

Koło Naukowe Wektor, Politechnika Warszawska

Autorzy: Antoni Kukowski, Michał Wiktorzak, Maciej Wiśniewski, Jakub Senator, Aleksandra Śliwińska

Mapowanie terenu Wzgórza Trzech Szczytów w Warszawie w celu rozwoju łazika marsjańskiego

Temat łazików marsjańskich jest w przestrzeni medialnej szeroko znany. Coraz śmielej mówi się o planach kolonizacji i terraformacji Marsa. Wpierw jednak, zanim na Marsie stopę postawi człowiek, konieczne jest jak najdokładniejsze zbadanie powierzchni Czerwonej Planety. Ze względu na to, że obecna technologia i marsjańskie warunki nie pozwalają na przeprowadzanie krótkich misji i nie dają możliwości przebywania ludzi na Marsie choćby przez krótki czas, wygodniejszym i bezpieczniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie łazików. Łazik to specjalny pojazd-robot, który potrafi odnaleźć się w przestrzeni oraz jest wyposażony w najnowocześniejszą technologię, umożliwiającą zbieranie różnorodnych danych.

Można powiedzieć, że łazik przypomina większy, profesjonalny zdalnie sterowany samochodzik, z tą różnicą, że praktycznie niemożliwe jest kontrolowanie jego ruchów w czasie rzeczywistym. Instrukcje wysyłane do łazika docierają do niego – w najlepszym wypadku – po około 3 minutach. Jeśli pozycja Ziemi i Marsa jest mniej korzystna, czas ten może wydłużyć się nawet do 30 minut. Dlatego kluczowe jest, aby łazik potrafił zorientować się w swoim położeniu i samodzielnie wykrywać przeszkody.

Członkowie Studenckiego Koła Astronautycznego, działającego na Politechnice Warszawskiej, którzy budują własnego łazika marsjańskiego, testują go w różnych środowiskach, sprawdzając jego możliwości orientacji w terenie. Dla celów badawczych niezbędne było stworzenie precyzyjnego modelu terenu. W tym momencie do działania włącza się Koło Naukowe Wektor, również z Politechniki Warszawskiej, którego członkowie podjęli się wykonania takiego modelu.

Wybrany do opracowania teren to obszar znajdującego się w Warszawie Wzgórza Trzech Szczytów, szerzej znanego jako Górka Kazurka. Model objął około 5,5 ha zróżnicowanego terenu. Na zlecenie kolegów z SKA powstał precyzyjny trójwymiarowy model Wzgórza, umożliwiający optymalne planowanie tras przejazdu łazika.

Pomiar tak dużego obszaru o znacznym zróżnicowaniu terenu byłby trudny do przeprowadzenia w tradycyjny sposób. Geodeta musiałby spędzić na miejscu kilka tygodni, pomijając przy tym wiele szczegółów. Efekt takiej pracy nie spełniałby wymagań członków SKA. Dlatego, aby przyspieszyć proces i jednocześnie zachować wysoką jakość wyników, zdecydowano się na wykorzystanie skanera laserowego oraz

drona. Skanerem pomierzono obszar o powierzchni około 6000 m², a dron wykonał nalot, podczas którego zrobiono zdjęcia całego terenu.

Skaner laserowy to de facto bardzo szybki tachimetr – podstawowy geodezyjny instrument mierzący kąty i odległości do różnych obiektów. Na podobnej zasadzie działa skaner, jednak przewyższa tachimetr pod względem szybkości działania. Przy użyciu skanera jedna osoba może w ciągu kilku minut zebrać dane o milionach punktów, podczas gdy tachimetr pozwala na pomiar kilkudziesięciu punktów w tym samym czasie.

W projekcie skaner został wykorzystany do wykonania dokładniejszego pomiaru pumtracków znajdujących się na terenie Wzgórza. Podczas skanowania pojawił się jednak problem martwego pola, znajdującego się bezpośrednio pod skanerem. Martwe pole wynika z konstrukcji urządzenia i sposobu jego mocowania. Dodatkowym wyzwaniem było zróżnicowane ukształtowanie terenu pumtracku – ze względu na zmienne nachylenie i zakrzywione kształty ograniczające pole widzenia skanera. Aby dokładnie pokryć obszar pomiarami, konieczne było odpowiednie rozmieszczenie stanowisk skanowania.

Skanowanie fragmentu Wzgórza okazało się niewystarczające do celów projektu. Potrzebny był kompleksowy model całej Górkę Kazurki. W tym celu wykorzystano dron wyposażony w aparat fotograficzny oraz moduł RTK, pozwalający na określanie pozycji w czasie rzeczywistym. Wykonano 364 zdjęcia, które następnie poddano obróbce. Dysponując tak dużą liczbą zdjęć pokrywających cały obszar Wzgórza, możliwe było takie ich przetworzenie, w wyniku którego uzyskano bardzo dokładny model wysokościowy terenu.

Jak na podstawie kilkuset zdjęć można otrzymać szczegółowy model terenu? Fotogrametria, będąca częścią geodezji, zajmuje się pomiarami obiektów na podstawie ich zdjęć. Już dwa zdjęcia wystarczają, aby określić rozmiary obiektów z dużą dokładnością. Działa to na podobnej zasadzie, jak ludzkie oczy: patrząc na coś, widzimy przedmiot z dwóch różnych perspektyw, co umożliwia ocenę odległości. Komputer porównuje zdjęcia, identyfikując wspólne punkty, takie jak krawędzie budynków czy drzewa, i oblicza ich położenie.

Jak widać, istnieje wiele metod przenoszenia krajobrazu z rzeczywistości na model cyfrowy. Każda z nich ma swoje wady i zalety, wynikające zarówno z ograniczeń sprzętowych (np. rozdzielczości kamery czy zasięgu i dokładności lasera), jak i z przeszkód terenowych (gęste korony drzew, zarośla) czy formalnych (np. konieczność uzyskania zezwoleń na loty dronem). Kluczowe jest, aby umiejętnie wykorzystać mocne strony każdej technologii i połączyć je w spójny system. W tym procesie pomagają matematyka, geodezja, a także satelitarna technologia pozycjonowania.

Dron, jak już wcześniej wspomniano, był wyposażony w moduł RTK (Real Time Kinematic). Dzięki temu każda wykonana fotografia miała przypisaną geolokalizację, czyli współrzędne pozycji aparatu w momencie wykonywania zdjęcia. Te współrzędne

znajdowały się w globalnym układzie odniesienia WGS 84, co umożliwiło ich dokładne umiejscowienie na mapie Ziemi. Dane te można łatwo przeliczać na inne układy odniesienia, takie jak państwowy układ PL-2000. Aby chmura punktów uzyskana w procesie fotogrametrii mogła zostać właściwie zorientowana w układzie PL-2000, zastosowano charakterystyczne czarno-białe płachty. Algorytmy oprogramowania rozpoznają te płachty na zdjęciach, a dzięki ich wcześniej pomierzonym współrzędnym można precyzyjnie zorientować całą chmurę punktów. Dokładne opracowanie wyników pozwoliło na stworzenie cyfrowego modelu terenu o rozdzielczości około 2,5 cm/px. Oznacza to, że jeden piksel siatki modelu odpowiada 2,5 cm w rzeczywistości. Taka rozdzielczość przewyższyła oczekiwania projektowe.

Skaner laserowy natomiast nadaje punktom współrzędne lokalne, różne dla każdego stanowiska pomiarowego. Aby poprawnie zorientować dane zebrane skanerem, w polu widzenia każdego stanowiska umieszczono specjalne tarcze-cele. Po ich zeskanowaniu tarcze zastępowano odbiornikiem RTK, co pozwalało na przypisanie tarczom współrzędnych w układzie PL-2000. Dzięki temu możliwe było precyzyjne zlokalizowanie całej chmury punktów w jednym systemie odniesienia. W efekcie uzyskano chmurę punktów o błędzie nieprzekraczającym 1 cm.

Efektom końcowym projektu było stworzenie precyzyjnego trójwymiarowego modelu terenu o rozdzielczości 5 cm/px, który w pełni spełnił oczekiwania członków SKA i umożliwił optymalne zaplanowanie tras przejazdów łożyska. Połączenie danych ze skanera laserowego i fotogrametrii zapewniło wyjątkową dokładność, z błędem nieprzekraczającym 1 cm. Model ten stał się podstawą do testowania autonomicznych funkcji łożyska w realistycznych warunkach.

Najważniejszym elementem projektu dla wykonawców była możliwość samodzielnego wykonania wszystkich zadań – od planowania, przez godziny spędzone na zboczach Górki z niezbędnym sprzętem, aż po pracę w laboratorium nad danymi 3D przed ekranami komputerów. Kulminacją tego wysiłku był satysfakcjonujący moment przekazania gotowego modelu konstruktorom łożyska.

Projekt nie tylko dostarczył cennej wiedzy i praktycznych umiejętności technicznych, lecz także przyczynił się do rozwoju interdyscyplinarnych badań w dziedzinie robotyki i geodezji. Precyzyjny model terenu stworzony przez studentów może zostać wykorzystany jako baza do dalszych eksperymentów, takich jak symulacje misji marsjańskich czy testy algorytmów nawigacyjnych. Projekt stanowił również doskonałą okazję do integracji studentów z różnych kierunków oraz praktycznego zastosowania wiedzy teoretycznej w rzeczywistych warunkach.



