

KRZYSZTOF SOŚNICA (ur. w 1985 r. w Tarnowskich Górach) ukończył kierunek geodezja i kartografia (specjalizując się w geoinformatyce) na Wydziale Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu zaledwie w 2009 r. Stopień naukowy doktora fizyki i astronomii uzyskał w 2014 r. na Wydziale Nauk Ścisłych Uniwersytetu w Bernie w Szwajcarii, a doktora habilitowanego w dyscyplinie geodezja i kartografia – w 2016 r. na WIKŚiG UPWr. Nominację profesorską uzyskał we wrześniu 2020 r.

Obecnie zatrudniony jest na stanowisku profesora w Instytucie Geodezji i Geoinformatyki UPWr., kieruje Zakładem Geodezji Satelitarnej. Jest ponadto przewodniczącym Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport na tej uczelni. W pracy badawczej koncentruje się na integracji laserowych pomiarów odległości do satelitów (SLR) i obserwacji GNSS oraz doskonaleniu metod wyznaczania globalnych parametrów geodezyjnych na podstawie danych multi-GNSS i SLR. Ponadto zajmuje się wyznaczaniem orbit sztucznych satelitów Ziemi w celu estymacji parametrów opisujących geometrię, pole grawitacyjne oraz orientację figury Ziemi w przestrzeni zewnętrznej, a także weryfikacji efektów relatywistycznych.

Krzysztof Sośnica pełni funkcję członka Rady Zarządzającej Międzynarodowej Służby Pomiarów Laserowych (ILRS/NASA), w 2019 roku zostając pierwszym i, jak dotąd jedynym, przedstawicielem Polski zasiadającym we władzach ILRS, a równocześnie najmłodszym członkiem w historii Rady. Przewodniczy grupie roboczej JSG 0.14 Międzynarodowej Asocjacji Geodezji, jest członkiem Komitetu Geodezji Polskiej Akademii Nauk.

Prace badawcze Krzysztofa Sośnicy są nagradzane na forach krajowych i międzynarodowych. Otrzymał m.in. nagrodę Europejskiej Unii Nauk o Ziemi dla Wybitnych Młodych Naukowców (Wiedeń, Austria, 2015 r.), nagrodę Międzynarodowej Asocjacji Geodezji za najlepszy artykuł młodego autora w czasopiśmie „Journal of Geodesy” (2013 r.), stypendium dla wybitnych młodych naukowców Ministra Nauki i Szkolnictwa Wzwyższego (2015-2018), podwyższone stypendium START 2016 Fundacji na rzecz Nauki Polskiej, nagrodę „30 kreatywnych Wrocławia”, nagrodę Europejskiej Agencji Kosmicznej (ETH Zürich, Szwajcaria, 2019 r.) oraz nagrodę im. prof. Lubomira Włodzimierza Barana (2020).

W 2019 r. został członkiem honorowym Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (IAG Fellow). Członkostwo honorowe IAG jest nadawane za szczególne zasługi w skali światowej w dziedzinie geodezji, zazwyczaj za dużym profesorem za ich wkład w rozwój nauki. Dotychczas 10 osób z Polski doświadczyło tego zaszczytu. Krzysztof Sośnica został dożywotnio honorowym członkiem IAG już w wieku 34 lat i jest najmłodszą osobą, której istniejąca od 1862 r. organizacja powierzyła ten honor.

Przesunąć granice poznania



O tym, jak odnieść sukces w nauce, rozmawiamy z **KRZYSZTOFEM SOŚNICĄ** z Instytutu Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, najmłodszym obecnie profesorem tytularnym w Polsce

ANNA WARDZIAK: Jak osiąga się takie tempo rozwoju kariery naukowej?

KRZYSZTOF SOŚNICA: Kariera naukowa nigdy nie była dla mnie celem samym w sobie, jest ona raczej efektem konsekwentnego podążania za zainteresowaniami. Umiejętności i zdolności są ważne, ale w ich rozwijanie trzeba włożyć bardzo dużo pracy i zaangażowania, bo samo nic nie przychodzi. Świat stale się zmienia, jak choćby ostatnio uwarunkowania prawne na uczelni, więc istotne jest uczenie się nowych rzeczy. Również technologie idą do przodu i trzeba być z nimi zawsze na bieżąco, a nawet wyprzedzać to, co jest na rynku. Bardzo przydaje się umiejętność programowania, bo pozwala usprawniać pracę naukowca. Kolejnym istotnym elementem jest środowisko, w którym się obracamy. Od najlepszych można się dużo nauczyć, a na pewnym etapie rozwoju również wymieniać doświadczenia.

Ja dostałem swoją szansę i ją wykorzystałem. Wyjechałem do Szwajcarii i pracowałem w Instytucie Astronomicznym Uniwersytetu w Bernie, jednym z najlepszych na świecie ośrodków naukowych zajmujących się geodezją satelitarną, który dodatkowo posiada własne obserwatorium laserowe wykonujące precyzyjne pomiary do sztucznych satelitów Zie-

mi i Księżyca. Znajduje się tam również Centrum Wyznaczania Orbit w Europie (Center for Orbit Determination in Europe, CODE), gdzie powstają programy komputerowe do przetwarzania obserwacji satelitarnych GNSS, na przykład znane na całym świecie oprogramowanie Bernese.

Jak trafił pan do Szwajcarii?

Dyrektor Instytutu Geodezji i Geoinformatyki prof. Andrzej Borkowski, który robił doktorat i habilitację w Niemczech, przekazał mi informację, że Instytut Astronomiczny Uniwersytetu w Bernie poszukuje doktoranta. Byłem wtedy świeżo po obronie pracy magisterskiej i nie planowałem wyjazdu z kraju, rozpocząłem nawet studia doktoranckie we Wrocławiu. Dokumenty na konkurs jednak wysłałem i byłem bardzo mile zaskoczony, kiedy zaproszono mnie na rozmowę kwalifikacyjną, a także na kurs oprogramowania Bernese. Ostatecznie – już w trakcie rozmowy kwalifikacyjnej – zaproponowano mi studia doktoranckie.

Nie realizowałem tam własnego pomysłu, bo instytut miał pieniądze na konkretny projekt badawczy. Było to jednak niezwykle doświadczenie, miałem okazję uczestniczyć w opracowywaniu koncepcji nowego modelu orbit satelitów GNSS, który był używany przez CODE w oficjalnych produktach Międzynarod-



dowej Służby GNSS (International GNSS Service, IGS). Zajmowałem się również rozwijaniem systemu Bernese GNSS Software, w którym zaimplementowałem możliwość przetwarzania obserwacji SLR (Satellite Laser Ranging) do nisko orbitujących satelitów geodezyjnych.

A kończąc studia, specjalizował się pan w geoinformatyce...

To dlatego, że chciałem rozszerzyć swoje horyzonty i nauczyć się programować. Na standardowych studiach z geo-

dezji i kartografii odczuwałem w tym zakresie duży niedosyt. Pracę magisterską pisałem jednak z teledetekcji, dotyczyła ona analizy danych z lotniczego skaningu laserowego, natomiast pracę doktorską już z geodezji satelitarnej, a przede wszystkim z pomiarów laserowych do sztucznych satelitów Ziemi. Te wszystkie obszary – wbrew pozorom – są pokrewne. W geodezji satelitarnej przydaje się zarówno programowanie, jak i analizowanie oraz przetwarzanie danych,

czym głównie zajmuje się geoinformatyka. I te umiejętności starałem się przemieścić później na inne obszary badawcze. Zresztą do samego doktoratu należy się koncentrować na własnej pracy doktorskiej, żeby przesunąć granice poznania w bardzo wąskim obszarze. Natomiast w dalszej karierze naukowej trzeba patrzeć szerzej, żeby móc organizować pracę nie tylko sobie, ale też innym. Kiedy po habilitacji buduje się własny zespół, trzeba znaleźć oryginalne tematy badaw-

ce dla swoich magistrantów czy później doktorantów. Wtedy właśnie przydaje się szersze spojrzenie, żeby poszukiwać nowych obszarów, gdzie takie rozwiązania można jeszcze znaleźć.

Co skłoniło pana do powrotu do Polski, i to na macierzystą uczelnię?

Przyznaję, że kariera w Szwajcarii kuśliła. Dlatego nie wróciłem do kraju od razu po studiach doktoranckich, pracowałem jeszcze przez rok na stanowisku postdoc, czyli na stażu podoktorskim. Tym razem projekt był związany z przygotowaniem oprogramowania i rozwiązań w kontekście ITRF 2014, czyli wykorzystywanego do dziś Międzynarodowego Ziemijskiego Układu Odniesienia 2014. Byłem też odpowiedzialny za rozwój oprogramowania Bernese GNSS. Jednak chciałem się sprawdzić w nieco innej roli. Myślałem o zbudowaniu własnej grupy badawczej, a w Szwajcarii możliwości te byłyby bardzo ograniczone. Poza tym na większości uczelni w Szwajcarii obowiązuje zasada, że nie można w tej samej jednostce pracować dłużej niż 5 lat, chyba że jest się profesorem.

Zresztą obecnie na całym świecie kładzie się duży nacisk na mobilność naukowców. Naukowiec po doktoracie powinien wyjechać do innej uczelni na staż podoktorski. Ja po doktoracie w Szwajcarii wróciłem do Polski i to była swego rodzaju wymiana. Co ważne, nie trafiłem do próżni. We Wrocławiu działał już bowiem bardzo silny zespół pod kierunkiem prof. Jarosława Bosego. Dołączyłem do młodej, ambitnej grupy badawczej, z którą naprawdę dobrze się współpracowało. Mówię o tym w czasie przeszłym, ponieważ do tej pory udało mi się już zbudować własną grupę badawczą.

Jakie problemy naukowe obecnie pan rozwiązuje i czy to ma jakiś związek z praktyką?

Zajmuję się głównie rozwojem europejskiego systemu Galileo zarówno w aspekcie wykorzystania go do geodezyjnego opisu Ziemi jako planety, jak i pozycjonowania poszczególnych odbiorników. Obecnie kieruję projektem Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA), który dotyczy weryfikacji efektów relatywistycznych z wykorzystaniem satelitów Galileo, a konkretnie tych dwóch, które zostały przypadkowo wyniesione na nieprawidłowe orbity – silnie mimośrodowe. Paradoksalnie wypadek na orbicie otworzył nowe możliwości badań naukowych. Początkowo ESA planowała wyłączenie tych aparatów, gdyż ich podstawowe przeznaczenie nie mogło zostać zrealizowane. Na zmianę decyzji wpłynęło środowisko naukowe, które dostrzegło tkwiący w nich potencjał. Dzięki

bardzo dokładnym zegarom atomowym umieszczonym na pokładzie tych satelitów oraz wykorzystaniu dwóch niezależnych technik do wyznaczenia orbit (czyli standardowej techniki GNSS plus obserwacji laserowych) jesteśmy w stanie wykryć niewielkie perturbacje orbit mogące potwierdzić efekty wynikające z ogólnej teorii względności. Myślę, że niebawem przekonamy się, czy efekty, które przewidział Einstein, znajdują potwierdzenie w obserwacjach. Do tej pory nie udało się bowiem bezpośrednio wykazać, że orbity ciał niebieskich nie są idealnymi elipsami (jak to wynika z teorii Keplera i Newtona), tylko mają kształt „gruszkowaty” (jak to wynika z ogólnej teorii względności).

I to wszystko jest możliwe dzięki geodezyjnym dokładnościom?

Jedynie geodezja poszła w swoim rozwoju tak daleko, że dbamy o pojedyncze milimetry, wykonując pomiary na dużych odległościach jak do sztucznych satelitów czy Księżyca. Techniki pozycjonowania satelitarnego pozwalają nam wykryć bardzo niewielkie efekty wynikające czy to z praw fizyki (jak ogólna teoria względności), czy dotyczące naszej planety jako całości (np. przemieszczanie się środka ciężkości masy Ziemi, wędrówka bieguna, długość doby). Jednak żeby osiągnąć taką dokładność, trzeba znać cały system od podszewki. Zainteresować się, jak są skonstruowane satelity, w jaki sposób działają poszczególne elementy, jak wyznaczyć offset anteny nadawczej i jej moc, jak zamodelować wpływ ciśnienia słonecznego na panele słoneczne i na korpus satelity, w jaki sposób satelita się obraca, orbitując wokół Ziemi, jak nagrzewają się jego poszczególne elementy. Bo przez efekty termalne (czyli nagrzewanie się poszczególnych części, a później wypromieniowywanie tego ciepła) działają na satelitę różne siły. Należy dokładnie zamodelować to, co już umiemy zamodelować, a resztę w jakiś sposób uwzględnić, np. doliczając dodatkowo przyspieszenia działające na panele słoneczne czy elementy korpusu. I to jest główny temat badawczy związany z poprawą dokładności pozycjonowania w Galileo.

Warto zaznaczyć, że ten europejski system pozwala nam pozbyć się niektórych mankamentów systemu amerykańskiego. Na przykład w GPS mamy stosunkowo duże błędy wynikające z tego, że okres obiegu satelity jest w silnym rezonansie z ruchem Ziemi wokół własnej osi. Na jeden obrót planety mamy dwa obiegi satelitów, co powoduje, że wyznaczenie niektórych parametrów (choćby długości doby) obarczone jest stosunkowo dużymi błędami systematycznymi. W systemie Galileo nie mamy tego problemu, ponieważ okres

obiegu satelitów jest znacznie dłuższy, wynosi ponad 14 godzin. Dodatkowo na pokładzie każdego satelity Galileo znajdują się retroreflektory do pomiarów laserowych (których nie mają satelity GPS), dzięki czemu jesteśmy w stanie ocenić jakość orbity, a także wykorzystać dwie niezależne pomiarowe techniki geodezyjne (obserwacje mikrofalowe i laserowe).

Co ważne, Galileo ma obecnie najdokładniejsze zegary atomowe, które pozwalają na utrzymywanie depechy nawigacyjnej w aktualności przez dłuższy czas. Kiedy wykorzystujemy surowy sygnał z satelity (bez żadnych korekt), depecha nawigacyjna Galileo jest dużo bardziej dokładna niż GPS. To przekłada się na jakość pozycjonowania odbiorników. To dlatego Galileo pozwala mierzyć składową wysokościową 2-3 razy dokładniej, mimo że satelitów GPS jest na orbicie o 10 więcej.

Większość z wymienionych wyżej elementów została zweryfikowana w naszej grupie badawczej we Wrocławiu. Mamy więc satysfakcję, że udaje się nam znajdować nowe rozwiązania. Zawsze istotny jest przy tym element zaskoczenia, kiedy znajdujemy zjawisko czy efekt, który był zupełnie niespodziewany i którego nie zakładaliśmy na początku. Na przykład to, że Galileo daje lepsze wyniki, jeżeli chodzi o pozycjonowanie.

Czy jest jeszcze szansa na poprawę jakości pomiarów GNSS w trudnych warunkach (np. w lesie czy wysokiej zabudowie)?

Uruchomienie nowych systemów i zwiększenie liczby satelitów, które nadają sygnały, wychodzi temu naprzeciw. Jeżeli zsumujemy sygnały z trzech systemów (GPS, GLONASS i Galileo), to mamy już ponad 80 aktywnych satelitów. Chiński system BeiDou, dosyć niejednorodny w swojej konstrukcji, może zapewnić sygnały z kolejnych 40 aparatów. Ale pojawiają się problemy z integracją i spójnością danych z różnych systemów. Jeden polega na tym, że nie wszystkie odbiorniki rejestrują sygnały z satelitów BeiDou III generacji. Ponadto jakość sygnałów nie jest taka sama w różnych systemach, na przykład satelity geostacjonarne czy geosynchroniczne nachylone BeiDou dostarczają obserwacje o wiele gorszej jakości. Nie wszystkie systemy mogą być więc traktowane jednakowo i musimy znaleźć odpowiednie rozwiązania do integracji tych danych.

Kolejnym problemem jest kalibracja anten. Kiedy anteny nie są odpowiednio skalibrowane na częstotliwości nowych systemów, mogą również występować błędy systematyczne ze względu na zmienność centrum fazowego ante-

ny dla poszczególnych częstotliwości. Z jednej strony nowe systemy są dla nas dobrodziejstwem, a z drugiej wymagają jeszcze całkiem sporo pracy, żeby podnieść rzeczywiście jakość pozycjonowania w pracach geodezyjnych.

Innym sposobem poprawy jakości wyników jest integracja sensorów. Chodzi tu o połączenie technik satelitarnych z innymi, np. z IMU, które pozwalają na wyznaczenie pozycji wtedy, kiedy sygnał satelitarny jest zbyt słaby bądź niedostatecznej jakości.

Dlaczego technologie GNSS marnie sobie radzą z wyznaczaniem wysokości?

Rzeczywiście w pozycjonowaniu GNSS składowe poziome są świetne, natomiast składowa wysokościowa jest najsłabszym ogniwem. Dzieje się tak ze względu na kalibrację anten, opóźnienie troposferyczne, błędy zegara odbiornika i satelity, ale też opóźnienia sprzętowe na obwodach elektronicznych zarówno po stronie odbiornika, jak i satelity. Gdybyśmy byli w stanie modelować te wszystkie elementy, nic by nie stało na przeszkodzie, żeby składowa wysokościowa była równie dokładna bądź nawet dokładniejsza niż składowe horyzontalne. Gdybyśmy do tego mieli bardzo dokładny model geoidy (najlepiej dynamiczny, zmienny w czasie), to byłibyśmy w stanie zejść ze składową wysokościową poniżej 1 cm, co obecnie jest nieosiągalne w RTK. W zagadnieniach typowo geodezyjnych niwelatora nie można jeszcze odstawić, nadal musimy go wykorzystywać. Dlatego pracujemy nad tym, żeby pozycja uzyskiwana z pomiarów GNSS była jak najbardziej stabilna.

Mówi pan o własnym zespole czy ogólnie o naukowcach zajmujących się tymi zagadnieniami?

Myszę przede wszystkim o swoim zespole naukowym, w którym realizujemy różne projekty w dużej mierze dotyczące pokrewnych tematów: czy to pomiarów laserowych do różnych satelitów, czy poprawy jakości pozycjonowania w systemach GNSS, czy też integracji różnego typu danych. Ale oczywiście nie działamy w próżni, inni naukowcy też zajmują się podobnymi tematami. Tutaj bardzo istotna jest współpraca międzynarodowa w grupach badawczych, bo kiedy ktoś posiada dużo lepsze kompetencje w jakimś wąskim obszarze, warto taką osobę zaprosić do współpracy.

Jest pan też zaangażowany w działalność organizacji międzynarodowych.

Cały czas staram się działać w grupach roboczych Międzynarodowej Służby Pomiarów Laserowych (ILRS) przy NASA, ale także w grupach roboczych Międzynarodowej Asocjacji Geodezji (IAG). W ILRS zajmujemy się na przykład ak-

ceptacją wniosków o śledzenie przez stacje laserowe sztucznych satelitów Ziemi. Weryfikujemy poszczególne misje, wspierając przede wszystkim te, które mają przełożenie pośrednie bądź bezpośrednie na geodezję, ponieważ ILRS działa jako służba IAG.

Czy jakieś ciekawe misje satelitarne planowane są w najbliższym czasie?

Jeszcze w tym roku oczekiwane jest wystrzelenie pasywnego kulistego satelity geodezyjnego LARES-2, który posłuży zarówno do wyznaczenia parametrów Ziemi, jak i weryfikacji efektów relatywistycznych. Jest to projekt Włoskiej Agencji Kosmicznej.

Wkrótce wystartuje też przyszłościowa misja ELSA-D służąca do badania możliwości usuwania śmieci kosmicznych. Będzie się składała z dwóch modułów, z których każdy będzie miał odbiornik GNSS na pokładzie i będzie śledzony przez stacje laserowe. Jeden satelita będzie imitował śmieć kosmiczny, a drugi – wychytujący – będzie miał za zadanie za każdym razem dogonić go i złapać. Zaplanowano kilka prób łapania: kiedy śmieć będzie stopniowo się oddalał, kiedy będzie wirował i kiedy znajdzie się po drugiej stronie Ziemi. Za każdym razem ten aktywny satelita będzie musiał tak dostosować trajektorię ruchu, żeby zadokować śmieć do własnego pokładu. To będzie demonstracja technologii, która pozwoli nam kiedyś zadbać o czystość w przestrzeni kosmicznej.

Jest też planowana misja niewielkiego satelity NXD-1, który będzie orbitował nisko wokół Ziemi i pomoże wyznaczać parametry ruchu obrotowego.

A czym zajmuje się grupa robocza IAG, której pan przewodniczy?

Nasze działania dotyczą przede wszystkim integracji różnych technik w geodezji satelitarnej, bo dzięki niezależnym rozwiązaniom możemy eliminować błędy systematyczne. Na przykład zmienność w ruchu obrotowym Ziemi jesteśmy w stanie wyznaczyć z wykorzystaniem obserwacji: GNSS, SLR, VLBI (Very Long Baseline Interferometry), a nawet częściowo DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite). Ponadto wiemy, że na anomalie w tym ruchu wpływają m.in.: atmosfera ziemską, wiatry, rozkład mas w skorupie ziemskiej, cyrkulacja oceanów, topnienie pokryw lodowych na biegunach czy zmiany w spłaszczeniu Ziemi. Możemy więc opisać wszystkie elementy składowe w anomalii ruchu obrotowego Ziemi i porównać je z obserwacjami. Pozwala to wyeliminować te obserwacje, które mają największe błędy systematyczne, bądź też stworzyć takie rozwiązanie kombino-

wane, które będzie jak najmniej zaburzone różnymi błędami wynikającymi z poszczególnych technik obserwacyjnych. Nasza grupa zazwyczaj spotykała się przy okazji różnych konferencji międzynarodowych, teraz pozostają jedynie spotkania on-line, ale to już nie to samo.

Jakie znaczenie ma dla pana praca dydaktyczna?

Jest bardzo istotna, ponieważ częściowo nadaje sens pracy badawczej na uniwersytecie. Kluczowe dla mnie jest to, żeby przekazywać swoją wiedzę studentom, którzy chcą rozwijać się w obszarze geodezji satelitarnej, informować ich o najnowszych osiągnięciach technologicznych i naukowych. Sam opracowałem program nowej specjalności „geodezja satelitarna” i byłem jej kierownikiem na kierunku geodezja i kartografia. Ponadto prowadzę wykłady z geodezyjnych układów odniesienia. Ogromną satysfakcję daje też to, kiedy można obserwować, jak ktoś „połknął bakcyli” i chce się rozwijać w tym obszarze, pisząc na przykład pracę inżynierską czy magisterską, a później doktorską. Przez kilka lat byłem też opiekunem studenckiego koła naukowego geodetów.

Jak pandemia COVID-19 wpływa na pracę ze studentami?

Bardzo ją utrudnia. Koronawirus, niestety, w dużej mierze wyeliminował bezpośredni kontakt. Kiedy prowadziłem ćwiczenia na sali komputerowej, to szybko kojarzyłem studentów z twarzy, wiedziałem, jakie umiejętności posiada dana grupa, a nawet konkretne osoby już po pierwszych zajęciach. Można było wyłowić najlepszych na początku cyklu, ale też dostosować tempo prowadzenia zajęć do poziomu grupy. Natomiast przy zajęciach zdalnych jest to niezmiernie utrudnione. Również wykład prowadzi się teraz „do komputera”, a nie do sali wypełnionej studentami. W związku z tym nie można obserwować ich reakcji, czy przypadkiem nie są już trochę znużeni i może trzeba zmienić tematykę bądź opowiedzieć jakiś żart w ramach przerwy. Zauważyłem też, że przy tej formie pracy studenci niezmiernie rzadko zadają pytania, więc jest to bardziej monolog niż dyskusja z odbiorcami przekazu. Jednak trzeba pobudzać takie elementy, żeby ten przekaz nie był nudny i nie ograniczał się tylko do podawania suchych faktów. Jest to wyzwanie zarówno dla wykładowcy, jak i studentów. Jedynie ci, którzy piszą pracę magisterską bądź biorą udział w projektach naukowych, pojawiają się na uczelni, więc z nimi można utrzymywać kontakt bezpośredni. Koronawirus ma chyba największy negatywny wpływ na aspekty społeczne.



i Szkolnictwa Wyższego, a nawet możliwość prowadzenia studiów na kierunkach, które są przypisane do tej dyscypliny. Przede wszystkim chodzi więc o to, żebyśmy mieli publikacje w jak najlepszych czasopismach i projekty naukowe finansowane ze środków zewnętrznych, najlepiej międzynarodowych (takich jak Horyzont 2020 czy z ESA). Poza tym trzeba dbać o współpracę dyscypliny z gospodarką i biznesem i to o jak największym zasięgu. Trzeba więc poszukiwać takich obszarów badawczych, które mają szerokie oddziaływanie społeczne.

Ponadto jestem kierownikiem Zakładu Geodezji Satelitarnej, więc funkcje na uczelni nie są mi obce. Jednak już obecnie widzę, że kiedy zaczynam się angażować w inne zadania, mam coraz mniej czasu, który mogę poświęcić doktorantom, studentom czy też własnej działalności naukowej. W żadnym wypadku nie chciałbym stracić możliwości prowadzenia badań naukowych i jak najbliższego kontaktu z doktorantami i studentami. Im wyższa funkcja, tym większa odpowiedzialność i większe zaangażowanie, a doba ma, niestety, tylko 24 godziny.

Jakie cele stawia pan sobie obecnie i czy myśli pan o karierze zagranicznej?

Na razie nie planuję dłuższych wyjazdów za granicę, ale nie można przestać się rozwijać. Dlatego nie wykluczam wyjazdu na kilka miesięcy, żeby popracować w innym środowisku naukowym z nieco odmiennym punktem widzenia. Po pierwsze, żeby poszerzyć swoje hory-

Fot. Janusz Krzeszowski/Wroclaw.pl

Bycie naukowcem jest pełnieniem służby publicznej, działaniem na rzecz rozwoju społeczeństwa. Bezpośrednio przez nauczanie studentów, a pośrednio przez tworzenie nowych rozwiązań, technologii, które mogą się temu społeczeństwu przysłużyć.

Co myśli pan o pełnieniu różnych funkcji we władzach wydziału lub uczelni?

Obecnie jestem przewodniczącym Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, czyli organu, który ma prawo do nadawania stopnia naukowego doktora i doktora habilitowanego w tej dyscyplinie naukowej. Moja praca polega głównie na weryfikowaniu wpływających dokumentów dotyczących awansów naukowych, jestem odpowiedzialny za prowadzenie badań naukowych w dyscyplinie oraz strategię jej rozwoju, prowadzę też posiedzenia Rady Dyscypliny. Dotychczas wydziały były oceniane ja-

ko jednostki organizacyjne uczelni i posiadały uprawnienia do doktoryzowania i habilitacji, natomiast po reformie oceniane są dyscypliny naukowe. Moja praca w Radzie polega więc również na ciągłej weryfikacji osiągnięć pracowników, którzy są zapisani do tej dyscypliny. Od tego, jak wypadnie w przyszłej ewaluacji nasza dyscyplina, zależy i kategoria naukowa (czyli możliwość utrzymania uprawnień do nadawania stopni naukowych), i wysokość dofinansowania, które otrzymujemy z Ministerstwa Nauki

zonty, po drugie zaś, żeby przedstawić swoje stanowisko przy realizacji jakiegoś wspólnego projektu naukowego. Myślę, że dla rozwoju naukowego takie krótsze wyjazdy są wręcz nieodzowne. A jeżeli chodzi o rozwój kariery, to specjalnie wielkich planów nie mam. Zawsze starałem się jak najlepiej realizować to, co jest do zrobienia w najkrótszej perspektywie. Dopiero później okazywało się, że te niewielkie elementy układają się w większą całość, która owocuje w przyszłości. Jestem bardzo zadowolony, że zostałem

kierownikiem grantu ESA, i chciałbym sięgać po inne międzynarodowe projekty. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby osiągnąć sukces również w Polsce.

Kto dla pana jest największym współczesnym autorytetem naukowym w geodezji?

Za prawdziwy autorytet uważam prof. Gerharda Beutlera, z którym miałem okazję współpracować w Szwajcarii. To wspomniały człowiek i wielki naukowiec z ogromnymi dokonaniem w geodezji satelitarnej, współautor oprogramowania Bernese, a także autor podręczników z zakresu mechaniki nieba. Ale przede wszystkim to główny inicjator powstania Międzynarodowej Służby GNSS (IGS). Dzięki IGS społeczność naukowa zaczęła wymieniać się danymi. To wydarzyło się prawie 30 lat temu, a na tamte czasy była to bardzo nowoczesna myśl, by swoje dane badawcze udostępniać za darmo i ciągle je doskonalić. A wszystko po to, by ciągle przesuwać granice nauki. Bo nigdy nie wiemy, do czego ktoś inny wykorzysta dane, które opracujemy. Może wpadnie na dużo lepszy pomysł, a dzięki temu nauka pójdzie do przodu i poprawi się jakość życia społeczeństwa?

Jakie są obecnie najważniejsze problemy do rozwiązania w geodezji satelitarnej?

Z punktu widzenia technicznego, a zarazem praktycznej geodezji, jest to wyznaczanie składowej wysokościowej techniką GNSS. Do osiągnięcia subcentymetrowej dokładności w pozycjonowaniu absolutnym jeszcze daleka droga. A jeżeli chodzi o geodezję satelitarną z uwzględnieniem wszystkich technik obserwacyjnych: SLR, GNSS, VLBI i DORIS, to okazało się, że błędy systematyczne różnych technik są dużo większe, niż sądziliśmy jeszcze kilka czy kilkanaście lat temu. Każda technika teoretycznie daje dokładności na poziomie pojedynczych milimetrów, a jeżeli porównamy wyniki w zakresie realizacji skali Ziemi, to dwie techniki SLR (laserowych pomiarów odległości do sztucznych satelitów Ziemi) i VLBI (interferometrii wielkobazowej) nie zgadzają się na poziomie 7-8 mm. W tym zakresie największym wyzwaniem jest identyfikacja wszystkich błędów systematycznych i taka integracja różnych technik, żeby się tych błędów pozbywać. Natomiast w zakresie GNSS wspominałem już o trudności łączenia danych z różnych systemów. Trzeba więc znaleźć na to zoptymalizowany i racjonalny sposób, by przez kilka satelitów o gorszej dokładności nie doprowadzić do degradacji całego rozwiązania.

Kolejne problemy wynikają z tego, że Ziemia jako planeta nie jest obiektem statycznym, ale dynamicznym. Weźmy cho-

ciażby satelitarne pomiary grawimetryczne. Kiedyś sądzono, że im dokładniejszy instrument zainstalujemy na satelicie, tym dokładniej pomierzemy przebieg geoidy. Tymczasem okazało się, że jest pewna granica, poniżej której nie jesteśmy w stanie zejść, ponieważ czasowe zmiany wysokości nad poziomem morza i kształtu geoidy są na tyle duże, że przekraczają wartości centymetra. Ziemię musimy już więc traktować jako obiekt zmienny w czasie, ponieważ zachodzą na niej różne procesy, jak przemieszczanie się płyt tektonicznych czy topnienie lodowców na Grenlandii i zachodnim wybrzeżu Antarktydy. Nasza planeta cały czas zmienia więc kształt i to jest również wyzwanie dla geodezji, żeby monitorować i opisywać procesy, które zachodzą w skali globalnej na Ziemi podlegającej ciągłym zmianom. No i oczywiście przewidywać te procesy, co nie jest proste.

Chyba jako jedyni w krajowym środowisku geodezyjnym szeroko informujecie na stronie internetowej o tym, nad czym pracujecie. Nie widzę podobnych inicjatyw ze strony innych ośrodków, a szkoda.

Jesteśmy to winni społeczeństwu, które powinno być świadome tego, czym zajmują się naukowcy opłacani ze środków publicznych, na czym polega ich praca i jakie są jej owoce. Szczególnie jeżeli w jakimś wiodącym czasopiśmie uda się opublikować artykuł, który przechodzi przez międzynarodowy komitet recenzentów wnikliwie czytających artykuły, zadających mnóstwo pytań i oczekujących odpowiedzi. Powinniśmy wtedy pokazać, co zostało zrobione, na czym polega nowość w danym artykule, dlaczego akurat ten, a nie inny aspekt został poruszony po raz pierwszy. Bycie naukowcem jest pełnieniem służby publicznej, działaniem na rzecz rozwoju społeczeństwa. Bezpośrednio przez nauczanie studentów, a pośrednio przez tworzenie nowych rozwiązań, technologii, które mogą się temu społeczeństwu przysłużyć. Kiedy zatem powstaje coś nowego, mamy wręcz obowiązek zakomunikowania tego w przystępnej formie. A mówienie o skomplikowanych rzeczach w prosty sposób to kolejne wyzwanie dla naukowca, które trzeba podjąć.

Porozmawiajmy jeszcze o pieniądzach. Jak zdobywacie granty?

Żeby pozyskać zagraniczny grant, trzeba konkurować z najlepszymi naukowcami z całego świata. Za osobą, która aplikuje o grant, musi stać duży dorobek. Na samym starcie trzeba być bardzo dobrze przygotowanym i mieć bardzo dobry pomysł na badania, które mogą się przełożyć na odkrycia naukowe. Czasami się udaje,

czasami nie. Częściej się nie udaje, ponieważ współczynnik sukcesu w niektórych grantach wynosi między 9 a 20 procent. Jednak mówi się, że trzeba dążyć do doskonałości naukowej. Nie można się zniechęcać porażką, bo obecnie jest ona wpisana w pracę naukowca. Z każdej porażki trzeba natomiast wyciągać wnioski i iść do przodu.

Czy można się gdzieś nauczyć dobrze przygotowywania takich wniosków?

Są instytucje, które pozwalają doszlifować wniosek, czyli zwracają uwagę na pewne elementy, które warto uwypuklić. Jednak sam pomysł, rdzeń badań musi wypływać bezpośrednio od naukowca, który jest inicjatorem całego procesu. W pracy na uczelni trzeba być niezwykle kreatywnym, zajmować się zarówno sprawami związanymi z grantami, nauczaniem, wymyślaniem nowych tematów, jak i realizacją tych tematów, trzeba także posiadać umiejętność programowania oraz posługiwać się biegle językami obcymi. Ale taka praca nie pozwala się nudzić, bo tak naprawdę sam naukowiec jest odpowiedzialny za kreowanie pomysłów. Jeżeli więc ktoś ma pomysły i wie, w jaki sposób je realizować, to praca na uczelni jest dla niego.

Nam na przykład udało się też poza konkursem pozyskać projekt, w którym weryfikujemy teorię względności. Podczas Galileo Colloquium zorganizowanego przez ESA we wrześniu 2019 r. na Politechnice ETH w Zurychu mój doktorant mgr inż. Grzegorz Bury zaprezentował opracowany przez siebie model orbit satelitów Galileo w sesji wyznaczania orbit, natomiast ja przedstawiłem wstępne wyniki badań nad pomiarami krzywizny czasoprzestrzeni w sesji fizyki fundamentalnej. Oba referaty spotkały się z ogromnym zainteresowaniem przede wszystkim ze strony Europejskiej Agencji Kosmicznej. ESA nagrodziła zarówno jeden, jak i drugi pierwszym miejscem za najlepsze referaty wygłoszone na kolokwium, a następnie zaproponowała podpisanie kontraktu na dalsze badania.

Zdobywane okazjonalnie granty nie zmieniają jednak faktu niedofinansowania polskiej nauki.

Ciężko się nie zgodzić z tym, że zarobki na uczelniach polskich i zachodnich mocno od siebie odbiegają. Profesor w Polsce zarabia tyle co doktorant w Szwajcarii. Trzeba się więc angażować w wiele projektów naukowych, żeby zarabiać na uczelni przyzwoite pieniądze. Z drugiej strony w Polsce można realizować własne pomysły. Możliwość samorozwoju w dużej mierze kompensuje to, że zarobki nie są aż tak wysokie jak w innych krajach.

Rozmawiała Anna Wardziak