

Leica ScanStation

Techniczny opis produktu



Lipiec 2015

Dr Gregory Walsh
Leica Geosystems AG
Heerbrugg, Szwajcaria



- when it has to be **right**



Technologia HDR w skanerach Leica ScanStation z serii P

Dr Gregory Walsh

1. Podsumowanie

W przypadku skanerów laserowych Leica Geosystems z serii P, tryb HDR (High Dynamic Range) jest obsługiwany zarówno przez skanery jak i oprogramowanie do przetwarzania chmur punktów Leica Cyclone. Opracowanie zobrażeń HDR przez instrumenty wymaga gromadzenia dodatkowych zdjęć, a w przypadku oprogramowania, wprowadzenia dodatkowego etapu "mapowania tonów" w celu wyraźnego wyświetlenia obrazu. Algorytmy mapowania tonów, oprócz dodatkowych informacji o obrazie, wykorzystują także fabryczną kalibrację skanera wraz z danymi chmur punktów zgromadzonymi na stanowisku, aby poprawnie i automatycznie łączyć wszystkie zdjęcia. Tryb HDR poza ulepszonymi metodami gromadzenia danych przez instrument, wprowadza także nowe podejście w zakresie obsługi obrazów w Leica Cyclone.



2. Zobrazowania HDR

Pojęcie HDR (High Dynamic Range) (patrz [1], Podsumowanie) pojawiło się już na początku istnienia fotografii, ponad wiek temu. Pionierzy fotografii zmagali się z ograniczonym zakresem ekspozycji lub współczynnikiem kontrastu swoich aparatów, dlatego opracowane zostały techniki łączenia dwóch lub więcej zdjęć, niedoświetlonych lub prześwietlonych, w jedno zdjęcie (rysunek 2). Te techniki, niegdyś bardzo czasochłonne, umożliwiły osiągnięcie wyraźnego i kontrastowego obrazu.



Rysunek 1: Panorama HDR pozyskana przez skaner Leica Scanstation P40, odwzorowanie równoprostokątne.

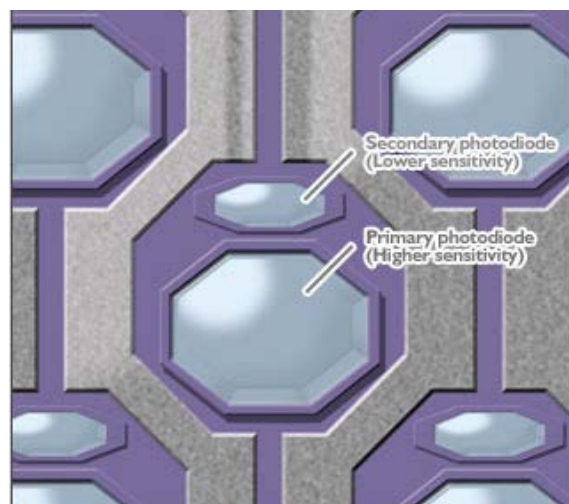
Chociaż metody wykonywania zdjęć ewoluowały, podstawowa koncepcja pozostała niezmienną przez dziesięciolecia - nawet dzisiaj. Fotografia HDR prawie bez wyjątku polega na wykonaniu wielu prześwietlonych i niedoświetlanych zdjęć, a następnie ich łączeniu. Sensory specjalistycznych aparatów HDR pozyskują dwa różne obrazy, które są później łączone (rysunek 3). Istnieje wiele technik do gromadzenia informacji HDR, przykładowo niektóre sensory cyfrowe charakteryzują się wystarczająco wysokim stosunkiem sygnału do szumu, dzięki czemu pojedyncze zdjęcie może wyglądać bardzo realistycznie. Skanery z serii P umożliwiają pozyskiwanie wielu obrazów o niskim zakresie dynamicznym i późniejsze ich łączenie.

Bez względu na to, w jaki sposób wykonywane są obrazy o wysokim zakresie dynamicznym, to urządzenia do wyświetlania obrazu, takie jak ekrany komputerów, zwykle nie odwzorowują zakresów czerni lub bieli spotykanych w naturze, które są rejestrowane przez ludzkie oko. Z tego powodu, integracja technologii HDR ze skanerami umożliwia nie tylko wykonywanie lepszych zdjęć, ale także ulepsza dostosowanie szerokiego zakresu natężenia do możliwości wyświetlania oferowanych przez urządzenie. Proces przekształcania zdjęć HDR w takie, które mogą być wyświetlane na ekranach o niskim zakresie dynamicznym, jest nazywany mapowaniem tonów. W związku z tym, że dzisiejsze monitory wyświetlają obraz w zakresie do 24 bitów na piksel kolorów (8 bitów na kanał koloru) lub mniej, oprogramowanie Leica Cyclone zostało wyposażone w domyślny algorytm do mapowania tonów.

Obrazy HDR ze skanerów były wykorzystywane w różnych formach przez Klientów co najmniej od 2009 r. [4] Technicznie rzecz biorąc, zdjęcia sfery widocznej przez skaner Leica ScanStation, wykonane począwszy od modelu HDS3000 z 2004 roku, są zdjęciami HDR, ponieważ składają się z wielu obrazów o zmiennej ekspozycji częściowo nakładających się na siebie. Różne metody wyświetlania wysokokontrastowych obrazów (mapowanie tonów w różnych formach) w Leica Cyclone, zostały wprowadzone w ostatnich latach. Przykładowo funkcja do łączenia wielu obrazów dostępna od 2012, która wygładza łączenia między obrazami. Jednakże skanery serii P są pierwszymi, które oferują tryb HDR zintegrowany z procesem łączenia obrazów i mapowania tonów w Cyclone, co ma na celu zmniejszenie efektu halo na zobrazowaniach HDR.



Rysunek 2: Le Gray, Grande Vague, Sète, 1857 - pierwsze zdjęcie w technice HDR.

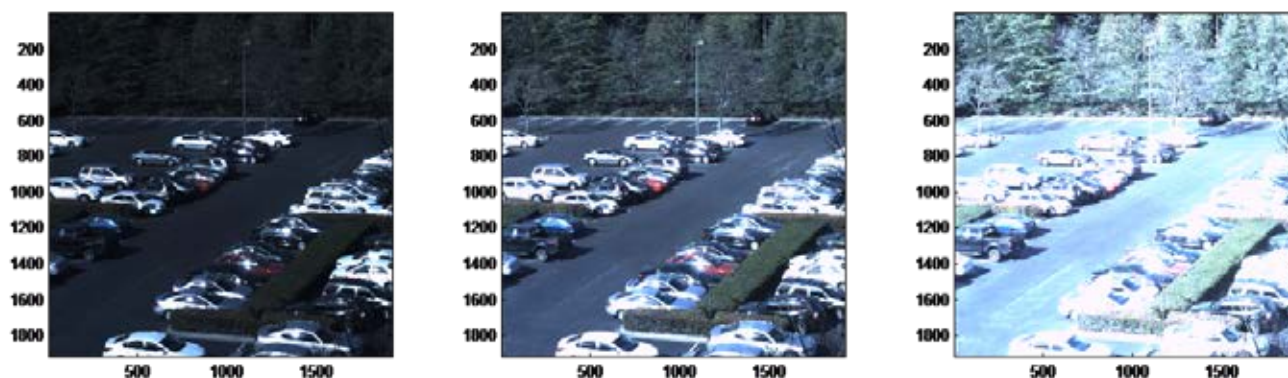


Rysunek 3: Przykład obrazu HDR: Sensor HDR Fuji SuperCCD [3].

3. Technologia HDR zintegrowana ze skanerami laserowymi Leica ScanStation z serii P

Skanery z serii P wyposażone są w fabrycznie skalibrowaną kamerę wewnętrzną, która jest wykorzystywana do wykonywania obrazów HDR. Kalibracja fabryczna określa zarówno jak kamera jest zamontowana w skanerze oraz właściwości obiektywu w granicach niepewności matrycy Bayera. Wewnętrzna kamera wbudowana w skaner, jak wiele kolorowych aparatów fotograficznych, składa się z macierzy powtarzających się bloków pojedynczych detektorów różnych kolorów. Skaner posiada detektory różnych kolorów o wymiarach 2x2 pikseli określanych mianem matrycy Bayera; służą one do określania niepewności docelowej kalibracji kamery. W celu spełnienia standardów wydajności i dokładności, każdy skaner, kamera lub obiektyw wytwarzany przez Leica Geosystems jest kalibrowany indywidualnie.

Po zakończeniu kalibracji, parametry te są przechowywane w pamięci instrumentu i są wykorzystywane przez instrument oraz oprogramowanie Leica Cyclone do prawidłowego zlokalizowania pikseli na obrazie w odniesieniu do pozyskanych chmur punktów.



Rysunek 4: Zbiór kilku obrazów wykonanych przez skaner Leica ScanStation.

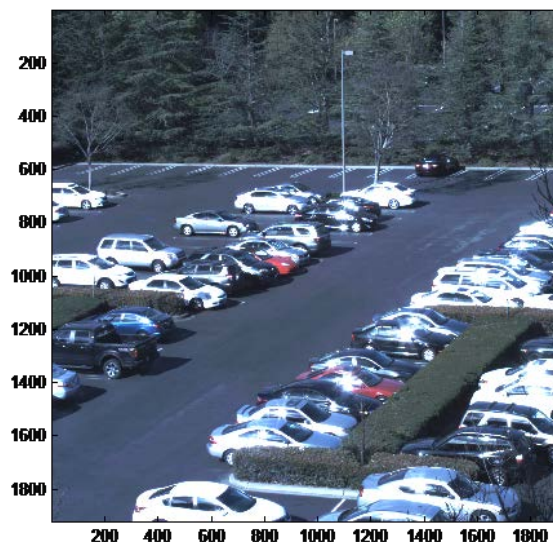
Fotografia HDR polega na wykonaniu wielu zdjęć o różnej ekspozycji i połączeniu ich w jedno zdjęcie o większym zakresie dynamicznym - umożliwia to uchwycenie szczegółów na jasnych i ciemnych obszarach. Im więcej wykonanych zdjęć, tym większy pozyskany zakres dynamiczny, ale wraz ze wzrostem ilości zdjęć zwiększa się czas ich wykonania. Tryb HDR wykorzystywany w skanerach z serii P oferuje wyważony kompromis między czasem wykonania i wynikowym zakresem dynamicznym zdjęć, przetestowany podczas wielu scenariuszy skanowania.

Jak widać na rysunku 4, sposób wykonywania zdjęć HDR przez skaner jest podobny do wykonywania zdjęć HDR przez standardowy aparat cyfrowy z kilkoma ważnymi wyjątkami - po pierwsze, gromadzenie obrazów HDR przez skaner wiąże się nie tylko z wykonaniem kilku zdjęć o różnej ekspozycji jednego kadru, wspólna cecha fotografii HDR, ale

także gromadzeniu wielu tak powiązanych zdjęć, gdzie każda z kombinacji jest skierowana w różnych kierunkach, lub łączona. Łączenie obrazów wykorzystywane w przypadku fotografii panoramicznych zwykle nie jest wykonywane z uwzględnieniem odpowiedniej dokładności, w przeciwieństwie do skanerów Leica z serii P. Piksele nie powinny być przemieszczane, aby obraz wyglądał dobrze - łączenie musi uwzględniać możliwość wykonywania pomiarów i zostać odpowiednio przeprowadzone.

Ponieważ skanery serii P są przede wszystkim instrumentami geodezyjnymi, kamera wewnętrzna została zaprojektowana do wspierania pomiarów tarcz znajdujących się w znacznej odległości od skanera. Orientacja pomiarów jest możliwa dzięki fabrycznej kalibracji - Użytkownik musi być w stanie precyzyjnie wskazać na ekranie cel znajdujący się w odległości 100 metrów od urządzenia. Konsekwencją jest to, że pole widzenia kamery jest stosunkowo niewielkie, w połączeniu z wysoką rozdzielczością zdjęcia. To oznacza, że do sfotografowania całej sfery potrzeba wykonać 260 zdjęć. W trybie HDR, liczba zdjęć jest mnożona. Z tym wyzwaniem skaner radzi sobie dzięki łączeniu zdjęć o różnej ekspozycji podczas procesu ich pozyskiwania.

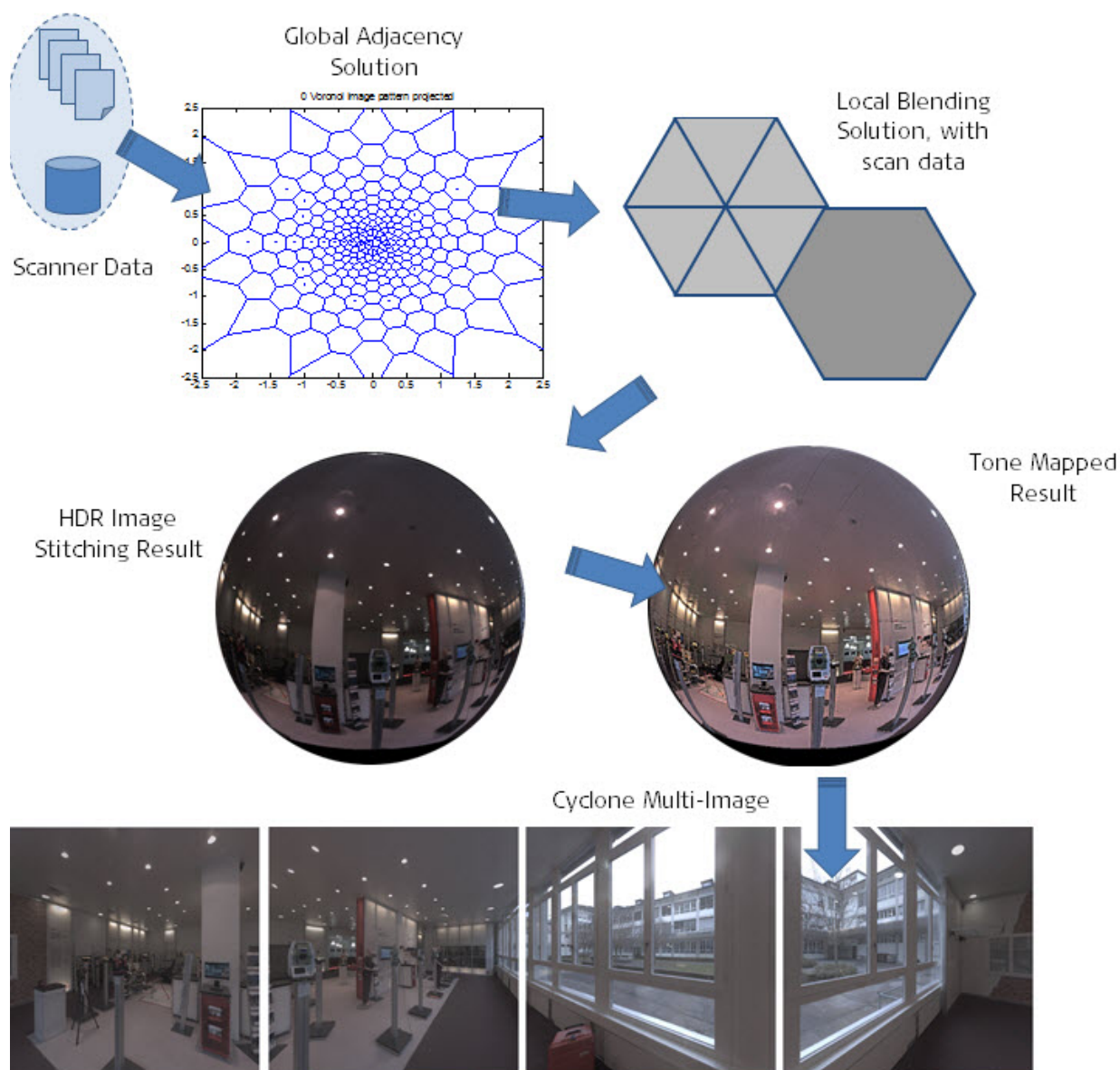
Liczba zdjęć zapisanych przez skaner pozostaje taka sama podczas fotografowania pełnej sfery lub wykonywania zdjęć HDR. Po włączeniu trybu HDR na skanerze z serii P, skaner wykona wiele zdjęć i te zdjęcia zostaną połączone i zapisane w pamięci skanera w formacie JPEG XR, lub rozszerzonym formacie JPEG. Format ten, dostarczany przez Microsoft i dostępny w najnowszych wersjach systemu Windows, zachowuje informacje o wysokim zakresie dynamicznym w plikach o rozmiarach porównywalnych do standardowych plików JPEG. Rozważano wiele formatów obrazów HDR dla skanerów z serii P, ale JXR wydaje się być najlepszym formatem łączącym rozsądne rozmiary pliku i wierność oddawania szczegółów. Stąd wynikowy zbiór obrazów po zeskanowaniu pełnej sfery liczy 260 zdjęć w formacie JXR; zeskanowanie pełnej sfery w normalnym trybie dostarcza również 260 zdjęć, ale w formacie JPEG.



Rysunek 5: Obraz HDR w formacie Microsoft® HD, oznaczony rozszerzeniem JXR. Obraz został liniowo zmapowany tonowo w celu wyświetlenia go na rysunku.

4. Zobrazowania HDR w Leica Cyclone

Z punktu widzenia importu, zwykłe zbiory zdjęć i zbiory zdjęć HDR są bardzo podobne. Obrazy JXR znajdują się w katalogu zamiast zdjęć JPEG. Leica Cyclone konwertuje wszystkie obrazy do HDR, a następnie stosuje algorytm mapowania tonów do opracowania panoramy. To dodatkowe przetwarzanie obejmuje łączenie obrazów i wymaga wykorzystania danych pochodzących ze skanowania laserowego i kilku dodatkowych minut podczas importu. Rezultatem jest sześcian obrazów nałożony na chmurę punktów. Poszczególne etapy procesu przedstawiono na rysunku 6.



Rysunek 6: Import zdjęć do Leica Cyclone wykonanych w salonie Leica Geosystems, jako przykład obrazów pozyskanych w domyślnej rozdzielczości. Dostępne są także zmapowane tonowo obrazy w wysokiej rozdzielczości (96 megapikseli).

Bez danych ze skanowania, oprogramowanie Leica Cyclone skonwertuje obrazy JXR na obrazy JPG i przetworzy obrazy, tak jak zwykłe zdjęcia o niskim zakresie dynamicznym, czego rezultatem będzie normalny multiobraz składający się z 260 mniejszych obrazów. Obraz o niskim zakresie dynamicznym może zostać wybrany w Cyclone, nawet gdy dane chmur punktów zostały pozyskane podczas importu. Ustawienia oferują także możliwość zwiększenia rozdzielczości sześciennu multiobrazu HDR, co będzie mieć wpływ na czas importu.

Podczas importu obrazów do Leica Cyclone, najpierw Cyclone oblicza względne położenie zdjęć składających się na zbiór obrazów przez odwzorowanie normalnego kierunku zdjęcia względem płaszczyzny za pomocą sfery Riemanna, korzystając z warunku, iż kamera nie może zostać skierowana w dół. Tworzony jest diagram Woronoja i rzutowany na sferę, tworząc trójkąty i krawędzie, które są wykorzystywane w procesie łączenia zdjęć z użyciem danych pozyskanych podczas skanowania.

Kalibracja fabryczna kamery i dane pozyskane podczas skanowania laserowego są wykorzystywane przez Leica Cyclone do złożenia obrazu panoramicznego i wpasowania go, ponieważ dzięki wykorzystaniu kamery wewnętrznej znamy z góry jej orientację i dystorsję obiektywu względem znanej niepewności, w przeciwieństwie do tradycyjnego składania obrazu panoramicznego. Dodatkową korzyścią jest wykorzystanie danych chmur punktów, co umożliwi prawidłowy wybór źródłowego obrazu zawierającego piksele do połączenia. W ten sposób, wpasowanie panoramy HDR na chmurę punktów jest wykonywane z fabryczną dokładnością pomiarową skanera.

Łączenie zdjęć, ich przenikanie i proces mapowania tonów zaimplementowane w Leica Cyclone 9 są niezbędne do pełnego wykorzystania obrazów HDR wykonanych przez skaner, ponieważ zastosowanie tylko mapowania tonów na każdym obrazie powoduje powstawanie brzydkich zdjęć - bardzo często duże jasne i ciemne plamy pojawiają się na połączonych zdjęciach, które mogą zostać prawidłowo zidentyfikowane tylko na czystym zbiorze obrazów. Z tego powodu, oprogramowanie Cyclone najpierw składa panoramę HDR zachowując dynamiczny zakres informacji uzyskanych na każdym obrazie i zapisuje panoramę w pamięci. Panorama HDR następnie jest odpowiednio mapowana tonowo, co pozwala uzyskać panoramę, którą można wyświetlić na ekranie.

5. Podsumowanie

Skanery Leica ScanStation z serii P współpracujące z oprogramowaniem Leica Cyclone 9 obsługują tryb pozyskiwania i przetwarzania obrazów HDR. Nowy tryb pracy wiąże się z wykonaniem kilku zdjęć tego samego obszaru i wpasowania chmury punktów na ten obszar. W trybie HDR zalecane jest skanowanie i fotografowanie wyłącznie pełnej sfery w średniej rozdzielczości. Oprogramowanie Cyclone w pełni obsługuje łączenie obrazów źródłowych HDR korzystając z danych pozyskanych podczas skanowania laserowego i mapowania tonów dzięki czemu mogą one zostać wyświetlone na monitorze komputera, a także wykorzystane do kolorowania chmur punktów.



Rysunek 7: Zmapowane tonowo zdjęcie budynku Atrium w San Ramon, Kalifornia. Biuro Leica Geosystems.

Niektóre kluczowe elementy do zapamiętania na temat zdjęć HDR pozyskiwanych przez skanery Leica ScanStation z serii P:

- (1) Wykonywanie zdjęć w trybie HDR trwa dłużej, ponieważ dodatkowe dane (zdjęcia) są pozyskiwane przez skaner i łączone w pamięci, aby zaoszczędzić miejsce na dysku i czas.
- (2) Zdjęcia HDR są przechowywane w rozszerzonym formacie JPEG, lub JXR w pamięci skanera.
- (3) W trybie HDR zalecane jest skanowanie i fotografowanie wyłącznie pełnej sfery.
- (4) Obrazy i skany pozyskiwane w średniej rozdzielczości dają dobre wyniki jakościowe.
- (5) Dostępna jest opcja importu zdjęć w wysokiej rozdzielczości, co umożliwia pozyskanie pełnej sfery sfotografowanej w rozdzielczości 96 MPx.
- (6) W związku z tym, że dane pozyskane podczas skanowania są wykorzystywane w procesie łączenia obrazów w Leica Cyclone, defekty powstałe podczas skanowania chmur punktów powodują defekty obrazu.
- (7) Proces łączenia obrazów w Leica Cyclone nie obejmuje wykrywania obiektów i ich dopasowania, jak ma to miejsce w większości pakietów do tworzenia obrazów panoramicznych, ponieważ wewnątrz i zewnętrzne parametry orientacji kamery są znane z góry, a poza tym dostępne są dane pozyskane podczas

skanowania, co skutkuje otrzymaniem obrazu z kontrolowaną niepewnością.

- [1] Richard Szeliski, 2010. Computer Vision: Algorithms and Applications (tekst w magazynie Computer Science) Wydanie 2011. Springer.
- [2] Współautorzy Wikipedii. "High dynamic range imaging." Wikipedia, wolna encyklopedia. Wikipedia, wolna encyklopedia, 4 lipca 2015. Internet. 13 lipca 2015.
- [3] Fuji Super CCD, Internet - 13 lipca 2015, <http://mydigitalcamera.us/fuji-super-ccd/>
- [4] Justin Barton, "Fotografia HDR: Digital Preservation Technologies", CyArk, Internet - 1 stycznia 2010, <http://www.cyark.org/education/hdr-photography>

Leica Geosystems – when it has to be right

Od niemal 200 lat Leica Geosystems 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.

Leica Geosystems jest marką należącą do grupy Hexagon, wiodącego dostawcy technologii do pozyskiwania informacji o otaczającym nas świecie. Dzięki dużemu naciskowi kładzionemu na rozwój technologii informacyjnych do pozyskiwania, pomiaru i wizualizacji danych, Hexagon Geosystems tworzy rozwiązania do opracowywania cyfrowych modeli świata.

Leica Geosystems należy do grupy Hexagon (Indeks Nasdaq w Sztokholmie: HEXA B; hexagon.com), to wiodący globalny dostawca technologii informacyjnych, które zwiększają dokładność i wydajność realizacji zadań geoprzestrzennych i prac w przemyśle.

Ilustracje, opisy i dane techniczne nie są wiążące. Wszystkie prawa zastrzeżone.
Drukowano w Polsce – Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Szwajcaria, 2015.
07.15 – INT