pri pretoku med celinami izgubijo.

¹⁰ To so površine, ki so paralelne glede na izvor krvne sledi v 3D-prostoru: tla, stene, strop.

¹¹ To so površine, ki so pod kotom glede na izvor krvne sledi v 3D-prostoru (na primer miza in drugo).

¹² Drugače povedano, smerni kot krvnega madeža na steni predstavlja naklon njegove daljše osi glede na navpičnico. Smerni kot ima 0° , ko je daljša os krvnega madeža na steni vzporedna s tlemi.

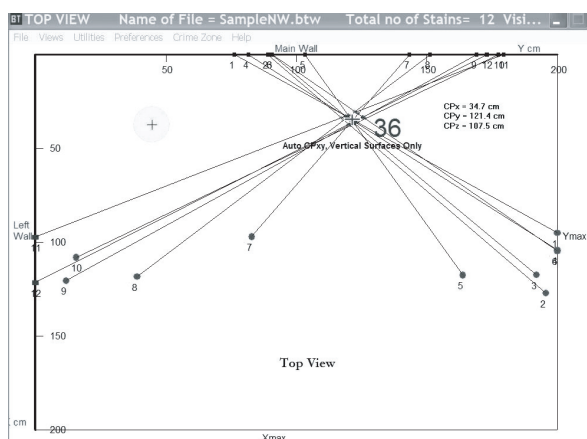
kaplja zadela podlago. Kot alfa ima lahko vrednost malo nad 0° (ostri kot) in do 90° (pravi kot). Krvna kaplja zadene podlago pod pravim kotom takrat, ko nanjo pade pravokotno (na primer navpično na tla). S program BackTrack/Images lahko uporabnik sočasno analizira 100 krvnih madežev. Program je zasnovan tako, da uporabnik podatke o smernem in vpadnem kotu ter koordinatnih pozicijah krvnega madeža sproti shrani v posebno bazo z datotekami. Na koncu analize program BackTrack/Images za vsak analiziran krvni madež s pomočjo virtualne vrvice/črte grafično prikaže let njegove krvne kaplje. Let krvne kaplje je grafično prikazan z dveh perspektiv: ptičje (pogled od zgoraj) in s strani (slika 1). Natančnost analize z BackTrack/Images je, tako kot pri drugih metodah, odvisna od števila analiziranih krvnih madežev. V povprečju zadostuje 6 do 10 krvnih madežev s skupnim stečiščem.¹³ Za dokončno analizo, tj. ugotovitev izvora krvnih madežev v 3D-prostoru oziroma določitev oddaljenosti izvora krvnih madežev od sten in tal, mora uporabnik rezultate analize z BackTrack/Images uvoziti v program BackTrack/Win.



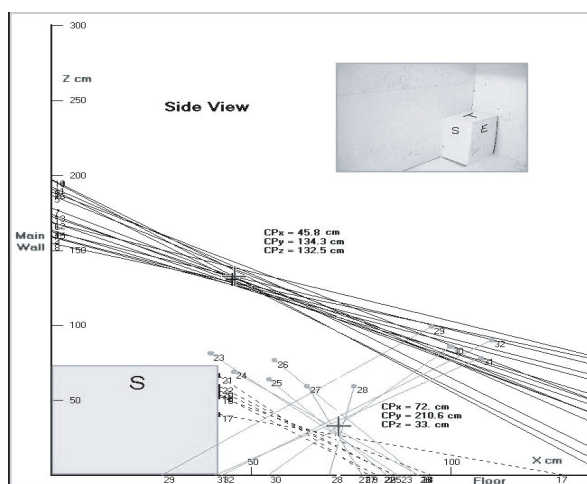
Slika 1: »Pogled od zgoraj« in »pogled od strani« s programom BackTrack/Images na let krvnih kapelj madežev na tleh. Koordinati X in Y predstavljata steno, koordinata Z višino. Sivi kvadrati na koncih črt predstavljajo posamezen krvni madež na tleh. Črte ponazarjajo let posamezne krvne kaplje. (Vir: <http://www.bloodspattersoftware.com/>.)

Program BackTrack/Win je matematični program, zasnovan na algoritmu ravne črte (algoritem virtualnih vrvic). Cilj analize je, da iz položaja krvnih madežev ugotovimo število zamahov, lokacijo posameznega dogodka in položaj oseb. Program omogoča sočasno analizo 100 krvnih madežev na 12 paralelnih površinah. Uporabnik lahko program BackTrack/Win uporablja samostojno ali pa vanj uvozi podatke, analizirane v programu BackTrack/Images. Analiza s programom BackTrack/Win je dejansko sestavljena iz dveh ločenih analiz. S prvo analizo »pogled od zgoraj« program omogoča uporabniku določitev vrednosti dveh koordinat X in Y izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. S tem uporabnik določi njihovo

stečišče ter umestitev položaja izvora krvnih madežev v tloris prostora (slika 2). V programu imata koordinati X in Y oznako CPx oziroma CPy. V naslednjem koraku uporabnik z uporabo analize »pogled od strani« oceni zgornjo vrednost višine izvora krvnih madežev v 3D-prostoru oziroma koordinato Z (v programu označena s CPz). Rezultat te analize je določiti najvišjo oddaljenost izvora krvnih madežev od tal (slika 3).



Slika 2: Grafična predstavitve analize »pogled od zgoraj« s programom BackTrack/Win. Kvadrat predstavlja tloris sobe. Krogci na koncu črt predstavljajo posamezen krvni madež na tleh. Črte ponazarjajo let posamezne krvne kaplje. Številka 36 označuje stečišče (koordinati CPx, CPy), ki je projekcija izvora krvnih madežev iz 3D- v 2D-prostor oziroma ravnino. (Vir: BackTrack/Win, <http://www.bloodspattersoftware.com/>.)



Slika 3: Grafična predstavitve analize »stranski pogled« krvnih madežev, ki izvirajo iz dveh izvorov krvi v 3D-prostoru, s programom BackTrack/Win. Črte ponazarjajo let posamezne krvne kaplje. Črna križica označuje izvor krvnih madežev v 3D-prostoru oziroma oddaljenosti izvora krvnih madežev od tal (CPz). (Vir: <http://www.bloodspattersoftware.com/>.)

¹³ Stečišče je, poenostavljeno povedano, točka, pravilneje pa bi bilo območje, kjer se v ravnini sekajo poti krvnih kapelj. Glej tudi opombo 5.

Uporabnik lahko rezultate analize s programom BackTrack/Win uvozi tudi v druge računalniške programe, kot sta Crime Zone (<http://www.cadzone.com/default.htm>) in AutoCAD (Maloney et al., 2005), namenjene virtualni 3D-rekonstrukciji dogodka.

Prednost programa BackTrack™ Suite pred ročnimi metodami je, da pri določitvi stečišča (CPx, CPy) upošteva tudi počasni leteče krvne kaplje. Značilnost teh je, da letijo v obliki parabole, kar vpliva na nenatančnost pri ročnem merjenju, medtem ko na rezultat analize z računalniškim programom to ne vpliva. Program namreč povprečno vrednost CPx, CPy izračuna s pomočjo analize »pogled od zgoraj«. V tej perspektivi je let krvne kaplje videti v ravni liniji¹⁴ (slika 2) (Carter et al., 2006).

Program BackTrack™ Suite omogoča točnejšo meritev dolžine in širine krvnega madeža, ker podatke odčitava neposredno z digitalnih fotografij. Izračun vpadnega kota krvne kaplje je tako točnejši, posledično je točnejša tudi določitev izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Druge prednosti programa so še: izključitev človeških napak pri izračunih, zmanjšana subjektivnost preiskave, odpade tudi zamudno viziranje z vrvicami na kraju dejanja kot tudi določanje stečišča. Program daje dobre rezultate tako na vodoravnih (tla) kot na navpičnih površinah (stene). Analize krvnih madežev na slednjih so z ročnimi metodami problematične (Carter et al., 2006).

Program BackTrack™ Suite ima tudi nekaj pomanjkljivosti. Poleg težav z napačno oceno vrednosti smernega kota so težave tudi pri ročnih metodah. S programom BackTrack™ Suite je lahko izračunana oddaljenost izvora krvnih madežev od tal (CPz) višja od prave vrednosti. Program namreč izračuna vrednost pozicije CPz na podlagi metode algoritma ravnih linij, kar pomeni, da ne upošteva, da je let krvne kaplje v realnosti v obliki parabole. Previsoko ocenjena vrednost pozicije CPz pa ni le problem računalniške metode, ampak je sistemska napaka vseh metod. Vse metode namreč pri izračunu oddaljenosti od tal (CPz) upoštevajo algoritem ravne linije namesto parabole. Naslednja pomanjkljivost je napačno ocenjena vrednost smernega in vpadnega kota, ki pa sta v osnovi posledica človeške nenatančnosti in ne računalniškega programa kot takega oziroma deformiranosti krvnih madežev, zajetih v analizi. Napaka pri izračunu smernega kota nastane zaradi nepravilnega naklona premice, ki jo uporabnik izriše po sredini dolžine krvnega madeža, pri izračunu vpadnega kota pa zaradi nepravilnega izrisa elipsoidne oblike krvnih madežev.

Čeprav številni laboratoriji že nekaj let uporabljajo program BackTrack™ Suite, smo po pregledu publikacij ugotovili, da sta bili do zdaj objavljeni le dve validacijski študiji (glej opombo 7)

¹⁴ Analogijo lahko potegnemo z letom žoge med dvema otrokoma, če jo opazujemo z višine. Ne glede na to, kako visoko en otrok drugemu vrže žogo, ta med njima leti premočrtno (v ravni liniji), če jo opazujemo od zgoraj.

(Carter et al., 2005; Carter et al., 2006). Prva temelji na rezultatih, ki so jih zbrali na podlagi večletnih usposabljanj študentov za delo s programom BackTrack™ Suite v različnih organizacijah. Naj našteto le nekatere: Univerza Carleton v Ottawi, Kanadska policijska šola, FBI, Nizozemski forenzični inštitut. Skupno število sledi, zajetih v študiji, je bilo 122. Razlika med pravo vrednostjo koordinat X, Y, Z¹⁵ izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in izračunano vrednostjo omenjenih koordinat s programom BackTrack™ Suite je odstopala tudi do 30 cm. Največje odstopanje je bilo pri koordinati Z, tj. pri ugotavljanju oddaljenosti izvora krvnega madeža od tal, vendar tudi to ni bilo zelo veliko, saj je bila povprečna razlika med pravo vrednostjo koordinate Z izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in izračunano vrednostjo s programom BackTrack™ Suite manjša od 7 cm. Standardnih odklonov izvora krvnih sledi v 3D-prostoru niso mogli izračunati, ker je bila vsaka krvna sled analizirana le enkrat¹⁶ (Carter et al., 2005), medtem ko standardnega odklona povprečne razlike med pravo in izračunano vrednostjo izvora krvnih madežev v članku niso predstavili. V drugi validacijski študiji je sodelovalo 8–11 laboratorijev, ki so v analizo prejeli iste krvne madeže iz 18 krvnih sledi. Na tak način so želeli oceniti natančnost samega programa BackTrack™ Suite in ne metode v celoti. Analizo so opravili izkušeni strokovnjaki. Računalniški program se je izkazal za zelo natančnega, saj je bil razpon standardnega odklona za vse tri koordinate (X, Y in Z) od 0,46 do 7,02 cm.

Pomanjkljivost obeh validacijskih študij je, da sta v preverjanje delovanja programa BackTrack™ Suite vključili le krvne madeže na steni, krvne sledi na tleh pa sta povsem izključili iz raziskave. Pri kaznivih dejanjih pa krvne sledi velikokrat nastanejo le na tleh.

Glede na pomanjkanje validacijskih študij o delovanju programa BackTrack™ Suite in pomanjkljivost objavljenih študij smo se odločili izvesti še lastno študijo. Forenzični laboratoriji morajo namreč za vse metode, vključno z računalniškimi programi, ki jih uporabljajo pri svojem delu, potrditi, da dajejo pravilne rezultate, kar pomeni, da jih morajo validirati (glej opombo 7). Izjema so na primer programi, katerih pravilno delovanje so potrdili številni drugi uporabniki in so splošno uporabni, kot je na primer uporaba programa Microsoft Excel za statistične izračune. Torej, več kot je objavljenih in ponovljenih validacijskih študij, bolj je potrjena ali pa ovržena toč-

¹⁵ Da ne bi prišlo do pomote, oznake X, Y in Z, ki se nanašajo na prostorski izvor krvnih madežev, ustrezajo oznakam CPx, CPy in CPz, ki jih uporablja Program BackTrack™ Suite. Program za označevanje pozicije krvnega madeža na določeni površini (2D) uporablja kombinacijo dveh oznak, sestavljeno iz črk X, Y ali Z.

¹⁶ Prave vrednosti koordinat X, Y in Z, tj. prostorski položaji izvora krvnih madežev, so bile različne med posameznimi krvnimi sledmi, zato povprečne vrednosti za posamezno koordinato ni mogoče izračunati, s tem pa tudi ne standardnega odklona.

nost neke metode ali programa. Namen naše pilotske študije¹⁷ je bil preveriti primernost uporabe računalniškega programa BackTrack™ Suite za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru, predvsem na vodoravni površini (tleh), nato pa še na navpični (stena), ter preveriti naše rezultate s predhodnimi študijami. Izvor krvnih sledi v 3D-prostoru smo zaradi zagotavljanja kakovosti izvedbe raziskave ugotavljali z dvema metodama: s tangentno metodo in z računalniško metodo z uporabo aplikacije BackTrack™ Suite. Hkrati smo primerjali točnost in natančnost ene metode glede na drugo, kajti do zdaj še ni bila objavljena primerjalna validacijska študija o točnosti obeh metod. Carter et al. (2006) le navajajo, da tangentna metoda daje zelo dobre rezultate, vendar pa ne navajajo podatkov, s katerimi bi bilo mogoče primerjati obe metodi.

3 Metoda

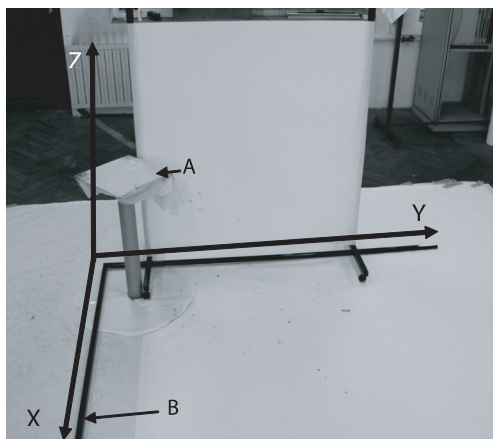
3.1 Splošno o pilotski študiji

Pri izvedbi in analizi eksperimenta sta sodelovali dve osebi. Pri izbiri krvnih madežev, določitvi njihovega položaja in stičišča pri tangentni metodi sta postopke izvajali skupaj, pri uporabi programa BackTrack™ Suite pa sta analizo najprej izvedli ločeno, nato pa sta skupaj preverili rezultate in jih potrdili.

3.2 Izvedba eksperimenta

Površino tal v velikosti 3 x 4 m smo pokrili z belim papirjem in ga po vsakem poskusu zamenjali. Za krvne madeže, ki smo jih želeli ustvariti na steni, smo izdelali pano. Z belim papirjem višine 2 m in širine 1,5 m smo oblepili pokončni kovinski okvir, izdelan prav za namen te študije (slika 4). Tudi ta papir smo po vsakem poskusu zamenjali. Da bi bila situacija čim bolj podobna realni, smo s svinjsko krvjo napolnili 0,2-mililitrsko mikrocentrifugirko, ki ima srednje debelo steno (imitacija človeške kože). Mikrocentrifugirko s krvjo smo namestili na ravno mizico na višini 71 cm od tal. Krvne madeže smo ustvarili tako, da smo s kladivom udarili po napolnjeni mikrocentrifugirki, nameščeni na mizici (slika 4).

Za pilotsko študijo smo v šestih poskusih ustvarili devet krvnih sledi. Vsaka krvna sled je posledica enega zamaha s kladivom (en izvor). Prve tri krvne sledi smo ustvarili na tleh, dru-



Slika 4: Prikaz fingiranega kraja krvnih sledi, ustvarjenih na steni in na tleh z enim zamahom kladiva. Puščica A kaže na izvor krvnih madežev v 3D-prostoru (mizico, na katero je bila položena mikrocentrifugirka s krvjo). Puščica B kaže na pravokotno ravnilo, ki je služilo kot izhodišče koordinatnega sistema X, Y, Z. (Vir: fotografije A. Žbogar, CFP.)

ge tri pa sočasno na tleh in na steni. Položaj mikrocentrifugirke v prostoru oziroma koordinate X, Y, Z izvora krvnih madežev v 3D-prostoru so bile pri vsakem poskusu znane. Iz posamezne krvne sledi smo za analizo izbrali od šest do deset krvnih madežev. Izbrani krvni madeži so morali biti čim bolj podolgovati in nedeformirani. Za določitev izhodišča koordinatnega sistema X, Y, Z smo dali izdelati 2 x 2 m veliko kovinsko pravokotno ravnilo (slika 4). Izbrane krvne madeže smo oštevilčili in fotografirali skupaj z merilom (slika 5). To smo postavili tako, da je pri analizi z BackTrack™ Suite služilo kot navpičnica.



Slika 5: Prikaz pravilnega dokumentiranja krvnega madeža številka 3. Madež je označen s številko in fotografiran skupaj z merilom. (Vir: fotografije A. Žbogar, CFP.)

Krvne sledi oziroma madeže smo fotografirali s fotoaparatom znamke Canon, model 50D, z objektivom 17–85 mm. Fotoaparat ima natančen sistem za samodejno ostrenje z devetimi križnimi točkami. Tak sistem omogoča, da ne pride do

¹⁷ Izraz pilotska namesto validacijska študija smo uporabili, ker smo pri preverjanju delovanja uporabili demoverzijo programa BackTrack™ Suite, ki je prosto dosegljiv. Cena programa je visoka, razlika med demoverzijo in kupljenim programom pa je le v obsegu analiz. Z demoverzijo programa je obseg analiz omejen na 20 krvnih sledi. Avtor programa Carter zagotavlja, da imata programa povsem enake značilnosti (<http://www.bloodspattersoftware.com>).

popačenja robov digitalne fotografije. Fotografije so primerne za uvoz v program Corel Draw, s katerim je mogoče določiti pozicijo predmetov na sliki. Pri fotografiranju je treba paziti le, da so fotografije jasne in da so na njih zajeti vsi krvni madeži, ki jih bomo izbrali za analizo. Opravili smo dve vrsti posnetkov, bližinske in daljinske. Z bližinskim posnetkom smo zajeli vsak madež posebej, z daljinskim pa smo zajeli celotno krvno sled na določeni površini. Na daljinskem posnetku mora biti viden tudi skrajni rob površine, na kateri se krvna sled nahaja (rob ravnala ali stene). Objektiv fotoaparata pa mora biti usmerjen pravokotno na podlago s krvnimi madeži.

3.3 Analiza s tangentno metodo

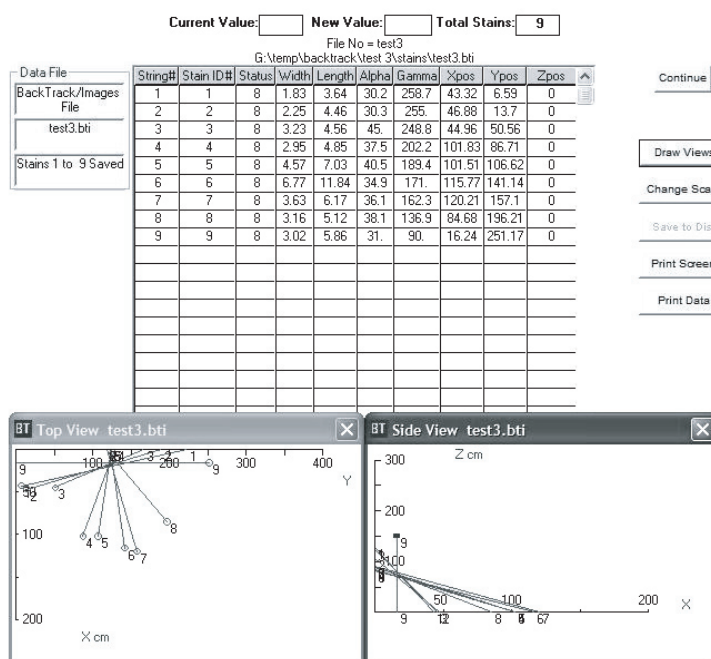
Dolžino in širino krvnih madeže, ki smo jih zajeli v analizi, smo izmerili s posebno lupo s 7-kratno povečavo, ki ima vgrajeno merilo. Z uporabo funkcije arc sinus smo izračunali vpadni kot (α) po naslednji formuli: vpadni kot (α) = arc sin širina krvnega madeža/dolžina krvnega madeža. Koordinati X in Y vseh izbranih krvnih madežev na tleh in koordinati Y in Z madežev na steni smo izmerili ročno z metrom z milimetrsko razdelitvijo. Stečišče izbranih krvnih madežev na ustrezni površini smo določili s pomočjo vrvic, tako da smo vzdolžno os vsakega krvnega madeža z vrstico podaljšali v smeri, iz katere je kaplja priletela. Stečišče izvora krvnih madežev smo določili

na podlagi povprečne vrednosti koordinat vseh presečišč med vrvicami. Razdaljo posameznega krvnega madeža do stečišča smo ročno izmerili na milimeter natančno. Oddaljenost izvora krvnih madežev od tal (koordinato Z) smo izračunali z uporabo trigonometrične funkcije tangens po naslednji formuli: TAN vpadnega kota (α) = oddaljenost stečišča do izvora krvnih madežev/razdalja od krvnega madeža do stečišča. Na enak način smo za madeže na steni izračunali oddaljenost izvora krvnih madežev od stene (koordinato X).

3.4 Analiza s programom BackTrack™ Suite

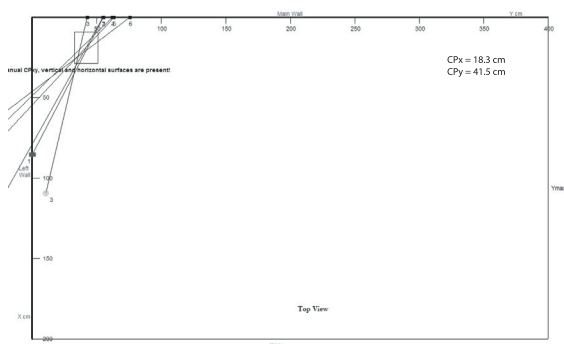
Digitalno fotografijo daljinskega posnetka vsake krvne sledi smo uvozili v program Corel Draw, s katerim smo nato za vsako sled posebej odčitali koordinati X, Y oziroma Y, Z izbranih krvnih madežev glede na površino, na kateri so se nahajali (tla ali stena).

V program BackTrac/Images smo za vsako krvno sled posebej vnesli bližinske posnetke izbranih krvnih madežev. S posebno funkcijo smo sliko kalibrirali. Za vsak madež smo nato vnesli podatke o površini, na kateri se je nahajal (tla ali stena), in o njegovi poziciji na tej površini (X, Y ali Y, Z). Za vsak madež smo s programom izračunali kota alfa in gama. Vse podatke o krvnih madežih smo shranili v posebno datoteko programa (slika 6). Rezultate vsake sledi smo shranili v svojo datoteko.

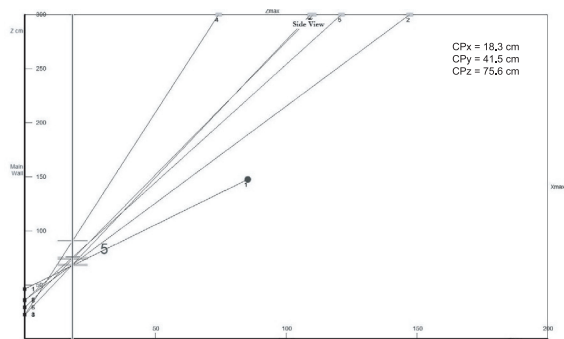


Slika 6: Končni prikaz analize fingirane krvne sledi iz poskusa 1 s programom BackTrack/Images. Tabela prikazuje bazo podatkov devetih analiziranih krvnih madežev, ustvarjenih na tleh. Dolžinske mere so v centimetrih, kotne v stopinjah. Koordinati X in Y označujeta lego posameznega madeža na tleh. Slika na levi prikazuje let krvnih kapelj pri »pogledu od zgoraj« (s ptiče perspektive), slika na desni pa pri »pogledu od strani«.

Podatke iz programa BackTrac/Images smo nato za vsako sled posebej uvozili v program BackTrack/Win. Za vsako analizo posebej (»pogled od zgoraj« in »pogled od strani«) smo izmed analiziranih krvnih madežev izbrali tiste, katerih poti se križajo blizu ena drugi (slika 7). Z analizo »pogled od zgoraj« smo izračunali koordinati X, Y (v programu označeni z CPx in CPy) oziroma stečišče krvnih madežev. Z analizo »pogled od strani« smo izračunali oddaljenost izvora krvnih madežev od tal – koordinato Z (v programu oznaka CPz). Skupni rezultat analize z BackTrack/Win je določitev pozicije X, Y, Z (v programu oznake CPx, CPy, CPz) oziroma ugotovitev izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Sliki 7 in 8 prikazujeta rezultat analize z BackTrack/Win fingirane sledi iz poskusa 5 na steni. Izvor krvnih madežev v 3D-prostoru je na sliki 8 prikazan grafično in z vrednostmi koordinat X, Y, Z.



Slika 7: Rezultat analize »pogled od zgoraj« (top view) fingirane krvne sledi iz poskusa 5 s programom BackTrack/Win (glej tudi tabelo 2) je določitev stečišča (križec na sliki) oziroma položaj izvora krvnih madežev v tlorisu glede na obe steni (2D-prostor). Črte predstavljajo let krvnih kapelj, ki so povzročile madeže na steni. Kvadrat označuje izbor krvnih madežev, zajetih v izračunu stečišča krvnih madežev. Vrednosti CPx in CPy določata položaj stečišča krvnih madežev v tlorisu prostora.



Slika 8: Rezultat analize »pogled s strani« (side view) fingirane sledi iz poskusa 5 s programom BackTrack/Win (glej tudi tabelo 2) je ocenitev oddaljenosti od tal (križec na sliki), ki določa koordinato CPz. Črte predstavljajo let krvnih kapelj, ki so povzročile madeže na steni. Vse tri vrednosti CPx, CPy in CPz pa predstavljajo izvor krvnih madežev v 3D-prostoru. To je oddaljenost izvora krvnih madežev od tal in posameznih sten.

4 Rezultati

Rezultati analize izvora krvnih madežev v 3D-prostoru treh krvnih sledi na tleh s programom BackTrack™ in tangentno metodo so prikazani v tabeli 1. Pri vsaki krvni sledi so vrednosti X, Y, Z izračunane na podlagi šestih do desetih krvnih madežev. Absolutne vrednosti razlik med pravimi vrednostmi X, Y, Z in izračunanimi vrednostmi s posameznim programom so navedene v stolpcih 4 in 6.

Tabela 1: Rezultati analize treh krvnih sledi na tleh, ki so nastale z enim zamahom kladiva, s tangentno metodo in s programom BackTrack™. Absolutne vrednosti razlik med pravimi vrednostmi X, Y in Z izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in izračunanimi vrednostmi so v stolpcih 4 in 6. Mere v tabeli so v centimetrih.

Koordinata	Prava vrednost	Tangentna metoda	Razlika	Program BackTrack™	Razlika
Poskus 1					
X	17,5	13	4,5	15	2,5
Y	127	108	19	121,9	5,1
Z	71	69,7	1,3	65,1	5,9
Poskus 2					
X	12	11	1	8,5	3,5
Y	101	103,5	2,5	107,4	6,4
Z	71	102,4	31,4	97,1	26,1
Poskus 3					
X	6	8,5	2,5	11,8	5,8
Y	119,5	119,5	0	119	0,3
Z	71	97	26,8	96	25

Povprečna razlika med pravimi vrednostmi izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in izračunanimi vrednostmi s programom BackTrack™ Suite je pri krvnih sledeh na tleh (poskus 1–3) za koordinato X 3,9 cm ($\pm 1,7$), za koordinato Y 3,9 cm ($\pm 3,2$) in za koordinato Z 19 cm ($\pm 11,4$). Pri tangentni metodi pa je povprečna razlika med pravo in izračunano vrednostjo pri enakih sledeh za koordinato X 2,7 cm ($\pm 1,8$), za koordinato Y 7,2 cm ($\pm 10,3$) in za koordinato Z 19,8 cm ($\pm 16,2$).

V drugem delu eksperimenta smo z enim zamahom ustvarili krvne madeže na tleh in na steni. Rezultati izračuna izvora krvnih madežev v 3D-prostoru, ustvarjenih v treh poskusih, so prikazani v tabeli 2. Rezultati za posamezno površino (tla ali steno) so prikazani ločeno. Absolutne vrednosti razlik med pravimi vrednostmi X, Y, Z in izračunanimi vrednostmi so navedene v stolpcih 5 in 6 ter 9 in 10.

Tabela 2: Rezultati analize treh krvnih sledi, ustvarjenih na tleh in steni z enim zamahom kladiva, s tangentno metodo in s programom BackTrack™. Absolutne vrednosti razlik med pravimi vrednostmi X, Y in Z izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in izračunanimi vrednostmi so v stolpcih 5 in 6 ter 9 in 10. Mere v tabeli so v centimetrih.

	Prava vrednost	Tangentna metoda		Razlika		Program BackTrack™		Razlika	
		Tla	Stena	Tla	Stena	Tla	Stena	Tla	Stena
Poskus 4									
X	23,7	31	18,9	7,3	4,8	28	18,8	4,3	4,9
Y	45	31	44,5	14	0,5	45,4	42,4	0,4	2,6
Z	71	137,1	87	66,1	16	99,7	73,5	28,7	2,5
Poskus 5									
X	24	39,5	27,2	15,5	3,2	38,6	18,3	14,6	5,7
Y	43,5	50,5	33	7	10,5	68,3	41,5	24,8	2
Z	71	109	92,5	38	21,5	92,4	75,6	21,4	4,6
Poskus 6									
X	26	31	15,2	5	10,8	25,3	15,2	0,7	10,8
Y	25	10	30	15	5	27,5	36,2	2,5	11,2
Z	71	106	79	35	8	89	77,7	18	6,7

Za tri krvne sledi na tleh (poskus 3–6) je povprečna razlika med pravimi vrednostmi izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in vrednostmi, izračunanimi s programom BackTrack™ Suite, za koordinato X 6,5 cm ($\pm 7,2$), za koordinato Y 9,2 cm ($\pm 13,5$) in za koordinato Z 22,7 cm ($\pm 5,5$), za krvne sledi na steni pa za koordinato X 7,1 cm ($\pm 3,2$), za koordinato Y 5,3 cm ($\pm 5,1$) in za koordinato Z 4,6 cm ($\pm 2,1$). Za krvne sledi na tleh je povprečna razlika med pravimi vrednostmi izvora krvnih madežev v 3D-prostoru in vrednostmi, izračunanimi s tangentno metodo, za koordinato X 9,3 cm ($\pm 5,5$), za koordinato Y 12 cm ($\pm 4,4$) in za koordinato Z 46,4 cm ($\pm 17,2$). Za sledi na steni pa povprečne razlike znašajo: za koordinato X 6,3 cm (± 4), za koordinato Y 5,3 cm (± 5) in za koordinato Z 15,2 cm ($\pm 6,8$).

Iz vseh šestih sledi na tleh smo izračunali povprečne razlike med pravo in izračunano vrednostjo s programom BackTrack™ Suite. Izračunane povprečne razlike so naslednje: za koordinato X 5,2 cm ($\pm 4,9$), za koordinato Y 6,6 cm ($\pm 9,3$) in za koordinato Z 20,9 cm ($\pm 8,2$). Pri tangentni metodi po so razlike naslednje: za koordinato X 6 cm ($\pm 5,1$), za koordinato Y 9,6 cm ($\pm 7,6$) in za koordinato Z 33,1 cm ($\pm 20,8$).

Če upoštevamo vseh devet sledi, je povprečna razlika med pravo in izračunano vrednostjo izvora krvnih madežev v 3D-prostoru s programom BackTrack™ Suite za koordinato X 5,9 cm ($\pm 4,3$), za koordinato Y 6,1 cm ($\pm 7,8$) in za koordinato Z 15,4 cm ($\pm 10,5$), s tangentno metodo pa za koordinato X 6,1 cm ($\pm 4,5$), za koordinato Y 8,2 cm ($\pm 6,8$) in za koordinato Z 27,1 cm ($\pm 19,1$).

Ker je med poskusi ostajala vseskozi enaka le vrednost koordinate Z, smo lahko izračunali le njeno povprečno vrednost. Povprečna vrednost koordinate Z, skupaj s standardnim odklonom, je pri programu BackTrack™ 85,1 cm ($\pm 12,37$), pri tangentni metodi pa 97,74 cm ($\pm 19,52$). Pri izračunu smo upoštevali vseh devet sledi.

5 Interpretacija rezultatov

Iz rezultatov obeh metod, tangentne in računalniške, je razvidno (tabeli 1 in 2), da sta obe metodi pri ugotavljanju izvora krvnih madežev v 3D-prostoru precej točni, čeprav je bila pri tangentni metodi v enem primeru razlika med pravo in izračunano vrednostjo koordinate Z večja od 60 cm (tabela 2, poskus 4). V povprečju so razlike med pravo in izračunano vrednostjo koordinat X, Y (predstavljene so v poglavju rezultati) za krvne sledi na tleh pri obeh metodah manjše od 10 cm. Precej večja je razlika pri izračunu vrednosti za višino oziroma koordinato Z. Povprečna razlika med pravo in izračunano vrednostjo koordinate Z pri krvnih sledeh na tleh je pri programu BackTrack™ Suite 20,9 cm ($\pm 8,2$), medtem, ko je pri tangentni metodi 33,1 cm ($\pm 20,8$). Pri vseh poskusih so odstopanja med pravo in izračunano vrednostjo nekoliko večja pri tangentni metodi kot pri programu BackTrack™ Suite (tabeli 1 in 2). Pri programu BackTrack™ Suite je standardni odklon za krvne sledi na tleh, za vse tri koordinate, v razponu od 0,3 do 26 cm (glej poglavje rezultati), pri tangentni metodi pa je standardni odklon nekoliko večji in znaša od 0 do 31,4

cm. Natančnost obeh metod je v mejah sprejemljivega, saj izvor krvnih madežev v 3D-prostoru podajamo v območju.

Iz tabele 2 je razvidno, da so rezultati ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru za krvne sledi na steni bolj natančni kot pri sledih na tleh. Povprečne razlike vseh treh koordinat X, Y, Z na steni so pri programu BackTrack™ Suite pod 10 cm, pri tangentni metodi pa odstopa le koordinata Z, ki je 15,2 cm. Standardni odkloni so majhni, in sicer v razponu od 2 do 6,8 cm. Večja točnost obeh metod pri krvnih sledih na steni izvira iz dejstva, da je bila pot krvne kaplje do stene (v povprečju je bila stena oddaljena od izvora 23 cm) krajša kot do tal (izvor na višini 71 cm). Zaradi krajše poti krvne kaplje je tudi vpliv krivulje leta krvne kaplje na rezultat manjši. Kot smo že omenili, obe metodi pri izračunu koordinate Z upoštevata algoritem ravnih linij, krvne kaplje pa letijo v obliki parabole. Počasnejša kot je kaplja, izrazitejša je parabola.

Rezultati programa BackTrack™ Suite (za koordinato X 5,2 cm ($\pm 4,9$), za koordinato Y 6,6 cm ($\pm 9,3$) in za koordinato Z 20,9 cm ($\pm 8,2$)) so pri upoštevanju šestih krvnih sledi na tleh točnejši kot rezultati tangentne metode (za koordinato X 6 cm ($\pm 5,1$), za koordinato Y 9,6 cm ($\pm 7,6$) in za koordinato Z 33,1 cm ($\pm 20,8$)), saj sta dolžina in širina krvnega madeža natančneje izmerjena na digitalnih fotografijah. Poleg tega pri programu BackTrack™ Suite let krvnih kapelj v obliki parabole manj vpliva na točnost določitve izvora krvnih madežev v 3D-prostoru kot pri tangentni metodi (Carter et al., 2006).

S programom BackTrack™ je za vseh devet sledi povprečna razlika med dejanskimi in izračunanimi vrednostmi izvora krvnih madežev v 3D-prostoru za koordinati X in Y manjša od 10 cm, za koordinato Z pa 15 cm. Standardni odkloni so v razponu od 4 do 10 cm. To pomeni, da je za določanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru ta metoda dovolj točna in natančna, saj omogoča določitev območja izvora krvnih madežev v velikosti manjše žoge (Bevel in Gardner, 2002, str. 190).

Iz tabele 3 je razvidno, da rezultati s programom BackTrack™ v naši študiji ne odstopajo od rezultatov validacijskih študij, ki so jih izvedli Carter et al. (2005; 2006). Primerjali smo le krvne sledi na steni, saj so v prej omenjenih študijah analizirali le tovrstne krvne sledi. Standardnih odklonov nismo primerjali, saj jih druge skupine niso izračunale. Prav tako nismo primerjali rezultatov tangentne metode, saj pri iskanju literature na to temo nismo našli nobenega članka. Glede tangentne metode Carter et al. (2006) v svojem članku niso predstavili rezultatov, temveč so le zapisali, da tudi tangentna metoda nudi dobre rezultate.

Tabela 3: Primerjava naših rezultatov (prvi stolpec) z rezultati Carterja in sodelavcev pri ugotavljanju izvora krvnih madežev v 3D-prostoru s programom BackTrack™ Suite za krvne sledi na steni. Mere v tabeli so v centimetrih.

	Povprečna razlika med pravimi in izračunanimi vrednostmi BackTrack™ Suite		
	CFP ^a	Carter et al. (2006) ^b	Carter et al. (2005) ^c
X	7,1 ($\pm 3,2$)	4,2	2,5
Y	5,3 ($\pm 5,1$)	3,1	2,3
Z	4,6 ($\pm 2,1$)	6,2	8,1

^a Vrednosti v oklepaju so standardni odkloni metode. Različne sledi analizirane enkrat.

^b Standardni odklon niso izračunani.

^c Skupni standardni odklon v članku ni bil podan, le razpon, ki je bil od 0,46 do 7,02 cm. Standardni odklon programa in ne metode, iste sledi analizirane večkrat.

Ker je bila v vseh poskusih določitve izvora krvnih madežev v 3D-prostoru enaka le koordinata Z, smo lahko izračunali le njeno povprečno vrednost. Rezultati so pokazali, da sta metodi manj točni in natančni pri analizi krvnih sledi na tleh kot na steni (tabela 4). Povprečna vrednost koordinate Z iz treh sledi na steni je s programom BackTrack™ 75,6 cm ($\pm 2,1$), s tangentno metodo pa 86,17 cm ($\pm 6,79$). Vidimo lahko, da povprečna vrednost le malo odstopa od prave, tudi razpršenost rezultatov ni velika, saj sta standardna odklona majhna (2,1 oziroma 6,8). Rezultati s programom BackTrack™ so skladni z rezultati Maloneyja et al. (2005), ki poročajo o standardnih odklonih za koordinato Z v razponu od 7,6 do 11,9 cm (analizirali so le dve krvni sledi na steni), in precej večji kot pri Carterju et al. (2005), ki poročajo o standardnih odklonih od 0,9 do 7 cm (tabela 4), ki so dejansko le standardni odkloni programa in ne metode. V Carterjevi validacijski študiji so namreč vsi preiskovali iste krvne madeže, v naši in Maloneyjevi študiji pa smo preiskovali različne krvne madeže. Standardnih odklonov pri tangentni metodi nismo mogli primerjati, ker jih Carter et al. (2006) niso objavili.

Tabela 4: Primerjava povprečnih vrednosti koordinate Z in standardnega odklona med programom BackTrack™ Suite in tangentno metodo pri ugotavljanju izvora krvnih madežev v 3D-prostoru na različnih površinah.

Površina (št. poskusa)	Prava vrednost Z	Vrednost Z, izračunana z BackTrack™ Suite	Vrednost Z, izračunana s tangentno metodo
tla (1–6)	71	89,9 $\pm$ 12,7	103,5 $\pm$ 21,69
stena (4–6)	71	75,6 $\pm$ 2,1	86,17 $\pm$ 6,79
tla (1–6) + stena (4–6)	71	85,1 $\pm$ 12,37	97,74 $\pm$ 19,52

Validacijska študija je pokazala, da sta obe metodi (tangenta metoda in računalniška metoda z uporabo programa BackTrack™ Suite) dovolj zanesljivi za uporabo. Razlike med metodama pri oceni položaja izvora krvnih madežev v ravnini (koordinati X in Y – kar pomeni umestitev izvora krvi v tloris prostora) so minimalne. Pri ocenitvi oddaljenosti izvora krvnih madežev od tal (koordinata Z) pa so rezultati s programom BackTrack™ Suite v povprečju točnejši, kot so rezultati tangentne metode. Standardni odkloni niso majhni (3 do 17 cm), vendar pa so za namene preiskav ugotavljanja izvora krvnih madežev v 3D-prostoru povsem zadovoljivi. Ponovno namreč poudarjamo, da je vsaka določitev izvora krvnih madežev v 3D-prostoru zgolj ocena in ne absolutna vrednost.

6 Razprava

Metoda viziranja z vrvicami za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru zaradi svoje zamudnosti počasi tone v pozabo. Danes forenzični laboratoriji za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru najpogosteje uporabljajo tangentno metodo, vse bolj pa v ospredje prihaja uporaba računalniških programov, ki omogočajo enostavno analizo. Trenutno je v svetu najbolj razširjen in validiran program BackTrack™ Suite.

Vrednost naše študije je, da smo v preiskavo vključili tudi krvne madeže na tleh, ki do zdaj še niso bili vključeni v nobeno od nam znanih in objavljenih študij. Ugotovili smo, da so rezultati, ne glede na uporabljeno metodo (program BackTrack™ Suite ali tangentna metoda), pri analizi krvnih sledi na tleh manj točni kot pri sledih na steni. Rezultati so skladni s teorijo, da krvna kaplja potuje v paraboli, vse metode pa temeljijo na algoritmu ravnih črt. Ker je bila oddaljenost od tal večja kot oddaljenost od stene, je pri analizi sledi na tleh oblika leta bolj vplivala na napako metode. Pri izbiri krvnih sledi za rekonstrukcijo kraja dogodka je tako pomembno upoštevati, kje se kri nahaja. Čeprav danes program BackTrack™ Suite izpodriva tangentno metodo, do zdaj še niso bile objavljene primerjalne validacijske študije o točnosti ene oziroma druge. V naši študiji smo dokazali, da je tangentna metoda nekoliko manj točna in natančna kot program BackTrack™ Suite, še zlasti pri oceni oddaljenosti izvora krvnih madežev od tal.

K netočnosti rezultatov, izračunanih s programom BackTrack™ Suite, naj bi največ prispevala oblika madeža in izbira madežev (Carter et al., 2005), vendar to ni težava le pri programu BackTrack™ Suite, temveč pri vseh metodah za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru. Enako smo ugotovili tudi v naši študiji, saj smo iste krvne madeže enkrat analizirali s programom BackTrack™ Suite in drugič s tangentno metodo ter pri tem ugotovili, da so rezulta-

ti, izračunani s programom BackTrack™ Suite, kljub vsemu celo točnejši od rezultatov, izračunanih s tangentno metodo. Točnost naših rezultatov se ujema s predhodnimi validacijskimi študijami (tabela 3) (Carter et al., 2005; Carter et al., 2006). Pri vseh metodah tudi na natančnost rezultata najbolj vplivajo pravilna izbira krvnih madežev, primernih za analizo in določitev njihove širine in dolžine, ter v zvezi s tem usposobljenost in izkušnost forenzičnega strokovnjaka, ki je tisti, ki izbira in določa obliko madežev. To so pokazali tudi naši rezultati, saj so bili standardni odkloni veliki, kajti v opravljeni študiji so sodelovali neizkušeni posamezniki. V prihodnje je treba nujno razmisliti o tem, da se v CFP vpelje stalna oblika usposabljanja strokovnjakov za preiskave oblik krvnih sledi, saj le občasne študije ne zagotavljajo kompetentnosti forenzičnega strokovnjaka.

Zaradi objektivnosti bomo predstavili tudi metodološke pomanjkljivosti posameznih študij.

Prva pomanjkljivost vseh študij je, da eksperimenti potekajo v nadzorovanem okolju. Hkrati nam to bistveno olajša analizo in omogoča primerljivost med dejanskimi in izračunanimi vrednostmi ter s tem ugotovitev natančnosti in točnosti metode. Karger, Rand, Fracasso in Pfeiffer (2008) v študiji o primerjavi med realnim in fingiranim krajem dejanja opozarjajo, da je kompleksnost realne situacije bistveno večja od umetno ustvarjene. V realni situaciji se lahko različni madeži prekrivajo, jih na nekem mestu, kjer bi jih pričakovali, sploh ni ali pa so proti pričakovanjem na nekem mestu zelo zgoščeni. Zaradi te kompleksnosti in hkrati velikokrat stresne situacije je za preiskavo oblik krvnih sledi še pomembnejše, da se vpeljejo standardni postopki preiskave, saj le tako pridemo do pravih rezultatov.

Naslednja pomanjkljivost naše študije je, da se nismo mogli povsem izogniti vplivu subjektivnosti opravljenih analiz, saj sta osebni, ki sta analizirali krvne madeže, te tudi ustvarili. Analizo smo zato zaradi zagotavljanja čim večje objektivnosti izvedli vedno po enakem postopku, kljub temu pa poznavanje izvora krvne sledi vpliva na subjektivnost pri izbiri primernih krvnih madežev za analizo ugotavljanja izvora krvnih madežev.

Pilotsko študijo programa BackTrack™ Suite smo opravili z demonstracijsko verzijo programa, ki se po zagotovitvi avtorja programa Carterja (<http://www.bloodspattersoftware.com>) ne razlikuje od komercialne verzije. Namenjena je uporabnikom, da preverijo, ali jim program ustreza za uporabo. Študija nam je dala osnovni vpogled v njegovo primernost za preiskavo krajev kaznivih dejanj. Na podlagi dobrih rezultatov naše študije smo se odločili, da program BackTrack™ Suite uporabimo za pojasnitev poteka dogodka na kraju kaznivega dejanja. Rezultati o izvoru krvnih madežev v 3D-prostoru s

programom BackTrack™ Suite so bili skladni z izjavami prič. Rezultati so namenjeni le za usposabljanje forenzičnih strokovnjakov in ne v pravosodne namene.

Ne glede na natančnost podajanja rezultatov, ki ga ponuja računalniški program BackTrack™ Suite, moramo poudariti, da je izvor krvne sledi v 3D-prostoru idealiziran, zato rezultatov preiskav ne smemo razumeti kot absolutno točne. Računalniški program nam omogoča enostaven in učinkovit način ugotavljanja izvora krvnih sledi v 3D-prostoru, vendar natančnejši matematični izračun sočasno še ne pomeni absolutne natančnosti pri ugotavljanju dogodkov. Ne glede na to, katero metodo uporabimo (metodo viziranja z vrvicami, tangentno metodo ali računalniško metodo), izvor krvnih madežev v 3D-prostoru vedno določamo v območju (v našem primeru smo natančnost rezultata opredelili na velikost žoge), saj na rezultat vpliva veliko dejavnikov.

7 Sklepne misli

Uporaba računalniških programov za ugotavljanje izvora krvnih madežev v 3D-prostoru predstavlja prihodnost preiskovanja oblik krvnih sledi. Rezultati različnih validacijskih študij, med njimi tudi naša, so pokazali, da so rezultati s programom BackTrack™ Suite dovolj točni in natančni. Metoda je od predhodnih preprostejša, učinkovitejša in v določenih primerih tudi točnejša. Njena velika prednost je, da omogoča preverjanje rezultatov, kar pri drugih metodah ni mogoče ali pa je zelo omejeno. Navkljub natančnosti programa BackTrack™ Suite se ugotovitev o izvoru krvnih madežev v 3D-prostoru ne podaja do točke natančno, temveč v območju in se izraža opisno, na primer oseba je sedela, oseba je stala ali oseba je ležala. Na rezultat najbolj vplivata izbira krvnih madežev in določitev njihove oblike, kar opravi forenzični strokovnjak sam, tudi v primeru uporabe računalniške metode. To dejansko pomeni, da je natančnost končnega rezultata v veliki meri odvisna prav od usposobljenosti in izkušenosti forenzičnega strokovnjaka.

Literatura

1. BackTrack™ software, dostopno na <http://www.bloodspattersoftware.com> (12. februar 2009).
2. Balthazard, V. et al. (1939). *Etude des gouttes de sang projecte*. XXII Congress De Medicine Legale. Pariz, Baillière.
3. Bevel, T.; Gardner, R. M. (1997). *Bloodstain Pattern Analysis. With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*. Boca Raton (etc.), CRC Press.
4. Bevel, T.; Gardner, R. M. (2002). *Bloodstain Pattern Analysis. Second edition. With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*. Boca Raton (etc.), CRC Press.
5. Carter, A. L. (2001). The Directional Analysis of Bloodstain Patterns. Theory and Experimental Validation. *Canadian Society of Forensic Science Journal* 34/4: str. 173–189.
6. Carter, A. L. et al. (2005). Further Validation of the BackTrack™ Computer Program for Bloodstain Pattern Analysis – Precision and Accuracy. *IABPA News* 21/3: str. 15–22.
7. Carter, A. L. et al. (2006). Validation of the BackTrack suite of programs for bloodstain pattern analysis. *Journal of Forensic Identification*, 56/2: str. 242–254.
8. Drobnič, K. (1999). Identifikacija oseb in sledi s preiskavo DNK v povezavi z zavarovanjem bioloških sledi pri kaznivih dejanjih zoper spolno nedotakljivost. *Revija za kriminalistiko in kriminologijo*, 50/4: str. 307–317.
9. Drobnič, K. (2000). V: Ivanc, B. *Brez milosti: ranjeni, invalidni in bolni povojni ujetniki na Slovenskem*. Ljubljana, Nova revija, str. 351–369.
10. Drobnič, K. (2001). Vpliv zbirke podatkov DNK na učinkovitost preiskovanja kaznivih dejanj. *Varstvoslovje*, 3 /3: str. 141–148.
11. Drobnič, K. (2002). Zgodovinski pregled genetskih preiskav pri kriminalističnem preiskovanju v Sloveniji. *Revija za kriminalistiko in kriminologijo*, 53/3: str. 249–255.
12. Drobnič, K. (2002a). Osnove preiskovanja oblik krvnih sledi. *Revija za kriminalistiko in kriminologijo*, 53/2: str. 152–161.
13. Drobnič, K. (2004). V: Maver, D.: *Kriminalistika*. Ljubljana, Uradni list RS, str. 413–460.
14. Drobnič, K. (2006). Uporabnost genetskih preiskav pri kaznivih dejanjih, povezanih z nasiljem in zlorabami. V: Korenhauser, P.; Balažič, J.: *Zloraba in nasilje v družini in družbi, XII. Spominsko srečanje akademika Janeza Milčinskega. Medicinsko izvedenstvo 2002*. Ljubljana, Inštitut za sodno medicino Medicinske fakultete, str. 122–130.
15. Drobnič, K. (2007). Ugotavljanje identitete posameznika z uporabo genetskih informacij, metode verižne reakcije s polimerazo in računalniško podprte tehnologije. V: Schrader, Š., in sodelavci: *GENIalna prihodnost – Genetika, determinizem in svoboda. Mednarodni posvet Biološka znanost in družba (Zbornik prispelkov)*. Ljubljana, Zavod RS za šolstvo, str. 152–163.
16. Drobnič, K. (2008). Dokazna vrednost nizkih količin DNK. V: Dvoršek, A.; Selinšek, L.: *Nekateri praktični problemi dokazovanja v kazenskih postopkih*. Maribor, Univerza v Mariboru, Pravna fakulteta, Fakulteta za varnostne vede, str. 51–57.
17. Eckert, G. E.; James, S. H. (1989). *Interpretation of bloodstain evidence at crime scene*. New York, Elsevier.
18. EURACHEM (1998). The Fitness for Purpose of Analytical Methods, A Laboratory guide to Method Validation and Related Topics, verzija 1.0. VB, dostopno na <http://www.eurachem.org/guides/valid.pdf> (22. maj 2010).
19. FORidentSoftware Inc. (2009). FORident software technical paper – HemoSpat validation, dostopno na <http://hemospat.com> (14. marec 2010).
20. Gorkič, S. (1981). *Medicinska kriminalistika*. Beograd, IRO Privredna štampa.
21. *HemoSpat, Bloodstain Pattern Analysis Software*, dostopno na <http://hemospat.com> (26. februar 2010).
22. Hönigsfeld Adamič, M., ur. (1999). *VIM – Mednarodni slovar osnovnih in splošnih izrazov s področja meroslovja – (Vocabulaire International des Termes Fondamentaux et Généraux de Métrologie)*. Ljubljana, Urad RS za standardizacijo in meroslovje.
23. Karger, B. et al. (2008). Bloodstain pattern analysis-Casework experience. *Forensic Science International*, 181: str. 15–20.

24. MacDonell, H. (1995). Balthazard Was great but he didn't string us along. *Int.Assoc.Bloodstain Pattern Analysts*, 11/1: str. 10.
25. MacDonell, H. (1997). *Bloodstain pattern*. New York, Laboratory of Forensic Science.
26. Maloney, K. et al. (2005). Three-Dimensional Representation of Bloodstain Pattern Analysis. *Journal of Forensic Identification*, 55/6: str. 711–725.
27. Maloney, K. et al. (2009). The Use of HemoSpat To Include Bloodstains Located on Nonorthogonal Surfaces in Area-of-Origin Calculations. *Journal of Forensic Identification*, 59/5: str. 513–524.
28. **SIST EN ISO/IEC 17025: 2005**: Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev.
29. Vidic, V. (1973). *Kriminalistična tehnika*. Ljubljana, Šolski center za strokovno izobraževanje delavcev v organih za notranje zadeve.
30. Žerjav, C. (1983). *Kriminalistika*. Ljubljana, Mladinska knjiga.

Contemporary method of establishing a bloodstain source in 3D space – a pilot study on the application of BackTrack™ Suite software

Katja Drobnič, Ph.D., Associate Professor of Criminalistics, University of Maribor, Faculty of Criminal Justice and Security, Kotnikova 8, 1000 Ljubljana, Slovenia; Quality Control Manager, National Forensic Laboratory, General Police Directorate, Ministry of the Interior, Štefanova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia

Anja Oblak, A Graduate in Criminal Justice and Security Studies

Aljaž Žbogar, A Graduate in Biochemistry, Expert in Criminalistics, National Forensic Laboratory, General Police Directorate, Ministry of the Interior, Štefanova 2, 1000 Ljubljana, Slovenia

There are several methods of analysing a source of bloodstains in 3D space. They differ in terms of mode of execution, which can range from an entirely manual to a completely automated process of analysis. This paper will present a simple and efficient method of establishing a source of bloodstain patterns in 3D space using BackTrack™ Suite software. For the purpose of this study, 9 bloodstains were analysed, realised in six attempts, while a total of 80 blood stains were subject to analysis. The average difference between the actual and calculated values of source of bloodstains in 3D space with BackTrack™ Suite software is behind the coordinates X, Y, both of which determine the location of the source of bloodstains in the layout plan of a space 5.9 cm (± 4.3) and 6.1 cm (± 7.8). The average difference in the third coordinate (coordinate Z), which is used to establish the distance of the source of bloodstains from the floor is, however, considerably larger, measuring 15.4 cm (± 10.5). The mean value of coordinate Z, which, for bloodstains on the wall, was within 6 cm (± 2.1) of the actual value, was also calculated. The study confirmed that the precision and the accuracy of analysing the source of bloodstain patterns by 3D space with BackTrack™ Suite software is adequate for the envisaged purpose, that is for establishing the area of the source of bloodstains and not the point of source. The appropriateness of this method was not tested only for stains on a wall, as had been done by previous studies (Carter et al., 2005, Carter et al., 2006), but also for stains on the floor. The precision and accuracy of this method with BackTrack™ Suite software was additionally confirmed by comparison of results that were calculated with a tangent method. To the best of our knowledge, this study is the first comparative validation study of the two methods published to date. The results obtained by the BackTrack™ Suite software are on average more precise and accurate. The method of establishing the source of blood stains by 3D space with BackTrack™ Suite software has already been tested in crime scene reconstruction. The results conformed to the statements of participants.

Key words: bloodstains, blood traces, pilot study, validation, source of bloodstains in 3D space, virtual string method, tangent method, BackTrack™ Suite.

UDC: 343.983.2