

Geoinformatyka w leśnictwie – XI Sesja Zimowej Szkoły Leśnej, Sękocin Stary, 12-14 marca

Poszukujemy nowych rozwiązań



**ZIMOWA
SZKOŁA
LEŚNA**

Współczesny leśnik czy specjalista od zarządzania lasu dzięki dostępnym narzędziom i technologiom jest w stanie wykonać tę samą pracę w dużo krótszym czasie niż jeszcze kilkanaście lat temu. A przede wszystkim może dowiedzieć się znacznie więcej o środowisku, którym gospodaruje.

Anna Wardziak

Chociaż pierwsza praca doktorska z zastosowaniem zdjęć lotniczych do określenia wybranych cech drzew stojących powstała już 50 lat temu, to dopiero szybki rozwój technologii geomatycznych w ciągu ostatnich lat upowszechnił ich wykorzystanie. Przypomniał o tym prof. Heronim Olenderek, emerytowany kierownik Zakładu Systemów Informacji Przestrzennej i Geodezji Leśnej SGGW w Warszawie, podczas tegorocznej Zimowej Szkoły Leśnej.

Dziś w leśnictwie w szerokim zakresie wykorzystuje się zdjęcia lotnicze czy zobrazowania satelitarne. Mamy zintegrowany system informatyczny Bank Danych o Lasach (BDL) i Leśną Mapę Numeryczną (LMN). W pracach terenowych niezbędne okazuje się pozycjonowanie satelitarne (również z wykorzystaniem odbiorników o geodezyjnej dokładności), a także laserowy czy ultradźwiękowy dalmierz i wysokościomierz. Coraz śmiaalej do lasów wkracza technologia naziemnego (TLS) oraz lotniczego (ALS) skanowania laserowego. Powstają liczne prace badawcze nad wykorzystaniem nowoczesnych rozwiązań i prowadzone są wdrożenia.

– Geoinformatyka to nowe perspektywy, nowe horyzonty w wielu dziedzinach wchodzących w skład leśnictwa – mówił dyrektor Instytutu Badawcze-

go Leśnictwa prof. Jacek Hilszczański, otwierając trzydniową konferencję. Jacek Sagan, dyrektor Departamentu Leśnictwa w Ministerstwie Środowiska, podkreślił z kolei, że geoinformatyka jest jednym z narzędzi pozwalających poszerzać wiedzę z zakresu leśnictwa. – Ułatwia zadanie tym, którzy na co dzień zmagają się z trudami pracy w terenie, ale też tym, którzy przetwarzają informacje zbierane dzięki nowoczesnym technikom i technologiom – powiedział.

• O inwentaryzacji zasobów globalnie

Podczas Zimowej Szkoły Leśnej zwracano uwagę, że dane teledetekcyjne są potencjalnym źródłem dodatkowej informacji do szacowania wielkości biomasy leśnej i akumulacji węgla zarówno w skali globalnej, jak i krajowej. Dr Maurizio Santoro ze szwajcarskiej firmy teledetekcyjnej RSAC Ltd., przedstawił nowe przedsięwzięcie, w którym obrazy z radaru z syntetyczną aperturą (SAR), obrazy optyczne oraz dane lotniczego skanowania laserowego (ALS) posłużyły do wygenerowania globalnej mapy biomasy leśnej dla 2010 r. Działania te zostały wsparte przez Europejską Agencję Kosmiczną w ramach projektu GlobBiomass. Poza danymi teledetekcyjnymi do oszacowania biomasy posłużyły także dane z licznych pomiarów *in situ*. Choć te pierwsze zostały pozyskane z rozdzielczością 20-30 m, to ostatecznie dla całego projektu zredukowano ją do 100 m,

aby uniknąć tzw. szumu punktowego. Zbiory danych GlobBiomass są ogólnodostępne i wskazują na znacznie większą ilość biomasy, a tym samym pulę węgla w lasach na Ziemi, niż ocena zasobów leśnych na podstawie wcześniejszych inwentaryzacji FAO (Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa).

• Z perspektywy skandynawskiej i szwajcarskiej

O użyciu danych z lotniczego skanowania laserowego do inwentaryzacji zasobów leśnych głównie w Norwegii mówił prof. Erik Naesset z Uniwersytetu Przyrodniczego (NMBU) w Ås. Okazuje się, że pierwsze dane próbne ALS zostały pozyskane w tym kraju już w 1995 r. Pionierski kontrakt komercyjny na operacyjną inwentaryzację lasu z wykorzystaniem tej technologii podpisano w 2002 r. i objął on 49 tys. ha. W miarę upływu lat doskonalono metody inwentaryzacji i obecnie szacowaniu z zastosowaniem ALS podlegają nie tylko wskaźniki odnoszące się do zapasu drewna na pniu (czyli w rosnących drzewostanach), takie jak np. liczba drzew czy rozmieszczenie gatunków, ale też te pokazujące potrzebę pielęgnacji, trzebieży czy innych czynności hodowlanych oraz związanych z użytkowaniem lasu. Z czasem nastąpiła stopniowa poprawa stosowanych metod w kierunku obni-



Fot. Artur Sawicki (IBL)

zania kosztów, zwiększania dokładności i wprowadzania nowych produktów informacyjnych. Natomiast metoda bazująca na wykorzystaniu parametrów pojedynczych drzew ma w Skandynawii znaczenie marginalne.

Z kolei mapy zasięgu i typów lasów jako efekty wielkoobszarowej inwentaryzacji lasu w Szwajcarii były tematem wystąpienia dr. Larsa Wasera z Federalnego Instytutu Badawczego Lasu, Śniegu i Krajobrazu w Birmensdorf. Przedstawił on dwie nowe metody kartowania pokrywy leśnej i jej składu gatunkowego w skali całego kraju. Pierwsza, mająca na celu opracowanie mapy pokrywy leśnej, opiera się na cyfrowych modelach powierzchni terenu tworzonych na podstawie chmur punktów z lotniczych obrazów cyfrowych oraz NMT pozyskanych z ALS. Mapa ta została zweryfikowana na ok. 10 tys. naziemnych i zinterpretowanych stereoskopowo powierzchni próbnych i, co ważne, uzyskano zgodność na poziomie 97%.

Drugie podejście dotyczyło opracowania krajowej mapy gatunków drzew opartej na optycznych danych teledetekcyjnych o wysokiej rozdzielczości. Porównanie przewidywań z niezależnymi danymi z powierzchni inwentaryzacyjnych wykazało różnice w zakresie 5-8%. Podejście to jest obecnie rozszerzane poprzez zastosowanie algorytmów głębokiego uczenia do klasyfikacji 5 głównych gatunków drzew.

• Doświadczenia polskie

Jeśli chodzi o nasz dorobek krajowy, dr hab. Krzysztof Stereńczak zaprezentował wyniki projektu, który jest przykładem kompleksowego wykorzystania danych teledetekcyjnych (głównie lotniczego, ale też naziemnego skanowania laserowego, zobrażeń wielospektralnych, hiperspektralnych czy zdjęć radarowych) oraz pomiarów powierzchni próbnych, do określenia wybranych cech taksacyjnych drzewostanów. Kilkuletni program był prowadzony w sześciu nadleśnictwach: Gorlice, Herby, Dojlidy, Milicz, Pieńsk oraz Supraśl w ramach projektu REMBIOFOR „Teledetekcyjne określanie biomasy drzewnej i zasobów węgla w lasach” współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Opracowane metody pozwalają przede wszystkim na precyzyjne i jednorodne metodycznie określenie cech drzewostanów z dużą dokładnością, wyższą niż dotychczas. Dzięki zastosowaniu opracowanych w ramach projektu zautomatyzowanych metod leśnicy i osoby zajmujące się pracami urządzeniowymi w lasach będą w stanie zebrać rzetelne, łatwe do zaktualizowania i pełne informacje. Jak zadeklarowano, metody te wkrótce zostaną wdrożone do praktyki urządzeniowej w Polsce.

W ramach tego samego projektu przeprowadzone zostały również badania, w efekcie których opracowano nowe po-

dejście do modelowania wzrostu drzewostanów z wykorzystaniem danych z powtarzanego skanowania laserowego. Przedstawił je prof. Jarosław Socha, prodziekan Wydziału Leśnego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.

Jak się okazuje, dane z ALS mogą znacząco poprawić dokładność określania zapasu drewna dla pojedynczych wydzieli (czyli fragmentów lasu jednolitych pod względem ważnych gospodarczo cech, np. wieku czy składu gatunkowego drzewostanu). Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że zasadne są prace nad wdrożeniem tych metod do praktyki leśnej w Polsce. Uczestnicy Szkoły zauważyli, że dane te są już wykorzystywane do podejmowania decyzji dotyczących planowania, realizacji i monitorowania zabiegów gospodarczych w leśnictwie.

• Szacowanie rozmiarów szkód

Dane teledetekcyjne umożliwiają również szybkie i precyzyjne szacowanie rozmiarów szkód, które powstają podczas klęsk żywiołowych, czy gradacji owadzych. Dlatego mówiono, że konieczne są dalsze prace nad standaryzacją i optymalizacją metodyki oraz opracowanie procedur, które pozwolą na szybkie i skuteczne działanie w przypadku wystąpienia klęski.

Jak pamiętamy, w 2017 r. w Polsce wystąpiły katastrofalne wiatry huraganowe, które m.in. spowodowały poważne uszkodzenia drzewostanów – w lipcu



Fot. Przemysław Szmit (IBL)

Bezzałogowy statek powietrzny (wirnikowiec) na stoisku firmy Aviation Artur Trendak

na terenie Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Katowicach, a w sierpniu – w kilkudziesięciu nadleśnictwach RDLP w Poznaniu, Toruniu, Gdańsku i Szczecinku (GEODETA 10/2017). Skutków tego typu zjawisk nie szacuje się już tradycyjnymi metodami naziemnymi. Ze względu na ich wielkoobszarowy charakter czy ograniczony dostęp inspekcja terenowa byłaby niezwykle trudna, niebezpieczna i czasochłonna. Obecnie niezastąpiona w takich sytuacjach jest rejestracja obszarów kłęskowych z wykorzystaniem technologii teledetekcyjnych. Jest to metoda bezpieczna, szybka, stosunkowo niedroga i obiektywna.

Metodyka zaprezentowana przez dr. hab. inż. Piotra Wężyka (w imieniu zespołu z Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie) do inwentaryzacji uszkodzeń drzewostanów w Borach Tucholskich w 2017 r. zakładała wykorzystanie obrazowań satelitarnych. W procesie klasyfikacji uszkodzeń zastosowano dane z nanosatelitów Dove (firmy PlanetScope) oraz KOMPSat-3 (SI Imaging Service).

Z kolei regionalne dyrekcje lasów państwowych w Poznaniu, Katowicach, Gdańsku, Toruniu i Szczecinku w celu oszacowania szkód zdecydowały się na kupno od firm fotolotniczych zdjęć (w barwach rzeczywistych i w bliskiej podczerwieni) oraz ortofotomap.

● Ocena różnorodności biologicznej

Technologie geomatyczne znajdują coraz szersze zastosowanie m.in. podczas prac z zakresu oceny różnorodności biologicznej, zarówno fauny, jak i flory. Prawidłowe zarządzanie populacjami zwierzyny grubej, opierające się na możliwie precyzyjnym oszacowaniu liczebności, jest warunkiem skutecznego zmniejszenia szkód wyrządzanych przez zwierzęta w leśnictwie i rolnictwie. Obecnie do szacowania stosowane są dwie metody: całorocznych obserwacji lub pędzeń. W związku z istotnymi ograniczeniami tych metod (niewielka dokładność, czasochłonność, konieczność zaangażowania licznego personelu) istnieje potrzeba opracowania nowych technik inwentaryzacji zwierzyny.

W 2013 r. Dyrekcja Generalna LP zleciła Instytutowi Ochrony Przyrody PAN program badawczy pn. „Wykorzystanie teledetekcji do ustalenia liczebności zwierzyny grubej w wybranych kompleksach leśnych”. Zrealizowano go we współpracy z firmą SmallGIS. Metoda teledetekcji wielkopowierzchniowej opracowana przez tę firmę polega na połączeniu dwóch technik rejestracji z wykorzystaniem zdjęć lotniczych: w podczerwieni i w świetle widzialnym. Od 2016 r. jest ona stosowana do oceny liczebności dzikich ssaków kopytnych na obszarze

RDLP w Krośnie. Pozyskane tą metodą dane można zastosować do symulacji rozmieszczenia populacji różnych gatunków czy określania trendów liczebności populacji. Zdaniem prezesa SmallGIS Antoniego Łabaję 1 godzina nalotu fotogrametrycznego zastępuje ok. 8 tys. godzin pracy w terenie. Istotnym ograniczeniem jest tu jednak wymagana obecność pokrywy śnieżnej (znacznie poprawia rozpoznawalność) oraz odpowiednie warunki rejestracji i bezpiecznego lotu.

Inną metodę szacowania liczebności kopytnych wykorzystującą z kolei samoloty bezzałogowe i kamery termowizyjne zaprezentowała firma Taxus SI. W projekcie prowadzonym od 2015 r. wraz z Muzeum i Instytutem Zoologii PAN jednym z kluczowych elementów było utworzenie obszernej kolekcji danych referencyjnych (tj. zbiorów sygnatur termalnych poszczególnych gatunków kopytnych), a następnie opracowanie oprogramowania do automatycznej detekcji oraz identyfikacji gatunkowej sygnatur na termogramach. Dane referencyjne pozyskano podczas lotów nad zagrodami hodowlanymi i pokazowymi. Stworzony program do analizy termogramów oparty jest na technologii sztucznej inteligencji (głębokich sieciach neuronowych). Pierwsze testy przeprowadzone w 2017 r. wskazywały, że ta metoda może być skutecz-

nym narzędziem monitorowania liczebności zwierzyny. Wymaga ona jednak weryfikacji metodami alternatywnymi, np. obecnie testowane jest dodatkowe wykorzystanie fotopułapek.

● Ochrona przeciwpożarowa

Zaawansowane algorytmy oraz sztuczna inteligencja mogą skutecznie wspomóc również ochronę przeciwpożarową w lasach. Przekonywała o tym firma Taxus IT, która opracowała system Smoke Detection. Jego zadaniem jest jak najwcześniejsze wykrywanie dymu lub płomieni i natychmiastowe powiadomienie służb o możliwym pożarze. Z kolei RDLP w Radomiu stworzyła koncepcję wykorzystania tego systemu w sposób umożliwiający przepływ informacji pomiędzy nadleśnictwem, w którym wykryty został pożar, sąsiednimi nadleśnictwami, RDLP oraz odpowiednimi jednostkami straży pożarnej. Co ciekawe, system firmy Taxus IT kupili również Amerykanie i wdrażany jest on w nękanej pożarami Karolinie Południowej. Jednak tam z uwagi na charakter lasów głównym celem stosowania systemu jest jak najszybsze poinformowanie lokalnej ludności o możliwym zagrożeniu. W obu przypadkach wykorzystywane są specjalne kamery dalekiego zasięgu. W USA są one nieruchome i aby uzyskać pełne pokrycie w zakresie 360°, w jednym punkcie są instalowane po 4 kamery skierowane w różne strony. Obrazy z nich trafiają do jednego serwera. System nie analizuje tam ciągłego obrazu, ale poszczególne klatki. W momencie wykrycia dymu zgłasza alert.

Natomiast w Polsce na wieżach przeciwpożarowych instalowane są pojedyncze kamery o wysokiej rozdzielczości obracające się w zakresie 360°, system nimi steruje, cały czas analizując obraz. U nas głównym celem jest ochrona lasów, dlatego przy każdym nadleśnictwie jest punkt alarmowo-dyspozycyjny (PAD). Tam obsługiwany jest system i koordynowane są akcje gaszenia pożarów. Obecnie Smoke Detection funkcjonuje w 45 nadleśnictwach w naszym kraju, w których zainstalowanych jest ponad 100 obrotowych kamer. Główną funkcją systemu jest fotogrametryczna analiza kolorowego obrazu z kamery. Wykorzystuje on też mapy numeryczne oraz

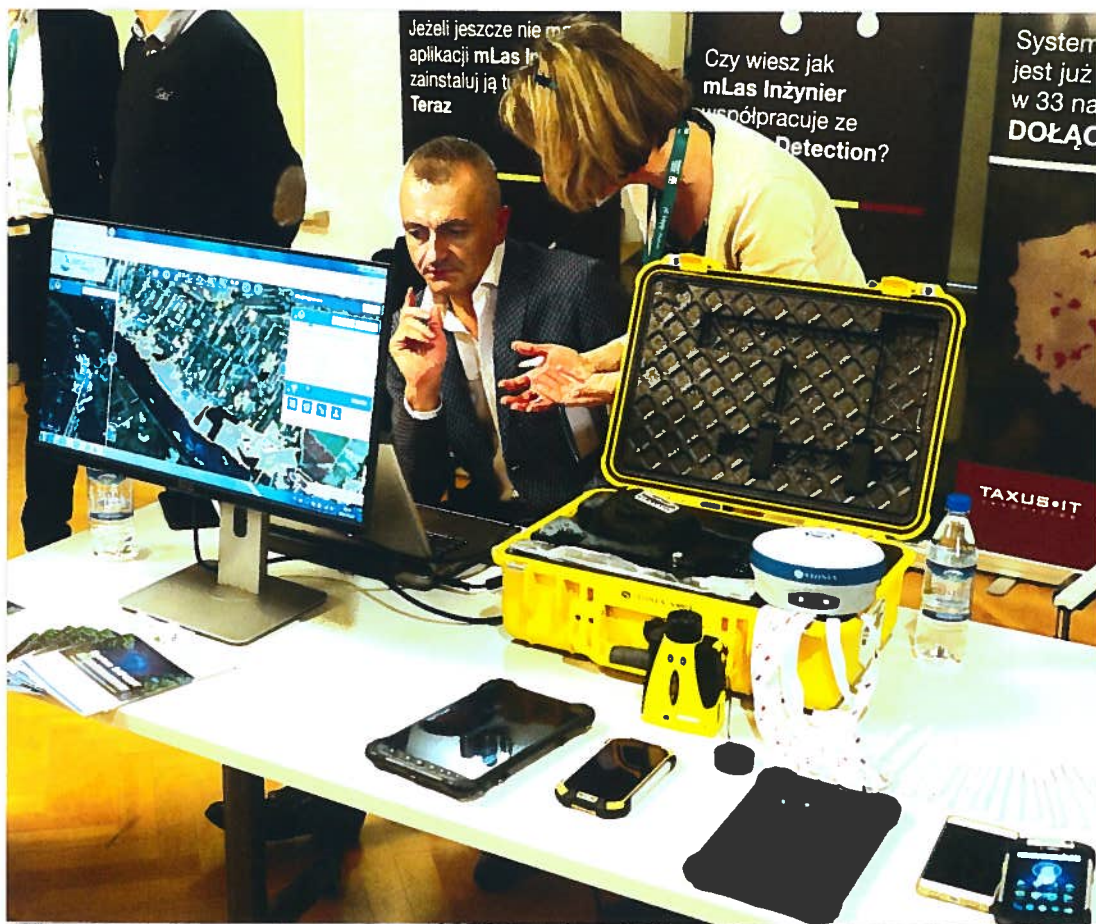
numeryczny model terenu. Analiza może być wspomagana danymi meteorologicznymi, dzięki nim algorytm automatycznie dopasowuje czułość analizy.

● Zarządzanie z Bankiem Danych o Lasach

Dane teledetekcyjne mogą być alternatywą lub uzupełnieniem dla badań *in situ* i wspomóc proces decyzyjny w jednostkach zarządzających lasami. Nowe technologie pozwalają na bezinwazyjne pozyskanie informacji nawet o obszarach trudno dostępnych. – Potrzebujemy coraz dokładniejszych danych, które odpowiednio przedstawione są przydatne w zarządzaniu lasami na różnym poziomie – mówił Tomasz Markiewicz, dyrektor RDLP w Poznaniu. Realizacja trwałego i zrównoważonego rozwoju leśnictwa wymaga dysponowania sprawnym systemem informacyjnym dostarczającym wielostronnych danych o lasach wszystkich form własności. Kluczowe znaczenie w tym systemie odgrywa obecnie Bank Danych o Lasach opracowany przez Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych. Dane źródłowe gromadzone w BDL charakteryzują się różnym stopniem szczegółowości

i dokładności (najpełniejsze są dla lasów w zarządzie PGL Lasy Państwowe). Narzędziami wspomagającymi podejmowanie decyzji w leśnictwie i zarządzaniu środowiskiem są systemy modelujące.

Bank Danych o Lasach prezentowano również jako narzędzie do udostępniania informacji dotyczących lasów i komunikacji ze społeczeństwem. W BDL istnieje kilka kanałów udostępniania danych. I tak portal internetowy (na który składają się: informacje opisowe o lasach, kreator zestawień, mapa interaktywna, zbiór publikacji) miesięcznie odwiedzany jest ok. 26 tys. razy przez blisko 17 tys. unikalnych użytkowników. Poprzez system automatycznego udostępniania danych dla lasów PGL LP w 2018 r. złożono blisko 2800 zapytań i zamówiono ponad 70 tys. zestawów danych dla nadleśnictw. Dodatkowo BDL udostępnia na wniosek dane niestandardowe (25-30 tys. wniosków rocznie). Dużą popularnością cieszą się również serwisy mapowe OGC (WMS, WMTS, WFS). Najpopularniejszy WMS jest użytkowany przede wszystkim jako usługa podłączona do ogólnopolskich serwisów mapowych, tj. geoportal.gov.pl czy geoserwis.gdos.gov.pl. Natomiast aplikacja mobilna BDL od początku grudnia 2018 r. została zainstalowana przez ok. 17 tys. użytkowników.



Rozwiązania informatyczne, odbiornik GNSS, dalmierz, a także wzmacnione tablety w ofercie Taxus IT



Firma Laser3D Jacek Krawiec przyjechała między innymi ze skanerami laserowymi Riegl VZ-2000 oraz Z+F Imager 5016

• Leśna Mapa Numeryczna

Podstawowe informacje na temat gruntów leśnych zawarte są w planach urządzenia lasu (PUL). Ich odzwierciedlenie znajdziemy w postaci Leśnej Mapy Numerycznej (LMN). Rozwiązanie to pozwala na przeprowadzanie analiz przestrzennych czy ilościowych zawartych w PUL informacji. Zdaniem przedstawiciela RDLP w Warszawie Bartłomieja Janusa pozyskanie na podstawie ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej danych z EGİB, BDOT czy ISOK umożliwia przeprowadzanie analiz kompleksowych. Poza tym niektóre z tych danych po wstępnym przetworzeniu mogą bezpośrednio zasilić bazy LMN, co usprawni proces aktualizacji baz przy niewielkich nakładach finansowych. Dodatkowo wykorzystanie w analizach danych pochodzących z bezpłatnych archiwów zobrażeń satelitarnych i lotniczych (np. z satelitów Landsat, Sentinel czy ortofotomap) może być przydatne do odtworzenia historycznych cech obszarów leśnych oraz weryfikacji aktualnego stanu posiadania nadleśnictw. Jednocześnie coraz większa dostępność i wzrost popularności bezpłatnego oprogramowania geomatycznego opartego na licencjach typu Open Source (QGIS, GRASS) umożliwia niemal bezkosztowe przetwarzanie danych.

Zdaniem przedstawiciela RDLP w Warszawie ważne wydaje się zwiększanie

świadomości pracowników Lasów Państwowych na temat różnych możliwości bezpłatnego pozyskiwania danych przestrzennych, sposobów ich przetwarzania, a przede wszystkim praktycznego wykorzystywania.

• Rekordowa frekwencja i uznanie dla polskich dokonań

W tegorocznej edycji Zimowej Szkoły Leśnej zorganizowanej przez Instytut Badawczy Leśnictwa wspólnie z Dyrekcją Generalną Lasów Państwowych uczestniczyło blisko 400 osób, głównie przedstawiciele służby leśnej, zarządu i oddziałów Biura Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej, zespołów ochrony lasu, ale także parków narodowych, resortu środowiska czy studentów wydziałów leśnych. – Frekwencja przerosła nasze oczekiwania do tego stopnia, że musieliśmy wstrzymać rekrutację. Była to największa Zimowa Szkoła Leśna w historii. Pokazuje to duże zainteresowanie tematem zastosowania geoinformatyki w leśnictwie zarówno wśród praktyków, jak i w świecie nauki – przekonuje przewodniczący Rady Programowej XI Zimowej Szkoły Leśnej dr hab. Krzysztof Stereńczak. Łącznie wygłoszono 35 referatów, w tym 9 zagranicznych.

Ważnym elementem konferencji była prezentacja technologii geomatycznych,

na której swoje rozwiązania i projekty prezentowali: Taxus IT, Laser-3D Jacek Krawiec, SmallGIS, NaviGate, Aviation Artur Trendak, ale także Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii oraz Zakład Geomatyki IBL. Można było obejrzeć odbiorniki GNSS, skanery laserowe, odporne na warunki atmosferyczne tablety, bezzałogowe statki powietrzne i sensory do dronów czy oprogramowanie fotogrametryczne. Pokazywano wiatrakowiec firmy Aviation Artur Trendak oraz ultralekki samolot SmallGIS KR-030 Topaz.

– Prezentowane podczas tegorocznej Zimowej Szkoły Leśnej zastosowania nie odstają od poziomu prac zagranicznych, co ma przede wszystkim wyraz w publikacjach naukowych. Jeśli chodzi o skalę prac, to również pokazujemy, że możemy analizy wykonywać na różnych poziomach szczegółowości i na bardzo dużych obszarach. Prelegenci z zagranicy wyrazili duże uznanie dla naszych dokonań – mówi dr hab. Krzysztof Stereńczak, podsumowując tegoroczne wydarzenie. – Co do przyszłości, myślę, że jest wiele rozwiązań, które mogą być już wdrażane do praktyki leśnej, a nowe wyzwania związane np. z zamieraniem części drzewostanów powodują, że teledetekcja może po raz kolejny wesprzeć działania służby leśnej – przekonuje.

Anna Wardziak