Jak powstawała wtyczka Flight Planner do aplikacji QGIS

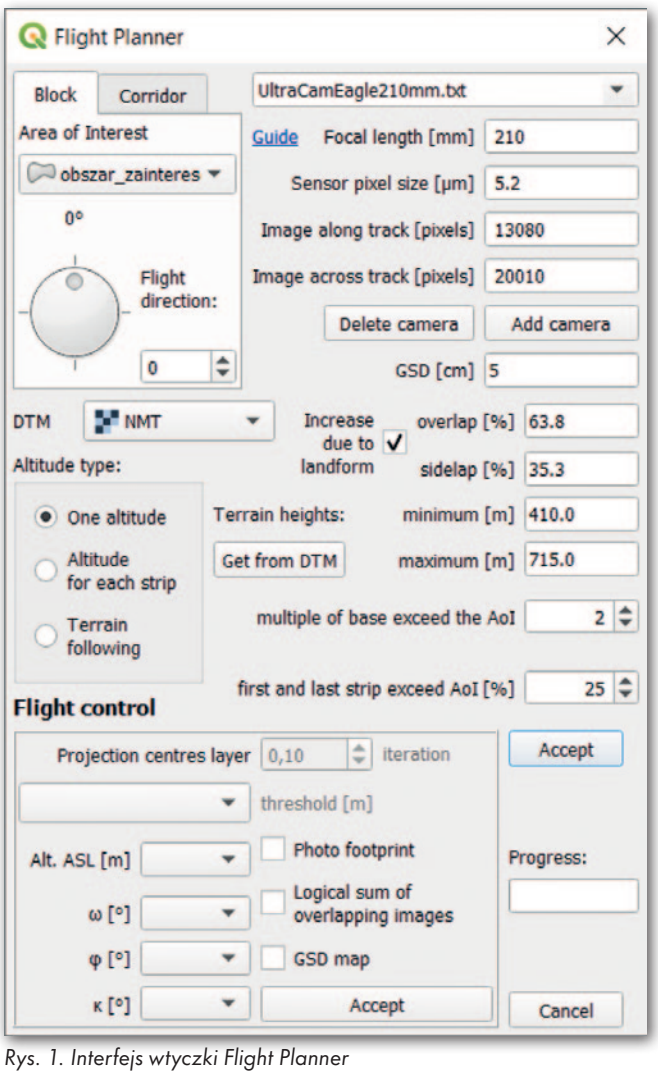
Darmowe wsparcie dla fotogrametry

Aplikacje do projektowania nalotów dostępne na rynku zwykle są płatne i często przystosowane do współpracy tylko z bezzałogowymi statkami latającymi. Stąd zrodził się pomysł na pracę dyplomową, która miała wzbogacić ubogą listę bezpłatnych produktów do planowania nalotów.

Jakub Gruca

W dobie szybkiego rozwoju fotogrametrii powstaje coraz więcej narzędzi służących nie tylko do analizy czy przetwarzania danych, ale również wspierających proces ich pozyskania. Etap planowania nalotu fotogrametrycznego jest fundamentem całego procesu technologicznego, w wyniku którego powstają takie produkty, jak ortofotomapy czy modele wysokościowe i miasta 3D.

Z zagadnieniem tym zmierzyłem się w pracy magisterskiej pt. „Opracowanie wtyczki do QuantumGIS do planowania nalotów fotogrametrycznych" napisanej na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH. Wybrałem formę wtyczki do QGIS-a (rys. 1) nie tylko po to, aby przy okazji upowszechniać ideę oprogramowania open-source. QGIS posiada liczną i aktywną społeczność oraz wiele narzędzi, które zapewnią pomoc w dostarczeniu danych do wtyczki, a także w dalszej obróbce otrzymanych wyników.



Rys. 1. Interfejs wtyczki Flight Planner

Analizy i pisanie

Przygotowania do pisania pracy zacząłem od przeglądu literatury oraz dostępnych na rynku produktów do planowania nalotów. Wśród analizowanych programów znalazły się m.in.: TopoFlight Mission Planner, Leica Mission Pro, IGIplan, Optech FMS Planner czy SnapPLAN. Chciałem w ten sposób uniknąć wymyślania pewnych rzeczy na nowo, wychwycić sprawdzone rozwiązania i ciekawe funkcje, które mógłbym zaimplementować w moim narzędziu. Myślę, że postawiony cel udało mi się osiągnąć.

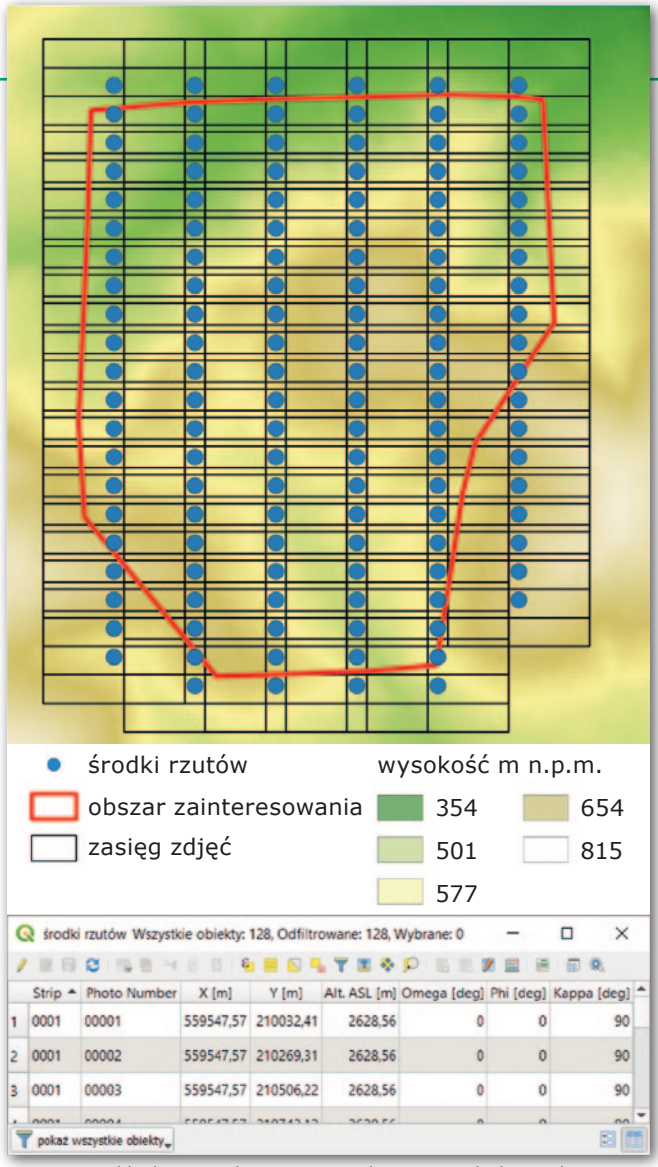
Wtyczkę napisałem w języku Python posiadającym olbrzymią i zaangażowaną społeczność, która stworzyła wiele bibliotek znacząco poszerzających jego zastosowanie. Specjalnej biblioteki doczekał się również QGIS – Python został domyślnym językiem implementacji skryptów i wtyczek w tej open-source'owej aplikacji. Kod napisałem samodzielnie; na pewno pomogły mi podstawy języka poznane w ramach zajęć na studiach oraz doświadczenie zdobyte pod-

czas pisania projektu inżynierskiego. Jedynie na początku, chcąc zaoszczędzić sobie trudu przy tworzeniu podstawowych plików inicjujących, skorzystałem z wtyczki Plugin Builder, która buduje je automatycznie. Następnie przeszedłem już do implementacji teorii, ujmując każdą jej część w funkcję. Ich działanie zaprezentuję teraz krok po kroku – w kolejności, w jakiej zostały przeze mnie napisane i jaką uważam za odpowiednią, by łatwiej zrozumieć działanie wtyczki.

Dwa rodzaje nalotów

Wtyczka pozwala na zaprojektowanie nalotu zarówno o charakterze blokowym, jak i korytarzowym. W obu przypadkach użytkownik musi podać niezbędne parametry kamery (długość ogniskowej, wymiary matrycy oraz rozmiar detektora matrycy), które można zapisać (oraz usunąć), aby nie wprowadzać ich za każdym razem. Konieczne jest również podanie rozmiaru pożądanego GSD (piksela terenowego) oraz pokrycia poprzecznego i podłużnego wyrażonego w procentach. Po zaznaczeniu opcji „Increase due to landform" oba pokrycia zostaną automatycznie zwiększone ze względu na deniwelację terenu, w myśl reguły wyrażonej w nieobowiązującej już, ale wartej zauważenia, instrukcji technicznej K-2.7 z 1999 r.

Użytkownik może także podać dwa parametry określające zapas bezpieczeństwa, z jakim obszar zainteresowania zostanie pokryty zdjęciami na jego skrajach. Pierwszy parametr definiujący zapas to wyrażona procentowo część długości zdjęcia, która będzie wystawać poza obszar zainteresowania w pierwszym i ostatnim szeregu nalotu (domyślna wartość to 25%). Drugim parametrem jest liczba określająca wielokrotność bazy podłużnej (liczonej od granicy obszaru zainteresowania), w zasięgu której na początku i końcu każdego z szeregów zostaną wykonane dodatkowe zdjęcia (domyślnie 2 bazy).



Rys. 2. Przykład zaprojektowanego nalotu oraz tabela atrybutów warstwy środków rzutów

W przypadku projektowania nalotu blokowego należy wskazać warstwę poligonową w formacie *shapefile* przedstawiającą obszar zainteresowania oraz azymut, zgodnie z którym będą przebiegać szeregi nalotu. Nalot korytarzowy wymaga natomiast warstwy liniowej w formacie *shapefile* przedstawiającej główne osie przedmiotu nalotu. Pragnę tutaj podkreślić, że wskazanie samego fotografowanego przedmiotu, który ma bardzo zawiły kształt (np. rzeki), skończy się stworzeniem chaotycznego, pozbawionego sensu projektu – dlatego kluczowe jest przedstawienie na warstwie tylko i wyłącznie głównych osi tego obiektu. Dodatkowo użytkownik powinien podać wartość bufora, którą można interpretować jako szerokość korytarza wytyczonego przez główne osie. Bufor służy do pośredniego manipulowania liczbą szeregów, które zostaną zaprojektowane dla każdej osi nalotu.

Określenie wysokości

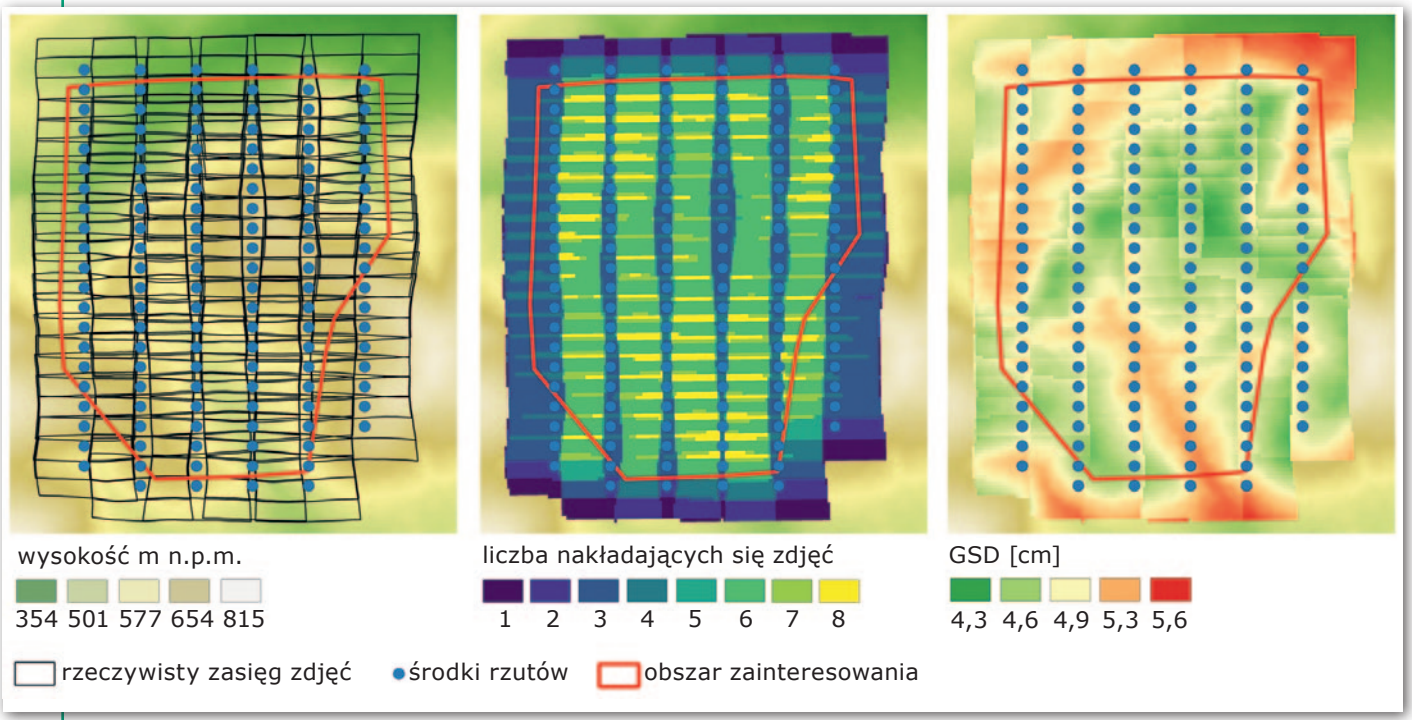
Podanie powyższych informacji decyduje o położeniu sytuacyjnym projektowanych środków rzutów zdjęć. Aby obliczyć ich wysokości, wybieramy jeden z trzech dostępnych trybów – różnią się one sposobem ustalania średniej wysokości terenu, do której zostanie dodana odległość przedmiotowa wynikająca z parametrów kamery i pożądanego GSD.

W pierwszym trybie wspólna średnia wysokość dla całego projektu liczona jest na podstawie maksymalnej i minimalnej wysokości terenu w obrębie obszaru zainteresowania. Jeśli użytkownik zna te wartości, może wpisać je własnoręcznie. Może też wskazać rastrową warstwę przedstawiającą NMT, pochodzącą np. z projektu SRTM, i kliknąć przycisk „Get from DTM", a wtyczka automatycznie znajdzie obie wartości i wypełni odpowiednie pola interfejsu.

W drugim trybie każdy z szeregów ma osobną wysokość – tutaj NMT jest już obligatoryjny. Średnia wysokość terenu obliczana jest na podstawie minimalnej i maksymalnej wysokości danego szeregu według formuły: wysokość maksymalna pomniejszona o trzecią część różnicy wysokości maksymalnej i minimalnej. Taki wzór – zaproponowany przez prof. Zdzisława Kurczyńskiego z Politechniki Warszawskiej – pozwala uzyskać nieco wyższą średnią płaszczyznę odniesienia niż zwykła średnia arytmetyczna, co umożliwia zachowanie lepszego pokrycia między szeregami.

Ostatni, trzeci sposób to tryb przypominający śledzenie terenu (*terrain following*) bazujący na indywidualnie obliczanej średniej arytmetycznej wysokości terenu dla każdego ze zdjęć. Również tutaj wymagany jest rastrowy NMT. Metoda ta pozwala najlepiej zachować planowane pokrycia podłużne i poprzeczne oraz uzyskać najbliższy pożądanego rozmiar GSD. Należy przy tym pamiętać, że ze względu na nieustanne zmiany wysokości projektowanych środków rzutów, które „podążają" za wysokością terenu, korzystanie z tej metody będzie stanowić największe wyzwanie dla pilota lub bezzałogowego statku latającego.

Po ustawieniu wszystkich powyższych parametrów i kliknięciu „Accept" otrzymujemy projekt nalotu (rys. 2), który składa się z dwóch warstw *shapefile*. Pierwsza z nich przedstawia położenie środków rzutów z tabelą atrybutów zawierającą elementy orientacji ze-



Rys. 3. Przykładowe wyniki kontroli. Od lewej: rzeczywisty terenowy zasięg zdjęć, logiczna suma nakładania się zdjęć, mapa rzeczywistego GSD

wnętrznej, numer każdego zdjęcia i numer szeregu. Druga zaś obrazuje ogólny, przybliżony terenowy zasięg zdjęć przy założeniu jednolitej średniej wysokości terenu na całym obszarze.

Do kontroli

Na tym etapie pierwotnie planowałem zakończyć pisanie pracy, gdyż postawiony cel mogłem uznać za spełniony. Jednak wspólnie z promotorem doszliśmy do wniosku, że dobrze byłoby wyposażyć stworzoną wtyczkę w narzędzia umożliwiające wykonanie pewnej podstawowej kontroli poprawności zaprojektowanego nalotu. Kontrola ta ma pomóc w wykryciu np. luk między zdjęciami, które mogą powstać, gdy teren znacznie się wznosi, a założone w projekcie pokrycie jest niewystarczające, lub gdy rzeczywiste GSD (które mocno zależy od deniwelacji terenu i kąta wykonania zdjęcia) odbiega od pożądanego bardziej, niż byśmy sobie tego życzyli. W ten sposób użytkownik może zmniejszyć ryzyko konieczności powtarzania nalotu, a tym samym ponoszenia dodatkowych kosztów i opóźnień w realizacji projektu.

Do wtyczki dodałem więc niewielki segment, który umożliwia poznanie trzech parametrów: rzeczywistego terenowego zasięgu zdjęć, logicznej sumy nakładania się zdjęć na siebie oraz rzeczywistego terenowego GSD (rys. 3). Aby przeprowadzić kontrolę, użytkownik musi podać rastrową warstwę NMT, parametry kamery, którą mają zostać wykonane zdjęcia, oraz zaprojektowaną wcześniej warstwę przedstawiającą środki rzutów zdjęć i wskazać pola odpowiednich EOZ z jej tabeli atrybutów. Następnie może zaznaczyć, czy chce uzyskać wektorową warstwę przedstawiającą rzeczywisty terenowy zasięg zdjęć (tzw. footprint), który obliczany jest metodą iteracyjną. Obliczenia zostaną zakończone po osiągnięciu wpisywanego progu – różnicy odległości między wierzchołkami uzyskanymi z obecnego i poprzedniego kroku iteracji.

Drugą warstwą wynikową możliwą do uzyskania jest raster obrazujący logiczną sumę nakładania się zdjęć, która zgrubnie pomoże ustalić np., czy cały obszar za-

Jakub Gruca – autor artykułu i wtyczki Flight Planner

interesowania jest pokryty minimum dwoma zdjęciami. Otrzymana warstwa ma rozdzielczość taką samą jak NMT, dlatego bardziej precyzyjne wyniki (choć trudniejsze w wizualnej ocenie pod względem liczby pokrywających się zdjęć) daje wspomniana wcześniej wektorowa warstwa *footprint*.

Dzięki trzeciej opcji kontroli użytkownik dostanie rastrową warstwę przedstawiającą rzeczywiste GSD. Podobnie jak wcześniej, wynik będzie miał rozdzielczość geometryczną taką samą jak podany NMT.

Warto w tym miejscu wspomnieć, że segment kontroli nie jest ograniczony tylko do warstwy środków rzutów z projektu nalotu. Jeżeli użytkownik wykonał już nalot, może samodzielnie przygotować taką warstwę środków rzutów (np. poprzez stworzenie warstwy punktowej importem danych w formacie CSV) i w ten sposób sprawdzić wyniki nalotu *a posteriori*. Ważne, aby wysokości środków rzutów były podawane w metrach nad poziomem morza.

Wtyczka z potencjałem

W efekcie kilkumiesięcznych wysiłków powstało narzędzie, które spełnia podstawowy cel ujęty w temacie pracy dyplomowej, z niewielkim dodatkiem pozwalającym na wykonanie kontroli geometrycznej. Wtyczka jest dostępna w oficjalnym repozytorium pod nazwą Flight Planner, a jej najnowsza wersja działa z QGIS 3.16 lub nowszym. W ciągu ponad roku od publikacji została pobrana prawie 4 tys. razy, co znacznie przewyższyło moje oczekiwania. Mój promotor dr inż. Anotni Rzonca postanowił włączyć ją do zajęć dydaktycznych dotyczących projektowania nalotu jako element uzupełniający, który pozwala studentom porównać wyniki ręcznie zaplanowanego przez nich nalotu.

Projektując narzędzie, przede wszystkim skupiłem się na poprawnej implementacji teorii, chociaż starałem się również, by było ono przyjazne dla użytkownika (stąd np. możliwość zapisu parametrów własnej kamery) i oferowało liczne funkcje (np. wyboru projektowania wysokości nalotu).

Mimo to zdaję sobie sprawę, że z perspektywy wielu fotogrametrów parających się tematem na co dzień, Flight Planner nadal może okazać się mało atrakcyjnym wyborem. Pewne funkcje zaimplementowane zostały w nietypowy sposób – np. zapas bezpieczeństwa pokrycia obszaru zdjęciami opiera się na wielokrotności bazy zamiast na często spotykanej w innych programach liczbie zapasowych zdjęć wyrażonej wprost. Wynika to z większego nacisku położonego na zasady projektowania nalotu poznane na studiach. Jestem też świadom, że możliwości manipulacji pewnymi parametrami nadal pozostają uboższe w porównaniu z produktami komercyjnymi, a wygoda korzystania z interfejsu może być mniejsza.

Sporą wadą jest z pewnością brak możliwości uzyskania wyników w formacie gotowym do bezpośredniego wykorzystania (np. przez BSL), a także bezpośredniego ustalenia wysokości przelotu nad poziomem terenu czy brak linii pokazującej trasę przelotu. Nie wykluczam, że w przyszłości przynajmniej niektóre z tych mankamentów zostaną wyeliminowane.

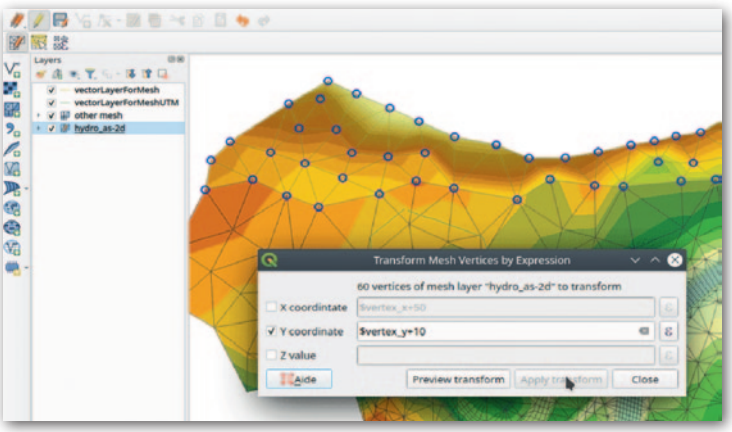
Mimo to uważam, że wtyczka stanowi zauważalny wkład w ideę rozwoju oprogramowania typu open-source. Myślę, że stworzone narzędzie ma duży potencjał do dalszego rozwoju. Dodanie nowych funkcji pozwalających np. projektować naloty dla zdjęć ukośnych, technologii lidar czy wykonywać kontrolę nalotu lidarowego na pewno zwiększy jej atrakcyjność. To tylko kilka pomysłów, które można zaimplementować w kodzie narzędzia udostępnionego na licencji GNU GPL. Dzięki temu każdy ma do niego swobodny dostęp, a ponadto może go dowolnie modyfikować i rozwijać.

Jakub Gruca

Praca magisterska, na podstawie której powstał niniejszy artykuł, zajęła II miejsce w Konkursie Prac Dyplomowych obronionych na kierunku geodezja i kartografia organizowanym przez SGP i GGK w edycji 2019/2020, a także otrzymała wyróżnienie w XXII Edycji Konkursu „Diamenty AGH" w kategorii prac aplikacyjnych.

Premiera QGIS 3.22 Białowieża

Otwarte oprogramowanie QGIS dostępne jest już w wersji 3.22. Z naszego krajowego punktu widzenia głównym wyróżnikiem tej wersji jest nazwa – „Białowieża". Jak wyjaśniono na stronie projektu, to forma upamiętnienia setnej rocznicy powołania Białowieskiego Parku Narodowego. Na tym jednak nie koniec, bo wraz z premierą tego wydania uruchomiono specjalną stronę internetową. Znajdziemy na niej nie tylko szczegółowe informacje o Puszczy Białowieskiej, w tym fotografie i mapy, ale także zestawy danych przestrzennych dla tego kompleksu leśnego. Dodajmy, że QGIS 3.22 powstał m.in. dzięki wsparciu polskich sponsorów, tj. firmy GIAP z Warszawy oraz MGGP z Tarnowa.



Nowe funkcje w tym wydaniu koncentrują się głównie na dwóch aspektach. Pierwszy (fot.) to praca na modelach siatkowych (mesh). Wsparcie dla tego typu danych wprowadzono jeszcze w wydaniu 3.2 z 2018 r., a w następnych dodawano kolejne funkcje. W wersji 3.22 znajdziemy m.in. narzędzia do zaawansowanej edycji tego typu danych, w tym selekcji, dodawania, usuwania czy przesuwania wierzchołków bądź zmiany ich wartości Z. Druga innowacja to wprowadzenie nowego typu warstwy „Annotation" (adnotacje), na której można umieszczać edytowalne teksty, polilinie, poligony czy sygnatury. Jak wyjaśniają twórcy tej funkcjonalności z North Road Consulting, w przeciwieństwie do typowych warstw wektorowych czy rastrowych, adnotacje nie są powiązane z żadnym zewnętrznym zbiorem danych, ale wyłącznie z konkretnym projektem. Warto wspomnieć, że QGIS 3.22 jest tzw. wydaniem LTR, czyli z długoterminowym wsparciem. Jest ono przeznaczone dla użytkowników, którzy bardziej niż kolejne nowe funkcje cenią sobie stabilność działania programu.

JK