

Kraków, 10.05.2019 r.

Prof. dr hab. inż. Krystian Pyka
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska

RECENZJA

w postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Grzegorza Józkowa

Podstawą opracowania recenzji jest zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji prof. dr. hab. inż. Bernarda Kontnego, wyrażone pismem z 2.04.2019 roku, dostarczonym wraz z dokumentacją dotychczasowego postępowania.

Wydzieliłem w recenzji dwie zasadnicze części:

1. ocenę osiągnięcia naukowego przedstawionego przez Habilitanta,
 2. ocenę istotnej aktywności naukowej Kandydata wraz z oceną dorobku dydaktycznego i organizacyjnego,
- które zamyka konkluzja.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Dr inż. Grzegorz Józków wskazał we wniosku habilitacyjnym jako osiągnięcie naukowe **Skaning laserowy – akwizycja i kompresja danych**. Osiągnięcie jest udokumentowane cyklem siedmiu publikacji wydanych w latach 2015-2018, Habilitant jest współautorem sześciu prac a w jednym przypadku autorem samodzielnym. Cykl ujmuje cztery publikacje notowane w bazie JCR spośród których dwie ukazały się w czasopiśmie *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, które można uznać za najbardziej prestiżowe w zakresie szeroko rozumianej teledetekcji. Pozostałe trzy prace cyklu ukazały się w materiałach konferencyjnych indeksowanych w bazie WoS.

Osiągnięcie habilitacyjne obejmuje szeroką przestrzeń badawczą, dla której wspólnym mianownikiem jest technika skaningu laserowego. Moim zdaniem nie stanowi jednak jednolitej całości, wyraźnie wyłaniają się dwa problemy naukowe: pierwszy dotyczy kompresji danych zarejestrowanych w trybie full-waveform a drugi skanowania przy pomocy sensorów niskobudżetowych w tym umieszczonych na platformach BSL. Być może byłoby lepiej, aby osiągnięcie skupiało się tylko na jednym z tych problemów. Uważam, że ograniczenie osiągnięcia do zagadnienia kompresji danych full-waveform wpłynęłoby korzystnie na jego zwartość a jednocześnie miałoby wystarczającą wartość jako próg habilitacyjny.

Skaning full-waveform można określić jako tryb skanowania który do tej pory nie jest w pełni wykorzystywany przez metody eksploracji danych. Zwykle zapis „fal ciągłych”

(w rzeczywistości fale są zapisane dyskretnie ale z bardzo dużą częstotliwością) traktowany jest tylko jako roboczy, służący do bardzo zgrubnej dyskretyzacji, wydobywającej kilka odbić. Wskutek tego full-waveform wnosi jedynie dogęszczanie chmury punktów. Tymczasem w kształcie fali tkwi głęboka wiedza o obiektach penetrowanych przez impuls laserowy, która praktycznie nie jest wykorzystywana w masowym przetwarzaniu skaningu laserowego. Z tego punktu widzenia skuteczna kompresja FWD na etapie akwizycji danych jest pokonaniem jednej z barier ograniczających pełne wykorzystanie tego trybu skanowania.

Najbardziej oryginalnym elementem osiągnięcia habilitacyjnego dr Józkowa jest zbadanie możliwości wykorzystania kompresorów obrazowych do upakowanego zapisu FWD. Metoda kompresji przedstawiona w publikacji *Compression strategies for LiDAR waveform cube* (2¹) jest oryginalna i ma szansę przyczynić się do szerszego stosowania danych full-waveform w postaci quasi źródłowej. Autorzy pracy zauważyli, że specyfika pozyskiwania danych FW pozwala je zapisać w regularnej strukturze 3D tzw. *waveform cube*. Taka struktura zachowuje przestrzenny porządek pomiędzy poszczególnymi profilami *waveform* co pozwoliło na wykorzystanie korelacji przestrzennej danych. Sprzężenie korelacji przestrzennej z korelacją czasową dało synergiczny efekt kompresji 2D. Właśnie wprowadzenie kompresji 2D w miejsce stosowanej kompresji 1D uznają za fundament osiągnięcia habilitacyjnego. Dr Józków ma 60% udział w opracowaniu omawianej publikacji, co oznacza, że był liderem zespołu złożonego z czterech osób spośród których co najmniej dwie mają niekwestionowany autorytet w zakresie skaningu. Co istotne Habilitant był pomysłodawcą formowania obrazów z danych FW. Dzięki temu pomysłowi, poza korelacją czasową profili falkowych, wykorzystywaną podczas kompresji 1D, uwzględniana jest korelacja przestrzenna pomiędzy sąsiednimi profilami co jest źródłem znaczącego zwiększenia stopnia kompresji.

W badaniach uwzględniono wykorzystanie dwóch standardów kompresji stratnej JPEG oraz podejście oparte na analizie składowych głównych. Wykorzystanie metod dedykowanych obrazom wielokanałowym było możliwe dzięki zaproponowanej koncepcji uporządkowania profili w warstwy tworzące wolumen 3D (*LiDAR waveform cube*). Badania wykonane na czterech zbiorach testowych wskazały algorytm JPEG-2000 jako najefektywniejszy dla kompresji FWD. Zauważono, że optymalny kierunek tworzenia obrazów z *waveform cube* jest zgodny z kierunkiem pozyskiwania danych, stąd kompresja ta może być realizowana na poziomie sensora podczas pozyskiwania danych, co było zgodne z założonym celem.

Warto podkreślić fakt, że poszukiwanie optymalnego algorytmu odbyło się z wykorzystaniem dwudziestu różnych współczynników jakości kompresji. Analizowany był również wpływ wygładzania danych jaki ma miejsce podczas kompresji stratnej. Wykazano, że przy odpowiednich parametrach procesu wygładzenie skupia się na szumach czyli de facto usuwa z danych obciążenie losowe.

Badania nad kompresją FWD były kontynuowane przez ten sam czteroosobowy zespół a efektem była publikacja *Study on sensor level LiDAR waveform data compression using JPEG-2000 standard multi-component transform* (3), z 55% wkładem Habilitanta. Skupiono się

1 po tytule publikacji podano w nawiasie jej numer porządkowy zgodny z wykazem podanym na str. 3 autoreferatu

w niej nad wykorzystaniem transformacji wielokomponentowej (*Multi-Component Transform*) dostępnej w standardzie JPEG-2000, co stanowiło przejście do kompresji na poziomie 3D. Poszukiwano również odpowiedzi na pytanie, czy dodatkowa dekorelacja danych przed kompresją JPEG-2000, przy pomocy transformacji KLT (*Karhunen-Loève-Transformation*) lub DWT (*Discrete Wavelet Transform*), poprawi efektywność kompresji. Te badania nie zakończyły się tak spektakularnym wynikiem jak omówione wcześniej, tym niemniej wskazały na większą elastyczność kompresji 3D niż 2D oraz na możliwość lepszej kontroli nad relacją pomiędzy stopniem kompresji a stopniem zniekształcenia źródłowych danych. Wykazana wada podejścia 3D, polegająca na wolniejszym działaniu względem 2D, jest oczywiście istotna z praktycznego punktu widzenia, ale wydaje mi się, że może zostać pomniejszona na drodze optymalizacji numerycznej wspartej procesorami wielordzeniowymi.

Problem kompresji jest ujęty też w pracy *Terrestrial Laser Scanning Data Compression Using JPEG-2000* (4), opracowanej samodzielnie przez Habilitanta. Tym razem kompresja dotyczy standardowych danych ze skaningu, czyli o postaci chmury punktów. Dr Józków znając dobrze potencjał algorytmu JPEG-2000 zaproponował jego wykorzystanie w taki sposób, aby dane pozyskiwane przez skaner zapisywać w postaci kilku-komponentowego rastra zawierającego odległość zamiast współrzędnych 3D. Uwzględnił również możliwość zapisu intensywności odbicia oraz barw RGB (w przypadku gdy podczas skanowania wykonywane są zdjęcia a kolorowanie punktów odbywa się w ramach oprogramowania skanera). Kompresja chmury punktów wykorzystująca JPEG-2000 została porównana m.in. z bezstratną kompresją LAZ, uznaną za najlepszą dla skaningu, używaną powszechnie i stanowiącą standard de facto. Konfrontacja podejścia stratnego z bezstratnym standardem okazała się bardzo wartościowa poznawczo, pokazała, że strategia stratna nie musi oznaczać pogorszenia jakości danych. W konkluzji Habilitant słusznie rekomenduje wykorzystanie algorytmu JPEG-2000 do kompresji danych skaningu naziemnego na poziomie sensora.

Druga część osiągnięcia przedstawionego przez Habilitanta dotyczy analizy przyczyn niskiej jakości skaningu realizowanego z BSL z wykorzystaniem niskobudżetowych skanerów (zasadniczo niewielki BSL implikuje wykorzystanie taniego skanera). Badania zostały przedstawione w trzech publikacjach: *Mapping with small UAS: A point cloud accuracy assessment* (5), *UAS topographic mapping with velodyne LiDAR sensor* (6) oraz *Performance Evaluation of sUAS Equipped with Velodyne HDL-32E LiDAR Sensor* (7). Analizowano prototypowe systemy BSL wyposażone w skaner laserowy Velodyne HDL-32E oraz w odbiorniki GNSS różnej klasy i jednostki inercyjne typu MEMS. Z pewnością badania prototypowych systemów są potrzebne dla rozwoju metrycznych zastosowań BSL, z tego punktu widzenia eksperymenty opisane w publikacjach uznają za wartościowe.

Wynikiem badań jest wskazanie zbyt niskiej jakości pomiarów kątowych elementów orientacji BSL jako głównej przyczyny stosunkowo słabej jakości geometrycznej wynikowej chmury punktów. Taki wynik zasadniczo był przewidywalny, gdyż pomiary wykonywane przez INS oparte na technologii MEMS mają bardzo duży dryf. Nie zauważyłem w publikacjach próby modelowania błędów INS, co jest możliwe, gdyż dryf ma charakter systematyczny.

Niezbyt jasno opisano sposób przejścia od kątów YPR mierzonych przez IMU w zmiennym układzie nawigacyjnym do kątów Eulera używanych w aerotriangulacji a odnoszących się układu współrzędnych terenowych.

Ciekawe z praktycznego punktu widzenia były spostrzeżenia dotyczące negatywnego wpływu wibracji statku powietrznego na dokładność INS. Autorzy zasugerowali sposób sprzętowej redukcji tego wpływu. Jako rozwiązanie zbyt niskiej dokładności INS wskazali równoczesne wykonywanie z pokładu BSL skaningu i zdjęć, a następnie wykorzystanie orientacji kątowej estymowanej podczas aerotriangulacji do poprawniejszej orientacji impulsów laserowych. Ten kierunek poprawy jakości jest już aplikowany w praktyce gdyż BSL rozwija się niezmiernie szybko. Nadto firma Riegl stosuje z powodzeniem korektę orientacji kątowej na drodze wykrywania płaszczyzn w rejestrowanej przestrzeni i modelowania na ich podstawie błędów INS.

Dorobek dotyczący skanowania z BSL dowodzi aktywności badawczej Habilitanta, można doszukać się w nim pewnej oryginalności ale nie na tak wysokim poziomie jak w przypadku pierwszej części osiągnięcia dotyczącego kompresji danych ze skaningu.

Osobno ustosunkowuję się do publikacji *Remote sensing platforms and sensors: A survey* (1). Praca ma charakter przeglądowy i lepiej byłoby, aby została wykazana jako inny dorobek Habilitanta. Trzeba jednak docenić jej wartość gdyż poza przeglądem technik i metod stosowanych w teledetekcji systematyzuje i porządkuje pewne pojęcia, np. bezpośrednie i pośrednie określanie georeferencji, podejście zintegrowane. Pokazuje tendencje rozwojowe wskazując integrację GNSS i INS jako kierunek rozwoju georeferencji a UAS jako system o potencjalnie najlepszych rokowaniach. Zawiera bardzo szczegółowe zestawienia tabelaryczne i jest świetnie ilustrowana. Te zalety są zapewne źródłem licznych cytowań – w ciągu 3 lat od ukazania się publikacji była cytowana 62 razy (IF czasopisma w roku wydania 6,387). Z mojego punktu widzenia autorzy, pomimo że wielokrotnie odnoszą się do kosztów urządzeń pomijają realny aspekt ekonomiczny. Piszą że wysoko-rozdzielcze obrazy satelitarne zmniejszają rolę obrazowania lotniczego, podczas gdy koszty VHRS są dość wysokie a w Europie udział zdjęć lotniczych w rynku geoinformatycznym nie maleje a rośnie.

Niezależnie od krytycznej opinii na temat spięcia w jeden cykl dwóch rozłącznych zagadnień oceniam pozytywnie osiągnięcie przedstawione przez Habilitanta. Część osiągnięcia dotycząca kompresji danych ze skaningu jest wystarczającą podstawą do takiej oceny. Poza oryginalnością rozwiązania doceniam również fakt, że publikacje dotyczące kompresji ukazały się w ważnych czasopismach o łącznym IF=5,827. Ich cytowalność na razie nie jest wysoka, co należy tłumaczyć faktem, że ukazały się stosunkowo niedawno (2015-17) oraz tym, że środowisko geoinformacyjne niesłusznie zaakceptowało niepełne wykorzystanie potencjału full-waveform. Przypuszczam, że gdyby w ślad za publikacjami wykonana byłaby implementacja informatyczna open source to jej oddźwięk byłby bardzo duży.

W mojej opinii osiągnięcie Habilitanta wnosi wkład w rozwój dyscypliny geodezja i kartografia (w aktualnym podziale jest to inżynieria lądowa i transport) w szczególności

poprzez otwarcie nowej możliwości zapisu FWD, co powinno przyczynić się do szerszego wykorzystania zapisu źródłowego a przez z zwiększyć potencjał skaningu w zakresie detekcji obiektów.

2. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitanta oraz dorobku dydaktycznego i organizacyjnego

Istotna aktywność naukowa

Dr inż. Grzegorz Józków w pierwszym okresie po doktoracie kontynuował wcześniejsze badania dotyczące filtracji danych lotniczego skaningu laserowego. Później skoncentrował się na wykorzystaniu BSL do pozyskiwania danych przestrzennych zarówno na drodze skanowania laserowego jak i fotogrametrycznej. Ważnym etapem jego rozwoju naukowego był 3-letni staż naukowy w The Ohio State University, Columbus, podczas którego prowadził badania nad algorytmami LIDAR waveform.

W okresie po doktoracie poza siedmioma pracami włączonymi do osiągnięcia habilitacyjnego dr inż. Grzegorz Józków opublikował 25 innych prac naukowych, z wyjątkiem monografii autorskiej w pozostałych był współautorem. Formalna statystyka tych publikacji jest następująca:

- 3 pozycje na liście JCR – sumaryczny IF=3,561,
- 10 recenzowanych materiałów konferencyjnych indeksowanych w WoS,
- 2 publikacje w czasopismach z listy B MNiSW,
- 1 monografia autorska,
- 9 innych materiałów konferencyjnych.

Publikowanie w zespołach wieloautorskich jest charakterystyczne dla współczesnej nauki, przy czym mała liczba publikacji indywidualnych (monografia i jedna praca przedstawiona w ramach osiągnięcia) jest niewielką rysą w stosunkowo silnej sylwetce naukowej Habilitanta, który legitymuje się dobrymi wskaźnikami bibliometrycznymi osiągniętym w okresie niecałych dziewięciu lat jakie upłynęły od obrony doktoratu: sumaryczna liczba punktów MNiSW za publikacje po uzyskaniu stopnia doktora (łącznie z publikacjami stanowiącymi osiągnięcie naukowe) = 398; sumaryczny IF= 15.775, cytowania według WoS wynoszą 104 a indeks Hirscha wynosi 4.

Habilitant wskazał dwa dokonania kwalifikujące się jako współautorstwo zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia technologicznego. Jedno to opracowanie technologii tworzenia modeli 3D zabudowy z danych naziemnego i lotniczego skaningu laserowego na potrzeby projektu „Opolskie w Internecie”. Drugie to opracowanie koncepcji modernizacji systemu kontrolno-pomiarowego KWB Turów. Dr inż. Józków nie jest posiadaczem patentu, ani autorem wynalazków. Jest współautorem dokumentacji trzech prac badawczych.

Powyższe fakty dają podstawę do stwierdzenia, że dorobek naukowy Kandydata nie powiązany bezpośrednio z osiągnięciem habilitacyjnym jest pokaźny pod względem ilościowym i merytorycznym. Także ocena innych elementów dorobku naukowego Habilitanta jest pozytywna. Dr Józków brał udział jako wykonawca w czterech międzynarodowych i czterech krajowych projektach badawczych. Trzykrotnie był nagradzany przez Rektora Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu za działalność naukową. Prezentował wyniki badań na konferencjach międzynarodowych i krajowych, na których wygłosił łącznie 16 referatów.

W mojej opinii aktywność naukowa Habilitanta po otrzymaniu stopnia doktora spełnia oczekiwania stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Dorobek dydaktyczny, popularyzatorski i współpraca międzynarodowa

Habilitant ma w dorobku dydaktycznym prowadzenie ćwiczeń - głównie na kierunku geodezja i kartografia - w ramach kilkunastu przedmiotów, w tym dotyczących fotogrametrii, skaningu i systemów informacji przestrzennej, także w języku angielskim. Prowadzi też wykłady z przedmiotów: *Bezzałogowe Systemy Latające w Geodezji* oraz *Metody Pozyskiwania Danych Przestrzennych*. Był opiekunem studentów odbywających staż w ramach programu ERASMUS. Został powołany na promotora pomocniczego w trzech przewodach doktorskich. Był opiekunem 32 prac dyplomowych magisterskich i inżynierskich.

Ponadto stwierdzam, że Habilitant wykazał się:

- aktywnym udziałem w 41 międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych,
- udziałem w komitetach organizacyjnych międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych,
- otrzymaniem nagród Rektora za działalność organizacyjną i dydaktyczną,
- udziałem jako wykonawca w konsorcjum realizującym projekt naukowy finansowany przez Unię Europejską,
- członkostwem w Amerykańskim Towarzystwie Fotogrametrii i Teledetekcji (ASPRS - American Society for Photogrammetry and Remote Sensing),
- opieką naukową nad studentami studiów indywidualnych,
- odbyciem staży - w jednym zagranicznym ośrodku naukowym i w dwóch krajowych,
- kilkunastoma wdrożeniami na rzecz przedsiębiorców,
- udziałem w dwóch zespołach eksperckich,
- zrecenzowaniem 32 publikacji w czasopismach międzynarodowych i krajowych w tym dla prestiżowego czasopisma *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*,
- wygłoszeniu 4 referatów na imprezach popularyzujących naukę,
- wykonaniem wielu ekspertyz i opracowań zamawianych przez instytucje publiczne i firmy usługowo-produkcyjne.

W mojej opinii dorobek dydaktyczny, popularyzatorski i działalność międzynarodowa

Habilitanta dowodzą aktywności oczekiwanej od kandydata do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

3. Konkluzja

We wszystkich ocenianych aspektach moja ocena dorobku dr inż. Józkowa jest pozytywna. Osiągnięcie naukowe zawiera znamiona oryginalności, wnosi wkład w rozwój geodezji i kartografii (w aktualnym podziale jest to inżynieria lądowa i transport). Całokształt dorobku publikacyjnego po doktoracie posiada dobre wskaźniki bibliometryczne. Habilitant wykazuje bardzo dużą aktywność naukową, jest osobą o uznanym dorobku zwłaszcza w zakresie skanowania laserowego i modelowania 3D. Dr inż. Józków ma spore doświadczenie dydaktyczne, bierze udział w projektach naukowych, jest aktywny na forum międzynarodowym. Kandydat spełnia prawie wszystkie kryteria z rozporządzenia ministra nauki i szkolnictwa wyższego z dnia 1 września 2011 r. w *sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego*, co jest kolejnym argumentem za uznaniem Jego dorobku za odpowiedni do uzyskania stopnia doktora habilitowanego.

Dlatego stwierdzam, iż dr inż. Grzegorz Józków spełnia warunki ustawowe i wnoszę o dopuszczenie Habilitanta do dalszego toku postępowania habilitacyjnego.

