Częstochowa, dn. 28 maja 2023 r.

prof. dr hab. inż. Rafał Scherer
Katedra Inteligentnych Systemów Informatycznych
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 36
42-200 Częstochowa

Recenzja

osiągnięcia naukowego i istotnej aktywności naukowej

dr. inż. Marcina Lucknera

w związku z postepowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja

Niniejszą recenzję opracowano na wniosek Rady Naukowej Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Warszawskiej, która uchwałą nr 422/2023 z dnia 7 lutego 2023 roku powołała mnie na recenzenta.

1. Sylwetka habilitanta

Dr. inż. Marcina Luckner w 2011 roku ukończył studia magisterskie na Wydziale Fizyki Technicznej i Matematyki Politechniki Warszawskiej. z oceną celującą. W roku 2010 obronił doktorat w Instytucie Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Zastosowań Informatyki i Metod Numerycznych oraz dyrektora Ośrodka Badań dla Biznesu Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej.

Dr Luckner zajmuje się różnymi aspektami praktycznych zastosowań informatyki: analiza przestrzenna oparta na systemie lokalizacyjnym (Osiągnięcie z Wniosku o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego), rozpoznawanie zapisu nutowego, rozpoznawanie wzorców, cyberbezpieczeństwo oraz analiza obrazu i danych przestrzennych i miejskich. Opublikował ponad 60 prac, w tym 11 wykazano jako spójny cykl będący osiągnieciem habilitacyjnym.

2. Ocena osiągnięcia naukowego

Habilitant jako osiągnięcie naukowe pt. „Metody analizy przestrzennej wykorzystujące dane z sieci bezprzewodowych (GSM i Wi-Fi)” przedłożył cykl 11 współautorskich prac, w których jego wkład został wykazany w oświadczeniach współautorów za pomocą taksonomii ról autorów (Contributor Roles Taxonomy [CRediT]). Pomimo braku wykazanych udziałów procentowych, można stwierdzić, że dr Luckner posiadał wiodącą rolę w omawianych publikacjach.

Praca [A1] podejmuje problem szacowania gęstości zaludnienia przy jednoczesnym zachowaniu prywatności obywateli, skupiając się szczególnie na mieście Warszawie. Autorzy proponują metodologię, która wykorzystuje dane z sieci komórkowych w celu szacowania gęstości zaludnienia bez naruszania prywatności jednostek. Autorzy podkreślają znaczenie dokładnego szacowania gęstości zaludnienia dla planowania urbanistycznego, alokacji zasobów i optymalizacji usług publicznych. Jednak tradycyjne podejścia często wymagają zbierania danych osobowych, co budzi obawy dotyczące prywatności. W celu rozwiązania tego problemu autorzy proponują podejście chroniące prywatność, które agreguje i analizuje anonimizowane dane ze stacji bazowych BTS. Proponowana metoda została porównana z danymi monitoringu wideo w centrum handlowym. Habilitant zaproponował modyfikację wcześniejszej swojej metody transformującej i agregującej dane z BTS w dane obszarowe. Metoda agregacji z pracy [A4] została rozbudowana i zastosowana do analiz przestrzennych, które miały zachować prywatność użytkowników sieci komórkowej. Autorzy porównali wyniki zaproponowanego rozwiązania z systemami CCTV i zbadali czułość systemu. Habilitant zaproponował wspomnianą modyfikację metody agregacji z pracy [A4] rozdzielając zdarzenia między obszary proporcjonalnie do części pokrycia ich poprzez stację bazową. Pozwoliło to na bardziej równomierne rozmieszczenie danych i zwiększenie prywatności użytkowników, poprzez redukcję agregacji złożonych z małej liczby elementów. Habilitant wykorzystał utworzoną agregację do odtworzenia eksperymentów na nieagregowanych danych, które pozwalały na modelowanie dobowego zatłoczenia w obiektach użyteczności publicznej i rozróżnienie ich na tej podstawie. Dokonał także analizy zatłoczenia dla głównych centrów handlowych, dworców i uczelni w Warszawie.

Praca [A2] dotyczy automatycznego wykrywania zmian w charakterystyce siły sygnału w sieci Wi-Fi w celu opracowania systemu lokalizacji wewnętrznej. Autorzy koncentrują się na problemie lokalizacji wewnątrz pomieszczeń, gdzie tradycyjne systemy GPS są niewystarczające. Zamiast tego, wykorzystują sieci Wi-Fi jako podstawową infrastrukturę do lokalizacji wewnątrz budynków. Kluczowym aspektem tego systemu jest wykrywanie zmian w charakterystyce siły sygnału Wi-Fi, które mogą wskazywać na zmianę położenia użytkownika wewnątrz budynku. W pracy [A2] habilitant zaproponował system, który zamiast wykrywać wyłączenie punktu dostępowego wykrywa zmianę charakterystyki jego sygnałów. Metoda może służyć np. do wykrywania przemieszczenia punktu dostępowego. W proponowanym podejściu, siła sygnału dla danego punktu dostępowego jest modelowana przez las losowy na podstawie siły sygnału pozostałych punktów dostępowych. Jeżeli nastąpi istotna różnica między estymacją a zaobserwowanym odczytem, system eliminuje zmienną z modelu lokalizacji. Habilitant wykazał, podczas symulacji przemieszczania punktów dostępowych w poziomie i między piętrami, że otrzymane wyniki są zbliżone do wyników systemu idealnie wykrywającego zmiany. Pokazał także, że metoda może być użyta do wykrywania wyłączonych punktów dostępowych.

W pracy [A3] zaproponowano system lokalizujący, wyposażony w moduł wyłączający punkty dostępowe, jeżeli podczas analizy napływających wektorów danych system ustali, że dany punkt dostępowy jest nieaktywny. Habilitant przeprowadził analizę punktów dostępowych, aby wykazać, że w lokalizacji nie wystarczy opierać się na punktach dostępowych będących częścią lokalnej infrastruktury. Zaproponował metodę selekcji źródeł, która minimalizuje liczbę wybranych punktów dostępowych nie przekraczając założonej tolerancji błędu.

W pracy [A4] przedstawiona jest metoda analizy danych zbieranych na stacjach bazowych sieci komórkowej. Habilitant, przybliżając zasięg stacji okręgiem i przypisując do niej dobowy wektor zliczający obserwowane zdarzenia w godzinnej rozdzielczości, zgrupował wektory w obszarach zawierających stacje. Następnie zaproponował metody normalizacji tych danych względem obszaru i czasu.

W pracy [A5] przedstawiono zastosowanie do lokalizacji biblioteki XGBoost. Habilitant wykorzystał możliwość zastosowania algorytmu zarówno w zadaniu klasyfikacji jak i regresji i zaproponował system, który najpierw wykrywa bieżące piętro, a potem stosuje przypisaną do niego parę estymatorów dla współrzędnych poziomych. Zaproponowany system uzyskał błąd poziomy poniżej 3m i błąd wykrywania piętra wielkości 7%. Uzyskane wyniki były lepsze niż uzyskane przez system oparty na dwóch modelach XGBoost i przez algorytm *k*NN.
W pracy [A6] sprawdzono działanie systemu lokalizacji na danych zebranych dwa lata po jego wytrenowaniu. Odnotowano spadek skuteczności wykrywania piętra o 5 procent i zwiększenie się średniego błędu poziomego o ponad metr, jednak, według autorów, system można uznać nadal za skuteczny, co oszczędza kosztownej kampanii zbierania danych do jego dostrojenia.

W pracy [A7] autorzy zaproponowali system lokalizacyjny oparty na zespole lokalizatorów, przypisanych do poszczególnych punktów dostępowych sieci WiFi. Uzyskali wyniki lepsze niż uzyskane przez las losowy i perceptron wielowarstwowy na tych samych danych.
W pracy [A8] autorzy zajęli się zagadnieniem zastosowania uczenia maszynowego do przeprowadzenia lokalizacji w oparciu o siły sygnałów GSM. Habilitant zaproponował hierarchiczny system lokalizacji, który stosuje perceptron wielowarstwowy do agregacji estymacji lokalizacji z pojedynczego pomiaru i serii pomiarów, powstałych przez uśrednienie i uśrednienie ważone. Algorytm doprowadził do redukcji wartości błędu lokalizacji na płaszczyźnie poziomej i błędu wykrywania piętra.

W pracy [A9] autorzy testowali różne podejścia do detekcji bieżącego piętra, porównując detekcję na podstawie czujnika ciśnienia, sygnałów sieci komórkowej (2G/3G) oraz lokalnej sieci WiFi. Habilitant zaplanował eksperyment, który miał pozwolić na porównanie różnych typów sygnałów mimo różnej liczby dostępnych źródeł sygnałów i częstotliwości zbierania danych. Wykonano trzy testy: na pełnym zbiorze danych, na pojedynczym, najistotniejszym źródle sygnału oraz na takim samym rozmiarze zbiorów trenujących. Testy pokazały, że detekcja piętra na podstawie sygnałów GSM i WiFi daje podobne wyniki, znacznie lepsze niż detekcja na podstawie pomiaru ciśnienia. Odnosi się to do wszystkich przeprowadzonych eksperymentów.

W pracy [A10] autorzy omówili zagadnienie wykrywania zmian piętra na przebytej trasie. Habilitant zaproponował algorytm, który łączy klasyfikację binarną z algorytmem regresji do wykrycia, w których punktach trasy dochodzi do zmiany wysokości, jaki jest jej kierunek oraz wartość. Zaproponowane podejście dało wynik o 40% lepszy od algorytmu regresji. Algorytm działał w oparciu o sygnały GSM.

W pracy [A11] autorzy podjęli kwestię odporności systemu lokalizacji na awarie infrastruktury. Jeżeli któryś z punktów dostępowych ulegnie awarii, to system lokalizacyjny, oparty o uczenie maszynowe, będzie otrzymywał z tego źródła stały sygnał, mogący zakłócać wyniki klasyfikacji. Autorzy przeprowadzili test wyłączając dwa i pięć punktów dostępowych uznane za najbardziej istotne w lokalizacji z użyciem lasu losowego. Spowodowało to spadek jakości lokalizacji, ale autorzy wykazali, że wyłączając te zmienne z modelu można uzyskać jakość zbliżoną do oryginalnego modelu.

Dokonania Habilitanta mieszczą się oczywiście w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja. Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych, Habilitant wniósł istotny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja. Konkretnie, wkład ten wykazany w cyklu spójnych publikacji polega na:

- Opracowaniu algorytmu do wyznaczania lokalizacji wewnątrz budynków na podstawie sygnałów GSM z dokładnością około pięciu metrów.
- Budowie lokalizatorów działających wewnątrz budynków, które na podstawie sygnałów Wi-Fi, osiągają stosunkowo wysoką dokładność lokalizacji, odpornych na zaniki sygnałów Wi-Fi i zmiany w infrastrukturze sieci.

- Opracowaniu algorytmu przetwarzającego dane crowdsourcingowe zbierane na stacjach bazowych sieci GSM, do postaci pozwalającej na analizę zagęszczenia na zadanym obszarze, bez naruszania prywatności użytkowników sieci.
- Stworzeniu algorytmu selekcji punktów dostępowych, do budowy modelu lokalizacyjnego, aby zwiększyć wydajność modelu bez przekraczania tolerancji błędu.
- Opracowanie algorytmu wykrywania zmian w infrastrukturze Wi-Fi oraz analizy dziennego zatłoczenia głównych budynków i kompleksów budynków użyteczności publicznej, wykorzystując przybliżone dane tłumu.

Należy stwierdzić, że przedłożone Osiągnięcie jest cyklem powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b.

3. Ocena aktywności naukowej i dydaktycznej

Dr Marcin Luckner przebywał w okresie 20.04.2022-21.05.2022 roku na stażu w Centre for Digital Forensics and Cyber Security, Tallinn University of Technology. Staż był częścią szerszej współpracy trwającej od 2020 roku, polegającej na analizie złośliwego oprogramowania. Wynikiem współpracy są do tej pory trzy publikacje.

Wcześniej Habilitant współpracował z prof. Witoldem Pedryczem z University of Alberta opracowując nowe metody klasyfikacji wzorców.

Poza pracami wchodzącymi w cykl będący Osiągnięciem habilitacyjnym, dr Luckner opublikował wiele prac dotyczących wielu aspektów współczesnej informatyki. Jeden z obszarów były prace związana z klasyfikatorami binarnymi do problemów wieloklasowych oraz dotyczącymi zagadnienia odrzucania.

Następną grupą artykułów były prace dotyczące cyberbezpieczeństwa. Habilitant zajmował się wykrywaniem spamu ataków DDoS, spamów przeglądarkach oraz ochrony urządzeń mobilnych opartych o urządzenie Android. Zaproponował sposób testowania metod detekcji zagrożeń sieciowych poprzez tworzenie realistycznych zbiorów danych referencyjnych oraz przetwarzanie tych danych w środowiskach testowych. Zaprezentował hybrydowy klasyfikator do wykrywania spamu z dużą skutecznością. Opracował niskopoziomowy model spamu będący podstawą budowy drzew decyzyjnych. Zaproponował sposób przekształcenia drzew decyzyjnych w deterministyczny automat skończony, przez co zbiór reguł decyzyjnych przekształcany jest w automat skończony, który może wykrywać zdarzenia przed uzyskaniem pełnego kompletu informacji. Dr Luckner opracował zestaw metod do zabezpieczania przed manipulowaniem wynikami wyszukiwarek internetowych. Wykorzystywał do tego klasyfikatory SVM oraz różne metody przetwarzania danych. Analizował złośliwe oprogramowanie działające w systemie Android. Zajmował się problemem dryfu pojęć (*concept drift*) i ewolucji złośliwego oprogramowania w jego wykrywaniu.

Innym obszarem zainteresowań był problem wizji komputerowej (*computer vision*). Stworzył metodę generowania chmur punktów z serii zdjęć. Badał metody tworzenia punktów kluczowych obiektów trójwymiarowych. Opracował metodę estymacji terenów zielonych z map geodezyjnych. Stworzył urządzenie do zliczania osób przepływających przez wodne szlaki turystyczne oraz systemy do monitoringu wolnych miejsc parkingowych oraz detekcji autobusów miejskich.

Następnym obszarem zainteresowań były metody analizy danych przestrzennych i miejskich. M. in. stworzył system do analizy danych o sprzedaży z jej lokalizacją geograficzną. Analizował dane strumieniowe opisujące lokalizację środków transportów publicznego w

Warszawie w celu pomiarów opóźnień. Stworzył koncepcję architektury miejskiego internetu rzeczy.

Habilitant współpracuje z doktorantami Politechniki Warszawskiej, Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu oraz Tallinn University of Technology. Wypromował kilkadziesiąt prac inżynierskich oraz magisterskich; w wyniku niektórych powstały prace naukowe. Nauczał rozlicznych przedmiotów na Politechnice Warszawskiej, oraz był członkiem wielu komisji. Prowadził rozliczne warsztaty popularyzujące naukę.

Należy stwierdzić, że dr. inż. Marcina Luckner wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni (w tym zagranicznej).

4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę istotny wkład Habilitanta w rozwój informatyki udokumentowany przedłożonym osiągnięciem naukowym pt. „Metody analizy przestrzennej wykorzystujące dane z sieci bezprzewodowych (GSM i Wi-Fi)" jak i generalnie poważny dorobek badawczy i publikacyjny oraz aktywność dydaktyczną uważam – w świetle obowiązujących przepisów prawnych oraz wymogów zwyczajowych – za uzasadnione nadanie doktorowi inżynierowi Marcinowi Lucknerowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, o co niniejszym wnoszę.