

Leica Map360: Analiza wzorców plam krwi Techniczny opis produktu



leica-geosystems.pl



· when it has to be **right**

Leica
Geosystems

 PART OF
HEXAGON

Analiza wzorców plam krwi

Amy Santoro, MFS, CSCSA

Starszy kryminolog, śledczy

Laboratorium kryminalistyki w hrabstwie Johnson (USA)

Streszczenie

Zastosowanie oprogramowania komputerowego do analizy obszaru pochodzenia wzorców plam krwi jest powszechnie akceptowane w środowisku kryminologicznym. Korzystanie z różnych programów komputerowych, w tym skanerów laserowych i technologii rysowania trójwymiarowego (3D), było przedmiotem wcześniej opracowanych artykułów. Celem tego artykułu jest zbadanie integracji danych pochodzących z chmur punktów 3D i analizy wzorca plam krwi, w szczególności określenie obszaru pochodzenia, oraz omówienie wykorzystania oprogramowania Leica Map360 do analizy wzorca plam krwi. Pozyskiwanie i analiza danych została przeprowadzona przy użyciu skanerów laserowych Leica ScanStation P40 oraz oprogramowania Leica RTC360, Leica Cyclone i Leica Map360. Podczas walidacji oceniono dokładność i odtwarzalność położenia obszaru pochodzenia za pomocą modułu Bloodstain w oprogramowaniu Map360. Różne wzorce uderzeniowe zostały wygenerowane w kontrolowanym otoczeniu z wykorzystaniem defibrykowanej płynnej krwi owczej. Zasadniczo stwierdzono, że obliczone obszary pochodzenia są dokładne w odniesieniu do znanych i podobnych wyników uzyskanych przy pomocy innego oprogramowania. Maksymalne błędy bezwzględne dla osi X, Y i Z¹ wynosiły odpowiednio 5,4 cm, 17,2 cm i 10,4 cm; obliczone na podstawie dwustronnego wzorca na płaskiej powierzchni. Obliczenie pochodzenia tego samego wzorca za pomocą innego oprogramowania (FORident HemoSpat) dało porównywalny błąd, odpowiednio 1,4 cm, 15,2 cm i 6,9 cm na osiach X, Y i Z. Utworzono dodatkowy wzór, który został niezależnie przeanalizowany przez piętnastu uczestników, przy maksymalnych błędach bezwzględnych na osiach X, Y i Z wynoszących odpowiednio 3,0 cm, 3,8 cm i 2,5 cm.

Wprowadzenie

W tym artykule omówiono rozwój nowych metod pracy do analizy wzorców plam krwi w Map360. W ramach walidacji oceniono dokładność w stosunku do znanych źródeł (położenie ciekłej krwi w stosunku do celu) i oceniono powtarzalność wyników.

W tej walidacji wykorzystano wzorce uderzeniowe (wzorce plam krwi powstałe w wyniku uderzenia obiektu ciekłą krwią²), które zostały wygenerowane przez umieszczenie objętości ciekłej krwi na bloku uderzającym i uderzenie krwi drewnianym młotkiem. Podczas tworzenia wzorca, zbiornik z płynną krwią zostaje rozbity w celu powstania kropli, które lądują na powierzchni docelowej i tworzą eliptyczne plamy rozpryskowe (plamy krwi powstałe w wyniku spadku z powietrza kropel krwi, gdy do płynnej krwi przyłożona zostanie siła zewnętrzna³). Plamy we wzorcu uderzeniowym różnią się kształtem od okrągłego do eliptycznego; jednak plamy o

eliptycznym kształcie i kierunkowości (w górę (wskazane przez kierunkowy ogon plamy) mogą zostać wykorzystane do określenia obszaru pochodzenia (przestrzeń w trzech wymiarach, do której trajektorie rozprysków mogą zostać przyłożone w celu określenia miejsca powstania rozprysku⁴). Ta analiza obejmuje pomiar szerokości i długości poszczególnych plam krwi w celu określenia kąta uderzenia plamy (kąt [alfa], w stosunku do płaszczyzny celu, pod którym kropla krwi uderza w cel⁵). Obliczeń dokonuje się za pomocą równania Balthazarda⁶ opisanego poniżej:

$\text{Kąt uderzenia} = \text{Arc Sin} (\text{szerokość plamy} / \text{długość plamy})$

Aby zakończyć analizę, do powierzchni docelowej mogą zostać przymocowane linie fizyczne, które odwzorowują prostą linię lotu pojedynczej kropli krwi, której kulminacją jest uderzenie w cel pod obliczonym kątem.

Oprogramowanie Map360 automatyzuje pomiary i obliczenia. Użytkownik (wykwalifikowany analityk

¹ Na potrzeby tej walidacji i niniejszego dokumentu, oś X mierzy odległość poziomą, oś Y mierzy odległość pionową, a oś Z mierzy odległość od celu

² Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorców plam krwi". Wyd. 1.

³ Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorców plam krwi". Wyd. 1.

⁴ Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorców plam krwi". Wyd. 1.

⁵ Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorców plam krwi". Wyd. 1.

⁶ Bevel, T.; Gardner, R. M. Bloodstain Pattern Analysis: with an Introduction to Crime Scene Reconstruction, Bevel and Gardner, p 191

wzorców plamy krwi) określa rozmiar plamy krwi, a oprogramowanie mierzy plamę, oblicza kąt uderzenia dla każdej plamy i mapuje jej trajektorię w przestrzeni 3D. Program wykorzystuje algorytm do obliczania obszaru pochodzenia. Szereg równań liniowych rozwiązuje się za pomocą wydajnego podejścia macierzowego, które określa najbliższy punkt w przestrzeni 3D dla wszystkich wybranych wektorów 3D jednocześnie, obliczając w ten sposób obszar pochodzenia w kierunkach X, Y i Z. Każdy wektor wywodzi się z wielkości elipsy i kierunkowości, które są ustalane przez użytkownika podczas analizy. Obliczanie obszaru pochodzenia uwzględnia wszystkie wybrane linie trajektorii; do obowiązków analityka należy określenie wartości odstających i wykluczenie ich z analizy.

Praca z Map360 BPA, zasadniczo jest to technika wirtualna, zastępuje potrzebę tworzenia linii fizycznych w miejscu zdarzenia, jednocześnie zapewniając wizualne odwzorowanie trajektorii poszczególnych kropli. Ta metoda pracy skraca czas spędzony na miejscu zdarzenia i czas analizy, eliminując potrzebę wykonywania żmudnych pomiarów ręcznych. Ta metoda pracy umożliwia również zmniejszenie błędów ludzkich związanych nie tylko z pomiarami i obliczeniami ręcznymi, ale także z umieszczaniem linii fizycznych. Ponadto, ponieważ metoda pracy jest związana z cyfrowym zestawem danych, jest nieniszcząca i nieskończenie powtarzalna, jeśli zajdzie potrzeba ponownej analizy. Wyniki można przeglądać w 3D i są przedstawione w łatwy sposób do zrozumienia opracowaniach.

Uczestnikami tego studium byli doświadczeni śledczy i kryminolodzy o różnym stopniu wiedzy specjalistycznej w zakresie analizy wzorców plam krwi; wszyscy uczestnicy ukończyli jednak 40-godzinny podstawowy kurs analizy wzorców plamy krwi. Uczestnicy byli początkującymi użytkownikami oprogramowania do analizy plam krwi, dlatego otrzymywali instrukcje krok po kroku, aby ukończyć proces; każdy użytkownik był odpowiedzialny za wybranie plam we wzorcu.

Metoda

Studium składało się z dwóch części; ocena dokładności (zakończona w dwóch etapach) i ocena odtwarzalności.

Ocena dokładności

Pierwsza część walidacji polegała na tworzeniu różnych wzorców uderzeniowych i analizowaniu tych wzorców przy użyciu oprogramowania Map360 i oprogramowania FORident HemoSpat oraz porównywaniu wyników każdego oprogramowania ze znanym źródłem.

Autor tego artykułu był głównym analitykiem podczas oceny poprawności walidacji i jako taki nie był zaangażowany w tworzenie wzorca.

Tworzenie wzorca

Wygenerowano pięć wzorów podczas oceny dokładności walidacji. Aby zachować integralność walidacji, zastosowano ślepy eksperyment, w którym główny analityk nie był świadkiem tworzenia wzorca lub nie miał wiedzy o znanym pochodzeniu w celu zmniejszenia potencjalnej stronniczości podczas eksperymentu. Utworzono pięć wzorców zgodnie z definicją poniżej w celu oceny skuteczności pracy podczas analizy różnych rodzajów wzorców, które można napotkać podczas pracy.

- Dwustronny wzór na płaskiej ścianie
- Jednostronny wzór na płaskiej ścianie
- Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach
- Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i obiekcie pośrednim
- Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i skośnym suficie

Wzory dwustronne to takie, które zawierają plamy, które promieniają z obszaru pochodzenia po lewej i prawej stronie wzorów. Wzory jednostronne zawierają plamy tylko po jednej stronie obszaru pochodzenia, a zatem występuje brak plam po lewej lub prawej stronie. Jednostronne wzory i wzory na płaskich ścianach dostarczają analitykom mniej danych niż dobrze uformowane dwustronne wzory na wielu powierzchniach i dlatego zostały uwzględnione w kontroli poprawności (walidacji), aby upewnić się, że model pracy jest wystarczająco solidny, aby poradzić sobie z różnorodnymi typami wzorców, które napotka analityk.

Wszystkie powierzchnie docelowe zostały zbudowane z drewnianych ram i białych kartonów. Zespół tworzący wzór ustawił powierzchnię uderzeniową na różnych wysokościach i lokalizacjach dla każdego wzoru. Różnice te naśladują warunki występujące w pracy kryminologów. Położenie powierzchni uderzeniowej zostało zmierzona przez członka zespołu tworzącego wzór za pomocą dalmierza laserowego i zapisane jako „znane źródło” dla każdego wzoru. Obszary określane jako "znane źródło" zostały wykorzystane do określenia błędu na podstawie prawdziwego znanego; jednak pomiary te zostały pobrane z przybliżonego środka każdej powierzchni uderzeniowej i nie uwzględniają przypadkowego rozproszenia krwi podczas tworzenia wzorca. Krew jest rozrzucana z kilku punktów podczas tworzenia wzorca uderzeniowego, a ciekłe źródło krwi tworzy małą kałużę

na powierzchni uderzającej o średnicy kilku centymetrów, a zatem nie może zostać dokładnie określone jako pojedynczy punkt. Około 2 mililitry defibrykowanej krwi owczej umieszczono na powierzchni uderzeniowej, która została uderzona gładkim plastikowym młotkiem przez członka zespołu.

Gromadzenie danych

Wzorce uderzeniowe zostały udokumentowane fotograficznie i za pomocą skanowania laserowego 3D. Skanery ScanStation P40 i RTC360 wykorzystano do zeskanowania każdego celu. Skany wykonane za pomocą RTC360 zostały zarejestrowane w rozdzielczości 3 mm na 10 metrów, skaner znajdował się w odległości około 1 metra od celu. Natychmiast po utworzeniu wzorca, członek zespołu tworzącego wzorec zeskanował powierzchnię uderzeniową. Powierzchnię uderzeniową usunęło z obszaru wzorca, a podłogi pokryto czystym papierem rzeźniczym, aby uniemożliwić autorowi rozpoznanie podłogi. Autor rozpoczął badanie i dokumentację każdego wzorca najpierw umieszczając czarno-białe tarcze samoprzylepne w obszarze wzorca. Te samoprzylepne tarcze są wykorzystywane podczas pracy w celu dopasowania zdjęć do chmur punktów, umożliwiając w ten sposób analitykowi przeglądanie obrazów poszczególnych plam w wysokiej rozdzielczości. Wszystkie zdjęcia zostały wykonane za pomocą cyfrowej lustrzanki Nikon D810 przy użyciu odpowiednich technik fotograficznych (patrz rys. 1). Po umieszczeniu tarcz, obszar wzorca został ponownie przeskanowany (patrz rysunek 2).



Rysunek 1: Zdjęcia plam krwi zostały wykonane wraz czarno-białymi tarczami w celu dopasowania obrazu.



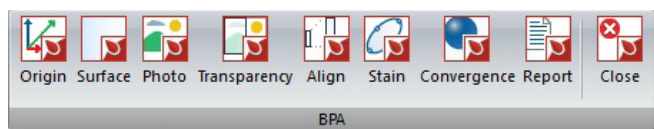
Rysunek 2: Skanowanie na stanowisku przeprowadzono za pomocą Leica ScanStation P40 i Leica RTC360.

Pozyskane chmury punktów zostały połączone w oprogramowaniu Leica Cyclone, a podłogi i powierzchnie uderzeniowe zostały usunięte przez członka zespołu tworzącego wzór, aby uniknąć rozpoznania przez autora. Pozyskane i edytowane dane zostały wykorzystane do wszystkich późniejszych analiz.

Analiza danych

Dane analizowano dwiema metodami podczas fazy dokładności walidacji; w oprogramowaniu Map360 i FORident Hemospat. Każdy wzorec był analizowany dwukrotnie za pomocą Map360, raz przy użyciu odpowiednich plam wybranych przez autora (podczas pierwszej fazy) i drugi raz przy użyciu określonego zestawu plam wybranych przez autora do badania zarówno w FORident Hemospat, jak i Map360 (podczas drugiej fazy). Za wyjątkiem wyboru plamy, metodologia pracy w Map360 była taka sama dla każdej analizy.

Podczas pracy z plamami krwi wykorzystywane jest intuicyjne menu typu „wstążka” (patrz rysunek 3) prowadzące analityków przez sześć etapów analitycznych.



Rysunek 3: Intuicyjne menu typu "wstążka" w Map360 przeprowadzi Cię przez każdy krok w toku pracy.

1. Definiowanie układu współrzędnych i początku pomieszczenia

Pierwszym krokiem podczas pracy z BPA jest zdefiniowanie układu współrzędnych i początku rysunku. Układ współrzędnych jest wykorzystywany do obliczenia wyników XYZ dla obszaru pochodzenia i pozycji plam. Oprogramowanie pozwala użytkownikom wybrać jedną z kilku opcji układu współrzędnych i zdefiniować punkt początkowy do którego będą odnoszone wszystkie pomiary. Punkt początkowy można łatwo umieścić na przecięciu ścian i podłóg; użytkownik może jednak zdecydować o umieszczeniu punktu początkowego w dowolnym miejscu, w którym jest to najbardziej odpowiednie, w ramach danego zestawu danych.

2. Identyfikacja powierzchni na podstawie chmury punktów lub pomierzonych punktów

Potrzebna jest powierzchnia, aby dokładnie umieścić obrazy w zestawie danych i dokładnie narysować plamy i trajektorie linii prostych do analizy. Ta powierzchnia jest definiowana przez użytkownika i może być ścianą lub przedmiotem w miejscu zdarzenia, który nosi plamy krwi. Wszystkie

powierzchnie są uważane za płaską płaszczyznę w zbiorze danych. Złożone lub nieregularne obiekty mogą wymagać użycia kilku powierzchni.

3. Dopasowanie i skalowanie obrazów bezpośrednio na powierzchni

Aby umożliwić analitykowi przeglądanie i wybieranie marginesów plam na obrazie o wysokiej rozdzielczości, oprogramowanie wstawia zdjęcia do zestawu danych i umieszcza je na powierzchniach zdefiniowanych przez użytkownika. Odbывается to poprzez wybranie odpowiednich punktów na obrazach i w chmurach punktów (na przykład wyżej wspomniane czarno-białe tarcze samoprzylepne). Aby zapewnić prawidłowe dopasowanie i skalowanie obrazów, użytkownicy powinni wybrać punkty, które znajdują się na obrazie i powinni wybrać 2 lub więcej punktów dla każdego obrazu.

4. Analiza plam w celu uwzględnienia ich w analizie konwergencji

Gdy obrazy zostaną odpowiednio przeskalowane i dopasowane do zestawu danych, analityk przeprowadzi selekcję plam na obrazie, jak w trakcie tradycyjnej pracy. Analityk może powiększyć obraz i, postępując zgodnie z instrukcjami wyświetlanymi na ekranie, wybrać wiodącą i tylną część każdej plamy. Oprogramowanie następnie umieszcza elipsę wizualną na wybranej plamie, a analityk może dopasować rozmiar elipsy do szerokości wybranej plamy. Po wybraniu plamy, długość, szerokość i obrót elipsy może zostać w razie potrzeby dostosowywany przez analityka. Ten krok jest powtarzany tyle razy, ile potrzeba, aby wybrać odpowiednią ilość plam do analizy. Nie ma górnej lub dolnej granicy liczby plam, które można wykorzystać.

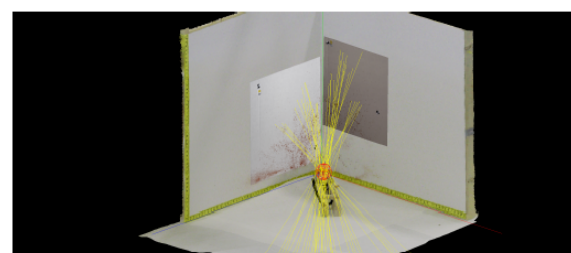
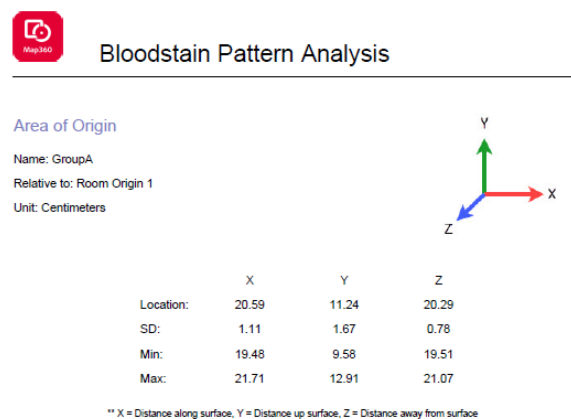
5. Wizualizacja obszaru początkowego w 3D za pomocą kuli lub punktu

Gdy analityk zakończy selekcję i analizę plam na każdej wybranej powierzchni w obszarze wzorca, linie trajektorii zbiegną się w przestrzeni 3D. Analityk może przeglądać trajektorie w czasie rzeczywistym po ich dodaniu. Aby obliczyć obszar konwergencji, trajektorie są dodawane do grupy konwergencji przez analityka, który wybiera również początkowy punkt odniesienia (wcześniej zdefiniowane w kroku pierwszym). Użytkownik może w tym momencie

wykluczyć plamy z analizy i może wyświetlić obszar początkowy w chmurze punktów za pomocą sfery 3D (o rozmiarze zdefiniowanym przez użytkownika) lub punktu.

1. Tworzenie raportu BPA z obliczonymi wynikami

Ostatnim krokiem podczas pracy z Map360 BPA jest utworzenie raportu z obliczonymi wynikami. Ten raport zawiera zrzut ekranu obszaru rysunku przedstawiającego obszar początkowy , a także obliczone wyniki, w tym odchylenia standardowe i listę każdej plamy wykorzystanej w analizie (patrz rysunek 4).



Rysunek 4: Pierwsza strona raportu BPA zawierająca obliczone wyniki Obszaru Pochodzenia.

Wyniki

W pierwszej fazie walidacji, autor wybrał plamy z każdego wzorca, które były odpowiednie do określenia obszaru pochodzenia bez dalszych wytycznych. W każdym wzorcu użyto około czterdziestu plam. We wszystkich zestawach danych układ współrzędnych został ustawiony w taki sposób, że kierunek X reprezentował położenie poziome

(od lewej do prawej), kierunek Y reprezentował kierunek pionowy (w górę od podłogi), a kierunek Z reprezentował odległość na zewnątrz (przed) od ściany. Wyniki tej fazy walidacji znajdują się w tabeli 1.

Tabela 1: Wyniki fazy pierwszej			
Opis wzoru	Znany obszar pochodzenia (punkt odniesienia)	Obliczony obszar pochodzenia	Błąd bezwzględny
Dwustronny wzór na płaskiej ścianie	(89,7; 30,0; 46,1)	(95,1; 44,5; 35,7)	(5,4; 14,5; 10,4)
Jednostronny wzór na płaskiej ścianie	(111,0; 57,6; 41,6)	(108,8; 66,8; 37,2)	(2,2; 9,2; 4,4)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach	(56,5; 58,7; 11,7)	(52,7; 58,8; 9,4)	(3,8; 0,1; 2,3)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i obiekcie pośrednim	(66,2; 35,9; 59,6)	(66,1; 37,5; 58,2)	(0,1; 1,6; 1,4)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i skośnym suficie	(57,5; 61,6; 66,8)	(54,8; 64,6; 63,7)	(2,7; 3,0; 3,1)
*wszystkie dane podawane są w centymetrach			

Podczas drugiej fazy walidacji autor wybrał około dwudziestu plam na wzór, aby przeanalizować je zarówno

w Map360, jak i FORident HemoSpat w celu porównania metod. Wyniki tej fazy walidacji znajdują się w tabeli 2.

Tabela 2: Wyniki fazy drugiej					
Opis wzoru	Znany obszar pochodzenia (punkt odniesienia)	Obliczony obszar pochodzenia w Map 360	Błąd bezwzględny	Obliczony obszar pochodzenia HemoSpat	Błąd bezwzględny
Dwustronny wzór na płaskiej ścianie	(89,7; 30,0; 46,1)	(92,7; 47,2; 39,6)	(3,0; 17,2; 6,5)	(91,1; 45,2; 39,2)	(1,4; 15,2; 6,9)
Jednostronny wzór na płaskiej ścianie	(111,0; 57,6; 41,6)	(111,5; 59,1; 39,3)	(0,5; 1,5; 1,7)	(115,4; 58,9; 42,3)	(4,4; 1,3; 0,7)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach	(56,5; 58,7; 11,7)	(53,3; 56,7; 9,8)	(3,2; 2,0; 1,9)	(55,0; 56,7; 11,5)	(1,5; 2,0; 0,2)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i obiekcie pośrednim	(66,2; 35,9; 59,6)	(63,4; 40,2; 57,9)	(2,8; 4,3; 1,7)	(65,3; 38,4; 61,6)	(0,9; 2,5; 2,0)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i skośnym suficie	(57,5; 61,6; 66,8)	(56,1; 61,9; 61,6)	(1,4; 0,3; 5,2)	(59,0; 56,7; 65,9)	(1,5; 4,9; 0,9)
*wszystkie dane podawane są w centymetrach					

Co ważne, te same wzorce wykorzystano podczas pierwszej i drugiej fazy walidacji, co spowodowało

ponowną analizę wzorców. Porównanie wyników znajdziesz w tabeli 3.

Tabela 3: Porównanie wyników fazy pierwszej i drugiej					
Opis wzoru	Znany obszar pochodzenia (punkt odniesienia)	Pierwszy obliczony obszar pochodzenia w Map 360	Błąd bezwzględny	Drugi obliczony obszar pochodzenia w Map 360	Błąd bezwzględny
Dwustronny wzór na płaskiej ścianie	(89,7; 30,0; 46,1)	(95,1; 44,5; 35,7)	(5,4; 14,5; 10,4)	(92,7; 47,2; 39,6)	(3,0; 17,2; 6,5)
Jednostronny wzór na płaskiej ścianie	(111,0; 57,6; 41,6)	(108,8; 66,8; 37,2)	(2,2; 9,2; 4,4)	(111,5; 59,1; 39,3)	(0,5; 1,5; 1,7)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach	(56,5; 58,7; 11,7)	(52,7; 58,8; 9,4)	(3,8; 0,1; 2,3)	(53,3; 56,7; 9,8)	(3,2; 2,0; 1,9)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i obiekcie pośrednim	(66,2; 35,9; 59,6)	(66,1; 37,5; 58,2)	(0,1; 1,6; 1,4)	(63,4; 40,2; 57,9)	(2,8; 4,3; 1,7)
Dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach i skośnym suficie	(57,5; 61,6; 66,8)	(54,8; 64,6; 63,7)	(2,7; 3,0; 3,1)	(56,1; 61,9; 61,6)	(1,4; 0,3; 5,2)
*wszystkie dane podawane są w centymetrach					

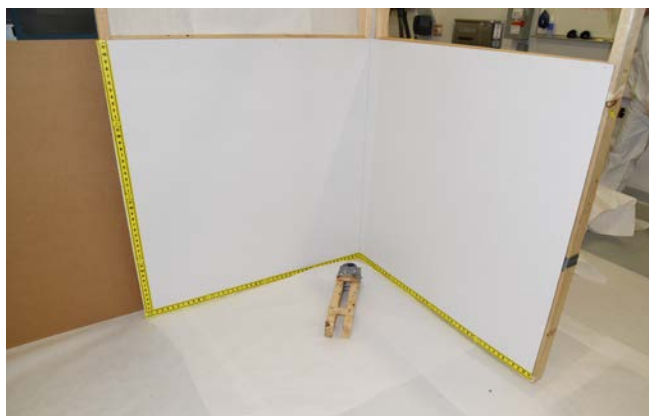
Ocena powtarzalności

Druga część walidacji polegała na opracowaniu dodatkowego wzorca uderzeniowego, który został przeanalizowany przez różnych analityków wykorzystujących oprogramowanie Map360. Autor tego artykułu był zaangażowany w tworzenie wzorca na tym etapie walidacji.

Tworzenie wzorca

Wygenerowano jeden wzorec podczas oceny powtarzalności. Ten wzorec był dwustronnym wzorcem umieszczonym na dwóch prostopadłych ścianach. Podobnie jak w pierwszej części walidacji, wykorzystany cel został zbudowany przy użyciu drewnianej ramy i białej tekstury.

Powierzchnia uderzeniowa została ustawiona w rogu obszaru docelowego (patrz rys. 5), a na powierzchni uderzeniowej umieszczono około 2 mililitry defibrykowanej krwi owczej. Podobnie jak w pierwszej części walidacji, do pomiaru położenia źródła krwi wykorzystano ręczny dalmierz laserowy. Płynna krew została raz uderzona gładką powierzchnią plastikowego młotka przez członka zespołu tworzącego wzorec.



Rysunek 5: Stanowisko zawierające powierzchnię uderzeniową, na której utworzono dwustronny wzór na dwóch prostopadłych ścianach w celu oceny odtwarzalności.

Gromadzenie danych

Wygenerowane wzorce uderzeniowe zostały udokumentowane fotograficznie i za pomocą skanowania laserowego 3D. Autor zbadał i udokumentował cel przy użyciu tej samej metodologii, którą zastosowano w pierwszej części walidacji. Skaner laserowy RTC360 został wykorzystany do pozyskania chmury punktów o rozdzielczości 3 mm @ 10 metrów, gdy skaner znajdował się w odległości około 1–2 metrów od celu. Cel został zeskanowany z powierzchnią uderzeniową na miejscu.

Powierzchnia uderzeniowa i podłoga zostały usunięte przez autora z chmury punktów. Edytowany zbiór danych został opublikowany i dostarczony do analizy zewnętrznym analitykom wraz ze zdjęciami wzorca. Powierzchnia uderzeniowa i podłoga nie zostały usunięte z chmury punktów wykorzystywanej przez analityków w agencji autora.

Analiza danych

Dane zostały przeanalizowane z wykorzystaniem oprogramowania Map360 przez piętnastu analityków (w tym autora). Analitycy wybrali plamy we wzorcu według własnego uznania i zostali poinstruowani, aby wykorzystać oprogramowanie do analizy plamy krwi, jak opisano powyżej.

Wyniki

Uczestnicy oceny odtwarzalności zostali poinstruowani, aby wybrać układ współrzędnych tak, aby kierunek X odwzorowywał położenie poziome (od lewej do prawej), kierunek Y odwzorowywał kierunek pionowy (w górę od podłogi), a kierunek Z odwzorowywał odległość na zewnątrz (przed) ściany. Wyniki tej fazy walidacji znajdują się w tabeli 4.

Tabela 4: Wyniki oceny powtarzalności		
Znany obszar pochodzenia (punkt odniesienia) (19,1; 11,5; 19,5)		
Analityk	Obliczony obszar pochodzenia	Błąd bezwzględny
Autor**	(20,6; 11,2; 20,3)	(1,5; 0,2; 0,8)
Wewnętrzny analityk 1*	(19,6; 12,0; 20,8)	(0,5; 0,5; 1,3)
Wewnętrzny analityk 2*	(20,5; 11,2; 19,8)	(1,4; 0,3; 0,3)
Wewnętrzny analityk 3**	(21,4; 9,0; 19,9)	(2,3; 2,5; 0,4)
Wewnętrzny analityk 4*	(20,3; 8,2; 19,1)	(1,2; 3,3; 0,4)
Wewnętrzny analityk 5*	(19,7; 10,2; 20,9)	(0,6; 1,3; 1,4)
Wewnętrzny analityk 6*	(21,2; 8,9; 20,7)	(2,1; 2,6; 1,2)
Wewnętrzny analityk 7*	(19,7; 8,6; 17,9)	(0,6; 2,9; 1,6)
Wewnętrzny analityk 8**	(19,6; 7,7; 19,3)	(0,5; 3,8; 0,2)
Wewnętrzny analityk 9**	(20,1; 12,3; 20,7)	(1,0; 0,8; 1,2)
Zewnętrzny analityk 1**	(19,0; 9,3; 17,6)	(0,1; 2,2; 1,9)
Zewnętrzny analityk 2**	(17,5; 11,4; 17,0)	(1,6; 0,1; 2,5)
Zewnętrzny analityk 3**	(22,1; 11,2; 19,4)	(3,0; 0,3; 0,1)
Zewnętrzny analityk 4*	(20,0; 10,1; 19,3)	(0,9; 1,4; 0,2)
Zewnętrzny analityk 5**	(20,3; 11,8; 18,8)	(1,2; 0,3; 0,7)
*wskazuje ukończenie podstawowego szkolenia w zakresie analizy wzorców plam krwi		
**wskazuje ukończenie zaawansowanego szkolenia w zakresie analizy wzorców plam krwi		
Wszystkie dane podawane są w centymetrach		

Obliczone obszary pochodzenia były ogólnie dokładne w sobą. Zakres obliczonych wyników znajduje się w tabeli 5. odniesieniu do znanego obszaru pochodzenia i zgodnie ze

Tabela pięta: Zakres obliczonych wyników		
	Największa obliczona wartość	Najmniejsza obliczona wartość
X (w poziomie)	22,1 cm	17,5 cm
Y (w pionie)	12,3 cm	7,7 cm
Z (od ściany)	20,9 cm	17,0 cm
*wszystkie dane podawane są w centymetrach		

Raport generowany przez oprogramowanie Map360 zawiera również obliczone komputerowo odchylenie standardowe, miarę rozproszenia zbioru danych, na osiach

X, Y i Z. Odchylenia standardowe dla każdego analityka zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6: Ocena powtarzalności - wyniki odchylenia standardowego	
Analityk	Obliczone odchylenie standardowe
Autor**	(1,11; 1,67; 0,78)
Wewnętrzny analityk 1*	(1,04; 1,21; 0,46)
Wewnętrzny analityk 2*	(1,52; 1,24; 0,66)
Wewnętrzny analityk 3**	(1,49; 1,55; 0,74)
Wewnętrzny analityk 4*	(1,43; 1,35; 0,56)
Wewnętrzny analityk 5*	(1,32; 1,47; 1,03)
Wewnętrzny analityk 6*	(1,45; 1,38; 1,10)
Wewnętrzny analityk 7*	(1,80; 1,13; 0,45)
Wewnętrzny analityk 8**	(1,72; 1,72; 0,90)
Wewnętrzny analityk 9**	(1,34; 1,15; 1,22)
Zewnętrzny analityk 1**	(1,72; 1,56; 1,08)
Zewnętrzny analityk 2**	(2,05; 2,06; 0,59)
Zewnętrzny analityk 3**	(1,19; 1,06; 0,93)
Zewnętrzny analityk 4*	(1,36; 1,02; 0,62)
Zewnętrzny analityk 5**	(2,20; 1,37; 0,74)
*wskazuje ukończenie podstawowego szkolenia w zakresie analizy wzorów plam krwi	
**wskazuje ukończenie zaawansowanego szkolenia w zakresie analizy wzorów plam krwi	
Wszystkie dane podawane w centymetrach	

Dyskusja

W celu ilościowego określenia poziomu błędu w tym badaniu, wybrano pojedynczy punkt (punkt odniesienia) w znanym obszarze pochodzenia (źródło ciekłej krwi), który będzie miarą, na podstawie której ocenione zostaną obliczone wyniki. Ten punkt odniesienia jest uważany za znany obszar pochodzenia, należy jednak zauważyć przy rozważaniu błędu, że prawdziwy obszar pochodzenia nie jest pojedynczym punktem i nie może być dokładnie oceniany jako taki.

Nie ma akceptowanego poziomu błędu przy rozważaniu obliczeń obszaru pochodzenia. Analiza wzorca plamy krwi nie ma na celu określenia konkretnego położenia punktu, z którego pochodzi krew, ale określenie ogólnego położenia¹. Większość analityków stosuje ogólny deskryptor wielkości zamiast dokładnego pomiaru ilościowego. Bevel i Gardner polecają 30,5 cm² jako odpowiedni zakres dla akceptowalnych wyników, a później zmienili ten zakres, aby „znajdował się pomiędzy wielkością piłki tenisowej a piłką nożną”.³ Biorąc to pod

uwagę, obliczony błąd mieści się zatem w standardach branżowych. Ponadto stwierdzono, że błąd i obliczone obszary pochodzenia podczas porównywania danych z oprogramowania Map360 i HemoSpot podczas pierwszej części walidacji były ogólnie podobne.

Podczas pierwszej części walidacji autor dwukrotnie przeanalizował wzorce, wykorzystując oprogramowanie Map360. Zaobserwowano różnice w wynikach (patrz tabela 3) między pierwszą a drugą iteracją. Istnieje kilka przyczyn tych zmian, z których najważniejszą jest wybór plamy. Podczas każdej analizy użyto różnych plam, które uwzględniałyby różnice w obliczonym obszarze pochodzenia. Ponadto autor zyskał większe doświadczenie z pracą w oprogramowaniu i miał większe doświadczenie podczas drugiej analizy. Różnica w obliczonych wynikach między iteracjami wynosiła od 0,4 cm do 7,7 cm, a średnia różnica wynosiła 2,4 cm.

Ogólnie wyniki są zgodne z oczekiwaniami. Najwyższe błędy zaobserwowano w obliczeniach dotyczących kierunku pionowego. Bez względu na zastosowaną technikę, analitycy nie są w stanie dokładnie odtworzyć

¹ Kish, P. Advanced Bloodstain Pattern Analysis Course Laboratory Manual, p12

² Bevel, T.; Gardner, R. M. Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction, 2nd ed.; p 190

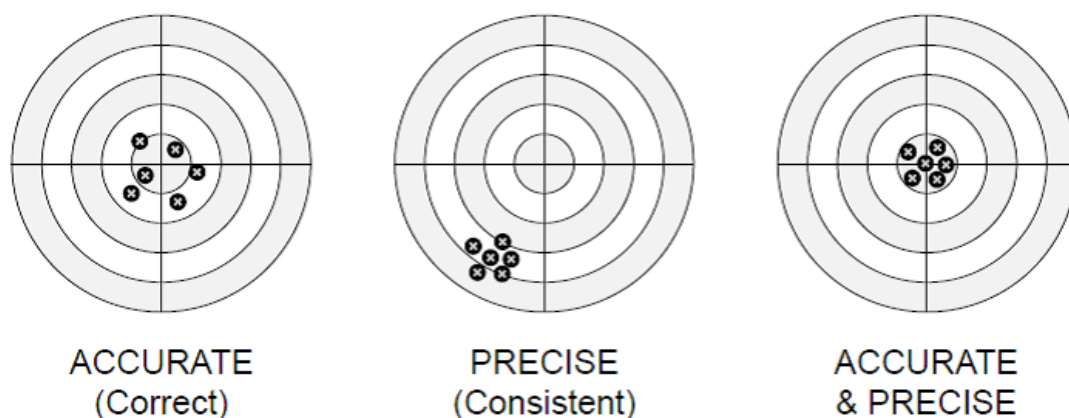
³ Bevel, T.; Gardner, R. M. Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction, 3rd ed.; p 191.

rzeczywistych ścieżek lotu dla każdej pojedynczej kropli we wzorcu uderzeniowym. Ogólnie przyjmuje się, że obliczona wysokość odwzorowuje górną granicę rzeczywistej wysokości znanego źródła krwi dzięki wykorzystaniu założeń dotyczących linii prostych⁴ użytych podczas obliczeń. Ze względu na wpływ grawitacji i oporu powietrza, prawdziwa ścieżka lotu kropli krwi jest paraboliczna; tradycyjne obliczenia i praca w oprogramowaniu Map360 BPA przedstawiają tę ścieżkę lotu jako linię prostą. Jak zauważa Alfred Carter, „uzasadnione jest założenie, że punkt zbieżności znajduje się gdzieś powyżej źródła, a zatem może być stosowany jako górna granica wysokości źródła”.⁵

Co ciekawe, większość analityków (80% uczestników) w fazie analizy odtwarzalności obliczyła punkt znajdujący się niżej niż znana wysokość źródła krwi. Istnieje kilka możliwych przyczyn tego obliczenia. Po pierwsze, użytkownikami, którzy brali udział w części dotyczącej walidacji odtwarzalności, po raz pierwszy (z wyjątkiem autora) korzystali z oprogramowania i tym samym byli niedoświadczeni. Po drugie, ponad połowa analityków, którzy wygenerowali obliczenia w kierunku pionowym na wysokości niższej niż znana wysokość źródła krwi, byli początkującymi analitykami wzorców plam krwi, którzy nie ukończyli zaawansowanego szkolenia i nie wykonywali

analityków do ich odpowiednich zestawów danych miało pewien wpływ na obliczenie wysokości niższej niż oczekiwano. Po piąte, możliwe jest dopasowanie obrazu tak, że obrazy zostały umieszczone nieco niżej w chmurze punktów niż ich rzeczywista wysokość lub źródło zdefiniowane przez użytkownika zostało umieszczone nieco powyżej rzeczywistej powierzchni podłogi. Bez względu na przyczyny odchylenia, analitycy powinni zrozumieć, że obliczenia wysokości generowane przez oprogramowanie mogą nie odwzorowywać możliwej górnej granicy prawdziwej wysokości, w przeciwieństwie do wyników obliczanych ręcznie.

Odchylenia standardowe obliczone i uwzględnione w raporcie dotyczącym analizy wzorca plam krwi odzwierciedlają zakres wartości w zbiorze danych. Obliczone wartości w odniesieniu do obliczonych odchyłeń standardowych były na ogół bardzo niskie. Analityk powinien zachować ostrożność podczas interpretacji danych przedstawionych w raporcie dotyczącym plam krwi i zrozumieć, że odchylenie standardowe jest miarą precyzji, a nie dokładności. Precyzja ocenia, jak blisko względem siebie znajdują się mierzone wartości, a dokładność odzwierciedla, jak blisko znajduje się mierzona wartość od wartości rzeczywistej (patrz rysunek 6).



Rysunek 6: Wizualne porównanie dokładności z precyzją.

aktywnie zadań w analizie wzorców plam krwi. Po trzecie, analitycy mogą ustawić zdefiniowany przez użytkownika kąt gamma (kąt kierunkowy między podłużną osią plamy z odprysków a zdefiniowaną linią odniesienia na powierzchni docelowej⁶) dla wybranych plam w sposób taki, że trajektorie poszczególnych plam wskazywały niższy niż dokładny punkt początkowy. Po czwarte, prawdopodobne jest, że włączenie wartości odstających przez niektórych

Wygenerowany raport zawiera wartości „min.” i „maks.” dla osi X, Y i Z. Analitycy powinni zdawać sobie sprawę, że liczba ta reprezentuje jedno odchylenie standardowe powyżej („maks.”) i poniżej („min.”) obliczonego obszaru pochodzenia. Biuro tego autora wykorzystuje dwa odchylenia standardowe dla obliczonego obszaru podczas raportowania wyników. Każde biuro powinno opracować własne standardy wewnętrzne dotyczące wykorzystania

⁴ James, S., Kish, P., Sutton, T.P Principles of Bloodstain Pattern Analysis: Theory and Practice; p 243-244

⁵ James, S. Scientific and Legal Applications of Bloodstain Pattern Interpretation, p 18

⁶ Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorów plam krwi". Wyd. 1

tych danych i prezentacji wyników.

Analitycy wybierają punkty w zbiorze danych, przeglądając i wybierając punkty na dopasowanych obrazach. Bardzo ważne jest, aby skany, a także fotografie były akceptowalne i odpowiednie do analizy. Analitycy powinni wykorzystywać skany o najwyższej rozdzielczości, a także w miarę możliwości minimalizować odległość skanera od powierzchni docelowej. Ponadto, jeśli drukowane tarcze są wykorzystywane do wspomagania dopasowania i skalowania fotografii, zamiast drukarki atramentowej należy użyć drukarki laserowej, ponieważ obiekty drukowane za pomocą drukarki laserowej są lepiej skanowane przez skaner. Zdjęcia, które zostaną wykorzystane do analizy należy wykonywać przy użyciu standardowych technik fotografii kryminalistycznej. Najlepsze zdjęcia do analizy to te, które nie nakładają się, mają akceptowalną rozdzielczość poszczególnych plam i które zawierają punkty umożliwiające dopasowanie całego obrazu.

Bardzo ważne jest, aby użytkownicy rozumieli, że praca z plamami krwi w programowaniu Map360 nie zastępuje szkolenia i to oprogramowanie powinno być wykorzystywane wyłącznie przez wykwalifikowanych i kompetentnych analityków plam krwi.

Podsumowanie

Praca z wzorcami plam krwi w Leica Map360 umożliwia wiarygodne obliczenie obszaru pochodzenia. Jest to użyteczna i rozsądna alternatywa dla tradycyjnych obliczeń ręcznych wykorzystywanych przez analityków wzorów plam krwi i oferuje przewagę nad istniejącym oprogramowaniem wykorzystywanym do analizy wzorców plam krwi, ponieważ zapewnia dodatkową korzyść z wizualizacji obszaru pochodzenia w trójwymiarowym renderowanym miejscu zdarzenia. Analityk może łatwo przeglądać wyniki pod różnymi kątami.

Podziękowania

Autor pragnie podziękować kryminalistkom z biura szeryfa oraz zewnętrznym analitykom, którzy brali udział w badaniu dotyczący powtarzalności za ich wkład w powstanie niniejszego opracowania. W szczególności autor chciałby podziękować Jeremy Morrisowi z biura kryminalistyki hrabstwa Johnson za pomoc i wskazówki.

Bibliografia

1. *Terminologia i definicje użyte w materiale "Analiza wzorców plam krwi"*. 1st ed., AAFS Standard Board, 2017, 00 1-4, *Terms and Definition in Bloodstain Pattern Analysis*.
2. Bevel, T.; Gardner, R. M. *Bloodstain Pattern Analysis: With an Introduction to Crime Scene Reconstruction*, 2nd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, 2002; p 190
3. Bevel, T.; Gardner, R. M.; *Bloodstain Pattern Analysis: with an Introduction to Crime Scene Reconstruction*, 3rd ed., CRC Press, 2008, pp.165-197.
4. James, S., Kish, P., Sutton, P. *Principles of Bloodstain Pattern Analysis*, CRC Press, 2005, pp 241-261
5. James, S. *Scientific and Legal Applications of Bloodstain Pattern Interpretation*, CRC Press, 1999, p 18
6. Kish, P. *Advanced Bloodstain Pattern Analysis Course Laboratory Manual*, 2011, p 12

Notki biograficzne autora:

Amy Santoro jest starszym kryminologiem w wydziale dochodzeniowym w biurze kryminalistyki hrabstwa Johnson w Olathe, Kansas. Od ponad dekady pracuje w dziedzinie analizy wzorców plam krwi i jest wykwalifikowanym analitykiem wzorców plam krwi.

Leica Geosystems – when it has to be right

Od niemal 200 lat Leica Geosystems należąca do grupy Hexagon zmienia świat pomiarów i geodezji, opracowuje kompletne rozwiązania dla profesjonalistów. Leica Geosystems jest znana z projektowania produktów klasy premium i innowacyjnych rozwiązań. Specjaliści w różnych branżach, takich jak lotnictwo, obronność, ochrona i bezpieczeństwo, budownictwo oraz produkcja ufają produktom Leica Geosystems. Dzięki dokładnym i precyzyjnym instrumentom, zaawansowanemu oprogramowaniu i wysokiej jakości usługom, Leica Geosystems każdego dnia dostarcza wartość specjalistom kształtującym przyszłość naszego świata.

Hexagon to światowy lider w dziedzinie sensorów, oprogramowania i rozwiązań autonomicznych. Wykorzystujemy dane w celu zwiększenia wydajności, produktywności i dokładności w zastosowaniach przemysłowych, produkcyjnych, infrastrukturalnych, bezpieczeństwie i mobilności.

Nasze technologie kształtują miejskie i przemysłowe ekosystemy, aby stawały się coraz bardziej powiązane i autonomiczne – zapewniając skalowalną, zrównoważoną przyszłość.

Hexagon (indeks Nasdaq na giełdzie w Sztokholmie: HEXA B) zatrudnia około 20 000 pracowników w 50 krajach, a sprzedaż netto wynosi około 3,8 miliarda EUR. Dowiedz się więcej na hexagon.com i śledź nas @HexagonAB



Copyright Leica Geosystems Sp. z o.o., Warszawa, Polska. Wszystkie prawa zastrzeżone. Wydrukowano w Polsce – 2019. Leica Geosystems Sp. z o.o. należy do grupy Hexagon AB. 915663pl – 01.20

Leica Geosystems Sp. z o.o.

ul. Przasnyska 6b
01-756 Warszawa, Polska
Tel.: +48 22 350 59 00
Fax: +48 22 350 59 01

- when it has to be **right**

