

I. **DYSCYPLINA: ARCHITEKTURA I URBANISTYKA**

Tytuł opisu wpływu

1. *Innowacyjne budynki dla nauki i biznesu - interdyscyplinarne wdrożenia naukowe w projektach architektonicznych*

Streszczenie opisu

Działalność naukowa i twórcza pracowników naukowych dyscypliny AU została w sposób najbardziej przekonujący i najszerzej oddziałujący zaimplementowana do środowiska zbudowanego dzięki realizacji przełomowych, innowacyjnych budynków w Polsce i na świecie. Zaprojektowane przez nich budynki dla badań i biznesu takie jak Stacja Arctowskiego na Antarktyce, Hala Koszyki w Warszawie, Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej w Chęcinach, kompleks Monopolis w Łodzi, Wydz. Radia i Telewizji Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach, Pawilon Polski na Expo w Mediolanie spotkały się z szerokim oddźwiękiem, uzyskały międzynarodowe nagrody i znakomite opinie użytkowników. W rezultacie promuje to polską architekturę i kulturę na świecie, kształtuje wzorce dla sztuki architektury, wzbogaca przestrzeń miast, pozwala działać naukowcom, firmom i różnym użytkownikom w komfortowych warunkach. To pokazuje, że jakość dyscypliny i jej postrzeganie w Polsce i na świecie jest sumą osiągnięć naukowych i twórczych.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Dla rozwoju dyscypliny AU istotny jest stały przepływ wiedzy między nauką a praktyką. Projektujący architekci przekładają badania naukowe na twórczość projektową, a w pracach badawczych korzystają ze zdobytego doświadczenia. Ich publikacje są czasami podsumowaniem badań przydatnych w praktyce, a kiedy indziej analizą już zrealizowanych dzieł. Przeprowadzone przez zespół projektujących architektów PW badania i wykonane projekty zarysowują i promują główne postulaty architektury współczesnej w odniesieniu do kultury praktyki architektonicznej, zastosowane w praktyce:

1. Najlepsze, innowacyjne projekty architektoniczne są jednocześnie kamieniami milowymi w rozwoju dyscypliny architektura i urbanistyka, a także szeroko rozumianej sztuki oraz artefaktami silnie oddziałującymi na otoczenie społeczne.
2. Wysoka kultura architektoniczna oznacza osadzenie projektowanych obiektów zarówno w lokalnej, jak i globalnej specyfice, umiejętność zachowania przez architektów własnej, indywidualnej wrażliwości, ale i języka formalnego, pozwalającego na definiowanie „kośćca” budowli. Równie istotna jest ciągłość pokoleniowa, kumulacja doświadczeń, emocji, ciągłość dyskusji. Rola społeczna architektury jest przy tym nieodłącznym, aczkolwiek odmiennym od badanego, zagadnieniem.
3. Badania i projekty wykonywane przez pracowników dyscypliny AiU podążają za nurtem wyznaczonym przez dziedzictwo modernizmu, w tym Bauhausu. Ta spuścizna to synonim nowoczesności, uosobienie awangardowego myślenia o syntezie sztuk, dyscypliny, porządku, szczerości i ascezy.

4. Badania wykazały, a projekty potwierdziły, że wpisanie się w kontekst miejsca to jeden z kluczowych warunków stworzenia dobrych projektów, a wykreowanie budynków przełomowych wymaga doskonałego wpisania się w otoczenie. W warunkach mroźnej i wietrznej Arktyki kluczowa jest forma i materiały konstrukcyjno-wykończeniowe optymalne dla warunków klimatycznych, w dawnych kamieniołomach Chęcín – użycie lokalnego materiału i inspiracja naturą, a w śródmieściu miasta – odpowiednio dobrany koloryt, materiał, wpisanie się w istniejącą tkankę.
5. Kryzys klimatyczny i wymagania zrównoważonego rozwoju wymagały zmian w podejściu do projektowania i wymusiły rozwiązania proekologiczne, których zastosowanie jest dziś oczywiste, choć prowadzone badania stale przynoszą nowe wyniki. Na podstawie badań określono wymagania projektowania proekologicznego, a projektowane budynki odpowiadają na nie, spełniając wszystkie lub najważniejsze jego postulaty.

Rola podmiotu

6. Architekci, którzy byli projektantami przełomowych budynków, (jako główni projektanci, projektanci lub nadzorujący budowy) są zatrudnieni na Wydziale Architektury P.W. Prace badawcze wykonywali w ramach grantów uczelnianych lub finansowanych przez ministerstwa: Ewa Kuryłowicz, Michał Adamczyk, Hubert Markowski, Paweł Grodzicki, Krzysztof Mycielski i Maciej Miłobędzki prowadzą badania wspólnie lub w grupach dobieranych odpowiednio do tematu. Wdrażają oni badania w projektach architektonicznych, wykonywanych w firmach zewnętrznych. W dyscyplinie AU transfer nauki do praktyki i odwrotnie – przepływ doświadczeń implementacyjnych do nauki jest bezpośredni. Naukowcy – twórcy środowiska zbudowanego są tymi bezpośrednimi ogniwami, nawet, jeśli uczelnia nie jest podmiotem realizującym prac wdrożeniowych. Długotrwałość procesów projektowych i odpowiedzialność, jaką biorą na siebie generalni projektanci nie sprzyjają temu, by to uczelnie były podmiotami realizującymi zadania wdrożeniowe.

Wpływ

Prowadzone przez pracowników Wydz. Architektury badania, powiązane z działalnością w zakresie projektowania architektonicznego, przyniosły efekty w postaci projektów i realizacji innowacyjnych budynków, które są zauważone, docenione, nagrodzone i już uznawane za ikoniczne.

Jako dowody wpływu na otoczenie społeczne przedstawiono oceny, nagrody i wyróżnienia dla wybranych sześciu budynków, zaprojektowanych przez pracowników dyscypliny architektura i urbanistyka w powiązaniu z prowadzonymi na PW badaniami naukowymi: Stacja Arctowskiego PAN na Antarktyce (Ewa Kuryłowicz), Hala Koszyki w Warszawie (Maciej Miłobędzki), Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej UW w Chęcínach (Paweł Grodzicki), kompleks Monopolis w Łodzi, Wydział Radia i Telewizji UŚ w Katowicach (Krzysztof Mycielski), Pawilon Polski na Expo w Mediolanie (Michał Adamczyk, Hubert Markowski). Wpływ ten ma zasięg międzynarodowy o ogromnym znaczeniu dla gospodarki i środowiska zbudowanego, tj.:

- Przyznanie międzynarodowych i krajowych nagród przez stowarzyszenia deweloperów, architektów i inwestorów sprawiły, że przyjęte rozwiązania architektoniczne, uznane za wybitne i godne zauważenia, stają się modelowymi projektami, wyznaczającymi trendy światowe i najwyższe standardy, pokazywanymi szeroko w mediach różnego typu. Bezpośrednimi beneficjentami tego wpływu, niezależnie od szerokiego grona bezpośrednich międzynarodowych użytkowników, są architekci, inżynierowie budowlani, inwestorzy, firmy budowlane, urzędnicy i samorządy lokalne.
- Bardzo dobre opinie użytkowników budynków potwierdzają ich przydatność dla funkcji, dla jakich je zaprojektowano, wysoką jakość rozwiązań, komfort i bezpieczeństwo, a także atrakcyjność, która sprzyja chętnemu użytkowaniu. To wszystko przekłada się na dobre efekty gospodarcze inwestorów, właścicieli budynków i firm wynajmujących w nich powierzchnie oraz podmiotów użytkujących je stale i sporadycznie, z których wiele to firmy międzynarodowe.
- Sfinansowanie realizacji nowego budynku głównego Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego na Wyspie Króla Jerzego w archipelagu Szetlandów przez Ministerstwo Nauki Szkolnictwa Wyższego w listopadzie 2018 r. w kwocie 88 mln zł oznacza, że jest to inwestycja niezwykle ważna dla nauki – nie tylko polskiej, ale i światowej. Natomiast przyznanie projektowi budynku Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego srebrnej nagrody w międzynarodowym konkursie World Architecture News Award w kategorii „Future Projects: Education!” w 2019 r., świadczy o tym, że został doceniony przez profesjonalistów. Jest też wzorcowym obiektem w zakresie rozwiązań proekologicznych – uzyskał pierwszą nagrodę w kategorii Najlepszy projekt ekologiczny PLGBC Green Building Award 2017.
- Nagrody za rozwiązania proekologiczne potwierdzają, że budynki, zaprojektowane przez pracowników PW korzystnie wpływają na otoczenie, są przyjazne środowisku. Z jednej strony – kształtują poglądy na rolę architektury w rozwoju zrównoważonym i przybliżają konkretne rozwiązania inżynierskie, a z drugiej – mają realny korzystny wpływ na środowisko przyrodnicze.

Tytuł opisu wpływu

2. Nowatorskie działania na rzecz łagodzenia kryzysu klimatycznego w obszarach zurbanizowanych – ekonomia cyrkularna w projektowaniu i planowaniu miast

Streszczenie opisu

Kryzys klimatyczny był bodźcem dla naukowców PW aby w połowie lat 90.XX w. zainicjować interdyscyplinarne badania naukowe nad możliwościami implementacji zasad ekonomii cyrkularnej do działalności projektowej i planistycznej w środowisku zbudowanym, z uwzględnieniem współpracy z różnymi interesariuszami. Działalność pracowników dyscypliny AU ma charakter unikalny w skali europejskiej ze względu na wagę tematu i zasięg oddziaływania. Przeprowadzone działania to:

1. Opracowanie metodologii i testowanie w zrealizowanych obiektach metod zwiększania efektywności energetycznej oraz metod prototypowania i aplikacji w celu szybkiego oszacowania całkowitego śladu węglowego
2. Zaprojektowanie, zrealizowanie i ewaluacja prototypowego budynku w technologii low-tech
3. Ocena sprawności planowania przestrzennego w kontekście cyrkularności i opracowanie wytycznych do planów zagospodarowania w krajach europejskich
4. Upowszechnienie wiedzy o ekonomii cyrkularnej w Polsce i Europie.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Przeprowadzono innowacyjne badania dotyczące metod implementacji ekonomii cyrkularnej na terenach zurbanizowanych, co w kontekście wyzwań klimatycznych jest koniecznością [1]. Ekonomia cyrkularna dotyczy zarówno pojedynczego budynku, jak i całych miast. W przeprowadzonych badaniach analizowane były więc różne obszary cyrkularności, a wnioski dotyczą w szczególności: 1. efektywności energetycznej, 2. wykorzystania technologii low-tech, 3. urbanistyki niskoemisyjnej.

1. EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA: Promowanie klimatycznej neutralności wskazało na konieczność wprowadzenia regeneratywnych praktyk w działaniach projektowych, w tym przy modernizacji budynków istniejących. Interdyscyplinarna grupa badaczy z PW w ramach której liderem zespołu architektów była prof. E. Ryńska, stworzyła metodykę modernizacji budynków do standardu budynku prawie zero-energetycznego (nZEB) i przeprowadziła testowe realizacje sprawdzające możliwość jego implementacji. Wydział Architektury PW jest też jedynym ośrodkiem naukowym, na którym opracowano metodę badawczą dotyczącą modelu nauczania maszynowego do oszacowania optymalnych rozwiązań budowlanych, prototypowania oraz aplikacji w celu szybkiego oszacowania całkowitego śladu węglowego budynków - podejścia bazującego na splotowej sieci neuronowej. Opracowano prototypową aplikację do oszacowania całkowitego śladu węglowego projektowanego budynku oraz jej kolejne modyfikacje [2].
2. LOW-TECH: Poszukiwania badaczy z P.W., w tym: J. Górskiego, zwróciły się w stronę technologii low-tech, która wykorzystuje naturalne i nisko przetworzone materiały, możliwe do pozyskania w wybranych lokalizacjach. Budownictwo w technologii surowej ziemi to modernizacja technologii tradycyjnej, obiecujące jest też zastosowanie kompozytów konopno-wapiennych (betonu konopnego) – nowego, naturalnego i ekologicznego materiału budowlanego. Zbadano właściwości fizyczne, wpływ na środowisko, techniki budowlane, zastosowanie w architekturze, potencjał projektowy i ograniczenia budynków z ziemi i z betonu konopnego. Zrealizowano budynek testowy [5].
3. URBANISTYKA UKIERUNKOWANA NA NISKOEMISYJNOŚĆ: Zespół pod kier. prof. K. Solarek i prof. E. Ryńskiej zbadał możliwość ograniczania emisji przez zapobieganie rozpraszaniu się zabudowy, tworzenie miast zwartych, wielofunkcyjnych, rezyliencyjnych oraz wykorzystanie analizy

energetycznej w planowaniu miast i właściwe regulacje dla zastosowania OZE. Sformułowano wytyczne do planowania przestrzennego dla miast polskich i europejskich [3,4].

Rola podmiotu

4. Kluczową rolę w badaniach odegrali pracownicy i doktoranci Politechniki Warszawskiej, działający w ramach prac statutowych, badań finansowanych przez MNiSW oraz z projektów interdyscyplinarnych w ramach Funduszy Norweskich. Opublikowali oni liczne monografie, które są wykorzystywane w praktyce, prowadzili szkolenia i warsztaty, w tym dla samorządów terytorialnych i urzędników, wykonywali projekty i ekspertyzy. W imieniu Politechniki Warszawskiej organizowali konferencje o szerokim oddźwięku – również poza środowiskiem akademickim. Kierujący zespołami badawczymi naukowcy są uznanymi autorytetami w środowiskach polskich i międzynarodowych, pełnią funkcje eksperckie i doradcze, mając tym samym wpływ na prawodawstwo, a poprzez relacje medialne – również na dobre praktyki i świadomość społeczną. Wraz ze swoimi zespołami wykonują liczne prace wdrożeniowe, współpracując z różnymi interesariuszami zaangażowanymi w projektowanie architektoniczne, urbanistyczne i planowanie przestrzenne.

Wpływ

Aby postulat zrównoważonego rozwoju i stosowania zasad ekonomii cyrkularnej przekładał się na konkretne zmiany, naukowcy z PW prowadzili działania „twarde” – nowe metody, techniki i eksperymentalne realizacje, jak i „miękkie”, edukacyjne – gdyż wiedza o możliwościach łagodzenia kryzysu klimatycznego ma ogromną wartość społeczną. Beneficjentami tych działań byli projektanci branż budowlanych, firmy wykonawcze, inwestorzy w sektorze budownictwa, planiści, samorządowcy, urzędnicy, a w rezultacie – szeroko pojęta społeczność krajowa i międzynarodowa. To wszystko bezpośrednio lub pośrednio przynosi efekty dla ochrony środowiska naturalnego i gospodarki.

1. Efektem międzynarodowych badań z udziałem E. Ryńskiej przy współpracy z NTNU i SINTEF nad metodyką modernizacji budynków do standardu budynku niemal zero energetycznego (nZEB) były szkolenia na terenie całej Polski, liczne publikacje oraz monografia (2017 r.) pt. „Budynki o niemal zerowym zużyciu energii” która w 2018 r. otrzymała Nagrodę Ministra Infrastruktury. Publikacja ta była pobierana 6070 razy ze strony http://kodnzeb.pl/?page_id=557. Przekazana wiedza i popularyzacja tematu miała wpływ na działania praktyczne – ograniczenie powstawania energochłonnych rozwiązań w strefie sektora budowlanego, a tym samym zmniejszenie emisji związków węgla w tym sektorze oraz antropopresji (DW1).
2. Prace badawczo-wdrożeniowe nad rozwojem technologii low-tech w budownictwie przyniosły efekt o wymiarze międzynarodowym, a przeprowadzony eksperyment jest omawiany w publikacjach, m.in. z 2021 r. (J.Górski i in.). Metody oceny parametrów eksploatacyjnych i fizycznych budynku oraz parametrów termiczno-wilgotnościowych mogą być powielane,

podobnie jak metody szacowania trwałości zastosowanych rozwiązań w konkretnych uwarunkowaniach klimatycznych. Prace badawcze pracowników WAPW skupiają się na możliwości implementacji i dostosowaniu rozwiązań technologii proekologicznych t.j. technologii ziemnych (J. Górski, M. Kołłątaj, T. Kelm-Krauze, I. Cała, A. Nowak), straw bale (M. Pierzchalski), hempcrete (M. Gołębiewski) do uwarunkowań klimatycznych w Polsce, w celu rozpowszechnienia tego typu technologii na terenie kraju (DW2). Prace naukowe w zakresie nowoczesnych i tradycyjnych rozwiązań proekologicznych uzyskały nagrodę Ministra Rozwoju za pracę doktorską w edycji 2019 (A. Nowak „Kształtowanie bionicznych powierzchni strukturalnych w architekturze współczesnych elewacji”) (DW4).

3. Prace naukowców PW nad ulepszeniem systemu planowania przestrzennego i budowaniem nowego paradygmatu w urbanistyce wpływają na usprawnienie metod planistycznych. Doświadczenia praktyczne i badawcze dotyczące planowania miast i gospodarki cyrkularnej przełożyły się, m.in. na udział w gremiach eksperckich i liczne publikacje, w tym podręcznik dla polskich samorządowców, projektantów i planistów (Solarek i in. *Niskoemisyjność w planowaniu przestrzennym*). Zlecone przez Min. Inwestycji i Rozwoju opracowanie jest stale, od 2019 r. dostępne na stronach internetowych Ministerstwa (DW3). Dorobek Wydziału Architektury PW w zakresie kształtowania nowych idei urbanistycznych, podporządkowanych idei rozwoju zrównoważonego został też doceniony w międzynarodowym konkursie na zagospodarowanie rejonu Nowa Tepna w czeskim mieście Nachod. Praca doktorantów należących do zespołu K. Solarek (W. Kijewska, O. Czeranowska-Panufnik) otrzymała w nim pierwszą nagrodę, a przedstawione rozwiązania zostały uznane za przykład modelowej czeskiej urbanistyki (DW5).
4. Zakrojona na szeroką skalę o wymiarze międzynarodowym działalność popularyzatorska pracowników PW pozwala na propagowanie idei gospodarki cyrkularnej i szerzenie wiedzy o nowych rozwiązaniach na rzecz łagodzenia zmian klimatycznych. Niektóre z tych działań wpisały się w organizowany w miastach całej Europy cykl wydarzeń „Circular week” 2019. Odbyły się warsztaty dla samorządowców, studentów, seminaria i konferencje – dla inwestorów, deweloperów, architektów, planistów i przedstawicieli branży budowlanej z Europy. Miały one szeroki oddźwięk medialny. Naukowcy z PW brali również udział w projekcie koncepcji pionierskich i innowacyjnych elementów habitatu na księżycu w ramach IGLUNA 2020 organizowanego m.in. przez European Space Agency, co pokazuje innowacyjność i interdyscyplinarność podejmowanej tematyki badawczo-projektowej (DW4). Naukowcy z AU zainicjowali partnerstwo PW w Nowym Europejskim Bauhausie.
5. Osobista działalność społeczna i popularyzatorska naukowców PW z dyscypliny Architektura i Urbanistyka, liczne nagrody i wyróżnienia (m.in. E.D Ryńska, K. Solarek) pozwalają na szerokie propagowanie idei ekonomii cyrkularnej przy kształtowaniu środowiska zurbanizowanego. Monografia wydana na ten temat w USA przez EDR i jej i członkostwo w Radzie Klimatycznej przy UN Global Compact Network Poland świadczą o istotnym, międzynarodowym wpływie społecznym. Wszystko to ma wpływ na zachowania i praktyki, ale także na wiedzę i świadomość uczestników procesów budowy i planowania miast (DW4).

Tytuł opisu wpływu

3. *Rozwój i upowszechnienie Polskiej Szkoły Ochrony Zabytków, wzbogacone o możliwości technologii informacyjnych w ochronie dziedzictwa*

Streszczenie opisu

Naukowcy z Wydziału Architektury PW rozwinęli, wdrożyli i spopularyzowali metody ochrony zabytków, kontynuując dorobek profesorów-architektów, których prace badawcze i projekty realizacyjne posłużyły do odbudowy Polski i Warszawy po zniszczeniach wojennych (m.in. Stare Miasto wpisane na listę UNESCO). Dzięki temu stworzona wtedy szkoła ochrony zabytków jest rozpoznawalna i doceniana na świecie. Przeprowadzono badania i ekspertyzy dotyczące przebudowy Starego Zamku w Grodnie na Białorusi oraz zamku Działdowie na podstawie autorskich, kompleksowych metod (również w Lidzbarku Warmińskim, Kętrzynie, Kazimierzu Dolnym); opracowano nowatorską metodę parametrycznej rekonstrukcji zabytków, testując ją i prezentując, m.in. w modelach średniowiecznego Pułtuska; kontynuowano systematyczne inwentaryzacje zabytków w Polsce i na Litwie; doceniona za dorobek naukowy prof. M. Rozbicka jako dyrektor NID zorganizowała międzynarodową konferencję UNESCO.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Dla właściwego przeprowadzenia procesu konserwacji zabytku konieczne są badania interdyscyplinarne, łączące w sobie doskonalone przez WA PW tradycyjne metody badawcze (badania historyczne, archiwalne, badania architektoniczne w obiekcie, badania archeologiczne itp.) oraz nowatorskie (bezinwazyjne badania struktur zabytkowych, inwentaryzacja cyfrowa, metody rekonstrukcji cyfrowej i wizualizacji wyników badań). Dopiero połączenie obu nurtów daje możliwość maksymalnie pełnego poznania obiektu, które z kolei jest podstawą do wykonania interdyscyplinarnego projektu konserwatorskiego, a później właściwej rewaloryzacji budowli zabytkowej. Rozpoznanie posiadanego zasobu zabytków jest natomiast niezbędne dla opracowania właściwej strategii ich ochrony. Badania naukowe i prace rozwojowe na PW prowadzone były w tym nurcie:

1. Doskonalenie i implementacja metodologii badań architektonicznych zabytków polegały, m.in. na doborze w oparciu o interdyscyplinarne badania odpowiednich metod i skali eksploracji obiektów do ich stanu zachowania i postawionych pytań badawczych (m.in. zamki w Lidzbarku Warmińskim, Działdowie, Kętrzynie, Kazimierzu Dolnym). Dzięki temu możliwe było opracowanie wytycznych konserwatorskich i ekspertyz (zamek w Grodnie) i projektów rewaloryzacji obiektów zabytkowych.

2. Niezależnie od wszelkich innowacji, ochrona zabytków polega też na kontynuowaniu i systematycznym prowadzeniu prac. Dlatego kontynuowana była prowadzona nieprzerwanie od 1922 r. akcja inwentaryzacji zabytków architektury

metodami tradycyjnymi jak i cyfrowymi (materiały dokumentacyjne ze zbiorów WA PW wykorzystano w omawianym okresie m.in. przy pracach konserwatorskich warszawskiego Starego Miasta, Pałaców Saskiego i Brühl, Katedry w Łucku (Ukr.), pałacu w Świacku (Biał.) i kilkudziesięciu innych obiektach w Polsce i za granicą. Zbiór pomiarów liczy już ponad 30 000 rysunków.

3. Badania nad stanem zasobu zabytków na terenie Polski, polegały też na udziale w opracowaniu raportów, w tym w wersji monograficznej, jak i w przygotowaniu strony „mapy.zabytek.gov.pl/nid/”.

4. Opracowanie metody interdyscyplinarnej parametrycznej rekonstrukcji bazującej na gramatyce kształtów wymaga współpracy pomiędzy architektami, historykami sztuki i archeologami, co wykorzystano m.in. przy wirtualnej hipotetycznej rekonstrukcji grodu w Pułtusku i jednego z pruskich założeń pałacowych w północnej Polsce (Gładysze) we współpracy z Leibnitz Gemeinschaft i pełnomocnikiem RFN do spraw Kultury i Mediów.

Rola podmiotu

Naukowcy z Wydziału Architektury:

1. Z pozycji ekspertów wykonywali badania architektoniczne historycznych budowli (Polska, Litwa, Białoruś), wytyczne konserwatorskie, ekspertyzy i projekty, np. badania architektoniczne i historyczne zamków w Lidzbarku i Działdowie (W. Wólkowski – część prac projektowych w ramach podmiotu zewnętrznego), opracowali wyniki badań budowli i ich opublikowali je w formie monografii; byli współautorami ekspertyz na zlecenie Ministerstwa Kultury i Dziedzictwa Narodowego oraz uczestniczyli w rozmowach ze stroną białoruską w sprawie zamku w Grodnie.
2. Prowadzili prace inwentaryzacyjne zabytków w ramach zajęć dydaktycznych (praktyki studenckie).
3. Opracowali i wdrożyli parametryczną metodę wirtualnej rekonstrukcji zabytków (S. Wrona, J. Słyk, K. Koszewski, S. Kowal).
4. Brali udział w badaniach nad stanem zasobu zabytków w Polsce i świecie (M. Rozbicka jako dyrektor Narodowego Instytutu Dziedzictwa, K. Koszewski w ramach WA – mapa zabytków w Polsce dla NID).

Wpływ

1. Wpływ na ochronę zabytków poprzez badania i ekspertyzy (DW1 i DW2).

Badania architektoniczne zamków i innych obiektów miały wpływ na formę realizowanych na ich podstawie projektów konserwatorskich. Na podstawie wyników badań opracowano też wnioski i wytyczne dla kolejnych projektów zamków: w Działdowie (realizacja 2016-18) Lidzbarku Warmińskim (krużganki realizacja do 2016 oraz ogrody i mury zewnętrzne zamku, realizacja projektu rozpoczęta w 2021 r.). Opracowane, m.in. przez pracowników PW, ekspertyzy były wykorzystywane przez MKiDN w rozmowach ze stroną białoruską na temat formy i zakresu prac restauratorskich na Starym Zamku w Grodnie. Badania zabytków w Polsce przyczyniły się walcie do poprawy ich stanu zachowania i pozwoliły uwypuklić ich

wartości zabytkowe w tym jednych z najcenniejszych obiektów w kraju (zamek w Lidzbarku wpisany jest na listę „Pomników Historii”. Prace związane z Grodnem związane są z trwającymi ciągle staraniami na rzecz ochrony jednej z niewielu oryginalnych rezydencji królewskich i wielkoksiążęcych dawnej Rzeczypospolitej). Prace badawcze przyczyniły się także do popularyzacji wiedzy o badanych obiektach, czego owocami były m.in. publikacje dotyczące zamków w Działdowie, Lidzbarku Warmińskim i Kazimierzu Dolnym.

2. Wpływ na ochronę zabytków poprzez ich inwentaryzację i dokumentację (DW3).

Dalszy ciąg prac inwentaryzacyjnych pozwolił na zadokumentowanie kolejnych kilkudziesięciu obiektów z terenu Polski i krajów sąsiednich (np. Litwy – Wilno dawny klasztor dominikanów). Materiały inwentaryzacyjne służą natomiast do prac konserwatorskich i badawczych przy zabytkach oraz w celu popularyzacji wiedzy o zabytkach. W latach 2017-2021 materiały ze zbiorów Wydziału udostępniano m.in. Wojewódzkim Konserwatorom Zabytków, wykonawcom prac konserwatorskich oraz muzeom m.in. Muzeum Narodowemu w Warszawie.

3. Wpływ na ochronę zabytków poprzez rozwijanie metod prezentacji i wizualizacji wyników badań nad takimi obiektami (DW4).

Udział pracowników WUT w opracowaniu metody parametrycznej rekonstrukcji bazującej na gramatyce kształtów i interdyscyplinarnej współpracy pomiędzy architektami, historykami sztuki i archeologami, wykorzystanej m.in. przy wirtualnej hipotetycznej rekonstrukcji grodu w Pułtusku zaowocował popularyzacją wiedzy zarówno o wynikach badań archeologicznych jak i samej budowli (zarówno w przez publikację książkową jak i na stronie tamtejszego muzeum). Także udział w wirtualnej rekonstrukcji zespołu pałacowego w Gładyszach we współpracy z Leibnitz Gemeinschaft i pełnomocnikiem Rządu Republiki Federalnej Niemiec do spraw Kultury i Mediów zaowocował popularyzacją wiedzy o utraconym dziedzictwie. Przykładem rozwijania i praktycznego zastosowania takich metod wirtualnej rekonstrukcji jest również udział W. Wólkowskiego w charakterze konsultanta merytorycznego przy tworzeniu interaktywnej mapy zamków gotyckich, zawierającej ich wirtualne rekonstrukcje z okresu średniowiecza. Działaniem mający na celu wizualizację stanu wiedzy na temat obiektów zabytkowych w Polsce jest interaktywna mapa dla strony Narodowego Instytutu Dziedzictwa - zabytek.gov.pl, w której opracowaniu udział brali również pracownicy WUT (K. Koszewski).

4. Wpływ na ochronę zabytków poprzez kształtowanie teorii i praktyki konserwatorskiej (DW5)

Działalność pracowników w obszarze rozpoznania i ochrony zasobu na terenie Polski zaowocowała m.in. udziałem pracowników Wydziału w organizacji 41 Sesji Komitetu Światowego Dziedzictwa Kulturowego UNESCOE w roku 2017, a także udziałem w stworzeniu Raportu o Stanie Zachowania Zabytków Nieruchomych.

Tytuł opisu wpływu

4. Modelowe, wieloaspektowe rozwijanie i wdrożenie zasad Projektowania Uniwersalnego w prawie, edukacji i środowisku zbudowanym

Streszczenie opisu

Profesor Ewa Kuryłowicz i zespół Wydziału Architektury, do którego należy m.in. Marcin Goncikowski od wielu lat prowadzą badania dotyczące Projektowania Uniwersalnego, a szerzej ujmując – architektury dostępnej dla wszystkich, ergonomicznej, dostosowanej do zmieniających się potrzeb cywilizacyjnych i odpowiadającej na wyzwania współczesności, w tym na rozmaite kryzysy. Badania naukowe, połączone z działalnością twórczą w zakresie projektowania architektonicznego, pozwoliły bezpośrednio przełożyć wyniki prac badawczych na akty prawne, programy kształcenia i na realne obiekty, z sukcesem służące tysiącom użytkowników z całego świata, np. budynki użyteczności publicznej i biurowce. Jednym z nich jest biurowiec Q22 w Warszawie, który okazał się modelowym rozwiązaniem budynku biurowego nowej generacji. Potwierdzają to liczne międzynarodowe nagrody przyznane za wdrożony projekt i opinie użytkowników.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Tematyka dostępności architektonicznej i wrażliwości na potrzeby różnych użytkowników otoczenia wybudowanego towarzyszy prof. Ewie Kuryłowicz od lat. Wątek ten był podstawą zbudowania przez nią zespołów naukowców i projektantów na Wydziale Architektury PW oraz we własnej pracowni architektonicznej. Podjęte badania i działania mają przełomowe znaczenie, gdyż umożliwiły zmiany prawne w Polsce i Europie, stworzenie programów rządowych i samorządowych zwiększających dostępność oraz zmiany programów kształcenia i zwiększenie świadomości społecznej. Przeprowadzone badania stanowią znaczny wkład w tworzenie ogólnoswiatowej bazy wiedzy dotyczącej nowego zagadnienia jakim jest kształtowanie otoczenia czytelnego i otwartego dla wszystkich.

Wnioski z prowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych są następujące:

1. Architektura jest tworzona dla ludzi, powinna odnosić się do wartości ważnych społecznie, pomagać ludziom żyć i rozwijać się. Dlatego musi być adresowana do różnych użytkowników i dostosowana do różnych sytuacji. Stąd konieczne jest nie tylko uwrażliwianie architektów na tę kwestię ale też ich interdyscyplinarna współpraca z przedstawicielami nauk społecznych, którzy mogą zidentyfikować różne potrzeby użytkowników oraz z inżynierami różnych specjalności, którzy pomogą je zrealizować. To ujęcie zostało przez zespół prof. E. Kuryłowicz nie tylko wypromowane ale też zaimplementowane.
2. Zwiększaniu dostępności architektonicznej dla różnych użytkowników służy m.in. projektowanie uniwersalne. Zakłada ono takie kształtowanie środowiska wybudowanego, które eliminuje bariery, pozwala na korzystanie z budynków i przestrzeni użytkownikom z różnymi ograniczeniami, w tym osobom z niepełnosprawnościami. Prof. E. Kuryłowicz była pionierką tego tematu w Polsce, a Jej przełomowa publikacja stała się podstawą programów nauczania, poradników, programów rządowych i aktów prawnych, również za granicą.
3. Wrażliwość na potrzeby użytkowników skłania nie tylko do projektowania obiektów komfortowych, zdrowych i bezpiecznych ale także odpowiadających

na aktualne wyzwania cywilizacyjne, w tym kryzysy. Pandemia wymusiła nową organizację miejsc zamieszkania i pracy. Zespół prof. E. Kuryłowicz z udziałem M. Goncikowskiego, opracował wytyczne do projektowania adaptowalnego przestrzeni biurowych. Potwierdziło to słuszność przyjmowanej od kilku lat koncepcji elastyczności rozwiązań przestrzeni biurowych, która sprawdziła się m.in. w zrealizowanych biurach, zaprojektowanych przez zespół.

Rola podmiotu

Zespół naukowców pod kierunkiem prof. E. Kuryłowicz prowadzi badania w ramach grantów uczelnianych, prac statutowych i programów międzynarodowych. Były one realizowane w ramach zatrudnienia w PW, część z nich stanowiła podstawę do przygotowania projektów we współpracy międzynarodowej, m.in. w programie Horyzont 2020: 1. "Visionary and integrated solutions to improve well-being and health in cities" 2019; 2. „Universal and Participatory Design as the Process of Innovation”. Na Wydziale Architektury powstały liczne publikacje propagujące efekty działalności naukowej w zakresie projektowania uniwersalnego, zorganizowano kilka konferencji, otwarto Centrum Projektowania Uniwersalnego, prowadzone są działania w ramach projektu Uczelnia Dostępna. Projekty architektoniczne realizowane pod kierunkiem prof. Ewy Kuryłowicz poza PW pozwalają na bezpośredni transfer wyników badań do gospodarki, z pożytkiem dla społeczeństwa.

Wpływ

Badania, aktywności społeczne, publikacje i działalność wdrożeniowo-projektowa prof. E. Kuryłowicz i jej zespołu miały przełomowy wpływ na społeczeństwo, gospodarkę i funkcjonowanie administracji publicznej o międzynarodowym zasięgu i znaczeniu. Beneficjentami wpływu były osoby niepełnosprawne, samorządy, studenci, architekci i różni użytkownicy środowiska wybudowanego.

1/ Wpływ na prawodawstwo europejskie (DW1):

W 2019 Parlament Europejski przyjął dyrektywę, do której powstania przyczyniła się prof. E. Kuryłowicz. Brała ona udział w przygotowaniu raportu z 2011 r. pt.: "Inventory, analysis and feasibility of European and International accessibility standards in the built environment"; Project Team A & Project Team B (wymieniona z nazwiska w raporcie, opracowała część dotyczącą polskich przepisów w kontekście dostępności architektonicznej). Na jego, m.in. podstawie przygotowano projekt dyrektywy UE, a to było materiałem do wydanej obowiązującej DYREKTYWY PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2019/882 z dnia 17 kwietnia 2019 r. w sprawie wymogów dostępności produktów i usług.

2/ Wpływ na prawodawstwo polskie (DW2):

Prof. Ewa Kuryłowicz jest członkiem Rady Dostępności w Ministerstwie Funduszy i Polityki Regionalnej od roku 2019, biorąc udział w pracach grup roboczych, zajmując stanowisko przy konsultacjach aktów prawnych i głosując nad ich projektami. Do głównych zadań Rady należy opiniowanie i doradztwo w procesie tworzenia aktów prawnych, rekomendowanie zmian w przepisach prawnych wynikających z potrzeb w zakresie dostępności, wyrażanie opinii i zajmowanie stanowisk w zakresie potrzeb osób z niepełnosprawnościami oraz działań na rzecz poprawy świadomości społecznej w zakresie dostępności oraz przygotowywanie ekspertyz i analiz niezbędnych do realizacji działań zaplanowanych w programie.

3/ Wpływ na programy nauczania, standardy dostępności, projekty NCBiR (DW3):

Monografia prof. E. Kuryłowicz jest podstawową pozycją bibliograficzną, przytaczaną w sylabusach do zajęć z projektowania architektonicznego i do modułów zajęć z Projektowania Uniwersalnego w ramach wybranych obszarów kształcenia, w tym na wydziałach architektury, budownictwa, designu i architektury wnętrz, m.in.: Politechnik: Lubelskiej, Warszawskiej, Częstochowskiej, Poznańskiej, Białostockiej, ASP w Katowicach, i in. Została uznana za niezbędną literaturę we wzorcowych modułach zajęć z projektowania uniwersalnego, które były obowiązkowe w Konkursie „Projektowanie uniwersalne” w ramach PO WER . Podawana jest jako literatura referencyjna w standardach dostępności wielu miast i gmin, m.in. Warszawy (2017 r.), Konina (2017 r.), Wrocławia (2017 r.). Standardy takie przyjmowane są uchwałami rad samorządów terytorialnych i obowiązują przy realizacji wszystkich inwestycji publicznych (m.in. ulic, placów, szkół, przedszkoli, placówek służby zdrowia i sportu) na terenie danej gminy. Muszą być też uwzględniane przy sporządzaniu wszystkich miejscowych planów zagospodarowania. W całej Polsce korzysta się z poradników i szkoleń, odwołujących się do monografii prof. Kuryłowicz, jest też ona cytowana w licznych publikacjach naukowych.

4/ Stworzenie modelowych projektów architektonicznych, w których dostępność i komfort są wzorcowe (DW4):

Wszystkie wykonane pod kierunkiem E. Kuryłowicz projekty budynków są zaprojektowane jako dostępne dla osób z niepełnosprawnością. Nagrodzono za dostępność wiele obiektów, w tym zaprojektowany i zrealizowany pod jej kierunkiem Ratusz Dzielnicy Wilanów: nagroda „Warszawskiej Inwestycji bez Barier” (2017), Wydziały Filologiczne UW (UW - Lider Dostępności w 2017 r.), Modelowe rozwiązania budynku Q22 docenione są w Polsce i na świecie za stworzone przez architektów warunki pracy – otrzymują liczne nagrody i b. dobre opinie najemców, np.: 1. Eurobuild Awards w Architekturze 2017 - I nagroda w kategorii Obiekt Proekologiczny Roku Sprzyjający Komfortowi Użytkownika, 2. I nagroda w kategorii Biurowiec Roku, 3. Najlepszy Budynek Komercyjny Roku 2017 w konkursie CEEQA Awards 2017.

5/ Osobisty wpływ na społeczeństwo i środowisko zawodowe związane z sektorem budownictwa działalności eksperckiej prof. E. Kuryłowicz (DW5):

Osobisty wpływ prof. E. Kuryłowicz na społeczeństwo i środowisko zawodowe wynika z jej pozycji naukowej i eksperckiej. Jest zapraszana do wykonywania audytów w Polsce i za granicą, bezpośrednio wpływając na poprawę dostępności obiektów. Jest zapraszana na konferencje, sympozja i dyskusje środowiskowe, na których prezentuje wyniki swoich badań, projekty i realizacje, zwiększając wiedzę i świadomość dotyczącą potrzeb różnych użytkowników przestrzeni w środowiskach architektów, inwestorów, inżynierów budownictwa, przedstawicieli firm wykonawczych oraz rolę różnych interesariuszy w poprawianiu dostępności. Przyznane jej liczne nagrody i wyróżnienia są szeroko propagowane, również w mediach i prasie codziennej, co wpływa na powszechne zwiększenie wrażliwości na potrzeby osób z różnymi ograniczeniami.

II. **DYSCYPLINA: INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA**

Tytuł opisu wpływu

1. Rozwój nowoczesnych technik radarowych i ich wykorzystanie w przemyśle i wojskowości

Streszczenie opisu

Techniki radarowe są rozwijane na PW w Instytucie Systemów Elektronicznych od lat 1980-tych. Zespół stworzył prof. Andrzej Wojtkiewicz, a od 2005 roku kieruje nim prof. Krzysztof Kulpa.

W latach 1997-2021 opracowano nowatorskie algorytmy przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych oraz wykonano i wdrożono we współpracy z PIT w produktach eksploatowanych przez Wojsko Polskie:

1. moduły programowe do filtracji podeteksiyjnej i śledzenia obiektów manewrujących
2. nowoczesny cyfrowy blok przetwarzania sygnałów dla pierwszego krajowego radaru lotniczego ARS-400
3. blok przetwarzania sygnałów dla radaru z syntetyczną aperturą ARS 440 i ARS 800 z wykorzystaniem sieci procesorów sygnałowych (DSP)
4. bloki przetwarzania sygnałów wizyjnych dla radarów impulsowych i radarów FMCW (sieć DSP).

Opracowano system radiolokacji pasywnej, który jest składnikiem prototypu systemu PET-PCL (produkt PIT-RADWAR, na etapie badań państwowych przed wdrożeniem). Opracowane koncepcje wdrażane są również przez XY-sensing - spin-off PW.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Głównym kierunkiem badań zespołu są metody i algorytmy cyfrowego przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych wraz z ich implementacją na aktualnie dostępnych platformach sprzętowych, takich jak procesory sygnałowe, układy FPGA oraz programowalne procesory graficzne (GPU). Projektowanie toru cyfrowego przetwarzania sygnału uwzględnia specyfikę problemów radiolokacyjnych, rodzaj radaru, jak i ograniczenia wprowadzanych przez dostępne moce obliczeniowe i zasoby sprzętu przetwarzającego dane.

W latach 1990-tych Zespół opracował szereg rozwiązań technologicznych wprowadzając rozwiązania cyfrowe do polskiej radiolokacji. W efekcie prac powstało wiele rozwiązań sprzętowych i programowych, a także algorytmów przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Rozwijano algorytmy filtracji Dopplerowskiej w radarach MTI i MTD, wykrywania słabych ech na tle silnych zakłóceń, estymacji parametrów wykryć, filtracji poddetekcyjnej oraz wielohipotezowego śledzenia obiektów manewrujących. Rozwiązania te były wdrożone przez firmy PIT i RADWAR SA.

Od roku 2000 zespół rozpoczął pracę nad nowatorskimi rozwiązaniami w technikach radarowych, takich jak radary: obrazujące z syntetyczną aperturą (SAR, ISAR), szumowe, pasywne, oraz nad metodami walki radioelektronicznej.

W ramach prac nad radarami SAR/ISAR [por. P4], opracowano beziteracyjne metody koherentnego ogniskowania obrazów oraz algorytmy obrazujące o niskiej złożoności numerycznej. Powstały doktoraty P.Samczyńskiego, D. Gromka, A.Gromka, K.Radeckiego i habilitacja P. Samczyńskiego.

Prace nad radarami pasywnymi, prowadzone początkowo przy współpracy NATO Science and Technology Organization, zaowocowały opracowaniem metod adaptacyjnego formowania wiązek, adaptacyjnego usuwania zakłóceń, detekcji obiektów poniżej poziomu szumu i śledzenia bistatycznego i kartezyjskiego. Powstały książki [P1, P2], doktoraty (M.Malanowski, M.Bączyk, S.Rzewuski), i habilitacja (M.Malanowski).

W ramach prac nad radarami szumowymi [por. P5] rozwijane były algorytmy przetwarzania sygnałów, w tym detekcji z kompensacją migracji odległościowej i Dopplerowskiej, syntezy sygnałów szumowych o pożądanym właściwościach, oraz szumowych radarów MIMO. Powstała książka [P3] oraz doktoraty (Ł. Maślikowski, J.Kulpa).

Wyniki prac były sukcesywnie publikowane w międzynarodowym obiegu naukowym.

Rola podmiotu

Prace koncepcyjne i weryfikacja hipotez roboczych były finansowane ze środków statutowych PW. Rozwój najbardziej obiecujących koncepcji był wspierany środkami KBN, NCBiR oraz Europejskiej Agencji Obrony (EDA). PW stworzyła warunki organizacyjne do przeprowadzenia prac w ramach pozyskanych przez zespół grantów. W celu rozwoju oprogramowania zespół wykorzystuje infrastrukturę informatyczną PW.

Dostrzegając doniosłość prac, PW utworzyła Uczelniane Centrum Badawcze Bezpieczeństwa i Obronności, którego zastępcą dyrektora jest prof. Krzysztof Kulpa. W pracach zespołu kluczową rolę odgrywają prof. Mateusz Malanowski, prof. Jacek Misurewicz, prof. Piotr Samczyński, a także reprezentujący dyscyplinę automatyka, elektronika i elektrotechnika prof. Marek Nałęcz oraz prof. Konrad Jędrzejewski. PW stworzyła również zespołowi środowisko i infrastrukturę umożliwiające prowadzenie prac niejawnych.

Przy zespole działa Koło Naukowe Radiolokacji i Cyfrowego Przetwarzania Sygnałów (rdsp.ise.pw.edu.pl).

Wpływ

Prace naukowe zespołu mają ujście praktyczne dzięki długoletniej współpracy z PIT oraz RADWAR SA., które połączyły się w jedną firmę PIT-RADWAR SA. W przyjętym modelu współpracy, PW dostarcza modelowe, prototypowe lub gotowe, kompleksowe rozwiązania z zakresu przetwarzania sygnału radarowego, które są przekazywane do PIT-RADWAR i wchodzi do produkcji. Dorobek naukowy zespołu zaowocował następującymi innowacyjnymi wdrożeniami.

Zespół opracował algorytmy filtracji Dopplerowskiej w radarach MTI i MTD, wykrywania słabych echa na tle silnych zakłóceń, estymacji parametrów wykryć, filtracji podetekcyjnej oraz wielohipotezowego śledzenia obiektów manewrujących. Opracowana została również unikalna na swoje czasy koncepcja programowego bloku przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych wraz z projektem i realizacją sprzętową w postaci wieloprocessorowego systemu czasu rzeczywistego wykorzystującego specjalizowane procesory sygnałowe. Wdrożenie tej koncepcji przyczyniło się do znaczącego rozwoju technologicznego krajowego przemysłu radiolokacyjnego na początku XXI wieku. Na koncepcji tej, rozwijanej przez kilkanaście następnych lat przez zespół, oparto kilka typów radarów wdrożonych do produkcji (m.in. rodziny PZA Loara, MMSR-196, N-22-N(3D), ZDPSR Soła, ARS 400). Niektóre z nich są nadal produkowane w Polsce [W1].

Prace naukowe związane z radarami z syntetyczną aperturą, zaowocowały dwoma wdrożeniami – w radarze ARS-440 i ARS-800, które to radary działają obecnie na samolotach Bryza eksploatowanych przez Marynarkę Wojenną RP i Straż Graniczną. Samoloty te były modernizowane w oparciu o powstałą dokumentację, przy udziale pracowników PW w roku 2016 i są do dziś w ofercie firmy PIT-RADWAR [W2]. Samolot

eksploatowany przez staż graniczną bierze corocznie udział w patrolowaniu Morza Śródziemnego w poszukiwaniu rozbitków i nielegalnych migrantów w ramach akcji FRONTEX, i został przez FRONTEX uznany za jedyny radar zdolny wykryć pojedynczą osobę na gumowym pontonie.

Prace związane z radiolokacją pasywną doprowadziły do powstania systemu lokalizacji pasywnej PET-PCL. Firma PIT-RADWAR przy współpracy z PW wyprodukowała prototyp urządzenia który jest obecnie na etapie badań państwowych, po zakończeniu których ma być wdrożony do produkcji seryjnej [W3].

W ramach NATO STO prowadzone są międzynarodowe grupy zadaniowe kierowane przez członków zespołu z PW. Prof. Kulpa jest Member at Large w NATO STO ze specjalnością radarów szumowych, jest dyrektorem NATO Lecture Series o tematyce radarów pasywnych. W ramach tej aktywności odbyło się 9 serii wykładów w krajach NATO w latach 2017-2019, planowane są kolejne 3 serie na lata 2022-2023. W wykładach uczestniczą przedstawiciele międzynarodowych środowisk akademickich, przemysłowych i wojskowych.

W roku 2018 został powołany do życia spin-off Politechniki Warszawskiej – firma XY-SENSING sp. z o.o. , której prezesem jest członek Zespołu, prof. Piotr Samczyński. Zgodnie z umową z PW, spółka wdraża rozwiązania opracowane przez Zespół. Spółka ma w swoim dorobku następujące wdrożenia [W4]:

- Radar Demorad zbudowany w oparciu o opracowaną technologię radarów FMCW z falą ciągłą,
- Miniaturowy radar z syntetyczną aperturą,
- Aktywny odbłyśnik radarowy.

Efektom aktywności Zespołu w pracach obu grup była m.in. organizacja przez Zespół jednych z większych międzynarodowych ćwiczeń NATO w Polsce w dniach 2.09-12.09.2019 r. na poligonie w Dąbkach koło Darłowa (APART-GAS 2019) [W5]. W czasie ćwiczeń pozytywnie zweryfikowano przydatność demonstratorów i prototypy radarów pasywnych (w tym PET PCL), zarówno naziemnych, jak i na platformach ruchomych (samochód, okręt, samolot).

Beneficjentem prac zespołu jest polski przemysł zbrojeniowy, Wojsko Polskie oraz NATO, co walnie przyczynia się do utrzymania bezpieczeństwa Państwa.

Wyniki prac spotykają się z uznaniem zarówno środowiska naukowego, jak i przemysłu obronnego i wojskowości. Materialnymi dowodami tego uznania są: IEEE AESS Fred Nathanson Memorial Radar Award (2017,2020), nagrody NATO STO (2019, 2020, 2021) oraz medale za zasługi dla obronności Kraju (2021) [W5].

Tytuł opisu wpływu

2. Rozwój systemu zarządzania wiedzą, w oparciu o osiągnięcia naukowe z obszarów baz danych, analizy tekstu i reprezentacji wiedzy z użyciem ontologii

Streszczenie opisu

OMEGA-PSIR jest systemem klasy Current Research Information System (CRIS), wykonanym i rozwijanym w Instytucie Informatyki Politechniki Warszawskiej, w Zakładzie Systemów Informacyjnych, w zespole pod kierunkiem prof. Henryka Rybińskiego. Projekt i wdrożenie systemu jest wynikiem długoletnich doświadczeń praktycznych i badań naukowych prowadzonych w zespole, związanych z bazami tekstowymi, eksploracją danych tekstowych, tworzeniem ontologii i sztuczną inteligencją. System powstał w odpowiedzi na potrzebę ewidencjonowania i upowszechniania dorobku naukowego, a także wspomaganie zarządzania. Od 2013 jest eksploatowany na Politechnice Warszawskiej. Duże znaczenie dla postępu prac miała realizacja projektu SYNAT w latach 2010-2014. Do 2021 r. licencja na system została przekazana 31 kolejnym polskim jednostkom akademickim, które go wdrożyły i użytkują. Dzięki temu dokonania polskiej nauki zostały upowszechnione w Polsce i za granicą, również wśród użytkowników spoza środowisk akademickich.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W latach 2005-2007 w pracach dla France Telecom zespół PW koncentrował się na wykorzystaniu metod eksploracji danych tekstowych do automatycznego tworzenia złożonych baz wiedzy (ontologii). Opracowano nowatorskie i skuteczne metody wykrywania w tekście synonimów (czy ogólnie terminów bliskoznacznych), znaczeń terminów wieloznacznych, odkrywania nazw własnych, czy też hierarchii znaczeń (budowanie taksonomii) [P2, P3]. W równoległe prowadzonym projekcie AMI-SME zaproponowano nowatorskie w skali światowej semantyczne metody organizacji tekstów z wykorzystaniem ontologii, zweryfikowano także nowe technologie w zakresie tekstowych baz danych, wyszukiwania informacji tekstowych i inżynierii oprogramowania [P1]. W efekcie zespół mógł podjąć się prac B+R związanych z realizacją globalnej bazy tekstów prawniczych dla FAO (2010-2011). Wdrożony system FAOLEX był eksploatowany w FAO do roku 2018.

Przełomowe osiągnięcia uzyskano w latach 2010-2014 w ramach prac w projekcie SYNAT (grant NCBiR na kwotę 60 mln). Badania [por. np. P4] dotyczyły zastosowania metod sztucznej inteligencji do odkrywania i syntetyzowania wiedzy dostępnej w internecie. Prowadzono też prace nad semantycznym wzbogacaniem tekstów, automatycznym tłumaczeniem słowników semantycznych, odkrywaniem hierarchii znaczeń. Zweryfikowano koncepcję tworzenia bazy wiedzy w formie ontologii, z wykorzystaniem technologii nierelacyjnych baz danych. Badania posłużyły do przygotowania doktoratów (Ł. Ciszak, P. Kołaczkowski, P. Więch, J. Lewandowski, P. Łoziński, P. Andruszkiewicz, Ł. Skonieczny, D.

Tomaszuk, M. Bleja, A. Adaszewski, W. Januszko, M. Kozłowski) i habilitacji (P. Gawrysiak).

W tamtym czasie popularność zdobywały systemy klasy CRIS, tworzone z myślą o wspomaganiu władz uczelni w kierowaniu działalnością naukową. Ich istotnym ograniczeniem były wysokie koszty utrzymania jakości danych na właściwym poziomie, zwykle dużo wyższym niż dla repozytoriów. Uczelnie zagraniczne utrzymywały zazwyczaj dwa systemy – uczelniane repozytorium i niezależny od niego system CRIS. W uczelniach krajowych sytuacja wyglądała jeszcze gorzej – w najlepszym razie uczelnie ograniczały się jedynie do prowadzenia repozytoriów uczelnianych.

Zebrane doświadczenia pozwoliły wypracować nowatorską koncepcję uczelnianej bazy wiedzy integrującej funkcjonalności systemów klasy CRIS, Institutional Repository (IR) i Research Profiling Systems (RPS). Koncepcja ta została wdrożona przez zespół PW w postaci systemu OMEGA-PSIR [P5].

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W latach 2005-2007 w pracach dla France Telecom zespół PW koncentrował się na wykorzystaniu metod eksploracji danych tekstowych do automatycznego tworzenia złożonych baz wiedzy (ontologii). Opracowano nowatorskie i skuteczne metody wykrywania w tekście synonimów (czy ogólnie terminów bliskoznacznych), znaczeń terminów wieloznacznych, odkrywania nazw własnych, czy też hierarchii znaczeń (budowanie taksonomii) [P2, P3]. W równoległe prowadzonym projekcie AMI-SME zaproponowano nowatorskie w skali światowej semantyczne metody organizacji tekstów z wykorzystaniem ontologii, zweryfikowano także nowe technologie w zakresie tekstowych baz danych, wyszukiwania informacji tekstowych i inżynierii oprogramowania [P1]. W efekcie zespół mógł podjąć się prac B+R związanych z realizacją globalnej bazy tekstów prawniczych dla FAO (2010-2011). Wdrożony system FAOLEX był eksploatowany w FAO do roku 2018.

Przełomowe osiągnięcia uzyskano w latach 2010-2014 w ramach prac w projekcie SYNAT (grant NCBiR na kwotę 60 mln). Badania [por. np. P4] dotyczyły zastosowania metod sztucznej inteligencji do odkrywania i syntetyzowania wiedzy dostępnej w internecie. Prowadzono też prace nad semantycznym wzbogacaniem tekstów, automatycznym tłumaczeniem słowników semantycznych, odkrywaniem hierarchii znaczeń. Zweryfikowano koncepcję tworzenia bazy wiedzy w formie ontologii, z wykorzystaniem technologii nierelacyjnych baz danych. Badania posłużyły do przygotowania doktoratów (Ł. Ciszak, P. Kołaczkowski, P. Więch, J. Lewandowski, P. Łoziński, P. Andruszkiewicz, Ł. Skonieczny, D. Tomaszuk, M. Bleja, A. Adaszewski, W. Januszko, M. Kozłowski) i habilitacji (P. Gawrysiak).

W tamtym czasie popularność zdobywały systemy klasy CRIS, tworzone z myślą o wspomaganiu władz uczelni w kierowaniu działalnością naukową. Ich istotnym ograniczeniem były wysokie koszty utrzymania jakości danych na właściwym poziomie, zwykle dużo wyższym niż dla repozytoriów. Uczelnie zagraniczne utrzymywały zazwyczaj dwa systemy – uczelniane repozytorium i niezależny od niego system CRIS. W uczelniach krajowych sytuacja wyglądała jeszcze gorzej – w najlepszym razie uczelnie ograniczały się jedynie do prowadzenia repozytoriów uczelnianych.

Zebrane doświadczenia pozwoliły wypracować nowatorską koncepcję uczelnianej bazy wiedzy integrującej funkcjonalności systemów klasy CRIS, Institutional Repository (IR) i Research Profiling Systems (RPS). Koncepcja ta została wdrożona przez zespół PW w postaci systemu OMEGA-PSIR [P5].

Rola podmiotu

Prace zespołu były finansowane z grantów NCN, FP6 (AMI-SME), France Telecom i ze środków statutowych PW. Pierwsza wersja systemu OMEGA-PSIR była wdrożona na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych. Prowadzone badania wzmocniły znacznie pozycję zespołu PW w międzynarodowym środowisku akademickim, czego wynikiem było powierzenie zespołowi organizacji konferencji międzynarodowych w obszarze inteligentnych systemów informacyjnych (ISMIS, PREMI, RSEISP, WI-IAT), których materiały były publikowane w serii LNCS Springera.

W latach 2010-2014 w ramach prac w projekcie SYNAT, finansowanym przez NCBiR (PW była współkoordynatorem z ICM UW), Zespół PW znacznie rozbudował funkcjonalność systemu. Dalszy rozwój systemu wiąże się z finansowaniem prac przez PW ze środków pozyskanych z umów subskrypcji i umów dwustronnych, w których PW występuje w charakterze konsorcjanta lub podwykonawcy, oraz ze środków własnych.

W latach 2010-2014 w ramach prac w projekcie SYNAT, finansowanym przez NCBiR (PW była współkoordynatorem z ICM UW), Zespół PW znacznie rozbudował funkcjonalność systemu. Dalszy rozwój systemu wiąże się z finansowaniem prac przez PW ze środków pozyskanych z umów subskrypcji i umów dwustronnych, w których PW występuje w charakterze konsorcjanta lub podwykonawcy, oraz ze środków własnych.

Wpływ

Wyniki prac naukowych opisane wyżej pozwoliły zbudować system bazy wiedzy w oparciu o ontologię, gromadzący informacje o wynikach prac naukowych. Osiągnięcia w zakresie eksploracji danych z internetu pozwoliły zautomatyzować procesy akwizycji danych, co dało radykalne zmniejszenie kosztów eksploatacji systemu. Semantyczne wzbogacanie tekstów pozwoliło automatycznie tworzyć profil semantyczny naukowca, wyświetlany jako chmury tagów. Nowatorska architektura integrująca funkcjonalności systemów IR, CRIS i RPS okazała się niezwykle atrakcyjna dla wielu uczelni – upraszcza to organizację infrastruktury

informatycznej uczelni (jeden system, jeden proces utrzymywania bazy danych), dając kolejne istotne obniżenie kosztów eksploatacji. Zastosowanie technologii tekstowych baz danych oraz nowych paradygmatów baz typu NO-SQL pozwoliło uzyskać wysoką elastyczność zmian struktur danych oraz możliwość wpływania na jakość wyszukiwania informacji tekstowych. Dało to bogactwo możliwości funkcjonalnych, niski koszt instalacji i utrzymania systemu, i szybkość reakcji na zmiany otoczenia prawnego (np. ewaluacja).

Efekty wpływu można rozpatrywać dwojako:

1. Z punktu widzenia jednostek akademickich, gdzie system został wdrożony: zasadnicza poprawa jakości działania tych jednostek w zakresie wsparcia procesów ewaluacji, zarządzania badaniami naukowymi oraz podniesienie na wyższy poziom usług informatycznych w jednostce.
2. Z punktu widzenia otoczenia pozaakademickiego, krajowego i międzynarodowego: przybliżenie społeczeństwu wiedzę na temat badań prowadzonych na polskich uczelniach. Istotnymi beneficjentami wdrożeń są nie tylko naukowcy, ale jak wykazują badania (por. [P5] i przywołana tam praca (Kędzierska 2015)), są to także grupy biznesu, administracji i samorządy.

Ad 1: Licencja na oprogramowanie jest udostępniana nieodpłatnie, natomiast prace wdrożeniowe dla uczelni w kraju są realizowane na zasadach rynkowych. Z tego punktu widzenia głównymi beneficjentami są uczelnie – władze oraz społeczność akademicka [W1,W5].

Każda z jednostek, w której wdrożono system OMEGA-PSIR, wpłaca PW koszt rocznej subskrypcji na aktualizację oprogramowania (do 2021 r. kwota 15.000 zł rocznie na instytucję).

Równoważne oprogramowanie komercyjne oferuje Elsevier (PURE) - koszt licencji PURE dla jednej uczelni w Wielkiej Brytanii mieści się w granicach 100.000-150.000 EUR rocznie. A zatem efektem realizacji oprogramowania OMEGA-PSIR jest dostępność wysokiej klasy narzędzia wspomagającego zarządzanie badaniami naukowymi, w tym ewaluację [W2,W3].

Od 2018 r. datuje się współpraca z firmą SAGES sp. z o.o., która podjęła się funkcji integracji systemu OMEGA-PSIR z innymi systemami informatycznymi jednostek naukowych, zapewnienia usług wsparcia, a także współpracy w szkoleniach użytkowników. Współpraca opiera się na korzystnym dla obu stron układzie, dzięki któremu partner biznesowy rozwinął na szeroką skalę działalność wdrożeniową w Kraju. W szczególności, wdrożenie Polskiej Platformy Medycznej realizowała PW w konsorcjum z SAGES [W1].

Ad 2: Głównymi beneficjentami są pozaakademicki użytkownicy baz wiedzy zainstalowanych w jednostkach akademickich. Wypracowane rozwiązania architektoniczne i technologiczne stanowią naturalną bazę dla rozwoju mechanizmów wspierających idee otwartej nauki, co dodatkowo zwiększa oddziaływanie systemu na pozaakademickie grupy beneficjentów. Zintegrowanie systemów CRIS, IR i RPS pozwala udostępniać społeczeństwu informacje o badaniach na wszystkich etapach działalności badawczej: od projektów do ich efektów w formie publikacji, danych badawczych, patentów, doktoratów, a także o sylwetkach autorów.

Bazę beneficjentów poszerzają wdrożone mechanizmy udostępniania plików w sposób zgodny z WCAG (standard udostępniania treści dla osób niewidomych i niedowidzących).

Na szczególną uwagę zasługuje wdrożenie Polskiego Portalu Medycznego. Stanowi ono pierwszy w świecie portal integrujący dorobek tak wielu uczelni medycznych, udostępniający społeczeństwu informacje o badaniach prowadzonych w tych uczelniach w zakresie nauk medycznych (także w formie publikacji popularno-naukowej). To przyczynia się do integracji polskich uczelni medycznych i w pośredni sposób do postępu medycyny. Portal ten w pełni realizuje założenia otwartej nauki i otwartych danych.

Miernikiem wpływu społecznego może być liczba dostępów do stron dotyczących badań naukowych, udostępnianych społeczności w kraju i za granicą. Zainteresowania społeczności pozaakademickiej różnią się od zainteresowań naukowców – w mniejszym stopniu dotyczą publikacji (także tych otwartych), koncentrują się głównie na wyszukiwaniu specjalistów, zespołów badawczych, patentów. Analiza statystyk tylko dla bazy wiedzy PW, dostarczanych przez Google Analytics, pokazuje wzrost zainteresowania platformą z 8.700 sesji/miesiąc (listopad 2013) do 73.500 sesji/miesiąc (październik 2021). Obecnie wejścia spoza Polski na strony naukowców PW stanowią ok.25% wszystkich zagranicznych wejść [W4].

Tytuł opisu wpływu

3. Rozwój zastosowań metod sztucznej inteligencji w biologii molekularnej i medycynie przyczyniający się do poprawy diagnostyki medycznej

Streszczenie opisu

Opis wpływu dotyczy prac badawczych w obszarze medycznych zastosowań metod analizy danych, prowadzonych przez współpracujące zespoły profesorów uczelni: Tomasza Gambina, Roberta Nowaka i Dariusza Plewczyńskiego. Prace, w których innowacyjne elementy wynikają z wykonania specjalizowanych systemów sztucznej inteligencji, dotyczą:

1. projektowania i optymalizacji mikromacierzy CGH w celach diagnostyki opartej na analizie DNA,
2. analizy danych genetycznych pochodzących z sekwencjonowania następnej generacji,
3. analizy danych multi-omicznych,
4. analizy zdjęć rozkładu temperatury ciała z użyciem kamery i folii termoczułej.

W wyniku prac wypracowano metodykę analizy i zaimplementowaną ją w postaci oprogramowania, wdrożonego i użytkowanego w Polsce i za granicą. W zależności od docelowego modelu biznesowego, oprogramowanie jest udostępniane na licencji publicznej lub jest przekazywane zlecającemu podmiotowi. Prace przyczyniły się do postępu diagnostyki medycznej i do rozwoju firm z sektora medycznego.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Kluczowe kompetencje zespołów PW, związane z efektami wpływu, dotyczą obszarów bioinformatyki, sztucznej inteligencji i metod analizy wielkich danych.

Badania prof. Gambina nad algorytmami do projektowania i optymalizacji rozmieszczenia sond oligonukleotydowych na mikromacierzach CGH, realizowane w latach 2007-2012 (m.in. w ramach grantu promotorskiego MNiSW) doprowadziły do opracowania narzędzi do selekcji sond [P1] i dalszej optymalizacji konstrukcji mikromacierzy na podstawie wstępnych wyników (DOI:10.1016/j.compbio.2013.02.008). Narzędzia te wykorzystano do stworzenia innowacyjnych narzędzi diagnostycznych umożliwiających detekcję zmian liczby kopii DNA na poziomie pojedynczych eksonów [W1].

Zespoły z PW prowadzą prace nad analizą danych z sekwencjonowania. W wyniku badań prowadzonych pod kierunkiem prof. Gambina, zrealizowanych dzięki współpracy międzynarodowej oraz grantowi NCN, opracowano algorytm HMZDeFinder [P2] poprawiający czułość wykrywania delecji homo- i hemi-zygotycznych dla danych z sekwencjonowania eksomowego. Zespół pod kierunkiem prof. Plewczyńskiego rozwinął metodę wizualizacji ułożenia przestrzennego chromatyny, której innowacyjność polega na uwzględnieniu mutacji sekwencji DNA, oraz wykonał serwis internetowy (3D-GNOME 2.0) [P3], który udostępnia biologom możliwość korzystania z symulacji komputerowych. Obydwa narzędzia posiadają istotny wpływ międzynarodowy dzięki ich szerokiemu wykorzystaniu w laboratoriach diagnostycznych i badawczych [W2].

Kompetencje pracowników PW z zakresu metod uczenia maszynowego pozwoliły na opracowanie pod kierunkiem prof. Gambina metody analizy danych multi-omicznych służącej do prognozowania rozwoju padaczki u dzieci z mutacją TSC. Klasyfikator, bazujący na wynikach molekularnych z pierwszych miesięcy życia, jest w stanie prawidłowo przewidzieć rozwój napadów padaczkowych w pierwszych dwóch latach życia pacjentów [W3].

Badania w obszarze analizy obrazów z wykorzystaniem klasyfikatorów SVM i splotowych sieci neuronowych [P5] umożliwiły automatyzację i zwiększenie czułości detekcji guzów nowotworowych sutka na obrazach uzyskanych za pomocą termoczułych folii [P4] oraz automatyzację procesu oceny odczynów alergicznych na podstawie zdjęć termicznych. Algorytmy zostały opracowane przez zespół pod kierunkiem prof. Nowaka oraz wykorzystane w produktach firmy Braster [W4] i Milton-Essex [W5].

Rola podmiotu

Zespoły prof. Gambina i prof. Nowaka działają w ramach Instytutu Informatyki, na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych, natomiast zespół prof. Plewczyńskiego jest umiejscowiony na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych. Długoletnia współpraca między tymi zespołami została zinstytucjonalizowana poprzez utworzenie w 2020 r. Platformy Genomiki PW, w skład której, prócz wymienionych zespołów, wchodzi również uczeni z Wydziału Chemicznego PW.

PW zapewnia również wsparcie prac poprzez program grantów wewnętrznych, fundowanych w ramach programu Inicjatywa Doskonałości Uczelnia Badawcza (od 2020 r.), w Priorytetowych Obszarach Badawczych: Sztuczna Inteligencja i Robotyka, oraz Cyberbezpieczeństwo i Analiza Danych. Zespoły otrzymały w sumie takie 3 granty wewnętrzne.

PW zapewnia infrastrukturę badawczą umożliwiającą prowadzenie badań wymagających masowych obliczeń równoległych, m.in. klastr superkomputerów NVIDIA HPC (MiNI), klastry OpenStack oraz Hadoop (EiTI).

Wpływ

W latach 2008-2012 Instytut Matki i Dziecka współpracował z PW w ramach realizacji projektu B+R, którego celem było wprowadzenie najnowszej technologii mikrochipowej (aCGH) do badań etiopatogenezy i diagnostyki klinicznej. Dzięki opracowaniu nowych algorytmów służących do projektowania mikromacierzy pod kierunkiem prof. Gambina, zostały skonstruowane oryginalne polskie macierze V8 OLIGO do diagnostyki wybranych chorób rzadkich (niepełnosprawności intelektualnej, autyzmu, padaczki oraz wrodzonych wad serca). Ta sama wersja macierzy została równolegle wykorzystana do badań diagnostycznych w Baylor College of Medicine (BCM) w Teksasie. We współpracy PW i BCM opracowano jej kolejne wersje (V9-V11) i wprowadzono ją do oferty komercyjnej firmy Agilent Technologies. Rozwiązania te są cały czas wykorzystywane przez środowiska medyczne do diagnostyki chorób rzadkich. Przykładowo, opublikowane we wrześniu 2017 wyniki analizy klinicznej 46,755 pacjentów przeprowadzonych za pomocą macierzy V8 i jej kolejnych wersji (V9-V11) wskazują, że dzięki tej metodzie możliwe było postawienie diagnozy molekularnej u 11% pacjentów [W1]. Wyniki te przyczyniły się również do znacznego rozwoju wiedzy z zakresu genetyki i bioinformatyki, co potwierdzają dziesiątki artykułów w prestiżowych czasopiśmie, takich jak Genome Research, Nucleic Acid Research, American Journal of Human Genetics, których współautorami są pracownicy PW.

W latach 2010-tych zostały na świecie wprowadzone do użytku nowe urządzenia, zwane sekwenatorami następnej generacji, w których proces sekwencjonowania DNA wymaga złożonej analizy danych. W odpowiedzi na te potrzeby, pod kierunkiem prof. Gambina, w

roku 2017 zespół PW opracował publicznie dostępne oprogramowanie HMZDelFinder, służące do wykrywania delecji homo- i hemi-zygotycznych [por. opis P1]. Publikacje medyczne (90 cytowań wg google scholar) potwierdzają wysoką użyteczność i wykorzystanie HMZDelFinder w dużych (>1000 pacjentów) badaniach klinicznych [W2]. Zespół prof. Plewczyńskiego opracował algorytm i serwis internetowy 3D-GNOME 2.0, szeroko stosowany w międzynarodowym środowisku badawczym do modelowania trójwymiarowej struktury chromatyny. Raporty Google Analytics wskazują na wykorzystanie tego algorytmu za pośrednictwem serwisu internetowego przez stałych użytkowników na całym świecie [W2].

Badania prof. Gambina zaowocowały nawiązaniem współpracy z firmą Transition Technologies S.A, a od stycznia 2021 Transition Technologies Science sp. z o.o. (TTSI). Pod jego opieką, w ramach doktoratu wdrożeniowego PW, mgr inż. J. Głowacka-Walas realizuje system informatyczny do analizy danych multiomicznych. Prototyp systemu, wdrożony w Centrum Zdrowia Dziecka (projekt EPISTOP), przyczynił się do rozwoju wiedzy o mechanizmach rozwoju padaczki u dzieci z mutacją TSC oraz o potencjalnych korelatkach między wynikami molekularnymi i klinicznymi w epilepsji [W3].

Prowadzone na PW badania w obszarze sztucznej inteligencji pod kierunkiem prof. Nowaka miały istotny wpływ na rozwój innowacyjnej metody wykrywania guzów nowotworowych sutka na zdjęciach z termoczułej folii ciekłokrystalicznej. Prace finansowała w latach 2014-2016 ze środków własnych firma Braster SA. PW zbudowała prototyp systemu analizy danych, a następnie moduł w produkcyjnym systemie odpowiedzialny za automatyczną analizę. Badania kliniczne wykonane na grupie 4500 kobiet, w tym 3000 pacjentek szpitali onkologicznych, pokazały skuteczność systemu i możliwość wykrycia guza o rozmiarach powyżej 3mm. Braster SA weszła na Giełdę Papierów Wartościowych w 2015 roku. Braster SA w oparciu o oprogramowanie wykonane na PW oferuje obecnie 2 produkty: Braster System (przeznaczony dla pacjentek) oraz Braster PRO, przeznaczony dla gabinetów lekarskich. Spółka sprzedała kilkadziesiąt tysięcy urządzeń, posiada zakład produkcyjny oraz umowy z większością krajów na świecie [W4].

Zespół prof. Nowaka pracował również nad rozwojem innego innowacyjnego produktu diagnostycznego, służącego do analizy skórnej odpowiedzi alergicznej na podstawie zdjęć termicznych, zdjęć w świetle widzialnym oraz wyników badania fizykalnego. Spółka Milton-Essex SA finansowała prace z przyznanego grantu NCBiR oraz z własnych środków. Opracowane przez PW specjalistyczne oprogramowanie zostało przetestowane w badaniach klinicznych dla 100 pacjentów i 1200 pól reakcji alergicznej, i wykazało bardzo wysoką czułość i swoistość. Na bazie prototypu wytworzonego na PW spółka Milton-Essex SA opracowała produkt o nazwie SkinSENSE. Milton-Essex SA weszła na Warszawską Giełdę Papierów Wartościowych w 2020 r [W5].

Wpływ społeczny opisanych prac objawia się przede wszystkim poprzez dostarczanie zaawansowanych narzędzi informatyki bezpośrednio dla specjalistów diagnostyki medycznej lub dla firm z sektora usług medycznych; w sposób pośredni, korzysta z nich ogół społeczeństwa poprzez dostęp do wysokiej jakości diagnostyki.

III. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA CHEMICZNA**

Tytuł opisu wpływu

1. Nano- i mikrostruktury dla terapii chorób cywilizacyjnych i zwalczania pandemii COVID-19

Streszczenie opisu

Choroby cywilizacyjne odpowiadają za ponad 80% przedwczesnych zgonów w krajach rozwiniętych i dotyczą osób w każdym wieku. Jest to narastający i kluczowy społecznie problem, dla którego rozwiązań należy szukać w szybkiej diagnostyce i innowacyjnych terapiach. Badania realizowane przez naukowców podmiotu były ukierunkowane na opracowanie nowatorskich w skali międzynarodowej systemów do podawania leków i rozwiązań terapeutycznych wykorzystujących biozgodne nano- i mikrostruktury. Powstałe koncepcje miały przełomowy wpływ na gospodarkę i ochronę zdrowia w postaci: (1) wejścia na GPW spółek spin-off wdrażających systemy diagnostyki i terapii onkologicznej (NanoGroup), (2) produkcji nanocząstek do wypełniania ubytków kości w oparciu o udzieloną licencję (Biovico) oraz (3) wprowadzenia na rynek inhalatorów do leczenia astmy i POChP. Ponadto, badania podmiotu nad szczepionką na COVID-19 uzyskały szeroki zasięg w mediach, budując wzrost zaufania społecznego do nowych technologii medycznych.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Do najważniejszych chorób cywilizacyjnych należą m.in. nowotwory oraz choroby układu oddechowego, takie jak astma i przewlekła obturacyjna choroba płuc (POChP). Połączone wysiłki prac naukowców, lekarzy oraz przedsiębiorców z branży medycznej i farmaceutycznej stanowią klucz do wyhamowania wzrostu tych chorób oraz spadku ich skutków, w postaci ok. 80% przedwczesnych zgonów w krajach rozwiniętych (dane WHO). W odpowiedzi na ten globalny problem, badania naukowe zrealizowane w podmiocie objęły opracowanie nowatorskich, przełomowych koncepcji zastosowania wybranych nano- i mikrocząstek do celów medycznych wraz z efektywnymi metodami ich wytwarzania, co stanowi domenę inżynierii chemicznej. Opracowania te dotyczyły: (1) nanocząstek polisacharydowych jako nośników leków przeciwnowotworowych lub markerów diagnostycznych, (2) biozgodnych nanocząstek hydroksyapatytu jako składników implantów tkanki kostnej, (3) nanonośników białek w szczepionce przeciw COVID-19 oraz (4) mikrocząstek stosowanych do leczenia astmy i POChP. Wyniki badań były patentowane i pozwoliły na opracowanie innowacyjnych metod diagnostycznych i terapeutycznych.

Prof. T. Ciach z zespołem był autorem koncepcji oraz sposobu otrzymywania nanonośników polisacharydowych do celowanego wprowadzania do komórek nowotworowych zarówno leków antyrakowych jak i traserów fluorescencyjnych/radioizotopowych do niskoinwazyjnej diagnostyki. W badaniach in vivo wykonanych we współpracy z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami medycznymi udowodniono skuteczność tych rozwiązań. Zespół opracował także technologię wytwarzania nanohydroksyapatytu, w tym – przy zastosowaniu nowatorskiego mikroreaktora wykonanego metodą wydruku 3D. Otrzymane cząstki posiadają wysoką biogodność, łatwość osteogenezy i wbudowywania się w tkankę kostną. Pod koniec 2020 r. zespół uzyskał także obiecujące wyniki prac nad szczepionką na COVID-19 oraz sposobem jej wytwarzania, opierając się na wykorzystaniu nanonośników białek produkowanych przez komórki bakterii. Wobec dostępności w 2021 r. szczepionek na COVID-19 od dużych producentów, znaczenie tej uniwersalnej koncepcji upatruje się w szczepionkach przeciw kolejnym mutacjom koronawirusa lub przeciw innym chorobom zakaźnym. W zespole prof. T. Sosnowskiego wykonano badania dotyczące cząstek nośników leków wziewnych i inhalatorów, które pozwoliły m.in. na określenie dystrybucji wdychanych leków w układzie oddechowym w zależności od zastosowanego inhalatora i wielkości cząstek.

Rola podmiotu

Naukowcy z Politechniki Warszawskiej są od lat uznanymi w świecie ekspertami w obszarze badawczym łączącym inżynierię chemiczną z technologiami i produktami medycznymi. Wskazany w opisie zakres badań był zainicjowany przez wiodących naukowców zatrudnionych w podmiocie i realizowany przez pracujące w nim zespoły naukowe. Dostęp do unikatowej aparatury, która była niezbędna do wykonania tych badań, był możliwy dzięki zakupom ze środków pozyskanych przez pracowników z zewnętrznych projektów naukowych oraz B+R. Kluczowe znaczenie dla osiągnięcia efektów działalności naukowej miały jednak kompetencje pracowników podmiotu w reprezentowanej przez nich dyscyplinie, a zwłaszcza wiedza z zakresu modelowania i realizacji procesów otrzymywania nano- i mikrocząstek o założonej charakterystyce fizykochemicznej, kinetyki reakcji chemicznych oraz procesów hydrodynamicznych i przenoszenia masy. Choć badania miały charakter interdyscyplinarny, inżynieria chemiczna odegrała w nich wiodącą rolę.

Wpływ

Choroby cywilizacyjne jako choroby przewlekłe, znacząco obniżają komfort życia oraz negatywnie wpływają na gospodarkę. Cechami wspólnymi chorób przewlekłych są: długi czas trwania (powyżej dwóch miesięcy), charakterystyczny przebieg, w którym okresy ciszy są przeplatane nawrotami, oraz nieodwracalne skutki wymagające stałego leczenia. Grupa chorób przewlekłych jest zróżnicowana i obejmuje dolegliwości atakujące wszelkie układy organizmu ludzkiego, w tym oddechowego. Na astmę choruje ok. 262 milionów ludzi (źródło: WHO, 2019), z czego ok. 4 miliony w Polsce. Szczególnym typem chorób przewlekłych są nowotwory, które stanowią pierwszą przyczynę zgonów na świecie w krajach rozwiniętych i drugą przyczynę zgonów w krajach rozwijających się. W 2020 roku nowotwory zostały zdiagnozowane u 19,3 milionów ludzi na świecie, zmarło 10 milionów osób (źródło: Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem, IARC).

Nie pozostając obojętnym wobec tych danych, naukowcy z Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW (w zespołach kierowanych przez prof. T. Ciacha oraz prof. T. Sosnowskiego)

wykorzystali swoją wiedzę i doświadczenie w dyscyplinie naukowej inżynieria chemiczna do opracowania przełomowych technologii dla terapii chorób cywilizacyjnych. Docelowym beneficjentem działalności naukowej zrealizowanej w podmiocie jest całe społeczeństwo (w rozumieniu ponad krajowym), które korzysta z procedur i usług medycznych, tj. profilaktyki, diagnostyki, leczenia i rehabilitacji, oferowanych przez służbę zdrowia oraz sektor farmaceutyczny. Opracowane technologie medyczne mają kluczowe znaczenie szczególnie dla osób zagrożonych chorobami cywilizacyjnymi, m.in. nowotworami (*dowód wpływu nr 1*), chorobami układu oddechowego (*dowód nr 2*), schorzeniami/urazami wymagającymi stosowania pokryw implantów i substytutów tkanki kostnej (*dowód nr 3*) oraz osób poddawanych szczepieniom przeciwepidemicznym (*dowód nr 4*). Pośrednim beneficjentem działalności naukowej jest gospodarka, tj. przemysł farmaceutyczny i wyrobów medycznych, który może się rozwijać i konkurować w skali międzynarodowej dzięki wprowadzaniu na rynek nowoczesnych, zaawansowanych technologicznie produktów będących efektem badań przeprowadzonych w jednostce. Konkretnie przykłady dotyczą w tym przypadku produkcji nanocząstek wykorzystywanych w leczeniu raka jajnika (PolEpi: umowa międzynarodowa, podpisana z partnerem z Chin - *dowód nr 1*), produkcji i sprzedaży inhalatorów medycznych, zarówno dla szpitali jak i pacjentów indywidualnych (w tym na rynki zagraniczne - *dowód nr 2*), a także wytwarzania produktów zawierających nanocząstki hydroksyapatytu stanowiących suplement ubytków tkanki kostnej (*dowód nr 3*).

Wpływ działalności naukowej prowadzonej w jednostce oddziałuje także bezpośrednio na lekarzy, uzyskujących dostęp do nowej wiedzy i metod leczenia, a często zmieniających ich sposób myślenia o tych metodach, np. aerozoloterapii (*dowód nr 5*). Można również wskazać na globalny wpływ społeczny opisaną działalność naukową, polegający na szerokim informowaniu o powstających w Polsce innowacjach biotechnologicznych. Odbywa się to dzięki szerokiemu upowszechnieniu w mediach informacji o opracowanych w podmiocie technologiach medycznych (*dowody nr 1 i 4*). Kluczowe znaczenie ma budowanie społecznego zaufania do tych technologii, które będąc opracowane na uczelni, są dalej realnie rozwijane przez firmy o zauważalnym wpływie na sektor finansowy i gospodarkę. Odbywa się to także dzięki pojawieniu się tych firm na głównym parkiecie Giełdy Papierów Wartościowych (*dowód nr 1*). Przełomowy wpływ społeczny miały też medialne informacje o badaniach prowadzonych w podmiocie nad szczepionką przeciw COVID-19, popularyzujące informacje o znaczeniu szczepionek dla zdrowia populacyjnego. Informacje takie były bardzo szeroko komentowane w mediach na początku 2021 r. (*dowód nr 4*), pozytywnie wpisując się w ogólnokrajową akcję promocji szczepień. Poparcie ze strony autorytetów naukowych spoza obszaru nauk medycznych i farmaceutycznych miały dodatkowy wpływ w społeczeństwie na zmianę sposobu myślenia o celowości szczepień.

Tytuł opisu wpływu

2. Nowa generacja filtrów: konkurencyjna gospodarka - czystsze środowisko - zdrowsze społeczeństwo

Streszczenie opisu

Pogarszanie się stanu wód i jakości powietrza w Polsce i na świecie, związane m.in. z rozwojem przemysłu oraz wzrostem liczby ludności, stanowi poważne zagrożenie dla bezpiecznego funkcjonowania środowiska, społeczeństwa i gospodarki. Według WHO wzrost jakości środowiska w tych obszarach może zapobiegać chorobom i poprawi zdrowie ludzi. W odpowiedzi na te zagrożenia prace badawcze podjęte przez naukowców podmiotu pozwoliły na wdrożenie przełomowych rozwiązań filtracyjnych. Opracowane filtry nowej generacji są obecnie stosowane w firmach o zasięgu międzynarodowym: Amazon Filters (instalacje odolejana wody), Atec i PolymemTech (usuwanie detergentów ze ścieków pralniczych) oraz AWOS (ATANOX - oczyszczanie powietrza z pyłów, w tym z frakcji drobnej PM2.5). Działania naukowców to nie tylko prace technologiczne na rzecz czystego powietrza i wody, ale także kształtowanie świadomości społecznej (w formie wywiadów i programów w mediach) o znaczeniu procesów filtracyjnych w ekosystemie.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Badania naukowe na rzecz poprawy jakości powietrza i wód wpisują się w fundamentalne działania dla ochrony zdrowia i życia ludzkiego. Efektem tych prac są pionierskie rozwiązania filtracyjne, które istotnie zwiększają skuteczność usuwania zanieczyszczeń z cieczy i gazów, w tym: (1) filtry włókninowe o gradientowej strukturze i włóknach ograniczających ich zarastanie, (2) filtry koalescencyjne z ułatwionym drenażem, (3) moduły z zastosowaniem membran modyfikowanych nanocząstkami oraz (4) filtry włókninowe wykonane z materiałów biodegradowalnych. Rozwiązania te powstały w wyniku zaawansowanej analizy doświadczalno-teoretycznej procesów filtracji prowadzonej z wykorzystaniem unikatowego zestawu aparatury badawczej w połączeniu z modelowaniem obliczeniowym.

(1) Wykazano, że filtry włókninowe wytworzone metodą melt-blown o celowo zadanej strukturze gradientowej (zmiana porowatości i średnic włókien wzdłuż drogi przepływu) wykazują wyższą sprawność oraz blisko 40% dłuższą żywotność. Modyfikacja włókien dodatkami o charakterze biobójczym (m.in. ZnO) umożliwiła redukcję zarastania filtra (tzw. biofoulingu) oraz reemisji zanieczyszczeń biotycznych. Rozwiązania te dały znaczące korzyści procesowe i ekonomiczne, wynikające m.in. z rzadszej wymiany filtrów oraz niższych oporów przepływu (tj. kosztów przetłaczania cieczy).

(2) Analiza teoretyczno-doświadczalna modyfikacji właściwości powierzchniowych włókien oraz ich ułożenia w warstwie filtracyjnej umożliwiła opracowanie nowych separatorów do rozdziału emulsji woda/olej, także w obecności cząstek stałych. W zależności od zwilżalności nadawanej włóknom, filtry znajdują zastosowanie w odolejaniu wody lub odwadnianiu paliw (Amazon Filters UK).

(3) Opracowane układy do separacji membranowej detergentów ze ścieków pralniczych bazowały na nowatorskim zastosowaniu membran polimerowych modyfikowanych nanomateriałami (m.in. na bazie grafenu płatkowego), przyczyniając się do poprawy ich

zdolności separacyjnej i selektywności, przy zachowaniu wysokiej przepuszczalności. Opracowana technologia jest wdrożona w międzynarodowej firmie Atec oraz w Polsce (PolymemTech).

(4) Opracowane struktury filtracyjne na bazie materiałów biodegradowalnych (podporowe maty roślinne z wierzchnią nanowłókninową warstwą separacyjną) są zastosowane w układach oczyszczania powietrza atmosferycznego (redukcja smogu – filtratory ATANOX) w kilku miastach w Polsce. Znacznie łatwiejsza utylizacja zużytych filtrów stanowi przełomowe rozwiązanie na rynku.

Rola podmiotu

Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW aktywnie włącza się w światowy nurt działań na rzecz ochrony środowiska naturalnego i ochrony zdrowia prowadząc interdyscyplinarne badania naukowe i prace rozwojowe z obszaru procesów filtracyjnych. Tematyka dotycząca podstaw teoretycznych i zastosowań przemysłowych filtracji wgłębnej jest jedną z wiodących na WICHiP PW. Jej inicjatorem i liderem był prof. Leon Gradoń, który za osiągnięcia w tym obszarze otrzymał m.in. nagrodę FNP oraz międzynarodową nagrodę Smoluchowskiego. Wypracowany na przestrzeni lat potencjał naukowy jednostki umożliwił kontynuację badań w okresie ewaluacji. Kompetencje pracowników podmiotu oraz dostępna w nim unikatowa infrastruktura naukowo-badawcza miały kluczowe znaczenie w opracowaniu filtrów nowej generacji o większej selektywności i wydłużonym czasie pracy. Nowoczesna aparatura i oprogramowanie zostały zakupione w ramach projektów naukowych i B+R, pozyskanych w drodze konkursowej przez pracowników podmiotu.

Wpływ

Według danych przedstawionych przez WHO środowiskowe czynniki stresogenne odpowiadają za 12-18% wszystkich zgonów w 53 krajach regionu WHO obejmującego Europę. Poprawa jakości środowiska w kluczowych obszarach, takich jak powietrze i woda, może zapobiec chorobom i poprawić zdrowie ludzi, przyczyniając się do bezpiecznego funkcjonowania całego społeczeństwa oraz wpływając na właściwy rozwój ekosystemu i gospodarki. Z tego względu działalność naukowa podmiotu w dyscyplinie inżynieria chemiczna jest ściśle związana z ochroną środowiska naturalnego i poprawą jakości zdrowia publicznego. Interdyscyplinarne badania naukowe koordynowane przez Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej PW doprowadziły do rozwoju pionierskich rozwiązań filtracyjnych wdrażanych przez przedsiębiorstwa krajowe i zagraniczne (*dowód wpływu nr 1*). Bezpośrednimi beneficjentami opracowanych technologii są zatem przedsiębiorstwa (filtry koalescencyjne opracowane w zespołach prof. L. Gradonia i A. Krasieńskiego – m.in. branża wydobywcza pozyskiwania ropy naftowej, branża samochodowa; filtry membranowe do detergentów – branża chemiczna), zaś końcowymi – całe społeczeństwo, uzyskujące bezcenne korzyści z redukcji uciążliwych/chorobotwórczych zanieczyszczeń środowiska (powietrza i wody).

Z punktu widzenia rozwoju gospodarki niezwykle istotne są korzyści dla firm, które stosują opracowane w podmiocie innowacyjne technologie filtracyjne. Firmy te zwiększają swoją

konkurencyjność na rynku i osiągają wyższy zysk, a jednocześnie wytwarzają produkty o wysokiej jakości i zwiększonej trwałości, co, z kolei, ma duże znaczenie dla odbiorców tych produktów (*dowód wpływu nr 2*).

Najważniejszymi beneficjentami opracowanych rozwiązań filtracyjnych jest jednak społeczeństwo, rozumiane w skali krajowej i globalnej. Szczególnie widoczne jest to w przypadku filtratorów powietrza ATANOX, których projekt i badania zostały wykonane w zespole prof. A. Moskala. Układy te eliminują cząstki PM_{2.5} (pył zawieszony w powietrzu, o średnicach cząstek poniżej 2,5 μm), poprawiając lokalnie jakość powietrza, a tym samym wpływając na zdrowie mieszkańców. Cząstki PM_{2.5} mogą docierać aż do pęcherzyków płucnych i dalej przenikać do krwiobiegu. Wg WHO stanowią one największe zagrożenie zdrowotne spośród wszystkich zanieczyszczeń, gdyż powodują choroby układu oddechowego i krążenia skutkujące skróceniem średniej długości życia. Zatem, opracowane w podmiocie systemy filtracji antysmogowej, które są już zainstalowane w przestrzeniach miejskich, mają bezcenny wpływ na zdrowie każdego z nas (*dowód wpływu nr 3*).

Ważne dla społeczeństwa są także korzyści wynikające z opracowania w zespole prof. M. Szwasta nowej generacji filtrów membranowych do oczyszczania ścieków pralniczych (*dowód wpływu nr 4*). Ścieki te zawierają wysokie stężenie nie tylko związków organicznych (białek, skrobi, tłuszczów, smarów, środków powierzchniowo czynnych), ale także cząstek stałych (np. mikrowłókien). Szeroką gamę ścieków stanowią też te o wysokim obciążeniu mikrobiologicznym (pranie odzieży szpitalnej), które zawierają związki farmaceutyczne, w tym antybiotyki. W pralniach, które piorą 15 ton tekstyliów dziennie zużycie wody sięga nawet 150 tys. litrów, zaś środków piorących około 90 kg. Opracowane w podmiocie układy membranowe charakteryzują się zwiększoną zdolnością separacyjną i selektywnością, przy zachowaniu wysokiej wydajności, dzięki czemu pralnie mogą odzyskiwać zarówno większość zużywanej wody jak i detergentów. Obniżają się, zatem, koszty związane z poborem wody i zrzutem ścieków, których może być nawet 15-krotnie mniej. Należy pamiętać, że obecnie niedobór wody jest poważnym problemem już na 11% terytorium UE, a szacuje się że do roku 2030 ilość obszarów z niedoborem wody wzrośnie do 30%. Z tego względu, rozwój technologii pozwalających na uzdatnienie wody, oszczędność wody i jej odzysk z procesów technologicznych jest niezmiernie istotny. Korzyści tych działań odczuwa środowisko naturalne, a finalnie społeczeństwo, gdyż znacząco ograniczone jest stężenie związków chemicznych w wodach śródlądowych i glebie.

Działalność naukowców z podmiotu ukierunkowana jest także na kształtowanie świadomości społecznej w kontekście dbałości o dobrą jakość powietrza i szerokich korzyści środowiskowych, jakie dają nowoczesne procesy filtracyjne (*dowód wpływu nr 5*).

Wpływ działalności naukowej podmiotu na funkcjonowanie społeczeństwa i gospodarki ma zatem przełomowe znaczenie w kilku obszarach: ochrony zdrowia, ochrony środowiska naturalnego i rozwoju gospodarki. Międzynarodowy zasięg wpływu (wdrożenia w zagranicznych firmach) dodatkowo potwierdza, że podejmowana w podmiocie tematyka

badawcza jest nie tylko niezwykle aktualna, ale celnie pomaga w rozwiązywaniu globalnych problemów związanych z zanieczyszczeniem środowiska.

IV. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA MATERIAŁOWA**

Tytuł opisu wpływu

1. Inteligentne ciecze zagęszczane ścinaniem dla ochrony życia, zdrowia i mienia

Streszczenie opisu

Działalność naukowa PW w zakresie cieczy zagęszczanych ścinaniem ma wpływ na otoczenie gospodarcze poprzez sprzedaż licencji i wdrożenie nowych produktów i procesów z obszaru innowacyjnych materiałów inteligentnych w spółce Smart Fluid, która dynamicznie się rozwija, zyskała inwestora strategicznego (CIECH SA) i stała się spółką akcyjną. Ciecze te, ze względu na ich niezwykle właściwości, znajdują liczne zastosowania (kamizelki kuloodporne, buty dla saperów i opancerzenia pojazdów, wkładki do odzieży i obuwia sportowego, ochrona telefonów komórkowych, ochrona obiektów przed trzęsieniem ziemi itd.) i wnoszą przełomowy wpływ na wiele aspektów życia i funkcjonowania państwa i społeczeństwa, a beneficjentami stają się liczne grupy społeczne. Opracowane rozwiązania zyskały uznanie w oczach ekspertów i liczne nagrody na targach i wystawach. Spółka Smart Fluid rozwija swoją ofertę sprzedaży we współpracy z partnerami zagranicznymi z Europy i USA, co świadczy o międzynarodowym zasięgu wpływu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Ciecze zagęszczane ścinaniem (ang. Shear Thickening Fluids – STF) należą do cieczy nienuwtonowskich. Charakteryzują się one odwracalną, skokową zmianą lepkości pod wpływem krytycznej szybkości ścinania, co klasyfikuje je jako materiały inteligentne. Skutkiem tej cechy, pod wpływem gwałtownego uderzenia, ich właściwości zmieniają się od typowych dla lepkiej cieczy do charakterystycznych dla sprężystego ciała stałego. Badania nad zastosowaniem STF są nieliczne na świecie, a w Polsce prowadzone są na taką skalę tylko w Politechnice Warszawskiej. Wartością dodaną elementów ochronnych z STF jest fakt, że zmieniają one właściwości (usztynwiają się) tylko w momencie zagrożenia, pod działaniem gwałtownej siły, a w stanie spoczynku są miękkie i elastyczne, zapewniające komfort użytkownika.

Pierwsze prace nad zastosowaniem STF, prowadzone na PW, dotyczyły inteligentnych pancerzy, a w ich efekcie opracowano typoszereg STF, wytworzonych na basie nanokrzemionki oraz glikoli [osiągnięcie 1]. Z ich zastosowaniem wykonano „ciekły pancerz” (Smart Armour), w postaci kamizelki kuloodpornej kamuflowanej (odporność na kaliber 9 mm). Kolejnym opracowaniem były elastyczne nagołenniki piłkarskie z STF przeznaczone dla piłkarzy wyczynowych oraz amatorów) [osiągnięcie 2]. Badania obejmowały opracowanie STF, dedykowanych do nagołenników, konstrukcję ciekłych wkładek oraz testy, również przez piłkarzy. Opracowano STF do zastosowań w osłonach na butle z gazami wybuchowymi (LPG, acetylen, tlen itp.), przeznaczone do ochrony strażaków oraz osób będących w obszarze rażenia odłamkami butli, w wypadku pożaru [osiągnięcie 3].

Opracowano i przebadano także 12 różnych struktur ochronnych, zawierających STF z dodatkiem nanorurek węglowych przeznaczonych do zastosowania w strukturach ochronnych [osiągnięcie 4, 5]. Wykazano korzystną rolę dodatku nanorurek węglowych i innych nanonapełniaczy węglowych na właściwości STF. Jako demonstrator opracowano m.in. miękki wkład do czapki dla deskorolkarzy, który w momencie uderzenia wykazuje właściwości sztywnego kasku.

Efektom badań naukowych są liczne publikacje, patenty, a także 2 rozprawy doktorskie i 13 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich. Opracowane w PW ciecze STF są nowatorskie i unikalne w skali światowej m.in. ze względu na zastosowanie w ich składzie nanostruktur węglowych, głównie nanorurek i grafenu.

Rola podmiotu

Badania nad cieczami zagęszczanymi ścinaniem i pancerzami na ich bazie zostały zapoczątkowane w 2009 r., na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej pod kierunkiem prof. Marcina Leonowicza. Ważną rolę w działalności naukowej odegrali młodzi naukowcy, a wśród nich Dr Łukasz Wierzbicki, mgr. inż. Paulina Nakonieczna-Dąbrowska i dr Rafał Wróblewski. W późniejszych latach zespół badawczy został poszerzony o dwie grupy z Wydziału Chemicznego kierowane przez profesorów Mikołaja Szafrana i Gabriela Rokickiego, wraz zespołami. W rezultacie badań opracowano i opatentowano typoszereg inteligentnych cieczy zdolnych do znaczącej absorpcji energii uderzenia. Powstały opracowania kamizelek kuloodpornych oraz ochraniaczy dla sportowców, strażaków itp. W wyniku prac zespołu powstało 18 patentów, z których 7 skomercjalizowano.

Wpływ

Działalność naukowa PW w zakresie cieczy zagęszczanych ścinaniem ma przełomowy wpływ na otoczenie gospodarcze poprzez wdrożenie nowych produktów i procesów z obszaru innowacyjnych materiałów inteligentnych. Wdrożenia miały miejsce w utworzonej przez Politechnikę Warszawską spółce *spin-off* Smart Fluid [D1]. Do spółki Smart Fluid licencjonowano z Politechniki Warszawskiej 7 patentów. :

1. Masa ceramiczna o właściwościach dylatancyjnych i zastosowanie masy ceramicznej, PL 223803
2. Dylatancyjna zawiesina ceramiczna i zastosowanie, PL 231216
3. Masa ceramiczna wykazująca efekt zagęszczania ścinaniem PL 228678 B1
4. Masa ceramiczna o właściwościach dylatancyjnych, PL 226615
5. Modyfikowana dylatancyjna zawiesina proszków ceramicznych, PL 226564
6. Sposób otrzymywania kompozytu zawierającego ciecz zagęszczana ścinaniem, PL 227009
7. Sposób immobilizacji ceramicznych mas zagęszczanych ścinaniem, PL 231645

Spółka dynamicznie się rozwija, zapewniając nowe miejsca pracy oraz transfer wysokokwalifikowanej kadry z uczelni do przemysłu. Obecnie w spółce zatrudnionych jest 12 osób. Spółka produkuje ciecze zagęszczane ścinaniem na skalę przemysłową oraz rozwija produkty wytwarzane z ich wykorzystaniem (głównie osłony balistyczne oraz ochraniacze do zastosowań cywilnych). Strategicznym inwestorem spółki jest CIECH S.A. W dniu 9.9.2021 r. spółka Smart Fluid przekształciła się w spółkę akcyjną.

STF, ze względu na ich niezwykle właściwości, znajdują liczne zastosowania (kamizelki kuloodporne, buty dla saperów i opancerzenia pojazdów, wkładki do odzieży o obuwiu sportowego, ochrona delikatnych wyrobów, tel. komórkowych, ochrona obiektów przed skutkami trzęsień ziemi itd.) i przynoszą przełomowy wpływ na wiele aspektów życia i funkcjonowania państwa i społeczeństwa, przez co beneficjentami stają się liczne grupy społeczne, o czym świadczą liczne informacje prasowe [D2] i programy telewizyjne [D3]. Do beneficjentów opracowanych rozwiązań zaliczyć należy szeroko rozumiane służby mundurowe. Opracowana kamizelka przeznaczona do noszenia pod ubraniem dla służb mundurowych i osób cywilnych (np. polityków), a także wkładka antyugięciowa, z STF, przeznaczona jako podkład pod kamizelki kuloodporne na ostrzał pociskami o większej energii zapewniają wygodę użytkowania i wnoszą istotny wkład w poprawę bezpieczeństwa państwa i społeczeństwa. Aktualnie w spółce Smart Fluid Sp. z o.o. przygotowwany jest międzynarodowy wniosek patentowy na ciekły pancerz chroniący przed ostrzałem kalibrem 7,62 mm, w którym dzięki zastosowaniu cieczy zredukowano liczbę warstw tkaniny aramidowej z 18 do 11. Stanowi to korzyść dla środowiska naturalnego i społeczeństwa, gdyż ograniczenie zastosowania włókien aramidowych zmniejsza generowanie trujących substancji i kwasów. Opracowanie elementów cywilnej odzieży ochronnej (np. nagolenniki, wkładki do kasków) wpływa na obniżenie kosztów leczenia i zmniejszenie skutków poważnych obrażeń ciała poprzez lepszą ochronę. Testy wykazały, że właściwości ochronne miękkich nagolenników z STF przewyższają wszystkie dostępne na rynku sztywne ochraniacze. Beneficjentami tych rozwiązań są osoby korzystające z odzieży ochronnej i ochraniaczy, w tym sportowcy i osoby pracujące w branży budowlanej.

O przełomowym znaczeniu wpływu świadczy również fakt, że opracowane rozwiązania zyskały uznanie w oczach ekspertów i liczne nagrody na targach i wystawach [D4] w kraju i zagranicą, w tym:

- Nagroda Główna Prezesa Rady Ministrów, Impact'17, 2017 za *Czapki ochronne na bazie cieczy nienewtonowskich*;
- Inicjator Innowacji, Nagroda tygodnika Newsweek, *Wyróżnienie w kategorii start-up, dla firmy Smart Fluid, 2017*;
- Inventions Genewe, 2018 *Srebrny medal za nagolenniki piłkarskie*;
- Złoty medal Taiwan Innotech, 2018, za *Ciecz zagęszczana ścinaniem*;

O międzynarodowym zasięgu wpływu badań nad cieczami zagęszczanymi ścinaniem świadczy fakt, że spółka Smart Fluid rozwija swoją ofertę sprzedaży we współpracy z

partnerami zagranicznymi z Europy i USA na podstawie umów dwustronnych. Do tej pory podpisano 14 takich umów [D5] na opracowanie systemów balistycznych lub elementów ochronnych dla sportowców zawodowych i amatorów z takimi firmami jak: TenCate Advanced Armour S.A.S (Francja), Honeywell International Inc. (USA), Pezzol Industries Srl (Włochy), Lubawa S.A (Polska), CFT Precyzja (Polska), DSM Protective Materials B.V (Holandia), ViaCon Polska sp. z o.o. (Polska), SATT (University of Haute Alsace, Francja), Mars Armor (Bułgaria), ConCept sp z o.o. (Polska), Allplast (Holandia), Ring Sport – (Polska), Rmd Bike – (Polska), Airbag Inside Sweden AB (Szwecja).

Tytuł opisu wpływu

2. Zwiększenie bezpieczeństwa i wydłużenie czasu pracy urządzeń i instalacji przemysłowych

Streszczenie opisu

Badania w zakresie wykorzystania metod nieniszczących (emisja akustyczna, techniki ultradźwiękowe i prądów wirowych) i mało inwazyjnych (badania mechaniczne z wykorzystaniem mini-próbek) stały się podstawą stworzenia autorskich Programów Kontroli Eksploatacyjnej, które są z powodzeniem wykorzystywane do monitorowania kluczowych instalacji przemysłowych w firmach Grupy Orlen w Polsce i zagranicą. Wdrożone Programy przynoszą wymierne korzyści ekonomiczne przedsiębiorstwom (wydłużenie czasu eksploatacji urządzeń lub okresów pomiędzy przeglądami) oraz pozwalają na bezpieczną eksploatację urządzeń, które w przypadku awarii stwarzają realne zagrożenie dla okolicznych mieszkańców i środowiska. Opracowana i wdrożona przez PW metodyka badań urządzeń z wykorzystaniem emisji akustycznej ma także charakter przełomowy w diagnostyce urządzeń, a Urząd Dozoru Technicznego trwale włączył tę metodykę w zakres rekomendowanych metod diagnostycznych urządzeń ciśnieniowych.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Degradacja materiałów polegająca na zmianach ich struktury i w konsekwencji pogorszeniu właściwości podczas eksploatacji jest niezwykle niebezpiecznym zjawiskiem, które skutkować może nagłymi awariami lub nawet groźnymi dla zdrowia i życia ludzi katastrofami. Degradacja przebiega często „bezobjawowo”, stąd w celu zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji dużych instalacji przemysłowych pracujących w warunkach podwyższonej temperatury i agresywnego środowiska, konieczny jest stały monitoring ich stanu technicznego, ze szczególnym uwzględnieniem materiałów, z których są one wykonane. Ważnym aspektem monitorowania jest nie tylko zapewnienie sprawności technicznej, ale również bezpiecznej eksploatacji instalacji w dłuższym czasie, co przekłada się na oszczędności związane ze zużyciem materiałów oraz występowaniem nieplanowanych przestojów produkcyjnych.

Badania wykazały, że do monitorowania zmian mikrostruktury i właściwości użytkowych materiałów w urządzeniach i instalacjach przemysłowych możliwe jest zastosowanie badań nieniszczących (lub mało-inwazyjnych) pozwalających na śledzenie zachodzących zmian bez konieczności wyłączenia urządzeń z eksploatacji. Przykładami takich metod są: (1) emisja

akustyczna – służy do wykrywania wczesnych etapów zniszczenia materiałów (np. pęknięcia) i identyfikowania miejsc ich powstawania; a także monitorowania rozwoju pęknięć, deformacji, procesów korozyjnych; (2) ultradźwiękowa technika Phased Array - pozwala na detekcję, lokalizację i wymiarowanie wad o różnej orientacji, w tym pęknięć, pustek i rozwarstwień, powstałych na skutek zjawisk towarzyszących degradacji materiału; (3) badania wytrzymałościowe z wykorzystaniem minipróbek - umożliwiają określenie parametrów wytrzymałościowych materiału bez konieczności wyłączenia z eksploatacji całej instalacji dzięki korelacji z wynikami klasycznej statycznej próby rozciągania.

W wyniku prowadzonych badań stworzono teoretyczne podstawy do oceny stopnia degradacji materiałów, np. (1) wyznaczono wzorcowe parametry sygnałów akustycznych towarzyszących typowym zjawiskom korozyjnym; (2) opracowano podstawy doświadczalne do stosowania emisji akustycznej w ocenie degradacji wodorowej; (3) opracowano procedury monitorowania ciągłego urządzeń ciśnieniowych. Wykazano przydatność opracowanych procedur do określania zmian struktury i właściwości instalacji w przemyśle chemicznym, petrochemicznym i rafineryjnym.

Rola podmiotu

PW rozwinęła i wdrożyła takie techniki badań nieniszczących lub mało inwazyjnych jak emisja akustyczna, defektoskopia ultradźwiękowa, metoda prądów wirowych oraz badania właściwości mechanicznych z wykorzystaniem mini-próbek. Badania były prowadzone w Zakładzie Projektowania Materiałów kierowanym przez Prof. K.J. Kurzydłowskiego. Liderem prac z zakresu wykorzystania emisji akustycznej do oceny stanu technicznego urządzeń jest dr hab. inż. A. Zagórski, a w prace zaangażowani byli wypromowani doktoranci, m.in. dr inż. Ł. Sarniak, dr inż. M. Szwed, dr inż. K. Paradowski. Osiągnięcia związane z wykorzystaniem mini-próbek powstały w zespole kierowanym przez prof. Z. Pakiełę. Wyróżnikiem tych prac jest połączenie wielu metod badawczych we wszechstronny proces diagnostyczny umożliwiający kompleksowe określenie stanu technicznego urządzeń przemysłowych. Zagadnieniom tym poświęcono 9 rozpraw doktorskich (obrona w latach 2003-2017) oraz liczne publikacje, z których 5 opisano w kolejnej sekcji.

Wpływ

Wyniki prowadzonych prac badawczych stały się podstawą stworzenia autorskich Programów Kontroli Eksploatacyjnej, które określają i systematyzują niezbędne badania, porządkują wiedzę oraz eliminują czynnik ludzki związany z podejmowaniem przez użytkownika decyzji dotyczących eksploatacji urządzenia. Programy te są z powodzeniem wykorzystywane do monitorowania kluczowych instalacji przemysłowych, o czym świadczą wystawione przez PKN Orlen wysokie oceny za wykonane prace [d1] oraz umowy o charakterze długoterminowym podpisane przez PW ze spółkami Grupy Orlen (Anwil Włocławek S.A. i Basell Orlen Polyolefins Sp. z o.o.) [d2].

Świadczone usługi dotyczą kompleksowej oceny stanu technicznego urządzeń przemysłu chemicznego oraz newralgicznych elementów konstrukcyjnych, monitorowania poprawności działania infrastruktury technicznej, doradztwa technicznego w zakresie optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych, analizy pracy urządzeń pomiarowych, opracowywania technologii napraw i modernizacji. Ponadto zakładają prognozowanie żywotności urządzeń ciśnieniowych i zbiorników poprzez modelowanie numeryczne oraz monitoring ciągły i okresowy istniejących uszkodzeń metodami nieniszczącymi. Dodatkowo w umowach

uwzględniono opracowanie i wdrażanie autorskich Programów Kontroli Eksploatacyjnej indywidualnie dla każdego urządzenia, pozwalających na wydłużenie czasu pomiędzy remontami oraz prognozowanie żywotności urządzeń, a także szkoleń i kursów w zakresie materiałoznawstwa i technik diagnostycznych.

Chociaż bezpośrednimi beneficjentami wdrażania osiągnięć naukowych w ramach umów ramowych są przedsiębiorstwa, którym przynoszą wymierne korzyści ekonomiczne (dane te stanowią tajemnicę handlową spółek i nie mogą zostać przedstawione), to zasięg wpływu jest znacznie szerszy i obejmuje mieszkańców okolicznych miejscowości, a nawet całego kraju i szerzej świata. Wdrożone Programy Kontroli Eksploatacyjnej pozwalają bowiem na bezpieczną eksploatację urządzeń, które w przypadku awarii stwarzają realne zagrożenie dla okolicznych mieszkańców i środowiska. W tym kontekście wspomnieć należy wykonane w 2020 roku badania metodą Emisji Akustycznej zbiornika etylenu ciekłego EFB-521 i fundamentu w celu określenia dalszego bezpiecznego czasu pracy i aktualnego stanu technicznego [d3]. Jest to krytyczny element infrastruktury PKN Orlen, którego awaria spowodować może niedobory tlenu na dużym obszarze i potencjalnie śmierć dużej liczby ludzi, a także wielkie szkody dla środowiska. Należy także podkreślić, że opracowane Programy Kontroli Eksploatacyjnej pozwalają nie tylko na bezpieczną eksploatację, ale także wydłużenie czasu eksploatacji urządzeń przemysłowych i instalacji i/lub wydłużenie czasu pomiędzy remontami, co powoduje oszczędności związane z brakiem przestojów, zmniejszeniem zużycia materiałów i kosztów wytworzenia nowych instalacji lub komponentów. Warto podkreślić, że w przypadku instalacji w przemyśle chemicznym, 50% kosztów jej wytworzenia stanowią materiały, co w przypadku wydłużenia czasu eksploatacji ponad czas obliczeniowy stanowi ewidentny zysk dla jej właściciela. Praktyka dowodzi, że wydłużenie czasu może stanowić nawet 20% przewidywanego okresu eksploatacji.

Opracowane Programy Kontroli eksploatacyjnej są z powodzeniem wykorzystywane nie tylko w Polsce, ale także zagranicą, co dowodzi międzynarodowego wpływu osiągnięć naukowych PW. Jako dowód przytoczyć tutaj należy opracowanie Programu Kontroli Eksploatacyjnej dla zbiornika TK-101 dla Unipetrol Czechy [d4]. Program Kontroli Ruchu dla tego zbiornika kriogenicznego obejmuje monitorowanie wybranych elementów zbiorników przez okres min. 4 lat od daty jego wdrożenia. Wdrożenie programu polegało na testowaniu urządzenia w wyznaczonych terminach i według określonych procedur m.in. metodami emisji akustycznej, ultradźwięków czy metod penetracyjnych. Uzyskane wyniki zostały przekazane grupie nadzorującej z PW. Na podstawie analizy wyników testów wydana została odpowiednia opinia o możliwości dalszej bezpiecznej eksploatacji.

Opracowana i wdrożona przez PW metodyka diagnostyki urządzeń metodą emisji akustycznej ma także charakter przełomowy. W przeszłości diagnostyka urządzeń podlegających procesom degradacji polegała na badaniach tzw. próbek świadków, które wkładane były do eksploatowanego urządzenia. Dzięki pracom prowadzonym na PW Urząd Dozoru Technicznego trwale włączył w zakres rekomendowanych metod diagnostycznych urządzeń ciśnieniowych metodykę badań urządzeń z wykorzystaniem emisji akustycznej, a Laboratorium Badań dla Przemysłu PW uzyskało Świadectwo Uznania Urzędu Dozoru Technicznego (Certyfikat LBU-249/27-21) m.in. w zakresie badań metodą emisji akustycznej urządzeń ciśnieniowych w kontekście lokalizacji i monitorowania rozwoju źródeł AE powodowanych degradacją materiału [d5]. Obecnie tylko 3 laboratoria w Polsce posiadają certyfikat tego typu.

V. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA ŚRODOWISKA, GÓRNICTWO I ENERGETYKA**

Tytuł opisu wpływu

1. Wykorzystanie modelowania i badań in-situ nad zmianami klimatu i stanem jakości powietrza atmosferycznego do ochrony zdrowia i środowiska

Streszczenie opisu

Prowadzone w Politechnice Warszawskiej (PW) unikalne badania o zasięgu międzynarodowym i przełomowe w Europie, skoncentrowane są na największych wyzwaniach cywilizacyjnych, jakimi są zmiany klimatu i zanieczyszczenie atmosfery. Priorytety te wpisują się w przyjętą przez kraje ONZ w 2015 r. listę Celów Zrównoważonego Rozwoju 2030. Wynikiem prac jest 30 artykułów w renomowanych czasopismach, cytowanych ponad 700 razy, unikalna kompleksowa monografia dotycząca zanieczyszczenia powietrza w Polsce i specyfiki pyłów atmosferycznych, liczne wykłady otwarte oraz bezpośredni wpływ na społeczeństwo i ochronę zdrowia poprzez wykorzystanie wyników badań w modyfikacji prawodawstwa dotyczącego ochrony atmosfery. Powyższe publikacje naukowe mają istotny wymiar społeczny, ponieważ pomagają społeczeństwu rozumieć otaczającą go rzeczywistość, co szczególnie ważne w dobie nasilających się zmian klimatu oraz występujących powszechnie w Polsce epizodów smogowych, wywołujących duże zaniepokojenie społeczne.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Na nowatorskie w skali międzynarodowej prace naukowe Zespołu PW składają się badania modelowe oraz doświadczalne.

Badania modelowe to numeryczne modelowanie klimatu i jakości powietrza, przy wykorzystaniu nowoczesnych systemów modelowania atmosfery trzeciej generacji, oraz regionalnego modelu klimatu, przeprowadzone przez naukowców z PW we współpracy z naukowcami z 4 krajów UE, po raz pierwszy w Europie w bardzo wysokiej rozdzielczości przestrzennej 10 km. Uzyskano rozkład wzrostu średniej temperatury powietrza w Europie Środkowo-Wschodniej w horyzoncie czasowym lat 2041-50 i 2091-2100, oraz rozkłady innych badanych parametrów. Wykazano, że zmiany klimatu wpływają na spadek średniorocznych stężeń pyłu i wzrost średnich i maksymalnych stężeń ozonu, co może zredukować przedwczesną śmiertelność związaną z ekspozycją ludności Polski na pył PM_{2.5}, ale zwiększyć straty w uprawach i negatywnie wpływać na funkcjonowanie ekosystemów leśnych, w związku z ekspozycją na O₃ w okresie wegetacyjnym. Dla analizowanych polskich Parków Narodowych, otrzymane wyniki wskazują na negatywne oddziaływanie uzyskanych w projekcjach zmian klimatycznych na strukturę i funkcjonowanie ekosystemów, w tym utratę bioróżnorodności, przede wszystkim na skutek permanentnego utrzymywania się nadmiernej depozycji azotu.

Badania doświadczalne to przeprowadzenie ciągłej, długoterminowej kampanii pomiarowej dobowego stężenia drobnego pyłu zawieszonego PM_{2.5} i kilkudziesięciu jego składników, w

tym z wykorzystaniem unikalnej wysokospecjalistycznej aparatury badawczej do poboru i analizy zawartości pierwiastkowej próbek pyłu w rozdzielczości czasowej 1h, które to badania prowadzono po raz pierwszy w Europie Środkowo-Wschodniej. Analiza wyników badań przyniosła znaczne pogłębienie wiedzy o morfologii, pochodzeniu, właściwościach fizyko-chemicznych i szkodliwości pyłu. Kompleksowe badania przeprowadzone w Warszawie wykazały, że największy udział w masie PM_{2.5} mają organiczna materia węglowa i wtórny aerozol nieorganiczny. Ponad 50% masy badanych metali występuje w formie najlepiej biodostępnej (łatwo absorbowanej i metabolizowanej przez organizmy żywe), co jest bardzo niekorzystne z punktu widzenia oddziaływania na zdrowie. Określono związek pomiędzy stężeniem PM_{2.5} a dzienną liczbą zgonów i hospitalizacji. Wykazano także, że przy pomocy zaawansowanych metod modelowania receptorowego można określić źródła pyłów w atmosferze, a także prawdopodobne markery, swoisty „podpis chemiczny” tych źródeł.

Rola podmiotu

Zgłoszone efekty działalności naukowej osiągnięto w wyniku udziału naukowców z PW w międzynarodowych i narodowych projektach badawczych. W osiągnięciach nr 1, 2, 4 i 5 rola zespołu z PW była kluczowa. Osiągnięcia nr 1 i 2 powstały w ramach projektu UE, w międzynarodowym zespole kierowanym przez prof. K. Juda-Rezler, liderkę zespołu z PW, która była głównym autorem koncepcji i metodyki badań. Osiągnięcie nr 3 powstało w ramach innego projektu UE, jako wynik współpracy naukowców z 7 krajów. Prof. Juda-Rezler przygotowała część artykułu dotyczącą wpływu transportu drogowego na jakość powietrza i zdrowie. Osiągnięcie nr 4 to artykuł podsumowujący badania prowadzone w ramach grantu NCN, realizowanego w PW pod kierunkiem prof. Juda-Rezler. Zespół PW miał kluczową rolę w badaniach, uzyskanych wynikach i opracowaniu artykułu. Monografia naukowa stanowiąca osiągnięcie nr 5, powstała pod redakcją naukową prof. Juda-Rezler, która opracowała jej koncepcję i zakres omawianych zagadnień.

Wpływ

Zagadnienia zmian klimatu i zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wraz z oceną oddziaływań na zdrowie i środowisko są istotą działalności naukowej Zespołu Ochrony Atmosfery (ZOA) PW. Te coraz silniej objawiające się zagrożenia cywilizacyjne, uświadamiają kluczową rolę działalności badawczej, ale także odpowiedzialność społeczną świata nauki. Badania mają charakter interdyscyplinarny, są w dużym zakresie prowadzone we współpracy międzynarodowej, mają międzynarodowy zasięg oraz ważny wymiar społeczny, związany z poszerzaniem w społeczeństwie wiedzy i zrozumienia negatywnego wpływu zmian klimatu i zanieczyszczenia atmosfery na zdrowie ludzkie, ekosystemy i gospodarkę.

ZOA brał udział w projekcie CECILIA finansowanym z 6. Programu Ramowego UE (<http://www.cecilia-eu.org>), realizowanym przez konsorcjum 16 instytucji z 12 krajów. Prof. K. Juda-Rezler kierowała projektem na PW, była członkiem Rady Naukowej Projektu oraz kierowała pracami zadania „*Climate change impacts on air quality and health*”, skupiającego się na interdyscyplinarnym podejściu do wpływu zmian klimatu na jakość powietrza atmosferycznego i zdrowie ludzkie. Wyniki badań opublikowano w 4 artykułach w międzynarodowych czasopismach, w tym osiągnięcia nr 1 i 2, które zostały przytoczone w 5. Raporcie Oceny Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu (IPCC) (dowód wpływu nr 1). Raporty IPCC miały i mają kluczowy wkład w tworzenie fundamentalnych dokumentów

dotyczących ochrony klimatu i zdrowia ludzi, w tym Europejskiego Zielonego Ładu (2019 r), a zatem badania prowadzone w PW mają ważny wymiar społeczny, o zasięgu międzynarodowym.

Prof. K. Juda-Rezler została nominowana przez KE jako członek międzynarodowego zespołu (10 instytucji z 7 krajów) dla opracowania oceny wpływu transportu lądowego na globalne zagrożenia środowiskowe: zmiany klimatu i zubożenie warstwy ozonowej w stratosferze. W przeciwieństwie do niektórych sektorów gospodarki, wpływ transportu na środowisko nadal jest ściśle powiązany ze wzrostem gospodarczym, ponieważ mobilność stała się nieodłącznie związana z jakością życia. Opracowanie zostało opublikowane w *Atmospheric Environment* (osiągnięcie nr 3), prestiżowym światowym czasopiśmie (pierwszy decyl wg wskaźnika CiteScore). Artykuł stał się odniesieniem dla wielu prac z zakresu wpływu transportu lądowego na środowisko oraz został przywołany w najnowszym 6. Raporcie Oceny IPCC (2021) (dowód wpływu nr 2), potwierdzając ważny wymiar społeczny tej pracy, o zasięgu międzynarodowym.

Badania związane z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego wraz z oceną oddziaływań na zdrowie i środowisko przyrodnicze zyskały zainteresowanie społeczeństwa (dowód wpływu nr 3). Wyniki badań dotyczących jakości powietrza w Warszawie opublikowano w kilku artykułach, w tym w *The Science of the Total Environment* (osiągnięcie nr 4), prestiżowym światowym czasopiśmie (pierwszy decyl wg wskaźnika CiteScore). W ramach współpracy naukowców z PW z Urzędem M. St. Warszawy w latach 2017-2018 zrealizowano i wdrożono 2 pierwsze etapy projektu Warszawskiego Indeksu Powietrza (WIP) – systemu informowania ogółu społeczeństwa i tzw. grup wrażliwych o wpływie aktualnego stanu jakości powietrza na zdrowie (dowód wpływu nr 3).

Wyniki badań zostały przedstawione ogółowi społeczeństwa kraju poprzez wydanie monografii naukowej oraz w serii popularyzatorskich wykładów (dowód wpływu nr 4). Monografia pt. „*Pyły drobne w atmosferze. Kompendium wiedzy o zanieczyszczeniu powietrza pyłem zawieszonym w Polsce*” pod redakcją naukową prof. K. Juda-Rezler (osiągnięcie nr 5) jest dostępna na stronach GIOŚ dla wszystkich zainteresowanych czytelników. Publikacja monografii ma ważny wymiar społeczny, ponieważ pomaga społeczeństwu zrozumieć otaczającą go rzeczywistość, co ma szczególnie istotne znaczenie ze względu na występujące powszechnie w Polsce wysokie stężenia pyłów i częste epizody smogowe, wywołujące duże zaniepokojenie społeczne.

Wyniki badań nad zanieczyszczeniem powietrza przez pyły atmosferyczne (osiągnięcia nr 4 i 5) zostały również wykorzystane w nowelizacji krajowego prawodawstwa ochrony środowiska (dowód wpływu nr 5). Zaangażowanie prof. K. Juda-Rezler i A. Badydy, prof. uczelni wraz z absolwentami Wydziału IBHiIS jako członków Zespołu roboczego ds. wpływu zanieczyszczenia powietrza na zdrowie przy Ministrze Zdrowia, przyczyniło się do opracowania ekspertyzy, w wyniku której, na wniosek Ministra Zdrowia, Ministerstwo Środowiska obniżyło w październiku 2019 r. obowiązujące od 7 lat progi informowania i alarmowe dla pyłu zawieszonego PM10, ustalone ze względu na ochronę zdrowia, o 50%, co przyczyni się do ochrony zdrowia mieszkańców Polski i ma ważny wymiar społeczny (Dz.U. 2019 poz. 1931).

Ten sam Zespół opracował w 2020 r. (utajnioną) ekspertyzę: „*Analiza potencjalnego związku między zanieczyszczeniem powietrza pyłem PM10 a rozprzestrzenianiem się infekcji COVID-*

19 w Polsce”, za co naukowcy otrzymali pisemne podziękowania od Wiceministra Zdrowia Waldemara Kraski (dowód wpływu nr 5).

Tytuł opisu wpływu

2. *Zmniejszenie emisji i szkodliwości spalin w wyniku poprawy efektywności procesów spalania i oczyszczania spalin*

Streszczenie opisu

Politechnika Warszawska (PW) będąc zaangażowaną w rozwój tzw. zeroemisyjnych metod konwersji energii, poczyniła starania, aby technologie, które będą nam towarzyszyć przez najbliższe lata czy dekady uczynić czystszy już teraz. Zakres działań uwzględniał wszystkie krytyczne aspekty:

- Ograniczenie emisji szkodliwych substancji z samochodowych układów napędowych (konwencjonalnych i hybrydowych)
- Zagospodarowanie paliw odpadowych
- Tworzenie narzędzi do optymalizacji procesów spalania
- Transfer i popularyzacja wiedzy w zakresie optymalizacji procesów spalania

Wynikiem prac wykonanych jest opracowanie i wdrożenie uniwersalnych rozwiązań pozwalających na ograniczenie emisji z pojazdów samochodowych (układ zainstalowany dotychczas w ponad 10 000 egzemplarzy pojazdów) oraz zagospodarowanie paliw odpadowych (wdrożenie o skali 6.4 MW). Ponadto, opracowane i wdrożone modele numeryczne zostały spopularyzowane wśród studentów oraz naukowców z Polski i Wielkiej Brytanii.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Motywnym przewodnim przeprowadzonych badań naukowych i prac rozwojowych była teza, iż poprzez zintegrowane działania skupione na metodach konwersji energii opartych na spalaniu możliwe jest ograniczenie negatywnego wpływu transportu oraz energetyki już teraz i w najbliższej przyszłości, w której metody te nieuchronnie będą nam towarzyszyć. Działania te obejmowały opracowanie metod ograniczenia emisji z samochodowych układów napędowych (konwencjonalnych i hybrydowych) oraz rozwój technologii pozwalających na zagospodarowanie paliw odpadowych (wdrożenie dla kondensatu gazowego). W zakres działań wchodziło również tworzenie nowatorskich narzędzi do optymalizacji procesów spalania oraz popularyzacja i transfer wiedzy w wśród studentów i pracowników badawczo rozwojowych z jednostek zewnętrznych z całej Polski i spoza jej granic.

Uzyskane rezultaty wskazują, iż problem został zidentyfikowany prawidłowo. W efekcie przeprowadzonych badań opracowano i wdrożono układ oczyszczania spalin przeznaczony do pojazdów obniżający emisje tlenków azotu z 0.18 do 0.08 g/km, oraz sumarycznie niespalonych węglowodorów i tlenków azotu z 0.23 do 0.17 g/km. Dotychczas zainstalowano ponad 10 000 takich układów skutecznie obniżając emisje w Europie oraz w Korei

Południowej. Opracowany i wdrożony został uniwersalny układ paliwowy pozwalający na zagospodarowanie paliwa odpadowego o niskiej skłonności do samozapłonu w istniejących instalacjach bazujących na silnikach o zapłonie samoczynnym. Układ ten dotychczas wdrożono dla kondensatu gazowego. Opracowano i wdrożono również narzędzie numeryczne pozwalające na wierniejsze odwzorowanie procesu zapłonu w silnikach spalania wewnętrznego.

W aspekcie popularyzacji najnowszych rozwiązań oraz transferu wiedzy wykazano, iż zintegrowane działania uwzględniające szersze grono adresatów oraz potrzeby wyspecjalizowanych środowisk pracujących nad technologiami konwersji energii pozwalają na szybsze i znacznie efektywniejsze wdrożenie nowatorskich rozwiązań numerycznych opracowanych na PW niż poprzez ścieżkę upowszechniania wiedzy skupioną na publikacjach naukowych. Zaproponowany program transferu wiedzy w zakresie przyszłościowych trendów w silnikach spalinowych przyciągnął ponad 300 osób z różnych uczelni i ośrodków badawczych z całego kraju. Dodatkowo w ramach zawansowanego szkolenia z metod numerycznych w optymalizacji procesów silnikowych zrealizowanego w ramach projektu H2020 przeszkolono trzech profesorów, dwóch doktorów i siedmioro doktorantów.

Rola podmiotu

Rola Politechniki Warszawskiej (PW) w osiągnięciu efektów działalności naukowej była kluczowa. We wszystkich ze wskazanych osiągnięć naukowcy z PW są pierwszymi i korespondencyjnymi autorami o największym udziale procentowym. Każde z osiągnięć powstało w ramach projektu realizowanego na PW. Globalne efekty osiągnięć 2-4 uzyskano na skutek współpracy PW z partnerami przemysłowymi działającymi na rynkach globalnych, ze względu na ich potencjał wdrożeń na dużą skalę. Jednakże to naukowcy z PW byli inicjatorami i autorami koncepcji wskazanych osiągnięć. Rola Politechniki Warszawskiej polegała również na pozyskaniu partnerów do realizacji wspólnych projektów. Osiągnięcie 1. było natomiast wyłącznym osiągnięciem PW (projekt nr UDA-POKL.04.02.00-00-00-085/09-00 realizowany był wyłącznie na PW). Ponadto w przypadku osiągnięć 4. oraz 5., powstałych wyniku realizacji projektu H2020 (nr 691232), należy podkreślić, iż zostały one uzyskane w grupie zadań kierowanych przez PW (Work Package 1).

Wpływ

Rozwój innowacyjnej gospodarki, w tym ograniczenie emisji oraz szkodliwości spalin, był motywu przewodnim działalności naukowców z PW. Działalność ta skupiona była na aspekcie poprawy procesów mieszania zarówno w samych silnikach (osiągnięcia 3 oraz 4), jak również w układach oczyszczania spalin (osiągnięcia 1 oraz 2). Wpływ osiągnięty na skutek tych działań związany jest z bezpośrednim ograniczeniem emisji spalin w Europie i Korei Płd. (dowód wpływu nr 2) oraz w Ameryce Południowej (dowód wpływu nr 3), gdzie opracowane rozwiązania zostały wprowadzone na rynek. Niemniej jednak, poprzez wdrożenie układu oczyszczania spalin na szeroką skalę do masowo produkowanych pojazdów (Opel Insignia, Renault Clio, CNH SPS Luxxum) osiągnięto pozytywny wpływ w skali całego świata poprzez globalną redukcję emisji (dowód wpływu nr 2). Opracowany system paliwowy pozwalający na spalanie paliw o niskiej skłonności do samozapłonu w silnikach o zapłonie samoczynnym ze względu na uniwersalność rozwiązania ma również potencjał globalnego oddziaływania. Jego wdrożenie dla kondensatu gazowego oddziałuje bezpośrednio w miejscu wydobywania ropy w dżungli Oriente w Ekwadorze i w efekcie skali wykorzystania kondensatu gazowego (osiągana moc 6.4 MW) wpływa znacząco na lokalne społeczeństwo

(dowód wpływu nr 3). W rezultacie prowadzonej pracy naukowej w ramach projektu H2020 w oparciu o prace eksperymentalne opracowane zostały narzędzia numeryczne do optymalizacji procesów spalania w silnikach, w tym tworzenia mieszanki (osiągnięcie nr 4). Efekty tych prac zostały docenione przez Komisję Europejską i wyróżnione w programie Innovation Radar (dowód wpływu nr 4). Jedno z opracowanych narzędzi zostało już wdrożone na dużą skalę i jest dostępne w oprogramowaniu, z którego korzystają największe koncerny motoryzacyjne.

Opracowane rozwiązania w ramach działalności naukowej zostały spopularyzowane wśród szerokiej rzeszy odbiorców (dowód wpływu nr 5). Transfer wiedzy dotyczył studentów i pracowników ośrodków badawczych z całego kraju i z zagranicy. Popularyzacja i transfer wiedzy (osiągnięcie nr 1) miała na celu zwiększenie świadomości kadry naukowej i młodych inżynierów w zakresie znaczenia nowych narzędzi numerycznych opracowanych na PW w optymalizacji procesów spalania. Przeszkolona kadra naukowa (dowód wpływu nr 5) i studenci będący na ostatnich latach studiów (dowód wpływu nr 1) następnie wchodząc na rynek będą mogli odgrywać znaczący wpływ na osiągnięcie celu ograniczenia emisji i szkodliwości spalin na jeszcze większą skalę.

Tytuł opisu wpływu

3. Zwiększenie efektywności energetyki, ciepłownictwa i gospodarki odpadami jako rezultat badań procesów wytwarzania i użytkowania energii

Streszczenie opisu

Problem zwiększenia efektywności energetycznej jest szczególnie istotnym w świetle obecnych uwarunkowań prawnych, społecznych i gospodarczych. Jest też zagadnieniem niezwykle szerokim, dotyczącym wielu gałęzi gospodarki. W niniejszym opisie skupiono się na kilku przykładach technologii, które zostały opracowane w wyniku badań naukowych prowadzonych na Politechnice Warszawskiej (PW) oraz zostały wdrożone do praktyki przemysłowej, a które w znaczący sposób przyczyniają się do rozwiązania wskazanego powyżej problemu. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć:

- Metodę zwiększania elastyczności pracy bloków energetycznych klasy 200 MW zawierająca 18 działań modernizacyjnych;
- Technologię optymalizacji procesu spalania w dużych kotłach energetycznych – SILO;
- Technologię redukcji tlenków azotu dedykowaną do małych kotłów rusztowych (do 50 MW);
- Technologię cienkowarstwowego słonecznego suszenia osadów ściekowych;
- Technologię magazynowania ciepła na potrzeby ciepłownictwa.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Będąc przedmiotem niniejszego opisu technologie przyczyniają się do zwiększenia efektywności energetycznej gospodarki w różny sposób. W poniższym opisie odniesiono się do każdej z nich.

1 Prowadzone badania naukowe w ramach programu Bloki 200+ miały na celu opracowanie metody pozwalającej na zwiększenie elastyczności pracy istniejących bloków energetycznych. W wyniku przeprowadzonych badań opracowano metodę obejmującą 18 działań modernizacyjnych skupionych głównie wokół kotła. Efektem ich wdrożenia było m.in. skrócenie czasu rozruchu o ok 20% w stosunku do wartości pierwotnej oraz obniżenie minimum technicznego do 40% WNT.

2 Technologia optymalizacji procesu spalania SILO dedykowana jest dla dużych kotłów energetycznych. Wykorzystuje ona sztuczne sieci neuronowe, dzięki czemu możliwa jest:

- poprawa parametrów pracy kotła takich jak: emisja NO_x, straty niepełnego i niecałkowitego spalania, rozkład temperatury spalin w komorze;
- adaptacja modelu do zmiennych charakterystyk obiektu.

Technologia optymalizacji SILO pozwala na obniżenie emisji NO_x (od 10 do 24 %) oraz podniesienie sprawności spalania (0,1-0,5 %).

3 Technologia redukcji NO_x dedykowana jest dla małych kotłów ciepłowniczych. Dla kotłów tych nie było wcześniej doświadczeń ze stosowaniem technologii selektywnej niekatalitycznej redukcji - SNCR. Technologia ta pozwoliła na redukcję o 60% pierwotnej emisji NO_x. W wyniku prowadzonych prac określono m.in. sposób:

- dystrybucji reagenta - woda amoniakalna lub mocznik (konstrukcja lanc, miejsca ich zabudowy);
- sterowania w reakcji na zmienne parametry operacyjne, takie jak: moc, rodzaj paliwa, itp.

4 Technologia słonecznego suszenia odpadów dedykowana jest dla małych i średnich oczyszczalni ścieków. Pozwala na wysuszenie osadów nawet do 90% s.m. Obok parametrów konstrukcyjnych instalacji takich jak: sposób formowania złoża; kształt komory suszarniczej; konstrukcja instalacji wentylacyjnej; bardzo istotne są jej parametry operacyjne wynikające ze sposobu sterowania. Technologia pozwala na osiągnięcie wyższej wydajności suszenia w porównaniu z innymi suszarniami słonecznymi (o ok 30%).

5 Zastosowanie magazynów ciepła w ciepłownictwie jest warunkiem zwiększenia efektywności pracy tych systemów oraz zwiększenia udziału kogeneracji oraz odnawialnych źródeł energii w wytwarzaniu ciepła. Opracowana technologia bazuje na zasobnikach wodnych zawierających strefy gorącą i zimną rozdzielone tzw. termokliną.

Rola podmiotu

Pracownicy Instytutu Techniki Ciepłej (ITC) PW uczestniczyli w 2 konsorcjach realizujących prace w ramach programu Bloki 200+. Odpowiadali za określenie zakresu, realizację badań obliczeniowych oraz stanowiskowych dla opracowanych działań modernizacyjnych. Opracowali także koncepcję zastosowania sztucznych systemów

immunologicznych w ramach projektu SILO. Kolejna grupa pracowników ITC PW brała udział w 4 projektach badawczych: dwóch finansowanych ze środków NCBiR oraz dwóch z programu Inkubator Innowacyjności. Odpowiadali za przeprowadzenie badań a następnie określenie parametrów konstrukcyjnych i operacyjnych technologii redukcji tlenków azotu oraz słonecznego suszenia odpadów a następnie testowanie na obiektach rzeczywistych. Z kolei pracownicy Wydziału IBHiIŚ PW i ITC PW pełnili wiodącą rolę najpierw w opracowaniu a następnie wdrożeniu naukowych podstaw w projektowaniu i optymalnym sterowaniu pracą akumulatorów ciepła w obiektach energetycznych w Polsce.

Wpływ

Opisane poniżej technologie powstały w wyniku działalności naukowej pracowników PW i przyczyniają się do rozwoju innowacyjnej gospodarki niskoemisyjnej.

Ad.1

Opracowanie metody było wynikiem działalności naukowej zespołu pracowników ITC PW pod kierownictwem prof. J. Lewandowskiego (osiągnięcie 1). Działania te skupiały się wokół: modelowania procesów ciepłno – przepływowych zachodzących w kotle oraz urządzeniach pomocniczych kotła. Modelowanie odbywało się z wykorzystaniem numerycznej mechaniki płynów oraz programów dedykowanych do modelowania instalacji energetycznych. Bez realizacji przywołanych prac obliczeniowych nie byłoby możliwe określenie m.in. następujących działań modernizacyjnych wchodzących w skład metody: częściowy bypass Eco; układ utrzymywania elementów ciśnieniowych kotła w czasie odstawienia w podwyższonej temperaturze; układ grzania powietrza do młynów; układ utrzymywania cyrkulacji.

Bezpośrednim beneficjentem rozwiązania są elektrownie posiadające bloki klasy 200 MW. Obecnie metoda wdrażana jest w Elektrowni Połaniec. Pośrednio beneficjentem jest całe społeczeństwo ponieważ metoda pozwala na obniżenie kosztów działania systemu elektroenergetycznego i zwiększenie jego bezpieczeństwa.

Ad. 2

Opracowanie technologii było wynikiem działalności naukowej zespołu badawczego z ITC PW pod kierownictwem prof. K. Świrskiego (osiągnięcie 2). Prace naukowe skupiały się wokół prac nad koncepcją zastosowania sztucznych systemów immunologicznych oraz współpracy przy komercyjnym przygotowaniu technologii.

Optymalizacja spalania za pomocą sztucznych systemów immunologicznych umożliwia podniesienie sprawności spalania w kotle oraz redukcję emisji tlenków azotu. Prowadzi zatem do znaczącego zmniejszenia zużycia reagentów we wtórnych metodach redukcji NOx. Dzięki badaniom naukowym opracowano rozwiązanie techniczne, które było zastosowane na ponad 30 dużych blokach energetycznych na całym świecie. Rozwiązanie ITC PW zostało wyróżnione jako jeden z 30 najlepszych światowych projektów energetycznych podczas wystawy EXPO 2017. Rozpowszechnienie technologii pozwoliło na znaczące obniżenie emisji zanieczyszczeń z elektrowni węglowych.

Bezpośrednim beneficjentem rozwiązania są duże elektrownie węglowe. Pośrednio beneficjentem jest całe społeczeństwo ponieważ technologia ma korzystny wpływ na stan środowiska oraz sprawność wytwarzania energii elektrycznej.

Ad. 3

Opracowanie technologii było wynikiem zespołowej pracy badawczej realizowanej w ITC PW pod kierownictwem dr. hab. inż. P. Krawczyka prof. PW (osiągnięcie 3).

Prowadzona działalność naukowa obejmująca m.in.:

- analizę modelowanych procesów ciepłno – przepływowych zachodzących w obrębie komory paleniskowej kotłów małej mocy;
- badania obliczeniowe i stanowiskowe związane z opracowaniem dedykowanych dla danej klasy obiektu lanc wtryskowych

miała decydujący wpływ na kształt opracowanej technologii. Bez rezultatów pozyskanych w jej wyniku, opracowanie przedmiotowej technologii nie byłoby możliwe. Technologia została wdrożona dotychczas na dwóch obiektach (MPEC Olsztyn, Michelin Polska). Bezpośrednim beneficjentem opracowanej technologii są dysponenci kotłów energetycznych małej mocy. Pośrednim beneficjentem jest całe społeczeństwo ponieważ technologia przyczynia się do znaczącej (o 60%) redukcji tlenów azotu w spalinach tych kotłów.

Ad. 4

Opracowanie technologii było wynikiem działalności naukowej pracowników ITC PW pod kierownictwem dr. hab. inż. Krawczyka prof. PW (osiągnięcie 4). Prowadzona działalność naukowa związana z analizą procesów ciepłno – przepływowych zachodzących w obrębie komory suszarniczej miała decydujący wpływ na kształt opracowanej technologii cienkowarstwowego, słonecznego suszenia osadów. W szczególności na podstawie pozyskanych wyników udało się opracować całkowicie nowy system sterowania suszarnią. W tego typu obiektach gdzie warunki suszenia zmieniają się z minuty na minutę posiadanie nadążnego systemu sterowania pozwala na osiągnięcie maksymalnej możliwej wydajności suszarni. Bezpośrednim beneficjentem opracowanej technologii są dysponenci oczyszczalni ścieków. Pośrednim beneficjentem jest całe społeczeństwo.

Ad. 5

Opracowanie technologii było wynikiem zespołowej pracy badawczej pracowników PW pod kierownictwem dr. hab. inż. R. Zwierzchowskiego (osiągnięcie 5). W wyniku realizowanych prac badawczych opracowano szczegółowe wytyczne konstrukcyjne dotyczące budowy zasobników ciepła w różnych systemach ciepłowniczych w naszym kraju. Opracowano również sposób sterowania pracą zasobnika w reakcji na parametry pracy źródła ciepła oraz sieci.

Przedmiotowa technologia została wdrożona w EC Siekierki, EC Kraków, EC Białystok, EC Bielsko Biała i EC Karolin. Dodatkowo WIBHiŚ PW uzyskał godło „Teraz Polska” (lata 2017-19) w wyniku oceny tej technologii. Efekty pracy nad systemem sterowania pracą zasobnika zostały nagrodzone Nagrodą Badawczą Siemens.

VI. **DYSCYPLINA: AUTOMATYKA, ELEKTRONIKA I ELEKTROTECHNIKA**

Tytuł opisu wpływu

1. Innowacyjne, bezpieczne, elastyczne układy scalone – nowa technologia w RFID z bezpieczeństwem informacji i obniżeniem kosztów produkcji.

Streszczenie opisu

Innowacyjne na skalę światową elastyczne układy scalone opracowane przez ekspertów z Politechniki Warszawskiej, wykonane w technologii krzemu amorficznego na podłożu poliamidowym w Centrum Zaawansowanych Technologii CEZAMAT, z zastosowaniem autorskich rozwiązań w zakresie kryptografii to prawdziwa rewolucja w obszarze Internetu Rzeczy i technologii RFID (ang. *radio frequency identification*).

Zaproponowane rozwiązania pozwalają na:

- zwiększenie obszaru zastosowań znaczników RFID (np. weryfikacja oryginalności towarów, wykrycie otwarcia opakowania),
- większą odporność na uszkodzenia,
- poprawę bezpieczeństwa informacji,
- znaczne obniżenie ceny jednostkowej wyprodukowania znacznika,
- obniżenie globalnego zużycia aluminium.

Żaden z dostępnych na światowym rynku podmiotów nie opracował fizycznych zabezpieczeń kryptograficznych w RFID wykonywanych w krzemie amorficznym. Prace wykonane na Politechnice Warszawskiej stanowią rewolucję na rynku.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Dr hab. inż. Piotr Wiczorek oraz dr inż. Krzysztof Gołofit (pracownicy Politechniki Warszawskiej) od wielu lat pracują nad technologiami związanymi z bezpieczeństwem przetwarzanych informacji na poziomie implementacji w układach scalonych. Tworzenie układów kryptograficznych o wyjątkowo wysokich parametrach bezpieczeństwa, bazujących na atomowych różnicach w strukturze tranzystorów, pozwala na skuteczne wdrożenie najwyższego poziomu bezpieczeństwa w tanich technologiach RFID.

Jak dotąd, żadna z istniejących na rynku firm nie opracowała zabezpieczeń przed nieuprawnionym wykorzystaniem informacji przechowywanych i przetwarzanych w układach scalonych wytworzonych w technologii krzemu amorficznego, które w przeciwieństwie do technologii monokrystalicznych charakteryzują się małą skalą integracji, a to znacząco

ogranicza zakres potencjalnych rozwiązań pozwalających na realizację takich zabezpieczeń. Opracowane przez dra Wieczorka oraz dra Gołofita nowatorskie metody sprzętowej kryptografii w oparciu o nieklonowalne klucze kryptograficzne (*PUF, ang. physically unclonable functions*) i generatory liczb prawdziwie losowych (*TRNG, ang. true random number generator*) są istotną nowością naukową a rezultatem tej działalności naukowej jest opracowanie sposobów wytwarzania unikalnych i nierozdzielnie związanych z danym egzemplarzem urządzenia kluczy kryptograficznych cechujących się:

- o trwałą zmianą kluczy pojawiającą się w wyniku prób ingerencji w układ,
- o wysoką jakością generowanych ciągów losowych,
- o wysoką odpornością na ataki typu side-channel,
- o wysoką niezawodnością pracy.

W rezultacie są to rozwiązania zapewniające bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa przechowywania danych. Niezwykle istotne jest przy tym także to, że układy RFID w technologii krzemu amorficznego cechuje również:

- o wysoka odporność na wszelkiego rodzaju uszkodzenia mechaniczne,
- o niskie koszty produkcji.

Rola podmiotu

Dr hab. inż. Piotr Wieczorek oraz dr inż. Krzysztof Gołofit (pracownicy Politechniki Warszawskiej) są autorami opisanych wyżej unikatowych na poziomie światowym rozwiązań zarówno naukowych, jak i praktycznych w zakresie kryptografii (rozwiązania realizowane w oparciu o zjawiska fizyczne niestałościowe) oraz w zakresie elastycznych układów scalonych w technologii krzemu amorficznego na podłożu poliamidowym. Unikatowość tych rozwiązań została już potwierdzona m.in. uzyskaniem ochrony patentowej w Polsce (zgłoszenia patentowe w Europie i USA są w trakcie rozpatrywania), zaś wysoka praktyczna użyteczność faktem udzielenia przez Politechnikę Warszawską wyłącznej licencji dla Amorphic Technologies, obejmującej 74 prawa własności przemysłowej (w tym 5 zgłoszeń PCT, 10 topografii, 39 wynalazków)

Wpływ

Współcześnie na całym świecie obserwowany jest dynamiczny rozwój związany z Internetem Rzeczy. Przedmioty, wyposażone w specjalne układy elektroniczne komunikują się i wymieniają danymi z komputerami i innymi urządzeniami, a proces ten odbywa się z wykorzystaniem sieci bezprzewodowych. Rozwiązania te znajdują zastosowanie m.in. w znacznikach RFID, które znajdują szereg zastosowań w życiu codziennym oraz przemyśle i handlu. Bez ich udziału rozwój nowoczesnej technologii stosowanej w życiu codziennym staje się praktycznie niemożliwy .

Mnogość zastosowań tagów (znaczników) RFID przekłada się na konieczność wytwarzania układów i znaczników kastomizowalnych – oferujących szereg funkcji do wyboru w zależności od potrzeb odbiorców oraz uniwersalnych pod względem zastosowań. Powinny być one wytrzymałe na wszelakiego rodzaju uszkodzenia mechaniczne, bezpieczne pod względem przechowywania danych i charakteryzujące się niską ceną jednostkową. Powyższych cech nie oferują dostępne w skali rynku rozwiązania, w których układy scalone RFID wytwarzane są w konwencjonalnej technologii krzemu monokrystalicznego. Takie układy są kruche, przez co łatwo ulegają uszkodzeniom mechanicznym, a technologia ich produkcji jest kosztochłonna i wieloetapowa. Rozwiązaniem tego problemu może być wytwarzanie elastycznych znaczników RFID w technologii krzemu amorficznego. Jak dotąd na przeszkodzie stał jednak brak możliwości implementacji bloków kryptograficznych, które w technologii krzemu monokrystalicznego zawarte są np. w kartach bankowych, tzw. smart cards, gdyż takie tradycyjne metody kryptografii, z uwagi na duży poziom złożoności obliczeniowej, nie są możliwe do wdrożenia w technologii krzemu amorficznego. Podstawowym problemem na rynku RFID był zatem do niedawna brak produktów, które w pełni odpowiadają potrzebom rynkowym. Wyniki działalności dra Wiczorka i dra Gołofita powodują, że bariera ta w zasadzie przestała istnieć.

Elastyczne układy RFID są absolutnym novum w elektronice, zaś wspomniana elastyczność znacząco poszerza zakres ich zastosowań. Już teraz wykorzystywane są w każdej dziedzinie, gdzie potrzebna jest identyfikacja osób, przedmiotów lub śledzenie ich przepływu a także jako element ochronny marki (gwarancja oryginalności produktu). Należy zaznaczyć, że szacunkowa wartość globalnego rynku RFID w 2025 roku to 40,5 mld USD, przy czym przewidywany jest dalszy jej intensywny wzrost w kolejnych latach.

Opracowanie przez dra Wiczorka oraz dra Gołofita (pracowników Politechniki Warszawskiej) całej gamy innowacyjnych elastycznych układów scalonych w technologii krzemu amorficznego na podłożu poliamidowym, z zastosowaniem autorskich rozwiązań w zakresie kryptografii wykorzystującej zjawiska fizyczne niestałościowe [D1, D2] pozwala na:

- o znaczące poszerzenie zakresu zastosowań znaczników RFID,
- o poprawę bezpieczeństwa komunikacji ze znacznikami RFID - unikatowe oprogramowanie i zabezpieczenie przesyłanych informacji istotnie przekłada się na wyeliminowanie możliwości nieautoryzowanego dostępu do zawartych informacji,
- o obniżenie ceny jednostkowej wytwarzania znaczników RFID, co prowadzi do upowszechnienia rozwiązania.

Innowacja produktowa charakteryzuje się:

- o większą uniwersalnością i kompleksowością zastosowań nowych rozwiązań znaczników RFID,
- o nowymi funkcjami (np. możliwość rejestracji wybranych wielkości fizycznych, czy też weryfikacji czy dany produkt był otwierany czy nie),

- o zwiększoną odpornością na czynniki zewnętrzne, w szczególności uszkodzenia mechaniczne,
- o zwiększonym poziomem bezpieczeństwem informacji,
- o znaczącą redukcją kosztów produkcji znaczników RFID.

Rozwiązania opracowane przez dra Wieczorka oraz dra Gołofita zostały opatentowane, a następnie skomercjalizowane na drodze:

- o powołania spin-offu w postaci firmy Amorphic Technologies, której udziałowcem jest firma Talkin Things (światowy producent w zakresie technologii RFID), ukierunkowanego na wdrożenie tych rozwiązań do produkcji, [D3]
- o udzielenia (sprzedania) przez Politechnikę Warszawską firmie Amorphic Technologies (wcześniejsza nazwa firmy to Data Bionics) wyłącznej licencji obejmującej 74 prawa własności przemysłowej (w tym 5 zgłoszeń PCT, 10 topografii, 39 wynalazków), [D4]
- o produkcji znaczników RFID wykorzystujących rozwiązania opracowane przez dra Wieczorka oraz dra Gołofita w Firmie Talkin Things, która produkuje znaczniki RFID dla międzynarodowych korporacji jak np. Coca-Cola, L'Oreal, Nestle. [D5]

Należy podkreślić, że dr Wieczorek i dr Gołofit za swoje wynalazki otrzymali prestiżową nagrodę Eureka Dziennika Gazeta Prawna [D4].

Tytuł opisu wpływu

2. Istotny wpływ na zrównoważony rozwój społeczeństw poprzez prowadzenie badań i wdrożenia w zakresie zelektryfikowanych systemów transportu zbiorowego

Streszczenie opisu

Naukowcy z Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej prowadzą znaczące prace badawcze o zasięgu krajowym i międzynarodowym, w dyscyplinie nauki techniczne - AEE z obszarów związanych z mającym pozytywne oddziaływanie na środowisko zelektryfikowanym transportem, którego rozwijanie, zgodne z polityką UE pozwala na zapewnienie wieloletniego zrównoważonego rozwoju społeczeństw. Dotyczy to przede wszystkim transportu masowego (kolej, tramwaj, trolejbus, metro). Prace te w większości przypadków nastawione były na wdrożenia. Podstawę do prowadzenia badań stanowiły analizy zagadnień od prac teoretycznych, dotyczących opracowania metod i modeli matematycznych opisujących zjawiska w systemie trakcji elektrycznej po ich implementację w postaci modeli symulacyjnych i programów obliczeniowych. Opracowano np. metody analiz i projektowania trakcji elektrycznej oraz ich wdrożenia, które następnie wykorzystywane były w analizie i pracach studialnych oraz koncepcjach i projektach technicznych.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Badania naukowe oraz prace rozwojowe realizowane w Zakładzie Trakcji Elektrycznej Instytutu Elektroenergetyki (zespół w składzie: prof. Adam Szela, dr hab. inż. Tadeusz Maciołek, dr hab. inż. Mirosław Lewandowski, dr inż. Marcin Steczek, dr inż. Włodzimierz Jefimowski, dr inż. Maciej Wieczorek, dr inż. Zbigniew Drązek) scharakteryzować należy jako wieloaspektowe, dotyczące bezpośrednio rozwoju transportu szynowego i uwzględniające najnowsze wymagania europejskie w zakresie:

- zwiększania prędkości rozkładowych na liniach kolejowych;
- wzrostu niezawodności kolejowego systemu elektroenergetycznego;
- zmniejszenia energochłonności taboru oraz innych elementów wyposażenia infrastruktury elektroenergetycznej;
- zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji (koncepcja systemu uszynień grupowych, wdrożonych na kilku tysiącach km linii kolejowych w Polsce oraz ciągle modernizowanych);
- rozwoju sieci linii kolejowych, tramwajowych i metra.

Na szczególną uwagę zasługuje udział naukowców w realizacji dwóch projektów uzyskanych w wyniku przetargu z funduszu PHARE we współpracy z włoską firmą ITALFERR. Opracowania i koncepcje powstały w oparciu o wykorzystanie oryginalnych metod stanowiących nowość naukową, a wdrażano je na głównych liniach kolejowych, w tym na linii CMK, dla której opracowano rozwojowy układ zasilania i rozwiązania konstrukcyjne sieci trakcyjnej na 200-250 km/h, co pozwoliło na wprowadzenie do ruchu pociągów z platformy Pendolino w 2015 r. (*dowody wpływu 1,2,3,4*).

Efektom działalności ZTE było opracowanie nowatorskiej metodyki projektowania, która została wdrożona w postaci pakietu programów symulacyjnych do analiz i projektowania podsystemu z uwzględnieniem wszystkich wymaganych kryteriów i Technicznych Specyfikacji Interoperacyjności (TSI) dot. sieci linii transeuropejskich.

Wnioski z prac badawczych pozwoliły na wdrożenia metod analiz efektywności technicznej (w tym racjonalizacji zużycia energii, zastosowania zasobników energii, zmniejszenia strat) i ekonomicznej wykonywanych dla kolei oraz systemów trakcji dużych aglomeracji miejskich, a także w odniesieniu do nowego taboru dla metra.

Nowością naukową były również zastosowane w pracach wdrożeniowych metody, oparte o wyniki prac teoretycznych, w których szczególną uwagę zwrócono na identyfikację zwarć i prawidłową konfigurację sieci powrotnej, co jest szczególnie istotne ze względu na zagrożenie korozyjne od prądów błędzących, których efektem jest zwiększona awaryjność infrastruktury podziemnej.

Rola podmiotu

Badania naukowe prowadzone w ZTE obejmują opracowanie nowych, wcześniej niestosowanych w Polsce metod analiz, projektowania i rozwiązań konstrukcyjnych wdrażanych w systemach zelektryfikowanego transportu z uwzględnieniem wprowadzenia pociągów dużych prędkości, pojazdów z hamowaniem odzyskowym, oszczędności energii, poprawy niezawodności i bezpieczeństwa.

Wiodącą rolę podmiotu w obszarze prowadzonych badań potwierdzają opinie z zagranicznych ośrodków (*dowód wpływu 1*), świadczące o roli zespołu w zakresie badań dotyczących trakcji elektrycznej oraz wdrożenia krajowe (*dw 1,2,3,4*). Pracownicy ZTE inicjowali badania i uczestniczyli w realizacji projektów z UE oraz środków podmiotów gospodarczych. Są autorami wielu publikacji międzynarodowych i krajowych, gdzie prezentowali osiągnięcia stanowiące podstawy do patentów i wdrożeń. Pracownicy ZTE uczestniczą w radach naukowych krajowych i zagranicznych czasopism oraz rad naukowych i technicznych instytucji, byli też wielokrotnie nagradzani.

Wpływ

Wyniki prowadzonych przez zespół Zakładu Trakcji Elektrycznej Wydziału Elektrycznego PW badań nad opracowaniem nowych rozwiązań i wdrożeń w zakresie zelektryfikowanego transportu charakteryzują się znacznym wpływem społecznym o zasięgu krajowym, ale i międzynarodowym (sieć kolei w Polsce należy do sieci transeuropejskiej), w obszarze gospodarki i transportu. Bezpośrednim beneficjentem jest ogół społeczeństwa, powszechnie korzystający ze zelektryfikowanego transportu i efektów gospodarczych (transport umożliwia jej funkcjonowanie), firmy komunikacyjne i przemysł oraz środowisko.

Zespół kandydował do Nagrody Ministra Edukacji i Nauki za wybitne osiągnięcia naukowo-techniczne w kategorii: Badania na rzecz rozwoju gospodarki. (*DW 1*). O wpływie o szerokim oddziaływaniu społecznym świadczą także wdrożenia (*DW 1,2,3,4*):

- o systemu uszynienia grupowego (od końca lat 90. XX w., wdrażany ciągle przy bieżącej modernizacji linii kolejowych), co zwiększyło poziom bezpieczeństwa, zmniejszenie zagrożeń od elektrokorozji i zakłóceń w obwodach sterowania i sygnalizacji,
- o nowych podstacji o większej mocy zasilanych napięciem 110 kV (ponad 30 podstacji, nowe są budowane), poprawiło to warunki zasilania pociągów o większych mocach i prędkościach, umożliwiło wprowadzenie do ruchu pociągów typu Pendolino z prędkościami powyżej 200 km/h,
- o wdrożenie nowej generacji sieci trakcyjnej o zwiększonej obciążalności i mniejszym zużyciu zmniejszyło koszty eksploatacyjne oraz straty energii (nagroda II stopnia Prezesa Rady Ministrów-2010), sieć aktualnie stosowana przy modernizacji linii PKP PLK S.A. - czas eksploatacji do 40 lat (*DW 1,4*),
- o zmiana napięcia na linii WKD w 2016 r. umożliwiła wprowadzenie nowego taboru o większej pojemności, prędkości i częstości kursowania (*dowody wpływu 1,4*),
- o prace na rzecz modernizacji i rozbudowy sieci tramwajowej w Warszawie umożliwiły wprowadzenie do ruchu nowoczesnych tramwajów z hamowaniem odzyskowym z zasobnikami (oszczędność energii) (*DW 1,3,4*),
- o udział w realizacji projektu rozwojowego we współpracy z Instytutem Elektrotechniki, którego efekty w postaci prototypu zasobnika do podstacji trakcji miejskiej (wyniki projektu były kilkakrotnie nagradzane),
- o prace na rzecz Metra Warszawskiego umożliwiły wybór mającego najlepsze parametry taboru, a opracowanie koncepcji zasilania II linii z zastosowaniem zasobnika energii i prądowej szyny aluminiowo-stalowej pozwoliły na zmniejszenie zużycia energii (zasobnik dziennie pozwala zaoszczędzić ok 2 MWh energii) (*DW 1, 4*),

- o opracowana metoda odciążania sieci trakcyjnej, nowatorska nie tylko w skali kraju (5 patentów, sprzedana licencja przez PW na rzecz PKP Energetyka), aktualnie wdrażana pozwoli na zmniejszenie zakłóceń w zasilaniu pociągów i opóźnień powodowanych przez obciążenie sieci trakcyjnej (*DW nr 2,4*)
- o opracowana strategiczna koncepcja rozwiązania zasilania elektroenergetycznego w wariantach 3 kV DC i 25 kV AC dla sieci 1800 km nowych linii kolejowych w ramach projektu CPK pozwoliła na podjęcie decyzji o wyborze systemu zasilania oraz warunków zasilania z systemu elektroenergetycznego (*DW 3,4*).

Wykonane prace, w wielu przypadkach o charakterze nowatorskim mają pozytywny wpływ na środowisko, dzięki zmniejszeniu zużycia energii i zwiększeniu roli transportu elektrycznego, poprawie niezawodności, czasu eksploatacji i dostępności środków i systemów transportu elektrycznego, daje to także efekt gospodarczy i społeczny w perspektywie poza rok 2021 (podniesienie prędkości jazdy, poprawa dostępności i jakości funkcjonowania systemów transportu publicznego).

Metody analiz, projektowania i wdrożenia prac ZTE są obiektem zainteresowania ze strony szeregu firm, co wyraża się poprzez liczne umowy i wykonywanie projektów zleconych, np. przez PKP Energetyka, PKP PLK S.A., Tramwaje Warszawskie, Metro Warszawskie, WKD, Elester PKP, Pesa S.A., firmy projektowe. W ten sposób wymienione efekty prac naukowych wpływają na rozwój badań podejmowanych na bezpośrednie zapotrzebowanie przemysłu i transportu (*DW 1,3,4*).

Prace wdrożeniowe poprzedzone były badaniami, w tym z udziałem ośrodków zagranicznych, w których pracownicy ZTE odgrywali istotną rolę. M. in. uczestniczyli w 2 projektach programu PHARE, a następnie współtworzyli Centrum Doskonałości w ramach 5 FP UE. Pozwoliło to na nawiązanie kontaktów z wiodącymi ośrodkami z zakresu trakcji elektrycznej w Europie, w szczególności w zakresie systemu 3 kV DC stosowanego na kolei (University of Rome, Genoa University). Zaowocowało to rozwinięciem dotychczas stosowanych i opracowaniem nowych metod analiz, projektowania i realizacji konstrukcji szeroko wdrażanych w Polsce (*DW 1,2,3,4*). W ZTE staże odbywali doktoranci z ośrodków zagranicznych. Świadczy to o międzynarodowym wpływie w zakresie nauki i edukacji.

Tytuł opisu wpływu

3. Międzynarodowa infrastruktura wykorzystywana m.in. do badań w obszarach fizyki, technologii materiałowych, chemicznych oraz biologicznych

Streszczenie opisu

Naukowcy Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych (WEiTI) Politechniki Warszawskiej od ponad 20 lat aktywnie pracują nad rozwiązaniami zastosowanymi w wielkich urządzeniach badawczych budowanych na potrzeby eksperymentów Fizyki Wysokich Energii i Fizyki Plazmy, a także badań materiałowych i chemicznych. Efektami tych prac są ważne elementy takich urządzeń jak m. in.:

- Wielki Zderzacz Hadronów (LHC) w ośrodku CERN - m.in. w eksperymentach, dzięki którym odkryto wiele nowych cząstek elementarnych,
- Europejski Laser Rentgenowski (European-XFEL) służący do badań materiałowych na potrzeby przemysłu, nauk chemicznych oraz biologicznych,
- European Spallation Source (ESS) w Lund (Szwecja) - służący do badań materiałowych w unikatowym obszarze nie osiągalnym dotychczas przez maszyny rentgenowskie oraz neutronowe,
- Proton Improvement Plan II (PIP-II) w Fermilab, Chicago (USA), który będzie dostarczał wiązki protonów dla badań nad neutronami,
- T2K w Japonii - badający oscylacje neutrin.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Wyniki prac badawczo-rozwojowych prowadzonych przez zespoły naukowców z Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (w ich składzie są m.in. K. Zaremba, R. Kurjata, J. Marzec, M. Ziembicki, A. Rychter, K. Czuba, A. Abramowicz, D. Sikora, K. Poźniak, W. Zabołotny, G. Kaspruwicz) przyczyniły się do powstania wielkich infrastruktur badawczych, z których korzystają naukowcy z całego świata. Do najważniejszych osiągnięć tych infrastruktur można zaliczyć:

- postępy w badaniach nad weryfikacją teorii Modelu Standardowego oraz poszukiwaniach zjawisk wykraczających poza tę teorię, np. związanych z wyjaśnieniem istoty tzw. ciemnej materii wykonane w ramach eksperymentu CMS w CERN,
- odkrywanie nowych cząstek elementarnych i wzajemnych oddziaływań cząstek elementarnych, tworząc w ten sposób podstawy do dalszego rozwoju fizyki i lepszego rozumienia otaczającego nas świata, struktury materii itp.
- rozwój technologii umożliwiających realizację reaktora termojądrowego, mogącego radykalnie rozwiązać problemy energetyczne ludzkości; w szczególności badania dotyczące właściwego doboru materiałów do realizacji komory reaktora, jak też technik kontrolowania czystości plazmy zrealizowane za pomocą Eksperymentu JET (Joint European Torus),
- rozpoczęcie w roku 2017 badań na potrzeby biologii, chemii i medycyny przez Europejski Laser Rentgenowski (*European XFEL*), który umożliwia obrazowanie molekuł na poziomie atomowym, w trzech wymiarach i w dziedzinie czasu w skali przebiegu procesów chemicznych,
- z pomocą lasera European XFEL wykonano szereg skutecznych badań drobnoustrojów takich jak wirusy (wykonano m.in. obrazowanie białek COVID-19) oraz rozpoczęto projektowanie nowych produktów farmaceutycznych; to jedno z ważniejszych współczesnych narzędzi służących opracowaniu nowych technologii na potrzeby zdrowia publicznego,
- laser European XFEL służy także do badań procesów fotosyntezy, w tym sztucznej, która może pomóc w opracowaniu technologii do przetwarzania energii słonecznej w łatwe do przechowywania paliwa; są to badania fundamentalne dla funkcjonowania światowej gospodarki w obliczu kończących się źródeł paliw kopalnych i problemów

klimatycznych. Ponadto za pomocą lasera XFEL badane są m.in. procesy katalizowania istotne w wielu gałęziach przemysłu oraz technologii zapisu danych za pomocą lasera z niespotykaną dotychczas szybkością i gęstością upakowania mogące zrewolucjonizować działanie systemów informatycznych.

Rola podmiotu

Nasi eksperci (m.in. K. Zaremba, R. Kurjata, J. Marzec, K. Czuba, K. Poźniak, W. Zabołotny, G. Kasprówicz) opracowali rozwiązania, które tworzą strukturę wielkich urządzeń badawczych. Ich zespoły brały udział m.in. w opracowaniu, realizacji i uruchomieniu:

- o trygera mionowego RPC oraz trygera OMTF używanego w LHC przy badaniach uwiecznionych odkryciem nowych cząstek,
- o nowatorskiego systemu do badania zanieczyszczeń plazmy z rozdzielczością czasową 10 ms z wykorzystaniem detektorów GEM wykrywających niskoenergetyczne promieniowanie rentgenowskie (eksperyment JET),
- o systemów generatora wzorcowego i synchronizacji, będących „sercem” lasera European XFEL,
- o kilkudziesięciu urządzeniach składowych systemów sterowania polem przyspieszającym oraz diagnostyki wiązki elektronowej w laserze European XFEL,
- o kilku, technologicznie różnych detektorów dla COMPASS w CERN – m.in. detektory gazowe oraz gazowy detektor promieniowania Cherenkowa,
- o scyntylicyjnego detektora mionów (SMRD) w bliskim detektorze T2K w Japonii.

Wpływ

Działalność ekspertów Wydziału Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej w obszarze Fizyki Wysokich Energii stanowi istotny wkład do narzędzi badawczych umożliwiających międzynarodowym zespołom naukowców na prowadzenie przełomowych badań związanych m.in. z budową materii, oddziaływaniami fizycznymi czy budową oraz powstaniem Wszechświata. Zaprojektowanie, skonstruowanie i dostarczenie zaawansowanych technologicznie systemów elektronicznych, są kluczowym aspektem w budowie największych narzędzi do rozwijania wiodących badań naukowych w wielu dziedzinach nauki oraz życia społecznego. [D3, D4]

W pracach nad wszystkimi eksperymentami realizowanymi przez pracowników Politechniki Warszawskiej kładzie się nacisk na udział młodych ludzi – studentów i doktorantów, którzy nabierają cennego doświadczenia w konstruowaniu skomplikowanej aparatury, współpracy w interdyscyplinarnych, międzynarodowych zespołach oraz zarządzania dużymi projektami. Kilkuset absolwentów Politechniki Warszawskiej o bardzo wysokich kompetencjach stanowi istotny „wkład” nauki w funkcjonowanie gospodarki.

Aparatura opracowana na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej dla eksperymentu CMS jest wykorzystywana do odkrywania nowych cząstek elementarnych, co ma istotny wpływ dla naszego stanu wiedzy i rozumienia otaczającego nas świata. Aparatura opracowana dla eksperymentu JET przyczyniła się do zgromadzenia danych niezbędnych do prac nad przemysłowym reaktorem termojądrowym. Przyszły sukces tych prac będzie miał fundamentalne znaczenie dla rozwiązywania energetycznych problemów ludzkości. [D5]

Projekt Europejskiego Lasera Rentgenowskiego (*European XFEL*), dla którego naukowcy Politechniki Warszawskiej zbudowali wiele podzespołów, pozwala m. in. na badania struktury atomowej molekuł, w tym śledzenie bardzo szybkich transferów energii wewnątrz cząsteczek i komórek. Dzięki temu projekt *European XFEL* umożliwia mapowanie atomowej struktury wirusów i komórek, także w trzech wymiarach, „filmowanie” przebiegu reakcji chemicznych i procesów biologicznych oraz badanie procesów podobnych do zachodzących we wnętrzach gwiazd. W rezultacie realizowany projekt daje niespotykane dotychczas możliwości badania zachowania wirusów i przebiegu chorób oraz opracowywania nowoczesnych metod leczenia, w tym środków farmakologicznych. Obszary wpływu to ochrona zdrowia ale też środowisko i gospodarka, dzięki opracowywaniu metod zapobiegania chorobom zwierząt i roślin. [D1, D2]

Laser *European XFEL* został zaprojektowany m.in. do badań związanych z magazynowaniem oraz przetwarzaniem energii. Jednym z flagowych celów badań jest lepsze zrozumienie procesów fotosyntezy oraz opracowanie przemysłowych metod stosowania sztucznej fotosyntezy do wykorzystania energii słonecznej w procesie tworzenia łatwych do przechowywania paliw. Można np. wykorzystać wodór pozyskiwany w trakcie fotosyntezy do reakcji z dwutlenkiem węgla w celu wytworzenia metanolu, który może później służyć jako paliwo. Te badania mają istotny wpływ na gospodarkę. Projekt służy też jako narzędzie rozwoju w obszarze technologii informatycznych, kluczowych dla rozwoju społeczeństw. Dzięki zastosowaniu lasera badane są technologie magazynowania informacji w materiałach magnetycznych za pomocą odpowiednio spolaryzowanego światła, które mogą umożliwić magazynowanie informacji o znacznie większej gęstości upakowania i znacznie większej szybkości zapisu i odczytu w porównaniu do obecnych metod zapisu danych w pamięciach komputerów. [D3]

Jednym z kluczowych problemów napotykanym przy konstrukcji systemów dla eksperymentów fizyki wysokich energii jest konieczność pracy w niesprzyjających warunkach (np. silnym polu magnetycznym), odbiór sygnałów ze znacznej liczby kanałów (od kilku tysięcy do setek tysięcy), przy spełnieniu rygorystycznych ograniczeń przestrzennych. Bardzo często prowadzi to do opracowywania nowych rozwiązań - zarówno w kwestii samych sensorów, jak i współpracujących z nimi układów elektronicznych. [D3, D4]

Bardzo istotnym elementem całego procesu jest konieczność optymalizacji kosztów projektowanego rozwiązania. Finalnie, bardzo istotne jest zapewnienie odpowiedniej niezawodności projektowanych systemów (typowy czas pracy eksperymentu obejmuje okres od 10 do 40 lat). W rezultacie, rozwiązania opracowywane na potrzeby eksperymentów fizyki wysokich energii są zazwyczaj efektywniejsze niż istniejące na rynku rozwiązania komercyjne i często także oferują jakościowy skok w technikach detekcji. W dłuższej perspektywie prowadzi to do modernizacji rozwiązań stosowanych zarówno w przemyśle, jak i medycynie, co ma duże znaczenie społeczne. Przykładem może być chociażby system LIDAR bazujący na tzw. fotopowielaczach półprzewodnikowych, pierwotnie opracowanych na potrzeby eksperymentów fizycznych (eksperyment T2K był pierwszym użytkownikiem tych fotodetektorów na dużą skalę), a który obecnie jest powszechnie używany m.in. w motoryzacji. [D3, D4]

Tytuł opisu wpływu

4. Zastosowania układów energoelektronicznych w działaniach na rzecz efektywności energetycznej i rozwoju nowych technologii

Streszczenie opisu

Naukowcy z Instytutu Sterowania i Elektroniki Przemysłowej (ISEP) Wydziału Elektrycznego PW od wielu lat (w tym w uwzględnianym okresie 1.1.1997 a 31.12.2021) są aktywni w badaniach nad urządzeniami energoelektronicznymi wykorzystywanymi w układach zasilania, napędach, energetyce odnawialnej oraz ekologicznym transporcie. Większość tych prac ma zasięg międzynarodowy, a wiele z nich miało charakter przełomowy, prowadząc poprzez zastosowanie nowych algorytmów sterowania lub sposobów wykorzystania nowoczesnych przyrządów półprzewodnikowych mocy, do istotnej poprawy parametrów użytkowych urządzeń. Wynikiem tych prac są dziesiątki publikacji o znacznej liczbie cytowań oraz uzyskane patenty, a także wdrożenia rozwiązań we współpracy z przemysłem energoelektronicznym. Z ISEPu wywodzą się takie firmy jak Medcom, APS Energia, TRUMPF Huettinger, Dacpol - wszystkie te firmy zostały założone przez pracowników tego instytutu i do dziś ściśle z nim współpracują, ciągle rozwijając swoją ofertę.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Przekształtniki energoelektroniczne odgrywają kluczową rolę w wielu obszarach życia począwszy od układów zasilania, przez odnawialne źródła i magazyny energii po szeroko rozumianą elektromobilność. Ich parametry użytkowe w znacznej mierze rzutują na efektywność energetyczną całego spektrum urządzeń, a więc pozwalają ograniczyć zużycie energii, co niesie za sobą pozytywne skutki dla środowiska naturalnego i społeczeństwa w erze zmian klimatycznych i drastycznie rosnących cen energii. Badania w zakresie zastosowania nowoczesnych urządzeń energoelektronicznych i poprawy ich parametrów użytkowych doprowadziły do następujących konkluzji:

- Zaawansowane, w tym oryginalne i nowatorskie, metody sterowania urządzeniami wykorzystujące najnowsze techniki przetwarzania sygnałów i systemy informatyczne pozwalają dostosować parametry statyczne i dynamiczne urządzeń do wymagań ekstremalnie trudnych odbiorników. Przykładem mogą być tu zasilacze DC chłodzone

wodą i typu HIPIMS stosowane w procesach tworzenia plazmy, które wykorzystują zaawansowane metody sterowania mocą także w przypadku zaburzonej sieci energetycznej. Warto wspomnieć o napędach o regulowanej prędkości obrotowej (falowniki serii MFC 710), które charakteryzują się doskonałymi parametrami sterowania momentem i strumieniem maszyny umożliwiając pracę bez czujnikową. Inny przykład to autorskie metody sterowania przekształtnikami sieciowymi takie jak bezpośrednie sterowanie mocą aktywnego prostownika MSI - zapewniają one dwukierunkowy przepływ energii i znajdują zastosowanie wszędzie tam, gdzie należy zapewnić wysoka sprawność i umożliwić dostarczanie energii od odbiornika aktywnego do systemu elektroenergetycznego. Powstało także wiele kompleksowych algorytmów sterowania przekształtnikami AC/DC/AC, które dzięki sprzężeniu od mocy w przód stabilizują bardzo precyzyjnie również napięcie DC.

- o Wykorzystanie nowych technologii półprzewodnikowych przyrządów mocy na bazie SiC i GaN w znacznym stopniu poprawia efektywność energetyczną oraz gęstość mocy urządzeń energoelektronicznych wykorzystywanych w elektromobilności. Jako przykład można tu wymienić gamę urządzeń przekształtnikowych dla trakcji elektrycznej, które opracowano na bazie elementów z węgla krzemu które poprawiają sprawności energetyczne o kilka punktów procentowych. Nowe technologie zostały także zweryfikowane pozytywnie w systemach szybkiego ładowania czy szeregu specjalizowanych systemów zasilających znajdujących zastosowanie w obronności.

Rola podmiotu

Działalność naukowa ISEP (M. Kaźmierkowski, M. Malinowski, J. Rąbkowski, M. Jasiński, S. Styński, A. Kaszewski, S. Piasecki, P. Grzejszczak, G. Wrona,) polega na prowadzeniu badań w zakresie energoelektroniki.

Dzięki ISEP rozwinięto badania w obszarze zaawansowanych cyfrowych metod sterowania takimi układami, np. nowatorskie metody bezpośredniego sterowania momentem i mocą przekształtników napędowych i sieciowych, warto odnotować także metody predykcyjne i sterowania odpornego.

Wyjątkowy jest także rozwój nowych topologii przekształtników energoelektronicznych, np. w dziedzinie przekształtników wielopoziomowych i z obwodami impedancyjnymi.

ISEP odegrał także wiodącą rolę w zakresie zastosowania nowych przyrządów mocy na bazie SiC i GaN, wykazano niepodważalnie ich pozytywny wpływ na parametry urządzeń przekształtnikowych. Dowodem istotnej roli jest wysoka cytowalność i pozycja naukowców z ISEP, oraz uzyskane patenty, licencje i wdrożenia w wymienionych wyżej obszarach.

Wpływ

Prace badawcze i rozwojowe w zakresie urządzeń energoelektronicznych prowadzone w ISEP PW cechują się znacznym wpływem na gospodarkę i społeczeństwo poprzez pozytywne rezultaty poprawienia parametrów urządzeń przekształcających energię elektryczną. Mowa tu przede wszystkim o zwiększeniu efektywności energetycznej [D.1], co wobec ogromnej i wciąż rosnącej skali zastosowania tych urządzeń w różnych obszarach życia (energia

odnawialna, przemysł, elektromobilność itp.) przynosi wymierne zyski w postaci oszczędności energii elektrycznej. W perspektywie zmian klimatycznych oraz drastycznie rosnących cen nośników energii ma to bardzo istotny wpływ.

Biorąc za przykład instalacje fotowoltaiczne w Polsce, których moc dochodzi obecnie do 7 GW a szacowana roczna produkcja energii z 1 kW może wynieść ok. 0,9 MWh, to podniesienie sprawności urządzeń przetwarzających energię tylko o 1% może dać zysk w postaci zwiększenia produkcji o 63 GWh, co przełoży się na zaoszczędzenie emisji o co najmniej 50 tys. ton CO₂.

Współpraca z firmą TWERD w zakresie fotowoltaiki [D.1.2] to obok zwiększenia sprawności systemu przetwarzania także lepsze algorytmy śledzenia mocy szczytowej dające dalsze zwiększenie efektywności instalacji fotowoltaicznych, jak również zagadnienia związane z magazynowaniem energii [D.2.1, D.2.4] wnoszą dodatkowy stopień swobody umożliwiający długo i krótkoterminowe gromadzenie energii i nią zarządzanie.

Duże oszczędności energii niesie ze sobą poprawa efektywności urządzeń energoelektronicznych dla trakcji elektrycznej (istotny obszar produkcji firmy Medcom [D.1.5]), w których to nowe rozwiązania pozwalają podnieść sprawność energetyczną o kilka procent. Produkty tej firmy, takie jak falowniki napędowe czy przetwornice statyczne na bazie półprzewodnikowych przyrządów mocy SiC opracowane przy współpracy z ISEP PW [D.4.1], są sprzedawane na całym świecie i pracują w różnych warunkach, więc trudno tu przedstawić precyzyjne statystyki. Biorąc za przykład 1 tys. wyprodukowanych dotąd układów napędowych dla autobusów elektrycznych, z których każdy przejeżdża ok. 80 000 km rocznie to ograniczenie zużycia energii przy poprawie sprawności falownika o 2% daje zyski rzędu kilku GWh/rok, do czego trzeba dodać ograniczenie strat przetwornic pokładowych i ładowarki, co przełoży się na kolejne oszczędności.

Podobne zyski można odnaleźć w efektach współpracy z firmą WIBAR i opracowanych dla niej urządzeniach do ładowania i napędzania autonomicznych wózków magazynowych [D.1.7].

Nowe metody sterowania i technologie elementów półprzewodnikowych na bazie tranzystorów SiC są także podstawą do opracowania serii energooszczędnych urządzeń dla firmy Hygen Power S.A. (Republika Południowej Afryki) o mocach do 250 kVA [D.2.6-2.11]. Pozwoliły one zmniejszyć zużycie paliwa i emisje w urządzeniach generatorowych oraz wydłużyć czas życia urządzeń.

Znaczący wpływ na poprawę efektywności energetycznej napędów elektrycznych stosowanych w zakładach przemysłowych czy górnictwie ma także wprowadzenie układów dwukierunkowych ze zwrotem energii do sieci (firma TWERD [D.1.1]). Stosowane w górnictwie z opracowaną przez ISEP metodą „kontrolni wstecznego opadania słupa ropy – backspin control” umożliwiają odzyskanie energii elektrycznej z energii potencjalnej opadającej ropy w pionowym rurociągu szybu wiertniczego.

Wobec znaczącej roli i popularności ekranów dotykowych w nowoczesnej elektronice użytkowej bardzo ważny jest także wpływ na społeczeństwo i gospodarkę uzyskany poprzez współpracę z firmą TRUMPF [D.1.3], która specjalizuje się w urządzeniach zasilających procesy plazmowe wykorzystywane w produkcji półprzewodników, mikroprocesorów,

obudów i ekranów telefonów komórkowych, oraz większości obecnie produkowanych na świecie paneli fotowoltaicznych. Dzięki współpracy z PW ISEP firma opracowała nowy zasilacz o chłodzeniu wodnymi i specjalizowany zasilacz wielkiej mocy typu HIPIMS uzyskując przewagę nad konkurencją i wprowadzając na rynek urządzenia wyprzedzające swoją epokę pod względem precyzji sterowania parametrami napięcia, prądu i mocy oraz niezawodności [D.4.2]. W ten sposób przyczyniono się do rozpowszechnienia nowych technologii, takich jak układy scalone najwyższej skali integracji (5nm np. AMD Ryzen) czy nowoczesne panele fotowoltaiczne, wytwarzanych przy pomocy wspomnianych procesów plazmowych.

Podsumowując, w załączonych materiałach można odnaleźć dowody wpływu na społeczeństwo i gospodarkę wywartego poprzez wykorzystanie badań naukowych w produktach szeregu przedsiębiorstw z sektora energoelektroniki.

Wśród partnerów przemysłowych ISEP PW są firmy mniejsze, jak i liderzy branży, dlatego można mówić też o pozytywnym wpływie na rozwój przemysłu wysokich technologii, a przez to na podniesienie konkurencyjności i poziomu eksportu i znaczenia krajowej gospodarki na arenie międzynarodowej. Rola ISEP jest bardzo istotna, opracowane tu przekształtniki zmniejszają kosztocłonność wydobycia paliw kopalnych i umożliwiają rozwój OZE.

VII. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA BIOMEDYCZNA**

Tytuł opisu wpływu

1. Bioimpedancyjne metody i aparatura w specjalistycznej diagnostyce medycznej układu krążenia, układu oddechowego oraz układu nerwowego

Streszczenie opisu

Na PW od kilku dekad prowadzone są prace dotyczące możliwości wykorzystania technik pomiaru bioimpedancji w specjalistycznej diagnostyce medycznej dotyczącej układów: krążenia, oddechowego i nerwowego. Obejmują one zastosowania reokardiografii impedancyjnej, spektrometrii impedancyjnej oraz pneumografii impedancyjnej. W ich wyniku, we współpracy ze środowiskiem medycznym, a w szczególności z Instytutem Medycyny Doświadczalnej i Klinicznej PAN, Instytutem Kardiologii w Aninie, Warszawskim Uniwersytetem Medycznym oraz Centralnym Ośrodkiem Medycyny Sportowej, sprawdzono możliwości stosowania nowych metod i urządzeń powstałych na PW, przeznaczonych do diagnostyki ww. układów ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki procesów fizjologicznych monitorowanych w trybie ciągłym w warunkach ambulatoryjnych. Ich efektem jest powstanie licznych publikacji o zasięgu międzynarodowym, które przyczyniły się do rozwoju nieinwazyjnej ambulatoryjnej diagnostyki z wykorzystaniem pomiarów bioimpedancji.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Główną inspiracją do podjęcia badań nad zastosowaniami pomiarów impedancyjnych była potrzeba implementacji nieinwazyjnej metody przeznaczonej do ciągłej, ilościowej estymacji

czynności hemodynamicznej w warunkach stacjonarnych i ewentualnie podczas normalnej aktywności badanego (np. w celu określenia skutków hemodynamicznych incydentów nieprawidłowej pracy serca, niemożliwych lub trudnych do identyfikacji metodami stanowiącymi złoty standard). Kolejnym celem podejmowanych badań było zastosowanie pomiarów impedancyjnych w ciągłej, ilościowej ocenie aktywności układu oddechowego w warunkach stacjonarnych (np. w domowym badaniu bezdechu sennego) oraz w warunkach dynamicznych (fizjologia wysiłku, medycyna sportowa, etc.). Innym wątkiem podejmowanych działań było rozwijanie metod spektrometrii impedancyjnej w celu nieinwazyjnego określania zmian przewodności zachodzących w badanych tkankach (np. nieinwazyjne badanie odrzucania przeszczepionego narządu). Szczególnym przypadkiem łącznego zastosowania nieinwazyjnej analizy czynności hemodynamicznej i oddechowej (współbieżnie z nieinwazyjnym ciągłym oszacowaniem ciśnienia tętniczego) jest ocena aktywności współczulnej części układu autonomicznego.

Najistotniejsze konkluzje prowadzonych badań zostały przedstawione w monografii, rozdziałach monografii i w pracach oryginalnych:

1. Istnieje możliwość rejestracji sygnału reokardiograficznego w warunkach ambulatoryjnych (rejestracji holterowskich), co pozwala w wybranych grupach pacjentów na oszacowanie skutków hemodynamicznych incydentów nieprawidłowej pracy serca, niemożliwych lub trudnych do identyfikacji metodami stanowiącymi złoty standard.
2. Istnieje możliwość dokonywania rejestracji sygnału reopneumograficznego w warunkach ambulatoryjnych (rejestracji holterowskich), co pozwala na ilościowe oszacowanie aktywności oddechowej u osób zdrowych. Planuje się prace nad wykorzystaniem tej metody w niektórych grupach pacjentów.
3. Istnieje możliwość dokonywania analizy spektralnej (20 kHz - 500 kHz) bioimpedancji w czasie krótszym niż długość połowy jednego cyklu pracy serca.

Rola podmiotu

Prace nad metodami impedancyjnymi były realizowane w PW przede wszystkim przy wykorzystaniu grantów statutowych.

Wpływ

Prace prowadzone w Politechnice Warszawskiej, chociaż ich wyniki nie były bezpośrednio komercjalizowane, dzięki wymianie informacji naukowej przyczyniły się do upowszechnienia przekonania o możliwości ambulatoryjnej rejestracji sygnału reokardiograficznego i pneumograficznego. Powstały one w ścisłej współpracy ze środowiskiem medycznym w renomowanych ośrodkach i mają bardzo duży wpływ na społeczeństwo, ponieważ pozwalają opracować nowe metody diagnostyki układu krążenia i układu oddechowego, a także monitorowania stanu zdrowia pacjenta i efektywności stosowanej terapii. Nierzadko były to zastosowania pionierskie o charakterze przełomowym (np. prezentacja zapisu hemodynamiki u człowieka z zespołem stymulatorowym). Beneficjentami opracowanych na PW rozwiązań są osoby należące do wybranych grup pacjentów kardiologicznych badanych w jednej z renomowanych warszawskich klinik kardiologicznych oraz wybrane grupy sportowców wyczynowych (w tym kadry olimpijskiej) poddanych ocenie wydolności w Centralnym

Ośrodka Medycyny Sportowej. Potencjalny zakres stosowania reokardiografii impedancyjnej u chorych z zaburzeniami układu krążenia to ocena upośledzenia funkcji hemodynamicznej u osób z większością typów arytmii, zaburzeniami kurczliwości mięśnia sercowego, zaburzeniami ortostatycznymi oraz pacjentów wymagających monitorowania efektów terapii hipotensyjnej. Biorąc pod uwagę znaczący odsetek w polskiej populacji osób z problemami kardiologicznymi, potencjalny zasięg wpływu jest bardzo duży. Podobnie w przypadku zastosowania pneumografii impedancyjnej można założyć, że ze względu na szerokie rozpowszechnienie bezdechu sennego w populacji, powstanie wysokie zapotrzebowanie na bezmaskowe urządzenia do monitorowania badanego w warunkach domowych, co może być badaniem alternatywnym dla uznanej metody polisomnograficznej, stosowanej wyłącznie w warunkach szpitalnych.

Wyniki prowadzonych badań pośrednio przyczyniły się do opracowania w innych ośrodkach urządzeń przeznaczonych do ambulatoryjnego monitorowania czynności hemodynamicznej (PhysioFlow Enduro) u osób dorosłych oraz czynności oddechowej u dzieci chorych na astmę.

Tytuł opisu wpływu

2. Światowy lider w obszarze analizy ilościowej danych z pozytonowej tomografii emisyjnej na rynku badań przedklinicznych leków

Streszczenie opisu

Rozpoczęte w latach 90 XX w. przez dr inż. Krzysztofa Mikołajczyka, wraz z zespołem, prace nad oprogramowaniem do ilościowej analizy danych z pozytonowej tomografii emisyjnej doprowadziły do powstania w 2003 roku PMOD Technologies Ltd. Firma obecnie dominuje światowy rynek narzędzi do analizy ilościowej wyników pomiarów z użyciem PET na potrzeby badań przedklinicznych leków. Oprogramowanie wykorzystywane jest przez środowisko naukowe, firmy farmaceutyczne oraz kontraktowe ośrodki badawcze (CRO). W latach 2017-2021 zastosowanie oprogramowania cytowane było w ponad 2000 publikacji naukowych. O znaczeniu firmy na rynku świadczy przejęcie jej w 2019 roku przez Bruker Corporation.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

U podstaw działalności firmy PMOD leżą prace nad jednym z pierwszych na świecie zastosowań języka JAVA do budowy złożonych, rozległych systemów przetwarzania obrazowych danych medycznych. Twórcy dokonali m.in. nowatorskiej implementacji algorytmów dopasowania modeli matematycznych do danych pomiarowych pochodzących z emisyjnej tomografii pozytonowej umożliwiając modelowanie kinetyki znaczników izotopowych w diagnozowanych tkankach i narządach, co jest fundamentem ilościowej analizy wyników badań PET, w której specjalizuje się firma (publikacja 1, pkt 6c). W pierwszych pracach autorzy dokonali implementacji zaawansowanych algorytmów przetwarzania obrazowych danych medycznych uzyskanych zarówno metodami tomografii PET i SPECT, jak i MR oraz CT (publikacja 1, pkt 6c). W tym okresie powstała również,

kluczowa dla tej działalności platformowo niezależna implementacja standardu DICOM zrealizowana w języku JAVA (publikacja 2, pkt 6c).

Późniejsze prace badawcze pozwoliły na wprowadzenie dodatkowych, nowych możliwości opracowanych narzędzi informatycznych. Jedną z nich było nowatorskie użycie metod analizy klastrów do wyszukiwania korelacji pomiędzy parametrami ilościowymi uzyskiwanymi opracowanymi wcześniej metodami, z danych PET a ekspresją genową tkanek nowotworowych (publikacja 3, pkt 6c).

Kolejną pracą, której wyniki zostały zaimplementowane w oprogramowaniu firmy PMOD, jest automatyczna metoda segmentacji komory serca, będąca niezbędnym narzędziem używanym na wstępnym etapie przetwarzania ilościowego danych kardiologicznych PET mającego na celu wyznaczenie perfuzji i parametrów hemodynamicznych mięśnia sercowego (prace 4 i 5, pkt 6c).

Rola podmiotu

Prace nad oprogramowaniem do ilościowej analizy danych z Emisyjnej Tomografii Pozytonowej (PET) rozpoczęto w latach 1996–1998. Prace prowadzone były przez zespół z Instytutu Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej Politechniki Warszawskiej we współpracy z Uniwersytetem w Zurychu i Szpitalem Uniwersyteckim w Zurychu. Trzonem zespołu zaangażowanego w prace nad oprogramowaniem PMOD ze strony Politechniki Warszawskiej byli dr inż. Krzysztof Mikołajczyk (pracownik 1993-2019), mgr inż. Michał Grodzki i mgr inż. Piotr Rudnicki (doktoranci 1996-2001). Współautorem ze strony szwajcarskiej był dr Cyrill Burger.

W latach 1996-2002 zespół wykonywał prace badawcze finansowane ze środków Politechniki Warszawskiej i Komitetu Badań Naukowych, których celem było opracowanie procedur używanych do testowania i weryfikacji algorytmów oprogramowania PMOD.

Do 2003 roku PW była współwłaścicielem praw do oprogramowania. W 2003 prawa majątkowe przeniesione zostały na nowo utworzoną spółkę PMOD Technologies LLC.

Wpływ

Prace nad oprogramowaniem do ilościowej analizy danych PET realizowane były od 1996 roku, wspólnie przez zespół z Instytutu Inżynierii Precyzyjnej i Biomedycznej Politechniki Warszawskiej we współpracy z Uniwersytetem w Zurychu i Szpitalem Uniwersyteckim w Zurychu, dzięki finansowaniu z Swiss National Science Foundation (SNSF) w ramach projektu 7PLPJ048289: *Development of Methods and a Software Environment for Quantitative Analysis of Positron Emission Tomography Data*.

Uzupełniające prace badawcze finansowane w latach 1996-2002 ze środków Politechniki Warszawskiej i Komitetu Badań Naukowych skupiały się na narzędziach do weryfikacji działania algorytmów zaimplementowanych w oprogramowaniu PMOD.

W kolejnych latach bliska współpraca kadry PMOD Technologies z Instytutem Metrologii i Inżynierii Biomedycznej PW owocowała obopólnymi korzyściami w postaci przepływu know-how i umiejętności. Jednym z efektów tego przepływu była implementacja w oprogramowaniu PMOD opracowanej przez dr inż. Tomasza Kubika, w ramach pracy

doktorskiej (obrona w 2018 roku), nowej metody segmentacji mięśnia sercowego w obrazowych danych medycznych (patrz [6], pkt 4 i 5).

Obecnie firma PMOD Technologies LLC dostarcza kompleksowe rozwiązania informatyczne przeznaczone do przetwarzania danych obrazowych w badaniach obrazowania molekularnego. Oferuje zestawy dedykowanych narzędzi, które od lat sprawdzają się w wiodących ośrodkach badawczych, na całym świecie. Oferta PMOD bazuje na ponad 20-letnim doświadczeniu twórców w technice ilościowej tomografii pozytonowej (PET), co zaowocowało wykorzystaniem oferowanego oprogramowania w ponad 2000 oryginalnych pracach badawczych w latach 2017-2021 (patrz [8] pkt 1).

Klientami i beneficjentami oferowanych przez firmę rozwiązań jest społeczność badawcza zajmująca się wykorzystaniem techniki PET, zarówno w środowisku akademickim, jak i przemysłowym. Kluczowymi odbiorcami oprogramowania są koncerny farmaceutyczne oraz wykonujące na ich zlecenie badania przedkliniczne tzw. kontraktowe organizacje badawcze (Contract Research Organization – CRO). Firma posiada obecnie ponad 500 użytkowników na całym świecie (> 1000 indywidualnych licencji) (patrz [8] pkt 2).

Firma PMOD jest wiodącym producentem oprogramowania do ilościowej analizy danych z tomografii PET wykorzystywanym podczas badań naukowych, w tym podczas badań przedklinicznych nowych leków (patrz [8] pkt 3 i 4). O jej znaczeniu na tym rynku świadczy przejęcie firmy przez korporację Bruker w 2019 roku (patrz [8] pkt 3). Szczegóły finansowe transakcji nie zostały ujawnione.

VIII. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA LĄDOWA I TRANSPORT**

Tytuł opisu wpływu

1. Budowa krajowej infrastruktury informacji przestrzennych oraz metody jej włączenia w infrastrukturę europejską

Streszczenie opisu

Opracowano kluczowe założenia, standardy i metody efektywnego przetwarzania i udostępniania nowoczesnego (w skali światowej) zasobu danych przestrzennych wykorzystywanego przez obywateli, instytucje i przedsiębiorców z Polski i zagranicy m.in. do przygotowania inwestycji. Zasób ten stanowi jeden z filarów systemu informacyjnego państwa (np. w postaci geoportali i e-usług). Krajowy zasób danych, zgodnie z zapisami Dyrektywy EU, zasilił zasoby europejskie.

Wnioski z badań były podstawą do wielu kluczowych wdrożeń praktycznych oraz wpłynęły na kształt prawa geodezyjnego i kartograficznego, prawa z zakresu planowania przestrzennego oraz ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej w Polsce.

Badania wpłynęły na sposób realizacji jednolitego systemu odniesień przestrzennych oraz jego powiązania z systemem europejskim i globalnym. Opracowane koncepcje przyczyniły się do tzw. „uwolnienia danych przestrzennych” na szeroką skalę, co stawia Polskę w gronie liderów europejskich.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W wyniku prowadzonych badań wypracowano szeregów wniosków, które wpłynęły na tworzenie infrastruktury informacji przestrzennej i systemów odniesień przestrzennych w Polsce i Europie. Badania miały wpływ m.in. na:

1. Koncepcje modeli baz danych przestrzennych wraz z metodyką/technologią udostępniania danych.
2. Koncepcje, standardy, wytyczne i udoskonalone technologie pozyskiwania i integracji danych z różnych źródeł, w tym teledetekcyjnych i skanowania laserowego.
3. Konstrukcję lokalnych i globalnych układów odniesień przestrzennych.
4. Udoskonalenie metody analiz przestrzennych.
5. Metodykę i akty prawne kształtujące kataster i gospodarkę nieruchomościami w Polsce.
6. Nowe zastosowania geoinformacji.

W rezultacie prowadzonych badań wskazano metody i techniki transformacji dotychczasowych zasobów analogowych na cyfrowe. Jednocześnie wskazywano i testowano konkretne rozwiązania metodyczne i technologiczne w tym zakresie. Analizy jakościowe technologii i ich parametryzacja pozwalały na formułowanie daleko idących wniosków dotyczących metodyki pozyskania ogromnych zasobów danych przez ponad 20 lat na terenie całego kraju.

Wnioski z badań były podstawą do wielu fundamentalnych wdrożeń, szczególnie w ramach służby geodezyjnej i kartograficznej kraju i wpływały na kształt prawa geodezyjnego i kartograficznego, ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej oraz prawa z zakresu planowania przestrzennego.

Do obszarów najsilniejszego wpływu badań można zaliczyć:

1. Opracowanie koncepcji systemu informacji topograficznej kraju, modelu bazy danych topograficznych dla obszaru Polski i technologii produkcji map topograficznych;
2. Opracowanie koncepcji i elementów technologii produkcji map tematycznych z baz danych przestrzennych;
3. Standaryzację prac fotolotniczych służącą opracowaniu ortofotomapy kraju;
4. Zalecenia w zakresie wykonawstwa zdjęć i ortofotomapy w ramach budowy Systemu Identyfikacji Działek Rolnych (LPIS);
5. Standaryzację w zakresie pozyskiwania danych tematycznych „Elevation” w ramach europejskiej infrastruktury INSPIRE;
6. Wdrożenie usług integrujących w infrastrukturze – Krajowa Integracja Ewidencji Gruntów, Uzbrojenia Terenu i Miejscowych Planów Zagospodarowania Przestrzennego;
7. Koncepcję dostępu do zintegrowanej informacji o planowanym zagospodarowaniu przestrzennym w całym kraju;
8. Opracowanie nowego układu odniesienia (PL-ETRF2000) dla geodezyjnej osnowy podstawowej realizowanej przez stacje w sieci ASG-EUPOS.

Rola podmiotu

Kluczową rolę w badaniach odegrali pracownicy Politechniki Warszawskiej (PW). Opublikowali oni szeroko wykorzystywane w praktyce monografie. Przygotowali materiały szkoleniowe, przeszkolili tysiące pracowników służby geodezyjno-kartograficznej oraz współtworzyli opracowania rządowe i samorządowe (umowy z instytucjami i umowy indywidualne). Wyniki badań były sukcesywnie wdrażane przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii, jednostki administracji rządowej i samorządowej oraz – liderów krajowego rynku geoinformatycznego. Pracownicy PW wykonywali szereg prac wdrożeniowych w zakresie opracowania wytycznych i standardów na rzecz wymienionych jednostek, wielokrotnie kierując kluczowymi projektami lub zajmując czołowe funkcje zarządcze w GUGIK, ARiMR oraz Polskiej Agencji Kosmicznej, w tym kilkakrotnie pełnili funkcję Głównego Geodety Kraju i jego zastępcy. Duża część rozwiązań weszła w skład infrastruktury EU uzyskując oddziaływanie międzynarodowe.

Wpływ

Informacja przestrzenna stanowi obecnie ogromną wartość społeczną. Około 80% decyzji podejmowanych przez administrację bazuje na danych geoprzestrzennych, a decyzje te przekładają się bezpośrednio na komfort życia obywateli i przedsiębiorców. Nowatorska i przyjazna infrastruktura informacji geoprzestrzennych (IIP) pozwoliła na szerokie wykorzystanie geoinformacji w codziennej działalności firm i osób prywatnych; na etapie planowania inwestycji, obrotu nieruchomościami, korzystania z systemów nawigacyjnych itd. W oparciu o tzw. „uwolnione dane geoprzestrzenne” (open data) opracowywane są innowacyjne aplikacje wspomagające rozwój przedsiębiorczości i codzienne życie mieszkańców EU.

Do najważniejszych projektów realizowanych w Polsce, w których wdrażano wyniki badań z zakresu IIP prowadzonych w Politechnice Warszawskiej można zaliczyć:

1. Pozyskanie (po raz pierwszy dla całego kraju!) kolorowych zdjęć lotniczych w dwóch standardach i powtórzenie w kolejnych cyklach do chwili obecnej.
2. System Identyfikacji Działek Rolnych na rzecz dopłat dla rolników (LPIS).
3. Standaryzacja IIP w zakresie tworzenia, aktualizacji i udostępniania baz danych zobrazowań lotniczych i satelitarnych oraz ortofotomapy i numerycznego modelu terenu.
4. Informatyczny System Ochrony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami (ISOK).
5. Opracowanie standardu Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k, dawniej TBD) i jego wdrożenie
6. Opracowanie standardu baz danych tematycznych: sozologicznych i hydrograficznych;
7. Opracowanie katalogu obiektów planistycznych będącego podstawą dla całościowej standaryzacji prowadzącej do struktury bazy danych dla przechowywania i udostępniania informacji o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym.
8. Opracowanie szeregu usług sieciowych dostępnych przez krajowy Geoportal rządowy.
9. Projekt Geoportal.gov.pl.

Wartość prac związanych z budową krajowej i europejskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej wykorzystujących wyniki badań prowadzonych na Wydziale Geodezji i

Kartografii PW (GIK) można oszacować na setki milionów złotych, a zakres wykorzystania dotyczy milionów obywateli.

Badania wykorzystane zostały także w wielu pracach legislacyjnych i normalizacyjnych.

Polska IIP stanowi element infrastruktury EU i w ostatnich latach jest stawiana jako przykład nowoczesności i otwartości. Zasoby danych dostosowano i udostępniono na potrzeby infrastruktury europejskiej INSPIRE. W ostatnim okresie rozwiązania polskie pokazywane są w Europie jako dobre praktyki. W roku 2021 GUGIK otrzymał nagrodę *Geospatial World Innovation Award 2021*.

Elementem infrastruktury geoinformacyjnej są układy odniesień przestrzennych stanowiące podstawę wszystkich opracowań geodezyjnych i kartograficznych, w tym map urzędowych (tradycyjnych i elektronicznych). Mają zasadnicze znaczenie w dziedzinach gospodarki wykorzystujących technologie geoinformacyjne i analizy przestrzenne (funkcjonowanie administracji publicznej, ochrona zdrowia, ochrona środowiska, bezpieczeństwo i obronność państwa), gdzie zapewnienie jednolitości przestrzeni prezentacji danych umożliwia prowadzenie analiz w skali kraju, regionu lub globalnie.

Stałe obserwacje prowadzone w Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnym PW wykorzystywane są od kilkudziesięciu lat w Europie oraz na świecie i stanowią Polski wkład w utrzymanie geodezyjnego systemu odniesienia dla Europy. Kluczowe znaczenie jednolitego układu odniesienia dla geodanych zostało podkreślone w rezolucji ONZ w sprawie Globalnego Geodezyjnego Układu Odniesienia dla zrównoważonego rozwoju (GGRF – Global Geodetic Reference Frame). Od 1996 roku, w ramach współpracy z organizacją EUREF, na WGIK działa Centrum Analiz PW, w którym wykonywane są regularne analizy obserwacji GNSS rejestrowanych na punktach sieci EPN (EUREF Permanent Network). Rozwiązania te wykorzystywane są do zagęszczenia i utrzymania geodezyjnego systemu odniesienia dla Europy. Od 2016 roku na WGIK działa również Centrum Kombinacji EUREF, w którym są tworzone kombinowane rozwiązania dobowych współrzędnych dla stacji EPN. Rozwiązania kombinowane wykonywane na WGIK wykorzystywane są dalej przez EUREF do tworzenia rozwiązania długookresowego, które służy do realizacji i utrzymania ETRS89 na obszarze całej Europy.

W 2011 r. na Wydziale GiK PW opracowano nowy układ odniesienia PL-ETRF2000 dla polskiej geodezyjnej osnowy podstawowej realizowanej przez stacje GNSS sieci ASG-EUPOS. Układ został przyjęty przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii (GUGiK) w 2013 r. i obowiązuje do dzisiaj. Układ stosowany jest we wszelkich pracach geodezyjnych na terenie Polski z wykorzystaniem stacji ASG-EUPOS. W 2015 r. we współpracy z GUGiK, została stworzona kolejna realizacja układu odniesienia. Nowy układ został zaakceptowany przez międzynarodową organizację EUREF jako najwyższej klasy zagęszczenie europejskiego geodezyjnego systemu odniesienia – ETRS89.

Więcej informacji nt. temat można znaleźć na stronie <https://www.gik.pw.edu.pl/Badania-i-nauka/Wplyw-badan>

Tytuł opisu wpływu

2. *Konserwacja i diagnostyka konstrukcji zabytkowych i historycznych*

Streszczenie opisu

Działalność pracowników PW w ramach dyscypliny ILiT ma charakter wyjątkowy w skali europejskiej i światowej ze względu na przedmiot badań i działań konserwatorskich, którym są zabytki budownictwa i architektury o wyjątkowym znaczeniu dla światowego dziedzictwa kulturowego. Interdyscyplinarne działania mają istotne znaczenie dla ich zachowania, co jest jednym z założeń zrównoważonego rozwoju. Do działań tych można zaliczyć:

- diagnostykę interdyscyplinarną opartą o zasady zrównoważonego rozwoju,
- opracowanie strategii działań konserwatorskich i wzmacniających oraz ich aplikację i ocenę,
- badania i analizę historycznych technik i technologii wznoszenia konstrukcji,
- opracowanie nowatorskiej metodyki poszukiwań i inwentaryzacji obiektów dziedzictwa kulturowego na podstawie integracji wieloźródłowych danych pozyskanych nowoczesnymi technikami pomiarowymi,
- rekonstrukcje i wizualizacje 3D obiektów historycznych,
- badanie degradacji, zmian i przemieszczeń obiektów historycznych,
- opracowanie baz HGiS.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Główne wnioski z badań naukowych i prac rozwojowych realizowanych przez pracowników PW w ramach dyscypliny naukowej Inżynieria Lądowa i Transport (ILiT) obejmują:

1. Opracowanie i realizacja działań konserwatorskich oraz zabezpieczających zabytki będące elementami wykopalisk archeologicznych w Syrii, Egipcie, Ukrainie i Rosji. Dobór odpowiednich działań konserwatorskich wynikał z analiz technik i technologii wykonania antycznych konstrukcji murowych, stanu ich zachowania oraz zrealizowanych badań. Przeprowadzone badania laboratoryjne umożliwiły dobór odpowiedniej zaprawy konserwatorskiej do zastosowania w przypadku napraw i wzmacniania antycznych murów dzikich wykonanych z wykorzystaniem zaprawy glinianej.
2. Opracowanie i implementacja autorskiej metodologii interdyscyplinarnej diagnostyki wielokryterialnej opartej o ocenę zdolności rewitalizacyjnej budynków zabytkowych. Zdolność rewitalizacyjna budynku należy rozumieć jako zespół cech, właściwości i stanów określających przedmiotowy budynek, w zakresie jego konstrukcji, formy, funkcji, lokalizacji, walorów środowiskowych, społecznych, zdrowotnych, określających możliwości i opłacalność ekonomiczną planowanej rewitalizacji w formie uwzględniającej wszystkie aspekty rewitalizacji, w tym zasady zrównoważonego rozwoju.
3. Opracowanie metodyki pozyskiwania, przetwarzania i integracji wieloźródłowych danych, z nowoczesnych technologii pomiarowych, w celu tworzenia dokumentacji fotogrametrycznej do rekonstrukcji 3D i inwentaryzacji wykopalisk archeologicznych oraz obiektów dziedzictwa kultury.

4. Opracowanie i implementacja metodyki pozyskiwania, przetwarzania i integracji wieloźródłowych danych geoprzestrzennych w pracach poszukiwawczych i badaniu funkcjonowania obozów pracy i zagłady z okresu II wojny światowej. Przeprowadzone prace badawcze umożliwiły bezinwazyjne dokonania kilku odkryć na obszarach obozów pracy i zagłady w Treblince i w Chełmnie nad Nerem, w tym nieznanych dotychczas lokalizacji jam grobowych, przebiegu torów kolejowych.

Rola podmiotu

Działalność dotycząca badań i działań konserwatorskich na stanowiskach archeologicznych była realizowana w ramach misji konserwatorskich kierowanych i realizowanych przez pracowników PW, będących częścią misji archeologicznych realizowanych przez podmioty współpracujące.

Metodologia interdyscyplinarnej diagnostyki wielokryterialnej opartej o ocenę zdolności rewitalizacyjnej budynków zabytkowych jest dziełem autorskim rozwijanym przez pracowników PW w ramach współpracy z jednostkami administracji lokalnej.

Prace badawcze w obszarze wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych do opracowania dokumentacji fotogrametrycznej w postaci fotorealistycznych modeli 3D, ortoobrazów, numerycznych modeli powierzchni oraz baz HGiS (Historical Geographic Information System) wpływają na usprawnienie metodyki badań archeologicznych, wspomagają pracę konserwatorów zabytków oraz stwarzają możliwość rozwoju metod archiwizacji i wizualizacji 3D przy ścisłej współpracy z muzeami w kraju i na świecie.

Wpływ

1. Misje konserwatorskie na stanowiskach archeologicznych w Syrii, Egipcie oraz Ukrainie i Rosji obejmujące diagnostykę, opracowanie strategii i przeprowadzenie działań konserwatorskich na stanowiskach archeologicznych o znaczeniu międzynarodowym, mają bezpośredni wpływ na zachowanie zabytków architektonicznych będących elementami światowego dziedzictwa kulturowego. Prace przeprowadzone w wyniku badań umożliwiły zachowanie fragmentów historycznych konstrukcji jako elementów parków archeologicznych, wpływając na zrozumienie i poznanie swojej historii przez społeczność lokalną oraz na atrakcyjność turystyczną regionów w skali krajowej i międzynarodowej, przyczyniając się do rozwoju gospodarczego tych krajów. Powyższa działalność konserwatorska, w świetle zasad zrównoważonego rozwoju, ma kluczowe znaczenie dla zachowania i promocji światowego dziedzictwa kulturowego, dla dobra współczesnych i przyszłych pokoleń. [DW1]
2. Prace nad rozwojem wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych do dokumentacji wykopalisk archeologicznych wpływają na usprawnienie badań nad światowym dziedzictwem kulturowym. Metodyka wykorzystania fotogrametrii bliskiego zasięgu do bieżącej dokumentacji postępów prac wykopaliskowych pozwala na udokumentowanie każdej odkrytej warstwy archeologicznych w sposób trójwymiarowy, w czasie pozwalającym na jej wykorzystanie podczas pracy na stanowisku. Jednocześnie cechuje się większym obiektywizmem niż tradycyjne metody oparte o rysunek odręczny. Opracowana przy współpracy z Instytutem

Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego metodyka była wykorzystywana na stanowiskach archeologicznych w Polsce, jak i za granicą (Cypr, Niemcy, Jordania). Metodyka dokumentacji wielkopowierzchniowych stanowisk archeologicznych z Bezzałogowych Statków Powietrznych opracowana została na potrzeby dokumentacji dla projektu UNESCO w Nepalu, później była wykorzystywana na stanowiskach na Cyprze (UNESCO) oraz w Izraelu. [DW2]

3. Opracowana metodyka integracji wieloźródłowych danych oraz wygenerowane produkty w formie ortofotoobrazów, numerycznych modeli powierzchni obiektów oraz fotorealistycznych modeli 3D jest wykorzystywana dla potrzeb archiwizacji, przez konserwatorów zabytków oraz muzea, do tworzenia baz HGIS oraz opracowywania portali w celu upowszechniania informacji o obiektach kultury (np. konferencje i warsztaty okolicznościowe przygotowywane przez muzea, opracowywanie wirtualnych wycieczek, wizualizacja 3D nieistniejących obiektów kultury). Usprawnia też badania interdyscyplinarne, czego przykładem jest opracowanie zabudowy grodu kultury łużyckiej na stanowisku 4 w Biskupinie – analiza numeryczna historycznych ustrojów konstrukcyjnych weryfikująca założenia architektoniczne opracowane na podstawie badań archeologicznych. [DW3]
4. Metodologia oceny zdolności rewitalizacyjnej budynków zabytkowych – opracowana metodologia interdyscyplinarnej diagnostyki wielokryterialnej, opartej o zasady zrównoważonego rozwoju, znajduje zastosowanie jako narzędzia wspomagające samorządy lokalne oraz inwestorów prywatnych, w podejmowaniu decyzji dotyczących planowania działań rewitalizacyjnych na obszarach zdegradowanych. Metoda ta poszerza diagnostykę klasyczną - techniczną, o zagadnienia pozatechniczne, wynikające z zasad zrównoważonego rozwoju, stanowiące pełne spektrum zagadnień koniecznych do uwzględnienia w procesie rewitalizacji. [DW4]
5. Bezinwazyjna inwentaryzacja piwnicy więziennej w Wieży Grodzkiej Zamku Królewskiego nowoczesnymi technikami pomiarowymi, w trakcie prowadzenia badań archeologicznych. Wyniki pracy są wykorzystywane przez konserwatorów i archeologów w Zamku Królewskim w celu oceny stanu zachowania obiektu zabytkowego. Wyniki pracy są upowszechniane na portalach muzeum oraz ogólnopolskich konferencjach i otwartych warsztatach dostępnych dla ogółu społeczeństwa. [DW3]
6. Opracowanie i udoskonalanie metodyki poszukiwania miejsc do objęcia upamiętnieniem na obszarze obozów pracy, zagłady i koncentracyjnych (Treblinka I, Treblinka II, Kulmhof, Kraków Płaszów, AL Klein-Schönau). Jednym z celów prowadzonych badań było rozpowszechnienie wyników w środowisku naukowym oraz wśród odwiedzających muzea martyrologiczne w Polsce. W tym celu przygotowano tablice (w wersji polsko i anglojęzycznej) informujące o wynikach projektów i badań. Wchodzą one w skład stałej wystawy muzealnej (Muzeum w Treblince) oraz są elementem wystawy w terenie otwartym (Muzeum byłego niemieckiego obozu zagłady Kulmhof w Chełmnie nad Nerem, Kraków Płaszów). Opracowano monografie naukowe zawierające wyniki badań, które zostały przekazane do polskich (m. in. Żydowski Instytut Historyczny, Instytut Pamięci Narodowej, Muzeum Historii Żydów Polskich POLIN w Warszawie) i zagranicznych (m. in. Muzeum Holokaustu w Waszyngtonie, Instytut Yad Vashem w Jerozolimie) jednostek i organizacji badających holokaust. Aby dotrzeć z informacją do jak najszerszej grupy odbiorców przygotowano karty z opisem badań w języku Braille'a. [DW3, DW5].

Tytuł opisu wpływu

3. Nowej generacji betony osłonowe przed promieniowaniem jonizującym oraz budowa i eksploatacja obiektów jądrowych

Streszczenie opisu

Wydział Inżynierii Lądowej (WIL) PW realizuje prace badawcze i wdrożeniowe w zakresie optymalizacji materiałowej betonów osłonowych przed promieniowaniem jonizującym. Opracowano innowacyjny beton osłonowy skuteczny zarówno wobec promieniowania gamma, jak i bardziej przenikliwego promieniowania neutronowego. Efektem jest też nowa metoda obliczania właściwości osłonowych przed promieniowaniem. Istotny wpływ społeczny to współpraca z podmiotami zewnętrznymi, np. Ministerstwem Gospodarki, NCBJ czy ZUOP. Prace badawczo-rozwojowe przyczyniły się do zapewnienia bezpieczeństwa obiektów jądrowych Polsce, np. reaktora MARIA. WIL PW osiąga wymierne efekty o zasięgu krajowym i międzynarodowym, o czym świadczy udział w grupie roboczej Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego, która opublikowała CWA 17377 z uwagami uwzględnionymi w ostatniej aktualizacji międzynarodowych wytycznych dla budowy elektrowni jądrowych RCC-CW. W 2021 roku zespół WIL PW został zaproszony do udziału w projekcie Eurofusion.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

1. Opracowanie kompozycji betonu osłonowego o podwyższonych właściwościach osłonowych zarówno wobec promieniowania gamma jak i bardziej przenikliwego promieniowania neutronowego. Stwierdzono, że wobec promieniowania gamma zastosowanie betonu ciężkiego jest wystarczającym rozwiązaniem, natomiast natura promieniowania neutronowego wymaga bardziej zaawansowanych metod optymalizacji z uwagi na skład atomowy.
2. Opracowanie metody obliczania właściwości osłonowych przed promieniowaniem neutronowym rozróżniającym efektywność spowalniania neutronów prędkich i absorpcji neutronów termicznych. Zaproponowana metoda znajduje zastosowanie w optymalizacji materiałów osłonowych nie tylko w budownictwie.
3. Opracowanie metod badań i oceny właściwości cieplnych i przepuszczalności powietrza dla betonów osłonowych przed promieniowaniem jonizującym. Parametry te są bardzo istotne z punktu widzenia trwałości, a co za tym idzie bezpieczeństwa obiektów jądrowych.
4. Opracowanie wytycznych dla konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej oraz opracowanie procedur zarządzania procesem starzenia konstrukcji betonowych w obiektach jądrowych. Opracowane na zlecenie Ministerstwa Energii wytyczne będą stanowiły podstawę do wszelkich prac związanych z wykonywaniem konstrukcji betonowych podczas budowy polskich elektrowni jądrowych. Procedury zarządzania procesem starzenia zostały wykorzystane przy ocenie bezpieczeństwa reaktora MARIA (z pozytywnym skutkiem).
5. Opracowanie koncepcji składowania odpadów promieniotwórczych w jednym z obiektów KSOP w Różanie zawierającej aspekty techniczne procesu, w tym opracowanie założeń i szczegółowego planu technologii składowania, analiza potrzeby wykonania dodatkowej dylatacji posadzki oraz odwodnienia wraz z wytycznymi wykonania dla przedmiotowego obiektu oraz analiza doboru wykonania

kontenerów służących do składowania odpadów, w tym wytyczne materiałowe dla wykonywania kontenerów z prognozą ich trwałości w sytuacji składowania z uwzględnieniem kosztu ich produkcji. Z modyfikacją polegającą na wykorzystaniu do transportu specjalnej suwnicy została ona zastosowana.

6. Opracowanie i zoptymalizowanie - z uwagi na właściwości mechaniczne i szczelność - zaprawy cementowej do scalania ciekłych odpadów promieniotwórczych. Opracowana zaprawa odznaczała się wysoką efektywnością scalania ciekłych odpadów radioaktywnych, prace są kontynuowane.

Rola podmiotu

Pracownicy WIL PW stanowili wiodącą stronę w przedstawionej działalności naukowej. Świadczy o tym:

- o znaczące autorstwo wszystkich wymienionych publikacji, w tym: rola autorów korespondencyjnych, przeważający procentowy udział autorów z podmiotu;
- o bezpośrednie zlecenia od podmiotów zewnętrznych o dużej wiarygodności, takich jak np. Ministerstwo Gospodarki, NCBJ, ZUOP;
- o rola WIL PW jako biegłego w postępowaniach sądowych;
- o kierowanie projektami NCBiR realizowanymi na WIL PW w ramach programu LIDER;
- o WIL PW był głównym wykonawcą Strategicznego projektu badawczego NCBiR pn. Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej, realizującym zadanie badawcze nr 6 w zakresie budownictwa;
- o zaproszenie i udział (wspólnie z ITB jako konsorcjum PolNuclear BCC) w grupie tzw. Workshop CEN WS 64 phase 2, która przygotowała publikację CWA 17377:2019(E) zawierającą uwagi uwzględnione w ostatniej aktualizacji międzynarodowych wytycznych dla budowy elektrowni jądrowych RCC-CW.

Wpływ

1. Opracowanie kompozycji betonu osłonowego o podwyższonych właściwościach osłonowych wobec promieniowania gamma i bardziej przenikliwego promieniowania neutronowego [DW1]

2. Opracowanie metody obliczania właściwości osłonowych przed promieniowaniem neutronowym z uwagi na spowalnianie neutronów prędkich i absorpcję neutronów termicznych [DW1]

3. Opracowanie metod badań i oceny właściwości cieplnych i przepuszczalności powietrza dla betonów osłonowych przed promieniowaniem jonizującym [DW1]

Trwają rozmowy nt. zastosowania opracowanego betonu osłonowego do wypełnienia shutera kanału H2 w reaktorze badawczym MARIA w Świerku. Działalność WIL PW przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa obiektów, w których wykorzystuje się promieniowanie jonizujące np.: reaktor badawczy MARIA, KSOP. Pierwszym beneficjentem prac naukowych

był ZUOP, dla którego w 2014 roku opracowano technologię scalania i składowania ciekłych odpadów promieniotwórczych. W latach 2018-2019 NCBJ – operator jedyne w Polsce reaktora jądrowego, dzięki opracowaniom i badaniom WIL PW uzyskał zapewnienie o bezpieczeństwie użytkowanego obiektu, co pozwala na jego dalszą pracę. Współpraca z NCBJ została doceniona nadaniem T. Piotrowskiemu i P. Prochoniowi nagrody zespołowej III stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe w latach 2019-2020. [DW4]

W zakresie międzynarodowym należy wymienić uwzględnienie polskich wymagań dla konstrukcji betonowych przy aktualizacji wytycznych AFCEN RCC-CW 2020. Pośrednim beneficjentem jest społeczeństwo: polskie, europejskie oraz światowe, gdyż bezpieczeństwo radiologiczne dzięki wprowadzonym rozwiązaniom i opracowanym wytycznym jest większe.

Beneficjentem opracowanej metody obliczania właściwości osłonowych przed promieniowaniem neutronowym są naukowcy z innych obszarów aplikacyjnych - pozwala ona obliczyć właściwości przed wykonaniem drogich eksperymentów. Potencjał wykorzystania obejmuje inżynierię materiałową i medyczną, a nawet technologie kosmiczne, gdzie powszechne promieniowanie jonizujące stanowi jedną z głównych przyczyn destrukcji materiałów. Osiągnięcie T. Piotrowskiego z zakresu modyfikacji materiałowej betonów osłonowych przed promieniowaniem neutronowym były przedmiotem przyznania mu nagrody indywidualnej I stopnia JM Rektora PW za osiągnięcia naukowe w roku 2019/2020.

T. Piotrowski swoje doświadczenie wykorzystuje w realizacji projektu EUROfusion (Horyzont 2020), w którym wspólnie z Wydziałem Inżynierii Materiałowej optymalizuje konstrukcję z betonu osłonowego dla reaktora fuzyjnego: <https://repo.pw.edu.pl/info/project/WUT7d06dca202ce4ff6a6af03ee57daa8e0/>

4. Opracowanie wytycznych dla konstrukcji z betonu w obiektach energetyki jądrowej [DW2, DW3]

Bezpośrednim beneficjentem jest resort odpowiedzialny za realizację pierwszej polskiej elektrowni jądrowej (obecnie Ministerstwo Energii) oraz Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o. (wcześniej PGE EJ1), która odpowiada za przygotowanie procesu inwestycyjnego, badania lokalizacyjne oraz uzyskanie wszystkich decyzji warunkujących budowę polskiej elektrowni jądrowej (EJ). PEJ odpowiada także za przeprowadzenie postępowania na wybór technologii przyszłej EJ, a w przyszłości ma pełnić rolę jej operatora. Opracowane *Wytyczne wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych w budownictwie elektrowni jądrowych. Konstrukcje z betonu w obiektach energetyki jądrowej* stanowią wartościowy zasób wiedzy dla powyższych podmiotów, który wykorzystują w swojej działalności. Beneficjentami w szerszej perspektywie są wszystkie podmioty (w tym firmy budowlane), które będą zaangażowane w budowę EJ w Polsce, a także polskie społeczeństwo, gdyż opublikowane wytyczne stanowią istotne źródło wiedzy wskazujące rozwiązania zapewniające bezpieczeństwo obiektów jądrowych, nie tylko pod względem radiologicznym, ale także konstrukcyjno-budowlanym. [DW3]

Działalność WIL PW na forum międzynarodowym (w CEN WS 64 Phase 2) przyczyniło się do poprawy bezpieczeństwa obiektów jądrowych na świecie budowanych w oparciu o standardy AFCEN, w tym RCC-CW. Ostatnia edycja RCC-CW (2020) zawiera modyfikacje uwzględniające uwagi z publikacji CWA 17377:2019(E), której współautorem jest T. Piotrowski. [DW2]

5. Opracowanie dotyczące realizacji Polskiego Programu Energetyki Jądrowej (PPEJ) [DW5]

Beneficjentem przedmiotowego opracowania jest zleceniodawca i wykonawca planu zaangażowania interesariuszy, raportów dotyczących istniejących warunków środowiskowych oraz raportu charakteryzującego wady zasadnicze dla lokalizacji przemysłowej oraz sąd RP, który dzięki temu opracowaniu będzie mógł podjąć odpowiednią decyzję rozstrzygającą powstały spór. W dalszej perspektywie beneficjentem jest społeczeństwo polskie, a także społeczność międzynarodowa, gdyż wielopłaszczyznowy aspekt środowiskowy budowy EJ jest bardzo dla niej istotny. W 2021 roku Sąd mając na uwadze kompetencje Zespołu WIL PW zlecił opracowanie opinii biegłego w sprawie XX GC 716/15 z powództwa PGE EJ1 przeciwko WorleyParsons.

Tytuł opisu wpływu

4. Zastosowanie odpadów gumowych i biokomponentów do budowy nawierzchni drogowych o wydłużonej trwałości

Streszczenie opisu

Opracowano innowacyjne technologie budowy trwałych, bezpiecznych, przyjaznych środowisku i cichych nawierzchni drogowych z zastosowaniem odpadów gumowych (recykling opon) i biokomponentów. Technologie mają zasięg międzynarodowy i przełomowe znacznie dla konstrukcji nawierzchni dróg o zwiększonej trwałości zmęczeniowej (10x), odporności na spękania niskotemperaturowe (o 30%) i niższym poziomie hałasu. Technologie te spotkały się z dużym zainteresowaniem rynku (180 km dróg, 350 tys. ton wyprodukowanej mieszanki, patenty, 11 nowych produktów w ofercie rafinerii LOTOS i koncernu Strabag). W ramach technologii opracowano i wdrożono nowej generacji lepiszcza gumowo-asfaltowe, polimerowo-gumowo-asfaltowe i mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowe o właściwościach reologicznych odpowiadających warunkom klimatu Europy Środkowo-Wschodniej oraz biokomponenty (asfalt fluksowany estrami olejów roślinnych, fluksant z utleniania tych olejów) do budowy nawierzchni z mieszanek asfaltowych z recyklingu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Opracowana innowacyjna technologia lepiszczy gumowo-asfaltowych jest znacząco lepsza od powszechnie stosowanej tradycyjnej technologii polimeroasfaltów pod względem właściwości funkcjonalnych wysokotemperaturowych, niskotemperaturowych i w temperaturach pośrednich (odporność na spękania niskotemperaturowe poprawiona o co najmniej 30%, trwałość zmęczeniowa 10 razy większa).

Nowe lepiszcze polimerowo-gumowo-asfaltowe pod względem właściwości funkcjonalnych jest porównywalne do polimeroasfaltów średnio- i wysokomodyfikowanych. Otrzymano jednak lepiszcze o wysokiej termostabilności, produkowane w rafinerii, którego koszt zakupu jest o około 5% niższy od tradycyjnych polimeroasfaltów. Korzystne właściwości opracowanych mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych, w tym zwłaszcza dotyczące trwałości, są wynikiem polepszonych właściwości reologicznych lepiszcza z dodatkiem gumy

oraz stosowania większej ilości tego lepiszcza w mieszance. Badania wykazały, że najbardziej korzystna poprawa właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych z lepiszczami gumowo-asfaltowymi dotyczy mieszanek o uziarnieniu otwartym lub nieciąłym (szczególnie efektywne w przypadku betonu asfaltowego do bardzo cienkich warstw ściernych BBTM w konstrukcji „cichych nawierzchni” oraz mieszanki mineralno-asfaltowej do warstw przeciwmęczeniowych w konstrukcji nawierzchni długowiecznej typu „Perpetual”).

Innowacyjne zastosowanie dodatku biokomponentu (pochodzenia roślinnego) do mieszanki mineralno-asfaltowej pozwoliło na efektywne wykorzystanie aż do 40% materiału pochodzącego z recyklingu (odświeżenie właściwości destruktu asfaltowego) i obniżenie temperatury zagęszczania warstwy o co najmniej 20°C (poprawa urabialności) w porównaniu do rozwiązań tradycyjnych. Korzystne właściwości technologiczne biokomponentu uwidaczniające się w procesie produkcji umożliwiają zwiększenie o 10% zastosowania destruktu asfaltowego w produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych w typowych wytwórniach mieszanek mineralno-asfaltowych, tj. nie wyposażonych w specjalną przystawkę do przygotowania destruktu asfaltowego.

Korzystne właściwości techniczne biokomponentu uwidaczniają się ponadto w procesie eksploatacji poprzez korzystną zmianę sztywności mieszanki mineralno-asfaltowej z destruktem asfaltowym, poprawę odporności na spękania zmęczeniowe nawierzchni drogowej.

Rola podmiotu

Wieloletnie doświadczenia naukowo-badawcze pracowników Wydziału Inżynierii Lądowej w zakresie technologii innowacyjnych lepiszczy asfaltowych modyfikowanych gumą oraz technologii biokomponentów do budowy trwałych i ekologicznych nawierzchni spowodowały, że Politechnika Warszawska stała się wiodącym ośrodkiem zajmującym się tą tematyką. Realizacja badań naukowych w PW w ramach 4 grantów NCBiR i 7 Programu Ramowego UE pozwoliła zoptymalizować rozwiązania materiałowo-technologiczne w badaniach laboratoryjnych, sprawdzić technologie na odcinkach doświadczalnych i dokonać wdrożenia.

Na Wydziale Inżynierii Lądowej powstały liczne publikacje oraz prezentacje na konferencjach propagujące efekty w przedmiotowym obszarze działalności naukowej. Ponadto wprowadzono do programu studiów podyplomowych realizowanych na Wydziale dla wykonawców i zarządców dróg tematykę dotyczącą stosowania lepiszczy modyfikowanych gumą oraz technologii biokomponentów w budownictwie drogowym.

Wpływ

Europejski koncern budowlany Strabag oraz niezależnie Rafineria Lotos zwróciły się do Zespołu Badawczego Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych Politechniki Warszawskiej z propozycją współpracy w zakresie opracowania innowacyjnej technologii modyfikacji asfaltów gumą ze zużytych opon samochodowych. Zespół prof. Piotra Radziszewskiego prowadzi od wielu lat badania naukowe nad nowymi lepiszczami, w tym lepiszczami z dodatkiem gumy. Wynikiem tych prac było opracowanie lepiszczy nowej generacji charakteryzujących się poprawionymi właściwościami w całym zakresie temperatur eksploatacyjnych charakterystycznych dla warunków klimatycznych Europy Środkowo-Wschodniej.

Wyniki badań naukowych zostały wykorzystane do opracowania wspólnie z koncernem Strabag technologii produkcji nowego lepiszcza gumowo-asfaltowego do mieszanek mineralno-asfaltowych odpornych na procesy starzenia i zmęczenie, pozwalającego na wydłużenie okresu eksploatacji nawierzchni, zmniejszenie kosztów budowy i utrzymania oraz uciążliwości związanych z hałasem drogowym.

Równolegle Zespół prowadził badania we współpracy z rafinerią Lotos nad wprowadzeniem do przemysłowej produkcji innowacyjnego lepiszcza polimerowo-gumowo-asfaltowego charakteryzującego się stabilnością koloidalną umożliwiającą transport i przechowywanie gotowego lepiszcza przez co najmniej 7 dni; w technologii tradycyjnej stabilność składowania lepiszczy gumowo-asfaltowych wynosi jedynie około 6 godzin. Zwiększa to zdolność do elastycznego planowania i prowadzenia prac budowlanych i zapewnia lepsze wykorzystanie materiału.

Współpraca Zespołu prof. Piotra Radziszewskiego z koncernem Strabag nad technologią produkcji lepiszczy gumowo-asfaltowych dotyczyła następujących aspektów:

- o optymalizacji składu lepiszczy w skali laboratoryjnej,
- o optymalizacji składu lepiszczy w skali „in situ” w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych oraz nadzoru naukowego nad uruchomieniem unikalnej instalacji do modyfikacji asfaltu gumą,
- o optymalizacji składu mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych do różnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowych w funkcji obciążenia ruchem i szczególnych warunków klimatycznych,
- o nadzoru naukowego nad wdrożeniem technologii na ul. Parzniewskiej w Pruszkowie.

Powyższe działania przyczyniły się do wprowadzenia przez firmę Strabag 10 nowych produktów do oferty (nowe rodzaje lepiszczy gumowo-asfaltowych i mieszanek mineralno-gumowo-asfaltowych). Dzięki poszerzeniu oferty firmy Strabag o opracowane technologie, firma pozyskała już 29 nowych kontraktów na budowę nawierzchni drogowych w tej technologii (woj. mazowieckie, małopolskie, zachodniopomorskie, pomorskie, wielkopolskie i podkarpackie).

Współpraca Zespołu prof. Piotra Radziszewskiego z rafinerią Lotos nad technologią produkcji lepiszczy polimerowo-gumowo-asfaltowych dotyczyła innego zagadnienia technologii gumowo-asfaltowej, polegającego na:

- o optymalizacji laboratoryjnej lepiszczy polimerowo-gumowo-asfaltowych pod względem wymagań funkcjonalnych, stawianych lepiszczom w mieszankach mineralno-asfaltowych,
- o otrzymaniu lepiszcza o wysokiej termostabilności, które może być produkowane w rafinerii,
- o nadzorze naukowym wdrożenia opracowanej technologii w ramach dwóch odcinków drogowych na drodze gminnej w miejscowości Syców oraz drodze krajowej DK92 w okolicach Kłodawy.

Powyższe działania przyczyniły się do wprowadzenia na rynek przez spółkę Lotos Asphalt nowego produktu tj. lepiszcza Modbit CR. Od uruchomienia w 2013 roku przemysłowej produkcji nowego produktu spółka ta wyprodukowała i sprzedała około 4 tys. ton tego

lepiszcza. Firmy budowlane sektora drogowego wybudowały z jego wykorzystaniem około 100 km warstw ściernalnych nawierzchni w całym kraju.

Efektom działalności naukowej Zespołu w zakresie modyfikacji lepiszczy asfaltowych gumą są również zmiany w normalizacji. Dr hab. inż. Jan Król, prof. uczelni będący członkiem Podkomitetu ds. Asfaltów KT 222 PKN współuczestniczył w opracowaniu załączników krajowych do normy PN-EN 14023. Najnowsze wydanie załącznika datowane na 2020 rok (Ap2:2020-02P) zawiera następujący zapis: „W przypadku użycia do modyfikacji asfaltu dodatkowo rozdrobnionej gumy pochodzącej z recyklingu, stosować dodatkowe oznaczenie wyrobu literami CR (ang. crumb rubber). Przykład: asfalt modyfikowany polimerami 25/55-60 CR.” Przy opracowaniu i formułowaniu wymagań wykorzystano doświadczenia ze wspólnego projektu z rafinerią Lotos.

Światowy lider w budownictwie drogowym, koncern Acciona z siedzibą w Hiszpanii, po przetestowaniu mieszanki mineralno-asfaltowej z biokomponentem i destruktem na odcinku prototypowym w Madrycie, wprowadził opracowane innowacyjne rozwiązanie techniczne do praktyki przemysłowej.

Do grupy beneficjentów technologii należy zaliczyć także zarządców infrastruktury drogowej, użytkowników dróg oraz osoby mieszkające w bezpośredniej ich bliskości, które odczuwają istotne zmniejszenie poziomu hałasu związanego z ruchem kołowym i uciążliwości związanej z okresową naprawą dróg.

IX. **DYSCYPLINA: INŻYNIERIA MECHANICZNA**

Tytuł opisu wpływu

1. Opracowanie i wdrożenie technologii automatycznego skanowania 3D obiektów dziedzictwa kulturowego

Streszczenie opisu

W ramach prac B+R prowadzonych na Wydziale Mechatroniki PW rozpoczętych w roku 2001 opracowano nowe techniki pomiaru 3D obiektów dziedzictwa kulturowego (CH), w których uwzględniono rozwój technik pomiaru przestrzennego, automatyzacji procesu skanowania (z wykorzystaniem manipulatorów, np. ramię robota przemysłowego, stoliki liniowe i obrotowe), automatycznego wyznaczania kolejnych kierunków pomiarowych, algorytmów detekcji kolizji oraz przetwarzania danych 3D. Dotychczas zeskanowano ponad 500 obiektów CH (m.in. wnętrza pomieszczeń, rzeźby parkowe, biskwity, gemmy) z rozdzielczością od 1600 do 10 000 punktów 3D na mm² powierzchni. Efekt prac to: utworzenie i do dziś aktywne działanie Pracowni Dokumentacji 3D w Muzeum Pałacu Króla Jana III w Wilanowie (D1,D5), opracowanie dobrych praktyk i wytycznych odnośnie dokumentacji obiektów CH na poziomie europejskim (D2), powołanie start-upu Heritage Imaging na Politechnice Warszawskiej (D3) oraz powstanie licznych doniesień prasowych (D4).

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Opracowane rozwiązanie technologicznego skanowania 3D z uwzględnieniem pomiaru obiektu o nieznannej geometrii pozwala na zautomatyzowanie całego procesu od momentu umieszczenia obiektu w objętości roboczej skanera do uzyskania końcowego modelu 3D wysokiej rozdzielczości. Dotychczas nie było prób automatyzacji tego typu procesów z wyjątkiem technologii CultLab3D (opracowanej przez Instytut Fraunhofera w Darmstadt), która zakończyła się niepowodzeniem w momencie testów przez użytkowników końcowych w środowisku muzealnym ze względu na zbyt słabą jakość cyfrowych odwzorowań wizerunków oraz brak zeskanowanych fragmentów powierzchni ze względu na brak możliwości zmiany kierunków obserwacji powierzchni obiektów.

Rozwiązanie opracowane przez zespół prof. Roberta Sitnika z Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej ma przełomowe znaczenie, gdyż pozwoliło na swobodną manipulację systemem pomiarowym 3D wraz z wyznaczaniem kolejnych kierunków pomiarowych w trakcie procesu digitalizacji 3D dowolnie złożonego obiektu.

Główne wnioski z przeprowadzonych prac:

- Zastosowane nowatorskie rozwiązanie pozwoliło na uwzględnienie obiektów o różnej i często skomplikowanej geometrii oraz opracowanie skutecznego sposobu dokumentacji geometrii powierzchni obiektów przestrzennych.
- Opracowanie technik pomiaru 3D obiektów dziedzictwa kulturowego jest szansą na przeprowadzenie na dużą skalę digitalizacji 3D obiektów dla przyszłych pokoleń, a nie digitalizacji tylko wąskiej grupy wybranych obiektów przez wąską grupę ekspertów.
- Ponadto, pozwala na znaczne zmniejszenie kosztu digitalizacji ze względu na łatwość obsługi urządzenia, dzięki czemu nie ma konieczności zatrudniania wysoko wykwalifikowanego technicznie personelu.
- Automatyzacja procesu digitalizacji poprawia jakość końcowych danych 3D w wyniku usunięcia wpływu operatora w całym procesie skanowania 3D. Ma to szczególne znaczenie w przypadku wykonywania dokumentacji o wysokiej rozdzielczości dla dużych (od kilku do kilkunastu razy większych niż objętość robocza stosowanej głowicy skanera 3D) i złożonych (ich pełna geometria jest niemożliwa do zeskanowania w prosty sposób ze względu na złożone kształty oraz fragmenty powierzchni, które są zasłonięte przez sam analizowany obiekt).
- Opracowane techniki pomiarowe pozwalają na uzyskanie skanów o wysokiej rozdzielczości do 10 000 punktów 3D na milimetr bez konieczności powtarzania pomiarów oraz błędów, które mogłyby powstać w procesie skanowania ręcznego.

Rola podmiotu

Zespół z PW opracował rozwiązanie zautomatyzowanego skanera 3D od strony technologicznej i informatycznej (mechatronicznej przez łączenie mechaniki, elektroniki, optyki i oprogramowania), współpracując z Muzeum Pałacu Króla Jana III w Wilanowie

(MW) oraz Akademią Sztuk Pięknych (ASP) w Warszawie (Wydział Konserwacji i Restauracji Dzieł Sztuki). Współpraca z ASP polegała na dostosowaniu systemu skanowania do potrzeb i wymagań konserwatorów dzieł sztuki (od strony użytkowej, bezpieczeństwa obiektów oraz przetwarzania danych pomiarowych do postaci użytecznej w ocenie stanu zachowania zabytku). Współpraca z MW polegała na opracowywaniu i weryfikowaniu funkcjonalności systemów digitalizacyjnych działających w praktyce muzealnej. Ważnym elementem badań były aspekt bezpieczeństwa obiektów w celu uniknięcia kolizji obiektu z systemem pomiarowym oraz zminimalizowanie energii (światłnej oraz cieplnej) docierającej w trakcie skanowania do powierzchni obiektów.

Wpływ

Opracowanie standardów i dobrych praktyk w zakresie digitalizacji 3D obiektów dziedzictwa kulturowego

Zakres międzynarodowy (Dowód 2 (D2) – wskazujący na zasięg europejski), beneficjenci (muzealnicy i właściciele obiektów planujący/realizujący działania digitalizacyjne), związek między działalnością naukową a wpływem (badania z zakresu digitalizacji spowodowały, że dwóch członków zespołu (Robert Sitnik – PW i Eryk Bunsch – Wilanów) stało się rozpoznawalnymi postaciami w środowisku polskim i również dzięki konferencjom i publikacjom międzynarodowym oraz projektowi EU COST COSCH, stali się także rozpoznawalni za granicą. Zostali oni zaproszeni do międzynarodowego zespołu roboczego w ramach struktur UE, w którym brali czynny udział w wypracowaniu rekomendacji/dobrych praktyk w procesach digitalizacyjnych w muzeach i prywatnych kolekcjach).

Zwiększenie obecności polskiego dziedzictwa kulturowego na arenie międzynarodowej w wersji cyfrowej

Zakres międzynarodowy (dowód nr 1 (D1) - wskazujący na zasięg światowy), beneficjenci (muzealnicy i zwykli obywatele zwiedzający muzea w sposób tradycyjny i cyfrowy), związek między działalnością naukową a wpływem (badania z zakresu digitalizacji 3D i jej automatyzacji spowodowały, że możliwe stało się wysoko rozdzielcze (do 10 000 punktów na milimetr kwadratowy) skanowanie złożonych geometrycznie obiektów zabytkowych, oraz ich udostępnianie w postaci cyfrowych z dużą dokładnością na ogólnodostępnych (przez internet) platformach typu Sketchfab).

Zwiększenie zasięgu technologii zautomatyzowanego skanowania 3D

Dowód nr 3 (D3) wskazuje na zasięg krajowy, beneficjentami są muzealnicy i prywatni właściciele obiektów zabytkowych. Badania z zakresu digitalizacji 3D i jej automatyzacji spowodowały, że powstała technologia pozwalająca na utworzenie cyfrowego odwzorowania 3D obiektu dziedzictwa kulturowego. Technologia ta była początkowo dostępna tylko dla interdyscyplinarnego zespołu badawczego, który ją opracował. W celu poszerzenia możliwości jej stosowania powstał interdyscyplinarny start-up Heritage Imaging Sp. z o.o., którego udziałowcem jest Politechnika Warszawska. Zadaniem start-upu jest wspomaganie procesów digitalizacji 3D z wykorzystaniem opracowanej technologii. Start-up aktualnie ukończył realizować duży projekt digitalizacyjny (dowód nr 3) i aktywnie poszukuje kolejnych, zaś wyniki projektu są udostępnione na platformie Sketchfab).

Tytuł opisu wpływu

2. *Rozwój technologii rakiet sterowanych i amunicji inteligentnej w przemyśle i krajowych ośrodkach badawczych*

Streszczenie opisu

Naukowcy z Politechniki Warszawskiej w latach 2012–2020 podjęli szereg prac badawczych i rozwojowych, jak również działań organizacyjnych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna, celem wsparcia Programu Modernizacji Sił Zbrojonych RP w rozwoju technologii sterowania rakiet. Działania prowadzone w zespołach badawczych Prof. Roberta Głębockiego (PW) miały przełomowe znaczenie dla rozwoju technologii rakiet sterowanych i amunicji inteligentnej w krajowym przemyśle obronnym. Prace dotyczyły technologii układów wykonawczych sterowania, aerodynamiki i mechaniki lotu rakiet, głowic śledzących, systemów naprowadzania (D3, D4). Oprócz prowadzenia prac badawczych PW opracowała na potrzeby przemysłu studia wykonalności i mapy drogowe rozwoju techniki raketowej, których odbiorcą była m.in. Polska Grupa Zbrojeniowa, (D2, D5). Utworzono zespoły konstrukcyjne w przedsiębiorstwach i wsparto je kadrami, wśród której dominowali absolwenci i pracownicy PW (D1, D2).

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W prowadzonych od roku 2012 pracach badawczych podjęto zagadnienia nawigacji i sterowania rakiet dla obrony powietrznej oraz rakiet dla artylerii. Prowadzono również prace nad amunicją sterowaną do moździerzy. We wszystkich tych obszarach prace badawcze miały na celu wdrożenie ich wyników do produkcji w zakładach przemysłu obronnego. We wszystkich prowadzonych projektach prace doprowadzono przynajmniej do etapu strzelań poligonowych. Opracowano następujące technologie:

- Elektryczne stery aerodynamiczne dla rakiet obrony powietrznej.
- Elektryczne stery aerodynamiczne dla rakiet klasy ziemia – ziemia.
- Gazodynamiczne stery dla rakiet obrony powietrznej.
- Gazodynamiczne stery dla rakiet klasy ziemia – ziemia.
- Modele i środowisko symulacyjne dla rakiet sterowanych z możliwością wykorzystania na stanowiskach hardware in the loop.
- Trójkanałowy system i algorytmy sterowania dla rakiet niewirujących.
- Jednokanałowy system i algorytmy sterowania dla rakiet wirujących.
- Gazodynamiczne stery dla pocisków moździerzowych.
- Układ nawigacji inercyjnej dla rakiet naddźwiękowych.
- Telemetria *uplink downlink* dla rakiet naddźwiękowych o zasięgu do 40km.

Opracowania układów wykonawczych sterowania zarówno elektrycznych jak i gazodynamicznych były pierwszymi całkowicie polskimi konstrukcjami tego typu dla rakiet sterowanych. Uzyskane wyniki w zakresie częstości pracy sterów, ich efektywności, czasu

pracy, uzyskiwanych sił, spełniały wymagania stawiane pociskom sterowanym. Ich parametry były na światowym poziomie.

Wyniki prac badawczych były wdrażane bezpośrednio w przemyśle. W przypadku środowiska symulacyjnego opracowano uniwersalne narzędzie softwarowe. Ponadto zbudowano w MESKO S.A. cały ośrodek wraz z serwerami i klastrem obliczeniowym. Narzędzia te przemysł wykorzystuje również w innych swoich pracach w obszarze rakiet i amunicji. Prace badawcze i rozwojowe miały charakter kompleksowy łącznie z opracowaniem odpowiednich stanowisk laboratoryjnych i urządzeń pomiarowych, na przykład telemetrii. Na mniejszą skalę podejmowano również prace związane z głowicami śledzącymi i układami nawigacji inercyjnej. Realizowano również prace nad silnikami raketowymi w tym wieloimpulsowymi.

Po raz pierwszy w Polsce prowadzono badania nad zagadnieniem pochylania rakiet nad wyrzutnią tzw. zimnego startu. Skonstruowano pierwsze w naszym kraju układy tego typu i przeprowadzono próby strzelaniem na poligonie.

Rola podmiotu

PW była jednym z głównych inicjatorów podjęcia prac nad systemami raketowymi. Na podstawie przeprowadzonej analizy potrzeb Sił Zbrojnych oraz możliwości krajowego przemysłu i ośrodków naukowych, opracowano na PW plany rozwoju technologii raketowych oraz harmonogramy dojścia do założonych technologii. Utworzono zespoły badawcze i wykształcono specjalistów. W roku 2014, Polski Holding Obronny powierzył PW kierowanie przygotowaniem studium wykonalności opracowania systemu raketowego krótkiego zasięgu w naszym kraju. Zespół przygotowujący składał się z ekspertów z firm oraz ośrodków badawczych. Na podstawie tych prac, w roku 2016, uruchomiono program „Rozwój technologii układów wykonawczych sterowania rakiet” prowadzony przez PGZ w którym PW była głównym źródłem zarówno technologii jak i specjalistów. PW była również istotnym uczestnikiem innych inicjatyw związanych z budową systemów rakiet. Zapewniła również przemysłowi specjalistów w tej dziedzinie.

Wpływ

Beneficjentem opisywanych działań był krajowy przemysł obronny w tym głównie Polska Grupa Zbrojeniowa. Badania i prace rozwojowe były nakierowane na zapewnienie przemysłowi obronemu w naszym kraju potrzebnych technologii i specjalistów. Uzyskał on dzięki temu możliwości rozwoju własnych projektów rakiet sterowanych oraz może absorbować i rozwijać technologie pozyskiwane z zagranicy. Politechnika Warszawska widząc szanse dla rozwoju w Polsce silnego koncernu zbrojeniowego postanowiła wesprzeć ten proces. Zaangażowanie Uczelni dotyczyło wielu dziedzin: sprzętu pancernego, radiolokacji, wyposażenia osobistego żołnierza, lotnictwa, systemów bezzałogowych, amunicji i materiałów wysokoenergetycznych. Jednak za priorytetowe dla państwa uznano technologie raketowe. Przeprowadzono analizy potrzeb i zaproponowano rozwiązania. Miarą pozycji Politechniki było powierzenie jej przez Polski Holding Obronny kierowania pracami nad studium wykonalności do programu Narew oraz zlecenie PW przez poszczególne firmy opracowania planów rozwoju w tym obszarze. MON oraz przeprowadzone analizy zwracały uwagę na brak w Polsce dostatecznej liczby specjalistów od techniki raketowej. Stąd decyzja PW o powołaniu specjalnego programu IKD TR kształcenia doktorantów w technice raketowej. Funkcjonowanie programu było finansowane przez przemysł głównie PGZ, ale

również przez partnerów zagranicznych. Podjęto decyzję o utworzeniu w MESKO S.A. Biura Technik Rakietowych. Zostało ono wsparte kadrowo przez PW również własnymi pracownikami. Przez pierwsze trzy lata szefem biura był profesor z PW a prawie cała kadra to byli pracownicy lub absolwenci Politechniki. W centrum są prowadzone prace związane m.in. z udoskonaleniem rakiet i amunicji sterowanej, a także unowocześnieniem zaplecza badawczego. W ten sposób Uczelnia mogła rozwijać własne zespoły badawcze i umiejętności a jednocześnie jej technologie były wdrażane bezpośrednio w przemyśle. Efektem było powstanie w kraju potencjału do rozwoju techniki raketowej. Zaskutkowało to powierzeniem przemysłowi przez MON dużych programów rozwojowych w tej dziedzinie np. UWSR z budżetem 72mln. Ponadto zwiększyły się możliwości absorpcji przez przemysł technologii zagranicznych. Miał już specjalistów mogących się podjąć ich przyjęcia. Politechnika Warszawska pozyskała finansowanie prac badawczych i rozwojowych zarówno ze źródeł rządowych jak i ze środków własnych firm. W prace B+R w tym obszarze zaangażowanych w PW było około stu naukowców.

Tytuł opisu wpływu

3. Wdrożenie wzorcowania gazomierzy sprężonym gazem ziemnym na potrzeby rozliczeń transgranicznych i spójności pomiarowej krajowego systemu przesyłowego

Streszczenie opisu

Od lat 90. XX wieku zespół prof. Mateusza Turkowskiego prowadzi badania w zakresie wzorcowania przepływomierzy gazem przy wysokim ciśnieniu [D4], dlatego z problemem wzorcowania sprężonym gazem ziemnym dużych gazomierzy przemysłowych, Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM zwrócił się właśnie do niego. Nowatorskie rozwiązania opracowane w ramach umów między Politechniką Warszawską a GAZ-SYSTEMem [D2, D3] Uzyskały patenty: PL216249 oraz PL219657 i zostały wdrożone przez GAZ-SYSTEM. Wdrożenie to pozwoliło na uruchomienie Laboratorium Wzorcowania Gazomierzy w Hołowczycach [D1] w maju 2017 r. Za swoje zasługi prof. Turkowski otrzymał odznakę Honorową za Zasługi dla Przemysłu Naftowego i Gazowniczego [D5]. Wdrożenie to oddziałuje na obrót, przesył i dystrybucję gazu ziemnego, także w skali międzynarodowej. Uzyskane dokładności przy rozliczeniu sprzedaży-zakupu gazu ziemnego dotyczą międzynarodowej wymiany handlowej w systemie rurociągów przesyłowych gazu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W ramach badań naukowych i prac rozwojowych rozwiązano następujące problemy.

- a) W wyniku badań parametrów pulsacji generowanych w rurociągach tłoczni gazu wykazano możliwość budowy stanowiska na terenie tłoczni i określono warunki optymalnej lokalizacji Laboratorium na jej terenie.
- b) Stosując metody zarówno klasycznej, jak i numerycznej mechaniki płynów wsparte eksperymentami na fizycznym modelu w zmniejszonej skali, zminimalizowano zaburzenia profilu prędkości, objętość buforową oraz straty ciśnienia w pętli, czyli w efekcie moc niezbędną do napędzania dmuchawy.

c) Wykazano, że zamiast stosowania dwóch gazomierzy wzorcowych (roboczego i monitorującego) w każdym ciągu gazomierzy wzorcowych jest możliwość zastosowania jednego gazomierza monitorującego przy zastosowaniu odpowiedniej konfiguracji rurociągów na stanowiska pomiarowym (rozwiązanie opatentowane).

d) Wykazano, że w przypadku największych przepływów do wymuszenia przepływu jest korzystne zastosowanie maszyny tłoczni. Dzięki temu stworzono oryginalny układ pracujący przy mniejszych przepływach w pętli zamkniętej (z własną dmuchawą) oraz przy dużych przepływach (rozwiązanie opatentowane) w układzie otwartym z wykorzystaniem sprężarek tłoczni.

Rola podmiotu

Politechnika Warszawska dostarczyła know-how operatorowi gazociągów GAZ-SYSTEM S.A. w ramach umowy nr SEU1000011259 z dn. 09.10.2009r. zrealizowanej przez PW w okresie od 09.10.2009 r. do 30.07.2010r. — „Badania przemysłowe i prace rozwojowe w ramach projektu pn. Budowa Laboratorium Wzorcowania Gazomierzy przy ciśnieniu roboczym na terenie TJE Hołowczyce w zakresie opracowania koncepcji stanowiska”. Na etapie opracowywania szczegółowych projektów wykonawczych przeprowadzono dodatkowe modelowe badania eksperymentalne w ramach umowy nr SEU1000008809 pt. „Eksperymentalna weryfikacja modelu CFD wybranych układów pomiarowych” dla ostatecznej weryfikacji przyjętych rozwiązań. Prof. Turkowski uczestniczył w całym procesie inwestycyjnym na etapie tworzenia dokumentacji projektowej i prowadzenia robót budowlanych, brał udział w posiedzeniach Rady Budowy oraz pełnił funkcję Inspektora Nadzoru w zakresie metrologii w fazie odbiorów i rozruchu stanowiska (pismo Gaz-Systemu z dn. 26.04.2019) [D2].

Wpływ

Wpływ opracowanych rozwiązań w zakresie wzorcowania gazomierzy gazem ziemnym pod ciśnieniem ma charakter przełomowy, ponieważ narzuca nowe standardy dokładności przy rozliczeniu sprzedaży-zakupu gazu ziemnego. Dotychczas prowadzone wzorcowania powietrzem przy ciśnieniu atmosferycznym nie zapewniają wystarczającej dokładności, gdyż charakterystyki większości stosowanych gazomierzy w warunkach rzeczywistych – gaz ziemny przy wysokim ciśnieniu – różnią się nawet o 1–2 % od tych uzyskanych na powietrzu atmosferycznym. Przy szybko rosnących cenach gazu takie błędy są niedopuszczalne. Laboratorium wzorcowania jest unikatowe w Polsce. Umożliwiło także dołączenie polskiej firmie GAZ-SYSTEM S.A. do grona operatorów systemów gazowniczych w Europie, którzy mogą samodzielnie zapewnić uznaną na świecie spójność pomiarową w zakresie rozliczeń przesyłu gazu. Obecnie w wykonanym laboratorium wzorcowane jest ok. 500 gazomierzy rocznie, co całkowicie zaspokaja potrzeby w tym zakresie, umożliwiając wzorcowanie gazomierzy należących do GAZ-SYSTEMU, jak też realizację zewnętrznych zleceń na wzorcowanie.

Wyniki przedstawionych badań naukowych można rozpatrywać w dwóch skalach: makro i mikro.

W skali makro wdrożone wyniki badań oddziałują na cały obrót, przesył i dystrybucję gazu ziemnego, także w skali międzynarodowej. Umożliwiają radykalną poprawę dokładności rozliczeń między operatorem sieci przesyłowej a podmiotami zlecającymi usługę przesyłową.

Poprawiają zdecydowanie bilansowanie sieci przesyłowej, co za tym idzie umożliwiają identyfikację i eliminację ewentualnych strat związanych np. z uchodzeniami gazu. W związku z szybko rosnącymi cenami gazu problem staje się coraz istotniejszy. W okresie od kwietnia 2020 do chwili obecnej cena (hurtowa) gazu na rynkach światowych wzrosła czterokrotnie i wynosi teraz 0,21 USD, czyli 0,83 PLN za 1 m³. Przy obecnym krajowym zużyciu gazu na poziomie 19 mld m³. Wartość tego gazu to ok. 16 mld PLN. Łatwo wyliczyć jaki jest roczny wpływ podniesienia dokładności chociażby o 0,1 %.

Wydawałoby się, że problem nie dotyczy małych, indywidualnych odbiorców, z których każdy ma swój gazomierz pracujący przy niskim ciśnieniu. Nie jest to do końca prawdziwe. Obecnie gospodarstwa domowe rozliczane są za energię zawartą w gazie, czyli za kWh a nie za m³. To znaczy, że zmierzona objętość jest mnożona przez współczynnik związany z wartością kaloryczną gazu. Obecnie do krajowego systemu wpływa gaz z wielu źródeł, m.in. transportowany w postaci skroplonej z różnych miejsc przez Gazoport w Świnoujściu. Te gazy mogą różnić się między sobą ciepłem spalania nawet o kilkanaście procent w zależności od składu (więcej metanu czy więcej wyższych węglowodorów). Niemożliwe jest zainstalowanie u każdego odbiorcy chromatografu lub chociażby miernika wartości opałowej. Tak więc współczynnik przez który mnoży się objętość jest obliczany poprzez symulację sieci gazowej, w oparciu o rozprawy w sieci, a te mierzone są właśnie dużymi gazomierzami zainstalowanymi w sieci przesyłowej wysokiego ciśnienia. W efekcie poprawa dokładności pomiarów przekłada się na faktury dla milionów odbiorców indywidualnych. Koszty ponoszą oni, przy uwzględnieniu opłat przesyłowych, abonamentowych i dystrybucyjnych już ok. 2 PLN za 1 m³ gazu, a więc ok. 2,5 razy więcej niż w hurcie.

Prezentowane osiągnięcie ma wpływ globalny, ponieważ uzyskane dokładności przy rozliczeniu sprzedaży-zakupu gazu ziemnego dotyczą międzynarodowej wymiany handlowej za pomocą systemu rurociągów przesyłowych surowców energetycznych. Wzorcowane w Polsce gazomierze zapewniają globalną spójność pomiarową i niezależność polskich operatorów w zakresie wzorcowania sprężonym gazem ziemnym. Laboratorium Wzorcowania Gazomierzy uczestniczy w międzynarodowych porównaniach międzylaboratoryjnych, co jest podstawowym narzędziem identyfikacji i korekcji błędów wzorcowania dla wszystkich uczestników porównań. Przed wybudowaniem laboratoriów Gaz-System ponosił wysokie koszty wzorcowania gazomierzy w zagranicznych laboratoriach, w zależności od średnicy od 1600 do 6950 EUR + koszty transportu. Przewyższa to niejednokrotnie cenę samego gazomierza.

Tytuł opisu wpływu

4. Zaprojektowanie i zbudowanie samolotów bezzałogowych na potrzeby badania wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy obszarów polarnych

Streszczenie opisu

Samoloty bezzałogowe, UAV, to obszar techniki lotniczej rozwijającej się dynamicznie od ok. 20 lat. Badania prowadzone w tym zakresie w Politechnice Warszawskiej, PW, były prekursorskie w Polsce i miały również zasięg międzynarodowy poprzez uczestnictwo m.in. w dwóch programach badawczych w 5. Programie Ramowym Unii Europejskiej oraz w granicy norweskim. Rozwój wiedzy w tym zakresie zaowocował powstaniem szeregu konstrukcji w PW oraz w ośrodkach partnerskich w Polsce, jak i za granicą.

W efekcie realizacji badań prowadzonych na PW zbudowano wiele samolotów służących jako demonstratory technologii, zwiększając zainteresowanie potencjalnych użytkowników tym rodzajem statków powietrznych. Samoloty bezzałogowe PW-ZOOM zbudowane w ramach grantu norweskiego [D5] posłużyły m.in. do przeprowadzenia unikalnych badań z dziedziny ekologii [D4] w obszarach o ekstremalnych warunkach klimatycznych, dzięki czemu osiągnięto wyniki nieosiągalne dotąd dla biologów, ekologów i geomorfologów [D1-D3].

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

W ramach grantu polsko-norweskiego o akronimie MONICA opracowano dwa typy samolotów bezzałogowych przystosowanych do misji fotogrametrycznych na Antarktyce: PW-ZOOM i PW-Penguin. Wyzwaniem dla projektantów samolotów i realizatorów misji lotniczych był nie tylko klimat i warunki terenowe, ale przede wszystkim gwałtowność zmian pogody i porywiste wiatry. Ważnym zadaniem była integracja autopilota z samolotem, czyli dopasowanie cech dynamicznych obu systemów, planowanie tras fotogrametrycznych i rozwój oprogramowania służącemu temu celowi. Podczas przygotowań w kraju, a następnie w trakcie wypraw antarktycznych samoloty PW-ZOOM wykonały 63 loty w łącznym czasie 46,5 godziny, z czego większość w trybie BVLOS (poza zasięgiem wzroku operatora). Zebrane doświadczenia powiększyły wiedzę o projektowaniu samolotów bezzałogowych i organizacji misji fotogrametrycznych BVLOS w warunkach polarnych. Utylitarną wartością tych misji jest pozyskany unikalny materiał fotogrametryczny, który umożliwił partnerom grantu opracowanie ortofotomap oraz trójwymiarowych modeli terenu wybranych stref na Wyspie Króla Jerzego. Na podstawie uzyskanych danych przeprowadzono wiele analiz z zakresu stanu flory i fauny antarktycznej a także z zakresu geomorfologii. Zadanie, w którym wykorzystano samoloty PW-ZOOM polegało m.in. na oszacowaniu liczebności zwierząt morskich należących to tzw. gatunków wskaźnikowych, umożliwiających szacowanie zasobów żywnościowych wód morskich w rejonie Wyspy Króla Jerzego. Wyznaczono lokalizacje i oszacowano liczbę gniazd trzech gatunków pingwinów, które w okresie lęgowym pojawiają się na Wyspie Króla Jerzego: białookich, białobrewych i maskowych, w sumie ok. 30 000 gniazd w dwunastu koloniach lęgowych. Wyniki zestawiono z danymi historycznymi oraz przeprowadzono analizę zmian w wielkości populacji tych ptaków. Zmiany w długości okresu występowania zimowej morskiej pokrywy lodowej oraz jej zasięgu powodują ograniczony dostęp do kryła, głównego źródła pokarmu dla w/w gatunków pingwinów. To ograniczenie w znacznej mierze wpływa na niską przeżywalność osobników młodocianych, których przetrwanie pierwszego sezonu zimowego uzależnione jest od łatwości dostępu do pokarmu. Ponadto przeprowadzono mapowanie roślinności antarktycznej. Nowo opracowane mapy zostaną zestawione z danymi historycznymi. Będą stanowić podstawę do badań zmian pokrywy roślinnej na przestrzeni lat oraz będą służyć do bardziej zaawansowanych badań, takich jak szacowanie biomasy roślinności.

Rola podmiotu

Zespół PW zaprojektował samoloty PW-ZOOM, w taki sposób, aby uzyskać osiągi i stabilność lotu niezbędną dla samolotu przeznaczonego do fotogrametrii. W przypadku samolotu PW-Penguin celem była odporność na podmuchy umożliwiająca lot w skrajnie silnej turbulencji. W obu przypadkach wiązało się to z przeprowadzeniem wielu analiz aerodynamicznych. Ponadto ważnym celem było uzyskanie odporności konstrukcji na warunki klimatyczne i terenowe. Zapewniono ją poprzez właściwe ukształtowanie bryły samolotu i kompozytowej struktury konstrukcyjnej oraz zabezpieczenie p-oblodzeniowe

newralgicznych urządzeń. Użyteczność samolotów PW-ZOOM została w pełni potwierdzona w praktyce; w toku trzech wypraw antarktycznych wykonano 25 udanych misji fotogrametrycznych w trybie BVLOS o łącznej długości ponad 3600 km (nie tracąc żadnego samolotu). Pokonany dystans wyróżnia się w skali światowej jeśli chodzi o loty samolotów bezzałogowych wykorzystywanych przez zespoły naukowców w tym rejonie Antarktyki.

Wpływ

Bezpośrednim beneficjentem rezultatów projektu MONICA była organizacja CCAMLR – Convention for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, zajmująca się zrównoważoną gospodarką ekosystemu Antarktyki. Unikalne dane dostarczone z monitoringu powietrznego gatunków wskaźnikowych fauny antarktycznej (pingwinów), będącej podstawą do oceny zasobności wód morskich w pożywienie (kryła) służą do określania kwot połowowych dla poszczególnych państw, tym samym zabezpieczając równowagę ekologiczną w morzach i oceanach. Biorąc zaś pod uwagę, że zarówno naukowcy zaangażowani w badanie i prognozowanie wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy światowe, jak i wspomniana organizacja CCAMLR – działają na rzecz bezpieczeństwa dotyczącego zdrowia ludzkości i gospodarki światowej – można uznać, że wyniki projektu mają znaczący wpływ w obszarze globalnym.

Beneficjentem uzyskanych i opublikowanych rezultatów projektu są również grupy naukowców zajmujących się studiami wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy polarne. Ekosystemy obszarów polarnych najszybciej reagują na obserwowane obecnie zjawisko globalnego ocieplenia, zatem traktowane są one jako swoisty „papierek lakmusowy”, ukazujący niekorzystne trendy zagrażające całemu światu i ludzkości.

W obszarze aeronautyki beneficjentem są naukowcy i konstruktorzy zajmujący się systemami bezzałogowymi, o czym świadczy relatywnie duża liczba cytowań publikacji Goetzendorf-Grabowski T., M. Rodzewicz „Design of UAV for photogrammetric mission in Antarctic area” - DOI:10.1177/0954410016656881, Cytowania WoS = 19; Cytowania Scopus = 19.

Należy podkreślić, że zastosowanie samolotów typu UAV pozwoliło na znaczne skrócenie czasu liczenia pingwinów do kilku godzin w porównaniu do kilkunastu dni w przypadku, gdy liczenie pingwinów odbywało się w sposób tradycyjny („ręcznie”).

X. **DYSCYPLINA: FILOZOFIA**

Tytuł opisu wpływu

1. Kształtowanie i upowszechnianie światopoglądu informatycznego za pomocą nowych mediów

Streszczenie opisu

Koncepcja światopoglądu informatycznego jest autorską koncepcją filozoficzną Pawła Stacewicza i Witolda Marciszewskiego, sformułowaną po raz pierwszy w ich wspólnej książce pt. „Umysł – Komputer – Świat. O zagadce umysłu z informatycznego punktu widzenia” (2011), rozwijaną zaś w kolejnych pracach naukowych i publicznych dyskusjach.

Koncepcja ta ma charakter interdyscyplinarny. Badania ją ugruntowujące sytuują się na skrzyżowaniu filozofii, informatyki, matematyki, kognitywistyki, logiki i kulturoznawstwa. Wpływ społeczny dotyczy badań i innych, powiązanych z nimi działań P. Stacewicza.

Głównym dowodem wpływu społecznego badań P. Stacewicza jest medium internetowe: *blog akademicki Cafe Aleph*, obejmujący kilkaset dyskusji nt. różnych elementów *światopoglądu informatycznego*. Blog w ostatnim roku miał ponad 240000 odsłon. Pozostałe dowody, tj. spotkania, wywiady i zaproszenia, są dodatkowymi świadectwami szerokiego odbioru społecznego treści obecnych w blogu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

1. W dobie *społeczeństwa informacyjnego* (i zinformatyзованego) mamy do czynienia z rosnącą tendencją do opisu człowieka i świata w kategoriach informacyjnych, m.in. za pomocą pojęć zaczerpniętych z informatyki (jak algorytm, kodowanie czy obliczalność). Współtworzona przez P. Stacewicza koncepcja *światopoglądu informatycznego* jest filozoficznym wyrazem tej tendencji (Stacewicz 2016), (Stacewicz 2015), (Marciszewski, Stacewicz 2011).
2. Ponieważ pojęcie *informacji* ma charakter interdyscyplinarny (Stacewicz 2017), oparty na nim światopogląd musi odwoływać się do szerszej bazy naukowej niż sama informatyka (Stacewicz 2015). Niemniej teoria i zastosowania informatyki są dla niego kluczowe.
3. Niektóre zagadnienia *stricte* informatyczne mają oryginalne, tj. niedostrzegalne z pozainformatycznej perspektywy, implikacje *filozoficzno-światopoglądowe*. Przykładowo: a) informatyczne rozróżnienie analogowości i cyfrowości prowadzi do pytań o cyfrową (dyskretną) bądź analogową (ciągłą) strukturę świata, b) istnienie liczb nieobliczalnych (niemożliwych do obliczenia przez maszynę Turinga), nasuwa myśl, że istnieją w świecie zjawiska nieobliczalne (niemożliwe do zasymulowania lub opisanego przy użyciu programów dla maszyn Turinga). Por. (Stacewicz 2019).
4. Do głównych *tez światopoglądu informatycznego* w ujęciu Stacewicza należą: 1) każdy byt (w tym ludzki umysł) ma pewną zawartość informacyjną, którą można uchwycić i modelować informatycznie, 2) analizując tę zawartość, należy brać pod uwagę zarówno hipotezę o jej dyskretności (cyfrowości), jak i ciągłości (analogowości), 3) zarówno w nauce, jak i poza nią, istnieją problemy algorytmicznie nierozwiązywalne (różne dla różnych typów algorytmów), 4) istnieją dobre argumenty za tym, że umysł ludzki przewyższa swą obliczeniową (szerzej: poznawczą) mocą komputery cyfrowe, modelowane za pomocą maszyn Turinga. Zob. (Stacewicz 2016), (Stacewicz 2019).

5. Do ważnych współcześnie kwestii światopoglądowych prowadzi namysł nad metodami (i systemami) *sztucznej inteligencji*. Z jednej strony, metody te pozwalają zrozumieć lepiej, jak działa ludzki umysł, z drugiej strony jednak, stwarzają pewne poczucie zagrożenia, np. przed maszynami autonomicznymi (Marciszewski, Stacewicz 2011).

Rola podmiotu

Dr inż. Paweł Stacewicz jest zatrudniony od roku 2013 na Wydziale Administracji i Nauk Społecznych Politechniki Warszawskiej, wcześniej pracował na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych PW. Wszystkie wskazane dalej publikacje powstały w związku z pracą na ww. wydziałach i są afiliowane na PW.

Witold Marciszewski, będący współautorem jednej z prac oraz współredaktorem bloga Cafe Aleph, współpracuje z PW, w latach 2016-2020 był członkiem Rady Programowej Międzynarodowego Centrum Ontologii Formalnej przy wydziale WAiNS PW.

Blog Cafe Aleph jest afiliowany przy prowadzonym przez Pawła Stacewicza Seminarium z Filozofii Nauki na wydziale WAiNS PW. W ramach bloga działa strona seminarium (https://marciszewski.eu/?page_id=8381), są też archiwizowane i omawiane referaty.

Blog Cafe Aleph jest obecny na Platformie Ekspertów PW. Jest także ważnym medium, z którego korzystają często pracownicy i studenci PW (np. dyskutując publicznie swoje prace).

Wpływ

Główny dowód wpływu

Głównym dowodem wpływu społecznego badań P. Stacewicza jest popularność *bloga akademickiego Cafe Aleph*, medium internetowego obejmującego kilkaset dyskusji nt. różnych elementów *światopoglądu informatycznego*. Pozostałe dowody, tj. spotkania, wywiady i zaproszenia, są świadectwami szerokiego odbioru społecznego bloga.

Opis bloga Cafe Aleph

Blog akademicki Cafe Aleph powstał w roku 2011 jako internetowa kontynuacja prac i dalszych dyskusji nad monografią (Marciszewski, Stacewicz 2011), w której po raz pierwszy została sformułowana koncepcja *światopoglądu informatycznego*. Dzięki blogowym dyskusjom – trwającym nieprzerwanie od roku 2011, angażującym ogromną liczbę dyskutantów i czytelników, owocującym nowymi publikacjami, np. (Stacewicz 2019) – współtworzona przez Stacewicza koncepcja światopoglądowo-filozoficzna zyskała dojrzały kształt i znaczną popularność. Miarą tej popularności jest liczba głosów w dyskusji (ponad 1400 obszernych komentarzy blogowych) oraz liczba wejść na bloga (w ciągu ostatniego roku odnotowano 84625 odwiedzających i 241619 odwiedzin, zob. dowód nr 1). Warto podkreślić, że bardzo wiele wejść (zob. pkt 5 załącznika) jest dokonywanych z serwerów zagranicznych, co świadczy o międzynarodowym zasięgu bloga.

W kontekście wpływu społecznego, w tym jego związków z nauką, istotne są następujące cechy bloga: a) jest to blog *akademicki* – afiliowany przy prowadzonym przez P. Stacewicza seminarium z filozofii nauki w PW, b) *filozoficzny* – dyskusje mają charakter filozoficzny, z naciskiem na filozofię informatyki, logiki i matematyki, c) *eksperski* – redaktorzy bloga i

zapraszani przez nich goście przybliżają czytelnikom zagadnienia specjalistyczne, w dyskusjach zaś dominują argumenty naukowe (blog jest też obecny na Platformie Ekspertów PW, https://www.eksperci.pw.edu.pl/plain_site/Blogi/Cafe-Aleph), d) *zaangażowany społecznie* – podejmowane tematy dotyczą często realnych problemów społecznych, jak np. potrzeby światopoglądowe współczesności, wpływ technologii na społeczeństwo czy potencjalne zagrożenia ze strony sztucznej inteligencji.

Unikatową cechą Cafe Aleph jest swoiste *sprzężenie zwrotne* między aktywnością naukową i debatą internetową: wiele dyskusji blogowych stanowiło wstęp do publikacji, które owocowały kolejnymi debatami. Dobry przykład stanowi książka (Stacewicz 2017). Jej pierwszy rozdział, autorstwa P. Stacewicza, zawdzięcza swój kształt dwóm dyskusjom w blogu (*Informacyjna piramida* oraz *O informatycznym i ogólnym pojęciu informacji*), sam jednak stał się inspiracją kolejnych debat (np. *Od informacji do wiedzy*).

Charakterystyka dodatkowych dowodów wpływu

Szeroka rozpoznawalność bloga potwierdzona jest 4 kolejnymi *dowodami wpływu społecznego*. Wywiad z P. Stacewiczem dla czasopisma „Filozofuj” (najczęściej czytanego w Polsce periodyku filozoficznego) jest poświęcony światopoglądowi informatycznemu, ale też samemu blogowi. Spotkanie wykładowo-dyskusyjne w ramach cyklu *Myśl jak naukowiec* (29.04.2020, tytuł: *Nauka a światopogląd. Czym jest światopogląd informatyczny?*) doszło do skutku dzięki przeczytaniu przez organizatorów szeregu wpisów blogowych poświęconych relacji światopogląd-nauka. Warto dodać, że oprócz tego spotkania P. Stacewicz był zapraszany w latach 2017-2021 na inne, podobne wydarzenia np. w ramach Festiwalu Myśli Abstrakcyjnej (22.10.2017), Dni Popularyzacji Matematyki (12.09.2019) i Spotkań z Kognitywistyką (2.03.2017). W zestawieniu dowodów wpływu wskazano także spotkanie z młodzieżą szkolną (Zespół Szkół Ogólnokształcących w Radzyminie, 8.12.2018, wykład, dyskusja i warsztaty), którego tematyka nawiązywała do rozdziału P. Stacewicza z książki *Umysł-Komputer-Świat* oraz dyskusji blogowej pt. „Nieobliczalni i nieobliczalne”.

Ostatnie świadectwo wpływu społecznego (dowód nr 5), recenzja bloga Cafe Aleph w czasopiśmie „Zagadnienia filozoficzne w nauce”, zawiera szereg konkretnych danych o tematyce bloga, jego formie, zasięgu, twórcach i odbiorcach. Jako główne zalety bloga wskazano nowatorstwo właściwej mu „technologii filozofowania”, jej dostosowanie do wymogów współczesności oraz szeroki odbiór społeczny Cafe Aleph.

Beneficjentem opisanych wyżej działań jest szeroka grupa społeczna osób aktywnie korzystających z nowoczesnych technologii informatycznych. Obejmuje ona między innymi uczniów szkół średnich, studentów, pracowników uczelni oraz inne osoby zainteresowane społecznym i kulturowym oddziaływaniem nauk technicznych. Grupa ta poszukuje, w sposób dla człowieka naturalny, pewnej całościowej wizji światopoglądowej, która łączyłaby naukę i technikę (mocno dziś z informatyzowaną) z odpowiedziami na fundamentalne pytania filozoficzne dotyczące ludzkiego umysłu czy poznawalności świata. Koncepcja światopoglądu informatycznego, budowana i konsekwentnie upowszechniana od ponad 10 lat, poszukiwania takie dobrze kierunkuje. Co warto podkreślić, nie jest to koncepcja zamknięta, lecz kształtowana aktywnie, w nieustannej interakcji z ww. grupą społeczną.

Tytuł opisu wpływu

2. *Wdrażanie idei interdyscyplinarności wśród młodzieży i użytkowników Internetu w powiązaniu z Międzynarodowym Centrum Ontologii Formalnej (MCOF)*

Streszczenie opisu

W okresie 2017-2021 uczeni zatrudnieni na PW i związani z MCOF wdrażali filozoficzną ideę interdyscyplinarności pośród uczniów szkół, zarówno podstawowych, jak i ponadpodstawowych oraz pośród użytkowników Internetu. Uczniowie szkół partycypowali w procesie poznania naukowego, wykazując zmianę swoich postaw w przeprowadzonych i dostępnych w sieci wywiadach z uczonymi oraz w filmach promujących krytyczne myślenie. Użytkownicy Internetu zmieniają swoje nastawienia do wiedzy poprzez obejrzenia anglojęzycznych materiałów zamieszczonych na YouTube oraz uczestnictwo w organizowanych międzynarodowych wydarzeniach on-line. Miarami wpływu są między innymi: liczba uczestników wydarzeń, profil odbiorcy, liczba wyświetleń danego materiału wideo, liczba obejrzanych minut, liczba subskrypcji, liczba polubień. Uczniowie związani z MCOF wpływali na przełamanie sztywnych i zinstytucjonalizowanych społecznie granic pomiędzy naukami ścisłymi i technicznymi a filozofią.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

1. Ontologia teorii kategorii Eilenberga i Mac Lane'a stanowi podstawę do połączenia trzech ważnych nauk podstawowych: matematyki, fizyki i filozofii. Teoria kategorii jest nową ontologią formalną, dynamiczną, procesualną i niesubstancjalną, w której wszystkie byty są traktowane jako przekształcenia, a przedmioty są jedynie źródłami i celami tych przekształceń. Zob. prace Kusia, Skowrona, Króla, Lubacza zamieszczone w (Kuś, Skowron, 2019).
2. Logika formalna oraz topologia (część współczesnej matematyki, którą można metaforycznie ująć jako „geometrię gumy”) odgrywa istotną rolę w ontologii, a w szczególności w ontologii formalnej uprawianej w Polsce w duchu szkoły Lwowsko-Warszawskiej Kazimierza Twardowskiego. Zob. prace Kusia, Króla, Lubacza, Biłata oraz Skowrona zamieszczone w (Skowron, 2020).
3. Teoria toposów, jako teoria matematyczna, może służyć w rekonstrukcji struktur logicznych tzw. teorii bezsygnałowych. Ta struktura logiczna ma charakter epistemologiczny, gdyż opiera się na analizie możliwych wyników eksperymentów. Struktury logiczne teorii kwantowej i teorii bezsygnałowej mogą być ujęte we wspólnej ontologii wykorzystującej teorię toposów (zob. Kuś 2020).
4. Fizyka relatywistyczna ma wpływ na metafizykę praw przyrody, w szczególności tożsamości Bianchiego uwydatniają konieczności a posteriori w sensie Kripkego (zob. Vassallo 2021).
5. Istnieją kluczowe filozoficzne różnice, które mają wpływ na programy badawcze sztucznej inteligencji. Różnice te dotyczą różnych sposobów odwoływania się do modeli i symulacji w badaniach nad sztuczną inteligencją: na przykład w odpowiedzi na pytanie, jak symulacje odnoszą się do faktów (zob. Greif 2019).

Rola podmiotu

Badania prowadzone przy Centrum sytuują się na przecięciu filozofii i nauk takich jak matematyka, logika, informatyka, fizyka (zob. publikacje poniżej). Centrum powstało na Wydziale Administracji i Nauk Społecznych (WAIiNS) PW w roku 2015 (działają tu cztery międzynarodowe grupy badawcze: grupa filozofii informatyki, filozofii topologicznej, filozofii fizyki oraz Laboratorium Nowego Etosu).

H. Greif, M. Kuś, Z. Król, J. Lubacz, B. Skowron oraz A. Vassallo są zatrudnieni w WAIiNS PW (Kuś – Dyrektor MCOF: 1.5.2017-31.12.2021, Król, Lubacz, Skowron byli członkami Rady Programowej MCOF 2015-2020). Skowron jest współkoordynatorem grupy z topologicznej filozofii. Greif jest członkiem grupy badawczej filozofia informatyki. Vassallo jest koordynatorem grupy filozofii fizyki.

Wydział zakupił w roku 2018 profesjonalny sprzęt wideo (w tym kamerę Canon AX25) w celu zapewnienia jak najwyższej jakości materiałów zamieszczanych na kanale YT MCOF. Statystyki kanału przedstawione są w dowodzie nr 4.

Wpływ

Ogólna charakterystyka wpływu

Wskazane wyżej prace naukowe łączą w sobie metody i sposoby myślenia obecne z jednej strony w filozofii, z drugiej strony w naukach szczegółowych takich jak matematyka (dowód nr 2), logika, informatyka (zob. dowód nr 5) i fizyka (zob. dowód nr 3). Wyniki badań publikowane są w periodykach naukowych, niemniej periodyki naukowe nie trafiają bezpośrednio do szerszych grup odbiorców. Periodyki nie są zatem dobrym medium do szerokiej promocji ideału interdyscyplinarności, a w tym ważnej idei filozoficznej jedności wiedzy. Stąd można wskazać dwie ścieżki wpływu: (1) bezpośrednią, poprzez włączanie uczniów w proces poznania naukowego oraz (2) pośrednią, poprzez zamieszczanie nagrań wykładów, debat, dyskusji, krótkich wypowiedzi, wywiadów, filmów promocyjnych, itd. w Internecie w bezpłatnym dostępie w YouTube (zob. wskaźniki w dowodzie nr 4). Dowodami pośredniego wpływu społecznego badań MCOF są przede wszystkim wyświetlenia nagrań z serwisu YouTube.

Metody bezpośredniego wpływu społecznego

Pierwszą metodą bezpośredniego wpływu jest wdrażanie idei interdyscyplinarności i jedności wiedzy pośród uczniów szkół średnich oraz uczniów szkół podstawowych. Jedenastu uczniów z IX LO we Wrocławiu wzięło udział w międzynarodowej szkole z topologicznej filozofii zainicjowanej i zorganizowanej przez Bartłomieja Skowrona. Uczniowie nie byli tylko biernymi odbiorcami. Wprost przeciwnie, włączyli się aktywnie w prowadzenie wywiadów z wybitnymi filozofami, fizykami i matematykami, którzy prowadzili zajęcia w ramach szkoły. Wywiady te (w języku angielskim) zostały opublikowane na kanale YT Akademii Młodych Uczonych i Artystów, która była partnerem tej inicjatywy (zob. dowód nr 1). Innym przykładem bezpośredniego włączenia uczniów w promowanie jedności wiedzy była inicjatywa Bartłomieja Skowrona, w której siódemka dzieci z wrocławskich szkół podstawowych wraz z nauczycielami oraz akademikami promowały idee krytycznego

myślenia w szkołach. Wynikiem tej inicjatywy jest film na YouTube (2507 wyświetleń i 21 polubień): <https://youtu.be/V59Ef55Vqqw>. Kolejną podobną w formie inicjatywą Skowrona jest nagranie filmu promującego wprowadzenie w Polsce do szkół filozofii (w którym również brały udział dzieci): *Wyrzeźbić mądrość. W poszukiwaniu form i znaczenia filozofii w edukacyjnej przestrzeni Wrocławia* <https://youtu.be/aoUi0iv-Gtc>, 3077 wyświetleń (i 30 polubień).

Drugą bezpośrednią metodą wpływu jest organizacja dwóch cykli wykładów online: (a) seria międzynarodowych wykładów z zakresu sztucznej inteligencji w ramach współpracy z Deutsches Museum pt. *Thinking Machines: History, Present and Future of Artificial Intelligence* (współorganizowane przez dr. Hajo Greifa: <https://thinking-machines.online/>) oraz (b) cykl otwartych wykładów online Warsaw Spacetime Colloquium <https://ssqg.ans.pw.edu.pl/en/index.php/warsaw-spacetime-colloquium-2020-2021-online> prowadzony przez dr. Antonio Vassallo od stycznia 2020 do grudnia 2021 (zob. dowód wpływu nr 5).

Metody pośredniego wpływ społecznego

Drugą najczęściej odwiedzaną witryną internetową na świecie, zaraz po wyszukiwarce Google, jest serwis YouTube. Co miesiąc 1,5 mld osób korzysta z YouTube, czyli 20% ludzkiej populacji (źródło: socialimpact.youtube.com). Stąd promocja ideału jedności wiedzy i interdyscyplinarnego podejścia, przełamującego sztywne podziały na humanistów i ścisłowców, odbywała się przede wszystkim z wykorzystaniem YouTube, w szczególności w czasach pandemii.

Ilość wyświetleń wraz z innymi statystykami filmu (np. ilość polubień) jest głównym twardym wskaźnikiem zasięgu wpływu (zob. dowody poniżej), podobnie jak ilość zaangażowanych użytkowników – subskrybentów kanału. Niemniej nie samo wyświetlenie i subskrybowanie jest realną zmianą. Zaobserwowane zmiany społeczne znajdują się w następujących obszarach: zmiana nastawień użytkowników do wiedzy, w szczególności przyjęcie/przemyślenie nowego standardu uprawiania wiedzy: holistycznego i interdyscyplinarnego, nawiązywanie współpracy ponad dziedzinami wiedzy, w szczególności ponad humanistyką i naukami ścisłymi, podejmowanie przez uczniów prób ponaddziedzinowego wykształcenia, łączącego np. filozofię i matematykę (udział uczniów w międzynarodowej szkole), podnoszenie i promowanie wysokich międzynarodowych standardów zajmowania się wiedzą, zmiany mentalności użytkowników w aspekcie naukowego, logicznego i krytycznego myślenia oraz dostarczanie łatwo dostępnych specjalistycznych materiałów edukacyjnych zarówno dla nauczycieli, jak i dla wszystkich osób zainteresowanych. Jako, że zdecydowana większość wytworzonych materiałów jest w języku angielskim, to zasięg oddziaływania jest międzynarodowy (dowód 4).

XI. **DYSCYPLINA: NAUKI PRAWNE**

Tytuł opisu wpływu

1. Wpływ na ustrój szkolnictwa wyższego i nauki w Polsce i na Ukrainie

Streszczenie opisu

Prof. dr hab. Jerzy Woźnicki w działalności naukowej postulował poprawienie unormowań prawnych odnoszących się do szkolnictwa wyższego w Polsce. Propozycje te dotyczyły zwłaszcza deregulacji szkolnictwa wyższego i nauki oraz zwiększenia efektywności zarządzania uczelniami. Proponowane zmiany były przedmiotem jego publikacji naukowych (monografii, rozdziałów w monografiach i artykułów), jak również działań w gremiach eksperckich i doradczych. Efekty jego badań współkształtowały treść aktów prawnych określających strukturę i działanie szkół wyższych. W konsekwencji skutkowało to wpływem na funkcjonowanie szkolnictwa wyższego, które jest czynnikiem istotnie wpływającym na rozwój cywilizacyjny społeczeństwa, oraz związane z nim grupy społeczne (nauczyciele akademicy, studenci, doktoranci). Badania naukowe prof. J. Woźnickiego objęły też akademicką współpracę polsko-ukraińską, czego efekty są widoczne w prowadzonych na Ukrainie pracach nad reformą szkolnictwa wyższego.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Wiodący motyw działalności naukowej prof. J. Woźnickiego stanowi rozwijana w jego pracach teza o potrzebie poszukiwania harmonijnego powiązania wartości i zasad wynikających z tradycji uniwersytetu z rozwiązaniami gwarantującymi efektywność zarządzania uczelniami. Podjęto w nich próbę odpowiedzi na pytania, jak łączyć wartości uniwersytetu z wyzwaniami zewnętrznymi wobec uczelni. Dotyczy to m.in. oddziaływania na uczelnie procesów kształtowania się społeczeństwa i gospodarki opartej na wiedzy oraz analizy uwarunkowań funkcjonowania szkoły wyższej, także w aspektach dobrych praktyk i jej relacji z otoczeniem. Prof. J. Woźnicki dowodził, że szkoły wyższe nie powinny być postrzegane jedynie jako instytucje użyteczności publicznej ani traktowane instrumentalnie jako podmioty realizujące założenia polityki edukacyjnej i naukowej. Wskazywał także na potrzebę ochrony szczególnego charakteru tożsamości i misji uczelni akademickiej jako istotnego elementu kultury i dziedzictwa narodowego (osiągnięcie naukowe nr 1).

Prof. J. Woźnicki zwracał szczególną uwagę na potrzebę stworzenia modelu instytucji akademickiej, który łączy w sobie konieczność jej rozliczalności we wszystkich obszarach z własną odpowiedzialnością w szerokim, społecznym zakresie (osiągnięcie naukowe nr 3).

W odniesieniu do organizacji szkolnictwa wyższego prof. J. Woźnicki podkreślał potrzebę większej swobody oraz aktywności w kształtowaniu elastycznych modeli organizacyjnych, gwarantujących większą adaptacyjność strukturalną. Jego zdaniem deregulacji podlegać powinno mikrozarządzanie w szkolnictwie wyższym, tj. zarządzanie na poziomie instytucjonalnym (osiągnięcie naukowe nr 2). Usprawnieniu modelu działania uczelni wyższych powinno też służyć powołanie rad uczelni, które mają zagwarantować profesjonalizację działania władz uczelni przy równoczesnym utrzymaniu zasady wspólnotowego charakteru uczelni (osiągnięcie naukowe nr 4).

W obszarze prowadzonych pod kierunkiem prof. J. Woźnickiego badań dotyczących współpracy uczelni polskich i ukraińskich zwrócono uwagę, że nadanie tej współpracy ram formalnych, także na poziomie politycznym, a nie jedynie zarządczym, przyniosłoby wiele korzyści i przyczyniłoby się do zdynamizowania rozwoju współpracy. Podkreślono również, że barierą, szczególnie z perspektywy ukraińskiej, są własne regulacje prawne dotyczące

międzynarodowej działalności uczelni i aktywności pracowników naukowych (osiągnięcie naukowe nr 5).

Rola podmiotu

Politechnika Warszawska (PW) zapewniła wsparcie organizacyjne, ułatwiające prowadzenie przez prof. J. Woźnickiego działalności naukowej w dyscyplinie nauki prawne, m.in. współorganizując konferencję naukową, której efektem było wydanie monografii naukowej (osiągnięcie naukowe nr 3).

Od 2018 r. prof. J. Woźnicki jest liderem projektu pomocowego MEiN-PW „Polsko-ukraińska współpraca instytucji przedstawicielskich reprezentujących rektorów, na rzecz doskonalenia działania uczelni”. Projekt ten realizuje PW we współpracy z partnerami polskimi (KRASP) oraz ukraińskimi (Związek Rektorów Uczelni Ukrainy).

W latach 1996-2002 prof. J. Woźnicki był Rektorem PW. Był jednym z inicjatorów utworzenia w 1997 r. Konferencji Rektorów Akademickich Szkół Polskich (KRASP). Od 1999 r. jest członkiem Prezydium KRASP, a od 2016 r. przewodniczy Komisji ds. Strategicznych Problemów Szkolnictwa Wyższego KRASP. W latach 2014-17 był Przewodniczącym Rady Głównej Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Wpływ

Postulaty o konieczności wprowadzenia zmian w przepisach dotyczących szkolnictwa wyższego były stałym elementem działalności naukowej prof. J. Woźnickiego. Zwracał on w szczególności uwagę na potrzebę deregulacji szkolnictwa wyższego i nauki (osiągnięcie naukowe nr 1) Jednocześnie prof. J. Woźnicki był zaangażowany w działalność gremiów współuczestniczących w pracach nad reformą szkolnictwa wyższego w Polsce. Konferencja Rektorów Akademickich Szkół Polskich (KRASP) ogłosiła w 2015 r. „Program rozwoju szkolnictwa wyższego do 2020 roku”, do którego opracowania w dużym stopniu przyczynił się prof. J. Woźnicki (osiągnięcie naukowe nr 2). W dokumencie tym postulowano opracowanie nowej ustawy, która uwzględniałaby deregulację systemu i zwiększenie zakresu autonomii uczelni. Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego przyjął postulaty KRASP, uznając jej program za właściwy punkt wyjścia do prac nad projektem nowej ustawy. Aktywnym uczestnikiem dyskusji nad projektem ustawy była KRASP, której działalność w tym zakresie prowadzono na podstawie dokumentów opracowanych przez Komisję ds. Strategicznych Problemów Szkolnictwa Wyższego, której przewodniczył prof. J. Woźnicki (dowody wpływu nr 1 i 2). W prace nad reformą szkolnictwa wyższego prof. J. Woźnicki był też zaangażowany w ramach powołanego w 2016 r. przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego zespołu doradczego - Rady Narodowego Kongresu Nauki. W tym gronie jego zadaniem było koordynowanie prac nad propozycjami dotyczącymi ustroju i zarządzania w szkolnictwie wyższym.

W ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (dalej jako „ustawa z 2018 r.”) znalazło się wiele rozwiązań o charakterze deregulacyjnym oraz poszerzających autonomię instytucjonalną uczelni. Na mocy ustawy z 2018 r. wprowadzono nowy organ w postaci rady uczelni z większościowym udziałem członków spoza jej wspólnoty, a także poszerzono zakres zadań i odpowiedzialności rektora (dowód wpływu nr 4). Pozwala to uznać, że zmiany normatywne wpłynęły nie tylko na beneficjentów bezpośrednio związanych ze szkolnictwem wyższym (jak nauczyciele akademicy), ale także

na współpracujące ze szkołami wyższymi podmioty, które zyskały możliwość zaangażowania się w działania na rzecz poprawy jakości efektów nauczania.

Główne obszary zmian dokonanych ustawą z 2018 r. to deregulacja, ewaluacja oraz konsolidacja (osiągnięcie naukowe nr 3). Deregulacja dotyczy m.in. zmniejszenia zakresu ingerencji ustawodawcy w sprawy wewnętrzne uczelni i zwiększenia roli statutów. Ponadto wprowadzono powszechną ewaluację szkół doktorskich. Konsolidacja objęła m.in. dyscypliny naukowe i dziedziny nauk, reguły etyki zawodowej w nauce i źródła finansowania. Ustawa z 2018 r. kładzie nacisk na rozliczalność, stąd np. określono zasady ewaluacji jakości działalności naukowej na poziomie całej uczelni jako instytucji (w dyscyplinach). Służy to dynamizowaniu i optymalizowaniu działań prorozwojowych (dowody wpływu nr 1 i 2). Oddziałuje to na szkolnictwo wyższe jako istotny czynnik wpływający na rozwój cywilizacyjny społeczeństwa, a pośrednio także na takie obszary życia społecznego i gospodarczego jak gospodarka i funkcjonowanie administracji publicznej.

Prof. J. Woźnicki podkreślał potrzebę stosowania i interpretacji ustawy z 2018 r. w sposób wspólny dla uczelni i zgodny z intencją ustawodawcy (osiągnięcia naukowe nr 3 i 4). Prof. J. Woźnicki angażował się także w proces wdrażania przepisów ustawy z 2018 r., w tym jako członek powołanego przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego Zespołu do spraw monitorowania wdrażania reformy szkolnictwa wyższego i nauki. Efekty działalności badawczej prof. J. Woźnickiego stały się punktem odniesienia dla stosowania tych przepisów, o czym świadczy odwoływanie się do jego publikacji w orzecznictwie sądowym (dowód wpływu nr 3).

Działalność naukowa prof. J. Woźnickiego ma także zasięg międzynarodowy. W tej dziedzinie należy przede wszystkim wskazać, że kierował on projektem badawczym pt. „Analiza współpracy uczelni polskich i ukraińskich na tle porównania systemów szkolnictwa wyższego. Wnioski i rekomendacje”. Celem projektu była identyfikacja, diagnoza i analiza wybranych uwarunkowań współpracy uczelni polskich i ukraińskich, co zostało udokumentowane w 2015 r. w postaci ww. międzynarodowego raportu pod redakcją prof. J. Woźnickiego (osiągnięcie naukowe nr 5). Prof. J. Woźnicki jest też liderem projektu pomocowego MEiN-PW „Polsko-ukraińska współpraca instytucji przedstawicielskich reprezentujących rektorów, na rzecz doskonalenia działania uczelni”. Celem tego projektu jest doskonalenie, w Polsce i na Ukrainie, reguł procesów zarządczych w uczelniach oraz podnoszenie kompetencji organów. Wyniki wskazanych badań okazały się bardzo pomocne w podjętych na Ukrainie działaniach na rzecz poprawy jakości szkolnictwa wyższego, z czego wynika, że krąg beneficjentów działalności naukowej prof. J. Woźnickiego obejmuje również podmioty zagraniczne (dowód wpływu nr 5).

Tytuł opisu wpływu

2. Wzmocnienie ochrony jednostki w polskim postępowaniu administracyjnym

Streszczenie opisu

Badania naukowe dra Roberta Kędziory prowadzone w obszarze procesowego prawa administracyjnego wywarły wpływ na praktykę orzeczniczą sądów administracyjnych i funkcjonowanie administracji publicznej. Robert Kędziora uznał normy prawa procesowego za spójny system wartości, które muszą być realizowane poprzez proces i w toku procesu. Na tej podstawie zaproponował interpretację przepisów procedury administracyjnej

wzmacniającą pozycję jednostki w procesowych relacjach z władzą publiczną, która dysponuje środkami przymusu prawnego. Interpretacja ta spotkała się z powszechną aprobatą sądów administracyjnych obu instancji. Sądy w swoich orzeczeniach wdrożyły tezy formułowane w dorobku naukowym dra Kędziory, wskazując kontrolowanym organom administracji właściwy sposób rozumienia i stosowania przepisów prawa procesowego w procedurach administracyjnych. W konsekwencji beneficjentami opisywanego wpływu stali się adresaci decyzji administracyjnych, korzystający z konstytucyjnego prawa do sądu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Przedmiotem badań naukowych Roberta Kędziory jest procesowe prawo administracyjne, którego normy zostały usystematyzowane i ujęte w postać Kodeksu postępowania administracyjnego. Najważniejszym osiągnięciem badawczym dra Kędziory jest wszechstronna i pogłębiona analiza przepisów administracyjnego prawa procesowego, opublikowana w formie Komentarza do Kodeksu. Refleksja naukowa nad jakością postępowania administracyjnego umożliwiła ocenę funkcjonowania modelu polskiego postępowania administracyjnego, a w konsekwencji – sformułowanie wniosków umocowanych w obowiązującym ustawodawstwie (osiągnięcie 1).

Według Roberta Kędziory, w przepisach prawa procesowego należy widzieć nie tyle normatywne ujęcie techniki prowadzenia postępowania administracyjnego, ile przede wszystkim system gwarancji procesowych, rozumianych jako proceduralna ochrona jednostki przed arbitralną ingerencją w sferę jej praw przez administrację publiczną. Możliwość autorytatywnego określania praw i obowiązków jednostki wymaga przyjęcia konstrukcji procesu administracyjnego, która będzie wyposażona w mechanizmy ochronne, równoważące pozycje procesowe podmiotów postępowania. Mechanizmy takie wbudowane są co prawda w konstrukcję kodeksowego modelu postępowania, przede wszystkim w postaci zasad wyznaczających procesowe standardy działania organów administracji publicznej w relacjach z jednostką (np. prawo do informacji, do czynnego udziału w postępowaniu, do środka odwoławczego), niemniej właściwe odkodowanie treści tych zasad spoczywa na organach prowadzących postępowania w sprawach administracyjnych (osiągnięcia 1 i 2).

Naukowa propozycja spojrzenia na proces przez pryzmat aksjologii prawa administracyjnego pozwoliła umotywić wnioski badawcze, mające znaczenie dla osiągnięcia wpływu na funkcjonowanie administracji publicznej. Skoro procedura oparta jest na zbiorze zasad, odzwierciedlających określone wartości procesowe, takie jak np. prawda obiektywna, współdziałanie podmiotów dla osiągnięcia celu procesu, sprawność działania, ochrona zaufania do władzy publicznej, wszystkie instytucje proceduralne wymagają odczytania w świetle tych wartości. Konflikt wartości proceduralnych, przykładowo szybkości i wnikliwości działania w sprawie, powinien być zaś rozwiązany przez wyznaczenie właściwych proporcji między nimi. Dokonywałby tego organ stosujący prawo w konkretnej sprawie, ustalając, kiedy i w jakim stopniu można zrezygnować z najwyższego standardu proceduralnego (osiągnięcia 3, 4 i 5).

Rola podmiotu

Doktor Robert Kędziora jest pracownikiem badawczo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej od 2016 r., gdzie prowadzi badania naukowe nad standardami postępowania administracyjnego. Obszerna nowelizacja Kodeksu postępowania administracyjnego dokonana w 2017 r., motywowana przyspieszeniem i uproszczeniem procedur, wpłynęła na aktualizację prowadzonych badań, nadała im nową dynamikę i wyznaczyła nowe kierunki. Publikacyjne osiągnięcia naukowe z lat 2017-2019 stanowią efekty projektów badawczych – prac statutowych realizowanych na Wydziale Administracji i Nauk Społecznych PW: 1) Gwarancje procesowe jednostki w postępowaniu administracyjnym (kierownik projektu); 2) Spory o wartości – aspekty filozoficzne i administracyjno-prawne (członek zespołu badawczego); 3) Nowe formy realizacji zadań publicznych przez organy administracji publicznej (wykonawca w projekcie). Rezultaty badań zostały zaprezentowane w formie referatów na dwóch ogólnopolskich konferencjach naukowych.

Wpływ

Ogólna charakterystyka wpływu

Poglądy sformułowane w dorobku naukowym Roberta Kędziory wywarły wpływ na funkcjonowanie administracji publicznej w zakresie stosowania przez nią norm prawa administracyjnego. Wpływ dokonał się poprzez recepcję dorobku w orzecznictwie sądów administracyjnych. Sądy te, przeprowadzając kontrolę działalności administracji publicznej pod kątem jej zgodności z prawem, odwoływały się do poglądów badacza dla wsparcia argumentacji podejmowanych rozstrzygnięć. Wdrożenie dorobku dra Kędziory przez praktykę sądową dokonało się w wymiarze ogólnopolskim – dorobek ten był aprobowany cytowany w orzeczeniach Naczelnego Sądu Administracyjnego oraz wszystkich 16 wojewódzkich sądów administracyjnych. Miarą trafności wyrażanych poglądów naukowych było częste, regularne odwoływanie się do nich przez sądy. Według danych Centralnej Bazy Orzeczeń Sądów Administracyjnych, tezy zawarte w pracy „Kodeks postępowania administracyjnego. Komentarz” zostały zacytowane w prawie 900 orzeczeniach (w tym w latach 2017-2021 – w ponad 230 orzeczeniach). Ścieżkę wpływu dorobku naukowego R. Kędziory na funkcjonowanie administracji publicznej można odnaleźć także w działalności konstytucyjnego organu – Rzecznika Praw Obywatelskich (dowód wpływu 1).

Oddziaływanie na praktykę sądów administracyjnych

Polskie sądy administracyjne, inspirując się poglądami naukowymi Roberta Kędziory, stworzyły wzorce kontrolne, stanowiące kryteria oceny aktów i czynności organów administracji publicznej poddanych kontroli sądowej. W dorobku naukowym dra Kędziory sądy odnalazły tezy, które posłużyły im do wypracowania standardów rzetelnego postępowania administracyjnego, głównie w sferze praw procesowych jednostki. Efekty badań dra Kędziory przyczyniły się do wdrożenia przez orzecznictwo wzorca prawidłowego sposobu zapewnienia stronie prawa do czynnego udziału w postępowaniu (orzeczenia o sygnaturach: II SA/Sz 395/20; II SA/Go 895/17), w tym prawa do wypowiedzenia się o okolicznościach sprawy (II SA/Po 1128/19; II SA/Po 975/17; IV SA/Wr 440/18 – dowód wpływu 2). Podzielając poglądy dra Kędziory sądy administracyjne nadały treść procesowym zasadom: rozstrzygania wątpliwości faktycznych na korzyść strony postępowania (VI SA/Wa 805/19), zaufania do władzy publicznej (II GSK 5176/16), prawdy obiektywnej (IV SA/Wa 350/19), swobodnej oceny dowodów (II OSK 435/18), ciągłości postępowania (II SA/Lu

733/20), bezstronności organu przy załatwianiu spraw (II SA/Po 1069/19). W orzecznictwie zaaprobowano stanowisko dra Kędziory w kwestii rozumienia pojęcia „rażącego naruszenia prawa przez organ administracyjny” (VII SA/Wa 1469/20; II SA/Wa 1909/20). Poglądy naukowe badacza wywarły też wpływ na określenie przez sądy standardów prawidłowej decyzji administracyjnej (II GSK 3834/16; I GSK 346/18; I SA/Sz 458/19 – dowód wpływu 3). Zaproponowana przez Roberta Kędziorę definicja przewlekłości postępowania administracyjnego jako „opieszalego, niesprawnego i nieskutecznego działania organu, w sytuacji gdy sprawa mogła być załatwiona w terminie krótszym”, została zaakceptowana przez sądy, które na jej podstawie wypracowały jednolitą i trwałą praktykę kwalifikowania tego sprzecznego z prawem „zastoju procesowego” (VII SAB/Wa 3/21; VII SAB/Wa 106/20; VII SAB/Wa 361/20 – dowód wpływu 4).

Końcowi beneficjenci wpływu

Kasacyjny z zasady charakter wyroków sądów administracyjnych oznacza konieczność ich wykonywania przez organy, których działanie zostało poddane kontroli i zakwestionowane przez sąd. W tym obszarze zrealizował się drugi, pośredni, poziom oddziaływania opisywanego dorobku badawczego. Organ administracyjny, który ponownie rozpatrywał sprawę, był związany oceną prawną i wskazaniem sądu co do dalszego postępowania, co oznacza, że był zobligowany wdrożyć standard proceduralny zdefiniowany przez sąd na podstawie poglądów sformułowanych przez dra Kędziorę. Końcowym beneficjentem opisywanego wpływu działalności naukowej stawała się jednostka – strona postępowania administracyjnego, korzystająca z przysługującego jej prawa do sądu (dowód wpływu 2).

Wpływ działalności naukowej Roberta Kędziory na funkcjonowanie administracji publicznej przybrał także postać bezpośredniego oddziaływania na orzecznictwo organów administracyjnych. Przykłady takiego wdrożenia dorobku badacza można odnaleźć w działalności organów nadzoru nad jednostkami samorządu terytorialnego. We wskazanym przykładzie rozstrzygnięcia nadzorcze wojewoda dokonał kwalifikacji uchwały samorządu powiatowego za pomocą testu skonstruowanego na podstawie definicji decyzji administracyjnej, zaproponowanej przez dra Kędziorę. W konsekwencji wojewoda stwierdził nieważność uchwały, argumentując, że przyznanie bądź odmowa przyznania stypendium uczniom zdolnym wymaga wydania decyzji administracyjnej po przeprowadzeniu postępowania, w którym zapewnia się stronom możliwość skorzystania z środków odwoławczych. Powyższe stanowisko ukształtowało trwałą praktykę organów nadzoru (dowód wpływu 5).

XII. DYSCYPLINA: NAUKI O ZARZĄDZANIU I JAKOŚCI

Tytuł opisu wpływu

1. Pionierskie badania startupów jako podstawa dla modelu wsparcia przedsiębiorczości innowacyjnej w Polsce

Streszczenie opisu

Dr hab. Agnieszka Skala zainicjowała i współtworzyła badania polskich startupów, rozumianych jako przedsięwzięcia młode, innowacyjne, ambitne i wykorzystujące technologie ICT w modelach biznesowych. Było to pierwsze w Polsce, zakrojone na tak szeroką skalę, wieloletnie badanie, dzięki któremu pozyskano wiarygodne dane o startupach, które są przedsięwzięciami o szczególnym znaczeniu dla gospodarki.

Badania umożliwiły dokonanie charakterystyki startupów, oszacowania ich liczby, poznania źródeł sukcesu i porażki. Wyniki badań opublikowano w latach 2015-2019 w formie pięciu popularnonaukowych raportów (także w jęz. angielskim), a także jako autorskie prace naukowe.

Za pośrednictwem fundacji Startup Poland, raporty „Polskie Startupy” zostały szeroko rozpowszechnione i wywarły wpływ na kształt polityki gospodarczej realizowanej przez polski rząd od 2016 r. w odniesieniu do ekosystemu przedsiębiorczości innowacyjnej w Polsce.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Badania dr hab. Agnieszki Skali nad startupami dotyczą: zespołów założycielskich i pracowniczych, modeli biznesowych i ich rozwoju, metod finansowania, źródeł innowacyjności oraz ekspansji międzynarodowej.

Badania dr hab. Agnieszki Skali podważyły wiele „obiegowych mądrości” na temat startupów, które dominowały w tamtym czasie, np.:

- wbrew powszechnej opinii, startupy zakładają ludzie coraz starsi, głównie 30- i 40-latkowie;
- sukcesowi sprzyja doświadczenie w innym startupie, ale niekoniecznie w korporacji, ponieważ startupy to inna filozofia uprawiania biznesu;
- polskie startupy nie zasiedlają już przysłowiowych „garaży” - rynek startupowy migruje do profesjonalnych przestrzeni co-workowych;
- badania obalają mit, że współpraca startupów z uczelniami nie występuje, lub jest niesatysfakcjonująca – jest ręcz przeciwnie;
- ponad połowa startupów prowadzi prace badawczo-rozwojowe. Co trzeci patentuje swoje rozwiązania, w większości za granicą – głównie w UE i USA;
- nieprawdą jest, że pozyskanie inwestora to pierwsze zadanie dla założycieli startupu - finansowanie zewnętrzne odwleka się w czasie, pomimo zwiększonej puli dostępnych środków, dlatego coraz więcej startupów decyduje się na tzw. *bootstrapping*;
- to nie początki są najtrudniejsze, ale ekspansja, a na zaawansowanym etapie rozwoju przedsięwzięcia na znaczeniu zyskują kompetencje biznesowe, a nie techniczne;
- badania pozwoliły oszacować liczbę polskich startupów na ok. 4300–4700 podmiotów; największe skupiska to Warszawa i Wrocław, a dalej Kraków, Trójmiasto i Lublin.

Badania wykazały, że mierzenie wpływu startupów na gospodarkę wielkością ich przychodu, zysku czy zatrudnienia jest nieporozumieniem. Startupy to gniazda innowacji dla polskich przedsiębiorstw. Stworzenie pomyślnych warunków do rozproszenia tej wiedzy wśród sceptycznych wobec innowacji polskich przedsiębiorców, to pilne wyzwanie dla instytucji pracujących na rzecz podniesienia poziomu innowacyjności polskiej gospodarki.

Prace dr hab. Agnieszki Skali przyczyniły się do zdefiniowania startupu jako przedsięwzięcia przede wszystkim innowacyjnego i ambitnego, a nie kierowania się głównie kryterium długości czasu funkcjonowania. Autorska „spiralna” definicja startupu podkreśla znaczenie modelu biznesowego i jego skalowalności jako kluczowych atrybutów startupu jako nowej formy organizacji.

Rola podmiotu

Prace prowadzone były przez dr hab. Agnieszkę Skalę w ramach badań statutowych Politechniki Warszawskiej od 2015 r., najpierw na Wydziale Transportu (do 2017 r.), a potem na Wydziale Zarządzania Politechniki Warszawskiej, ale są afiliowane zgodnie z przypisaniem autorki do dziedziny nauki społecznej, dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości.

Dr hab. Agnieszka Skala przez cały okres prowadzenia badań nad startupami była pełnoetatowym pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej, przypisanym do dyscypliny nauki o zarządzaniu i jakości (wcześniej nauki o zarządzaniu).

Wpływ

Konieczność przebadania populacji polskich startupów branży cyfrowej oraz zdefiniowania startupu jako nowej formy organizacji było elementem pracy naukowej i działalności pozaakademickiej dr hab. Agnieszki Skali od 2011 r. W swoich pracach Autorka zwracała uwagę (osiągnięcia naukowe nr 4 i 3) na potrzebę pozyskania wiarygodnych danych na temat szczególnej grupy przedsięwzięć innowacyjnych, dynamicznych i ambitnych, które stanowią potencjał napędowy gospodarki cyfrowej w Polsce. Podkreślała, że wiedza ta jest ważna również z punktu widzenia kształtowania odpowiednich programów edukacyjnych dla przyszłych założycieli innowacyjnych biznesów, a także dla ludzi zaangażowanych w szeroko rozumiany ekosystem przedsiębiorczości innowacyjnej, w tym startupowej (osiągnięcie naukowe nr 5).

Jednocześnie dr hab. Agnieszka Skala była zaangażowana w powstawanie oddolnej inicjatywy polskich startupów, tj. Fundacji Startup Poland, która rozpoczęła swoją działalność w 2015 r. i miała na celu wywieranie wpływu na politykę gospodarczą w taki sposób, aby ta sprzyjała rozwojowi startupów w Polsce. Wobec tego już w 2015 r. w wyniku tej współpracy przeprowadzono pierwsze badanie „Polskie Startupy”, w którym wzięły udział 423 podmioty (warto wspomnieć, że liczba respondentów badania w 2019 r. osiągnęła 1 235 podmiotów). Autorką koncepcji badania, jego struktury, metodologii, ankiety badawczej oraz większości tekstu raportu końcowego była dr hab. Agnieszka Skala (dowód wpływu nr 1).

Publikacja raportu „Polskie Startupy 2015” na podstawie tych badań, zbiegła się w czasie z pracami rządu nad programem wsparcia dla polskich startupów, który ostatecznie otrzymał kształt Programu „Start In Poland”, został uruchomiony w 2016 i trwa nadal. Pomimo upływu lat wciąż jest to największy w Europie Środkowo-Wschodniej program dla startupów, który wspiera młode, innowacyjne firmy, lokalizujące swój biznes w Polsce, na każdym etapie ich rozwoju, począwszy od fazy inkubacji i akceleracji, przez rozwój, aż po ekspansję międzynarodową, cały czas wykorzystując wyniki prowadzonych badań nad startupami w Polsce. Program ten skupia najważniejsze instrumentarium wsparcia startupów w Polsce. Budżet programu wynosi blisko 3 mld zł. Wpływ działalności naukowej, skoncentrowanej na szczegółowym zbadaniu populacji polskich startupów, polega na tym, że na podstawie pierwszych, kompleksowych i wiarygodnych danych o startupach w Polsce można było w

sposób odpowiadający na faktyczne potrzeby tych podmiotów zaprojektować system publicznego wsparcia tego strategicznego sektora polskiej gospodarki (dowód wpływu nr 2).

Beneficjentem bezpośrednim wpływu wyników przeprowadzonych badań są więc instytucje publiczne, np. Polski Fundusz Rozwoju Ventures i Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości, które bezpośrednio odpowiadają za realizację wsparcia, realizując programy cząstkowe Programu, takie jak program „Scale Up” (dowody wpływu nr 3 i 4). Z kolei beneficjentami końcowymi tego wpływu są:

- o polskie fundusze VC i aniołowie biznesu oraz inne organizacje otoczenia biznesu, które są dofinansowywane w ramach prowadzonej przez siebie działalności (dowód wpływu nr 5),
- o polskie startupy, które finalnie to wsparcie otrzymują w postaci finansowania zewnętrznego lub pozafinansowych narzędzi wsparcia (np. programy akceleracyjne i programy edukacyjne).

Główne kierunki i obszary zmian w filozofii programowania wsparcia publicznego dla startupów, które wynikają z badań przeprowadzonych w latach 2015-2019 (osiągnięcia naukowe nr 1 i 2), to:

- o zwiększenie nacisku na programy akceleracyjne dla startupów, w tym we współpracy z korporacjami oraz dużymi i średnimi firmami – programy: Scale Up i Elektro Scale Up oraz działanie 2.5 POIR, które odpowiadały za wyraźnie sygnalizowaną przez startupy barierą popytową,
- o lepszy dostęp do wiedzy i edukacji dla założycieli startupów, np. wsparcie prawne profesjonalnych kancelarii, baza wiedzy i bezpłatny kursy on-line na stronie <https://startup.pfr.pl/pl/baza-wiedzy/>,
- o wdrożenie pakietów ustaw dla firm inwestujących w prace badawczo-rozwojowe, np. ulga B+R oraz ulga IP Box,
- o zakończenie procesu legislacyjnego prostej spółki akcyjnej (weszła w życie 1 lipca 2021 r.), która od 2017 r. była stałym elementem badania „Polskie Startupy”,
- o zwiększenie różnorodności kulturowej w ekosystemie startupów i wzmocnienie pozycji polskiego ekosystemu jako atrakcyjnego w regionie – program Poland Prize, który dąży do wykreowania Polski, jako kraju pierwszego wyboru w Europie Środkowej, w którym można zakładać i rozwijać startupy,
- o otwarcie dla startupów rynku zamówień publicznych, co zostało zainaugurowane powołaniem zespołu GovTech Polska.

Tytuł opisu wpływu

2. Zwiększenie odporności krajowego i europejskiego systemu zarządzania kryzysowego (UMOL) na zakłócenia przez opracowanie metodyki oceny ryzyka

Streszczenie opisu

Problem w 2012 ogłosiło NCBiR, kiedy w Unijnym Mechanizmie Ochrony Ludności (UMOL) zobowiązano państwa UE do cyklicznego podawania wyników oceny ryzyka publicznego, określania zdolności jego ograniczania i doskonalenia zarządzania nim.

W opracowanej metodyce, o zasięgu międzynarodowym, połączono wyzwania organów zarządzania kryzysowego poszczególnych szczebli administracji publicznej (np. zapewnianie warunków bytowych na szczeblu gminnym, koordynacja działań kryzysowych na szczeblu wojewódzkim (w tym nadgranicznych), planowanie środków na szczeblu centralnym). Dzięki wskaźnikom obrazującym, czy działanie jest rutynowe, nadzwyczajne lub kryzysowe, możliwa jest kompilacja rozwiązań znanych z zarządzania ryzykiem w sferze biznesowej. Uzyskano standaryzację oceny w całej administracji, a dzięki temu wskazanie, które problemy niższych szczebli administracji wymagają wsparcia szczebli wyższych. Komisja Europejska propaguje tę metodykę wśród krajów członkowskich jako przykład dobrych praktyk.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Pierwszym znaczącym krokiem w rozwoju zarządzania kryzysowego jest scalenie dwóch zasadniczych podejść:

1. opartego na rozpoznawaniu zagrożeń oraz ich następstw;
2. opartego na identyfikowaniu procesów (w tym zadań poszczególnych organów zarządzania kryzysowego) oraz skutków ich zakłócenia.

Drugim znaczącym krokiem w zarządzaniu kryzysowym jest połączenie w jednej metodyce zróżnicowanych zagadnień, jakimi zajmują się organy zarządzania kryzysowego na poszczególnych szczeblach administracji. Dzięki standaryzacji podejścia poszczególnych podmiotów dokonujących oceny ryzyka, uzyskano porównywalność wyników oceny na tym samym poziomie administracji oraz możliwość agregacji pomiędzy jej szczeblami. Bazując na rozwiązaniach przyjętych jednolicie w Unii Europejskiej w ramach mechanizmu UMOL, zapewniono transparentność podejścia metodycznego dla zdarzeń kryzysowych transgranicznych, a tym samym do zdarzeń o zasięgu międzynarodowym.

Efektem prowadzonego projektu jest nowa jakość w dziedzinie badań nad rozwiązaniami prawidłowego zarządzania sytuacjami kryzysowymi. Jeszcze w trakcie realizacji projektu UE wprowadziła w życie UMOL, czego skutkiem prowadzenie oceny ryzyka stało się zadaniem obowiązkowym poszczególnych krajów członkowskich. Dzięki prowadzonym w projekcie pracom, Polska znalazła się w wąskim gronie krajów na bieżąco przygotowanych do wypełnienia postanowień UMOL.

W ramach projektu zespół Wydziału Zarządzania Politechniki Warszawskiej wykonał następujące zadania projektowo-badawcze:

- o badania w obszarze nowych definicji oraz sposobów oceny ryzyka;
- o analizę charakteru i rodzajów ryzyka oraz ocenę ich współzależności dla infrastruktury krytycznej;
- o opracowanie zasad i wytycznych zbierania niezbędnych informacji na potrzeby metodyki oceny ryzyka oraz budowy bazy wiedzy o zagrożeniach.

Projekt wskazał również dalsze kierunki badań. W zakresie metodycznym należy podkreślić, że w zarządzaniu ryzykiem obowiązuje jedność tzw. triady ryzyka operacyjnego. Oznacza to, że ocena ryzyka jest tylko jedną trzecią jednorodnego w praktyce zagadnienia. Wobec tego naturalną kontynuacją projektu jest uzupełnienie opracowanej metodyki i obsługującego ją

systemu informatycznego, o metodykę projektowania rozwiązań zabezpieczających przed ryzykiem oraz o metodykę projektowania efektywnych rozwiązań reagowania kryzysowego.

Rola podmiotu

Zespół Wyd. Zarządzania PW wniósł doświadczenie naukowe, doradcze i projektowe dot. zarządzania ryzykiem operacyjnym w biznesie tj.:

1. opis ryzyka, jego systematykę, dobre praktyki metodycznego zarządzania nim (identyfikowania zagrożeń, analizy ryzyka w ujęciu przyczynowym, podatnościowym i skutkowym, szacowania rozmiaru ryzyka) stały się na zasadzie analogii, fundamentem podejścia do oceny (identyfikacja-analiza-oszacowanie) ryzyka w publicznym zarządzaniu kryzysowym;
2. zastosowanie połączenia podejść procesowego i projektowego, charakterystycznych dla współczesnej teorii zarządzania (w miejsce praktyk tradycyjnej „obrony cywilnej”) i wynikające z tego podejścia - struktury zadaniowe.

Działania te odpowiadają najnowszym trendom w zarządzaniu publicznym, które powinno mieć charakter partycypacji społeczności lokalnych, na których rzecz administracja publiczna prowadzi publiczne zarządzanie kryzysowe. Wykazano podporządkowanie logiczne publicznego zarządzania kryzysowego logistyce społecznej.

Wpływ

Beneficjentami końcowymi wprowadzenia metodyki są obywatele i lokalne społeczności, natomiast beneficjentem bezpośrednim są: jednostki administracji publicznej, a zwłaszcza ich komórki odpowiedzialne za zarządzanie kryzysowe, oraz operatorzy infrastruktury krytycznej państwa, tj. podmioty, które realizują usługi bazujące na systemach wskazanych przez przepisy, jako systemy infrastruktury krytycznej (np. energetyka, gazownictwo, dostawy wody, żywności, odbiór ścieków, służba zdrowia itd.). Metodyka pozwala im zrealizować zadania oceny ryzyka, a jednocześnie kumulować wiedzę i umiejętności identyfikowania zagrożeń i reagowania na zagrożenia w ramach ochrony usług kluczowych dla obywateli.

W wyniku projektu dokonano także skojarzenia dwóch, dotąd rozważanych rozdzielnie, koncepcji zarządzania - logistyki społecznej oraz publicznego zarządzania kryzysowego. Elementem integrującym jest usługa publiczna, której świadczeniem zajmuje się logistyka społeczna, a której bezpiecznym i ciągłym oferowaniem zajmuje się publiczne zarządzanie kryzysowe.

Na uwagę zasługuje fakt, że projekt pierwotnie miał się zakończyć na VIII Poziomie Gotowości Technologicznej. Jednak jego rezultaty zachęciły NCBiR do zawarcia odrębnej umowy o uzupełnienie projektu do IX PTG (opracowane rozwiązania funkcjonują w praktyce). W ramach projektu zrealizowano też inne cele wpływające na wymienionych beneficjentów:

- Opracowanie zasad i wytycznych określania zmiennych ryzyka;
- Opracowanie zasad i wytycznych oceny zależności między systemami IK - zarówno zagrożeń z innych systemów IK, jak i skutków przenoszonych do innych systemów IK;

- Określenie katalogu zagrożeń bezpieczeństwa narodowego, zasad jego modyfikowania oraz wytycznych co do stosowania;
- Opracowanie kryteriów ilościowych i jakościowych przejścia sytuacji zagrożenia w sytuację kryzysową na poziomie krajowym (zagrożenie bezpieczeństwa narodowego) lub transgranicznym;
- Opracowanie listy kryteriów akceptowalności ryzyka, zasad jej modyfikowania oraz wytycznych co do stosowania;
- Opracowanie zasad i wytycznych ustalania hierarchii priorytetów w reakcji na zagrożenie i w przywracaniu stanu sprzed sytuacji kryzysowej;
- Opracowanie zasad i wytycznych zbierania niezbędnych informacji do budowy bazy danych o zagrożeniach;
- Opracowanie koncepcji systemu zarządzania wiedzą (metody i sposoby gromadzenia, utrwalania i udostępniania informacji o zagrożeniach, doświadczeniach, dobrych praktykach pomiędzy uczestnikami systemu oraz system szkoleń);
- Przygotowanie i przeprowadzenie cyklu warsztatów dla uczestników zarządzania kryzysowego.

Badania dały także impuls dla prac naukowych (publikacje, prace magisterskie, 2 doktorskie oraz habilitacyjna). Wynik projektu może być podstawą do dalszego rozwijania badań w kierunkach:

- Ocena ryzyka, zarządzanie ryzykiem i utrzymywanie ciągłości działania w administracji publicznej;
- Ocena ryzyka jako element planów ochrony infrastruktury krytycznej;
- Integracja planów zarządzania kryzysowego z planami ochrony infrastruktury krytycznej.

Wyniki projektu prezentowane były podczas spotkania, którego celem było przeprowadzenie przez przedstawicieli Komisji Europejskiej przeglądu (tzw. „peer review”) w kontekście obowiązkowego wdrożenia w Polsce metodyki określania ryzyka. Fragment opinii grupy dokonującej peer review: *„Polska stworzyła własną metodologię krajowej oceny ryzyka, która jest zgodna ze standardami UE (np. odzwierciedla wszystkie aspekty podatności – społeczne, fizyczne, gospodarcze i polityczne). Bierze pod uwagę rozwiązania stosowane w innych państwach, które dostosowuje do polskich potrzeb. Szczególnie godne uwagi są elementy takie jak: proces dwukierunkowy, pętla informacji zwrotnych, cząstkowe raporty sektorowe, kombinacja metod jakościowych, ilościowych i półilościowych czy kwestionariusz, z którego mogą korzystać osoby niebędące ekspertami./.../ Rekomendacje: 1) kontynuować rozwijanie polskiej metodologii oceny ryzyka na podstawie ewaluacji i informacji zwrotnych pochodzących od zainteresowanych stron; 2) aktywnie podjąć współpracę z Wspólnym Centrum Badawczym KE, aby porównać polską metodologię z metodologiami innych państw członkowskich w celu zbadania możliwości wykorzystania jej innowacyjnych elementów dla poprawy jakości metodologii oceny ryzyka stosowanej aktualnie w UE.”*

Tytuł opisu wpływu

1. Nowe i efektywne narzędzia służące do badań społeczno - gospodarczych prowadzonych na próbkach losowych

Streszczenie opisu

Rezultatem badań prof. J. Wesołowskiego, prowadzonych we współpracy z GUS, jest stworzenie nowatorskich, efektywnych narzędzi statystycznych. Główne wyniki dotyczą: rotacyjnych planów próbkowania, domenowo-efektywnej alokacji próbki oraz algorytmów optymalnej alokacji próbki w warstwowych schematach losowania. Prof. Wesołowski skonstruował optymalny estymator rotacyjny stosowany m. in. przez GUS. Zaproponował także metodę wielodomenowo-optymalnej alokacji próbki, która stanowi przełom w rozumieniu zagadnień alokacji wielodomenowej. Wykazał optymalność rekurencyjnego algorytmu alokacyjnego Neymana w schematach warstwowych stosowanego, gdy klasyczna metoda Neymana prowadzi do redukcji próbki. Wyniki tych badań są na bieżąco wykorzystywane w badaniach krajowych GUS i międzynarodowych przeprowadzanych wspólnie z europejską agencją Eurostat, a ich wiodącym obszarem wpływu jest administracja publiczna. Implementacje tych wyników w systemie R są dostępne w repozytoriach internetowych.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Kluczowymi zagadnieniami w projektowaniu badań społeczno- gospodarczych jest odpowiednia alokacja próbki (wybór liczebności reprezentantów z podpopulacji) oraz stosowanie odpowiednich estymatorów.

Pierwszy wynik dotyczy schematów rotacyjnych. W badaniach tego typu jednostka uczestniczy z przerwami (lukami). Dotychczas optymalne estymatory rekurencyjne znano tylko dla tzw. pełnych schematów rotacji (jednostka po opuszczeniu badania w danej edycji, już do niego nie wraca). Jednak w wielu ważnych badaniach np. w:

- Current Population Survey (U.S. Bureau of Labor Statistics)
- European Union Labour Force Survey (agencja Eurostat)
- Badanie Aktywności Ekonomicznej Ludności, Badanie Budżetów Gospodarstw Domowych (GUS),

schemat jest innego typu i znane estymatory wymagały modyfikacji “ad hoc”. Prof. Wesołowski znalazł optymalny estymator rekurencyjny dla dowolnego wzorca rotacji. Jest to przełomowy wynik w teorii próbkowania, pozwala na szersze stosowanie schematów rotacyjnych w badaniach społeczno-gospodarczych, oraz prowadzi do zwiększenia precyzji otrzymywanych uogólnień w badaniach. Został opublikowany w *Survey Methology* (200p), najlepszym czasopiśmie z metodologii badań na próbkach losowych (artykuł [1]).

Drugi wynik dotyczy alokacji próbki. Prof. Wesołowski zaproponował uniwersalne podejście do alokacji domenowej, w której istotnym zagadnieniem jest optymalność precyzji wyników estymacji w domenach, a nie tylko w całej populacji, np. województwa vs. cała Polska (artykuły [3,4]). Alokacja zapewnia nie tylko optymalność na poziomie każdej podpopulacji, ale też porównywalność estymatorów podpopulacyjnych średnich lub wartości globalnych. Tę ogólną metodę zastosowano do konkretnych schematów losowania wykorzystywanych w GUS (patrz [D3]), w tym schematów wielostopniowych oraz różnych funkcji kosztów.

Trzeci wynik dotyczy rekurencyjnej alokacji Neymana(rN), która jest od lat szeroko stosowana w urzędach statystycznych na całym świecie, gdy stosowanie standardowej alokacji Czuprowa-Neymana prowadzi do sytuacji, w której liczebność próbek w warstwach przekracza liczebność warstw. Mimo szerokiego stosowania, dotychczas nie wiadomo było, czy alokacja rN zapewnia optymalność stosowanych estymatorów warstwowych. Ta fundamentalna luka metodologiczna została usunięta, w pracy [2], opublikowanej w *Journal of Survey Statistics and Methodology* (140p), w której prof. Wesołowski wykazał, że alokacja rN jest optymalna i podał nowe algorytmy alokacji wraz z implementacjami w języku R.

Rola podmiotu

Wydział Matematyki i Nauk Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (WMiNI) aktywnie wspierał współpracę swoich pracowników z agendami GUS. W Zespole Metody Reprezentacyjnej GUS (obecnie w Departamencie Programowania i Koordynacji Badań) pracowali/pracują między innymi następujący pracownicy WMiNI: dr A. Sierociński, dr hab. P. Szablowski, prof. J. Wesołowski i dr R. Wieczorkowski. Zespołem od strony metodologicznej od lat 90. kieruje prof. J. Wesołowski, wybitny probabilista. W efekcie współpracy z GUS powstało wiele publikacji naukowych, prac magisterskich i jedna praca doktorska (J. Kowalskiego) z zakresu statystyki matematycznej. Kolejna praca doktorska, mgr. W. Wójciaka, jest przygotowywana. Promotorem obu prac doktorskich jest prof. Wesołowski. Prace te bazują odpowiednio na publikacjach [1] i [2]. Dalszemu rozwijaniu i zastosowaniu metod statystycznych, także we współpracy z GUS, służy utworzone w 2021r. w Politechnice Warszawskiej Centrum Analiz i Uczenia Statystycznego.

Wpływ

Głównym efektem wpływu badań prof. Wesołowskiego jest stworzenie nowatorskich, efektywnych narzędzi statystycznych, stosowanych przez GUS w badaniach społeczno-gospodarczych.

Badania społeczno-gospodarcze prowadzone przez różne agencje na całym świecie stanowią podstawę podejmowania decyzji, zarówno przez administrację publiczną szczebla centralnego i lokalnego, jak i przez podmioty gospodarcze, czy osoby prywatne. Badania te prowadzone są na próbach losowych, bo tylko wtedy wnioski na ich podstawie mogą być prowadzone metodami statystycznymi. Podstawa teoretyczna, za J. Spławą-Neymanem, nazywana jest w Polsce *metodą reprezentacyjną* (ang. *sampling survey methodology*).

Głównym i najważniejszym ośrodkiem badań społeczno-gospodarczych w Polsce jest GUS, który nie tylko prowadzi konkretne badania, ale od lat dba o rozwój metodologii badań, w tym matematyczno-statystycznych aspektów tej metodologii. Intensyfikacja działań w GUS w tym kierunku nastąpiła w połowie lat 90. ubiegłego wieku, wraz z rozpoczęciem współpracy z GUS przez prof. Jacka Wesołowskiego, który stworzył w GUS zespół matematyków dbających od strony metodologii matematyczno-statystycznej o konkretne badania oraz intensywnie zajmujący się rozwijaniem nowych narzędzi statystycznych i teorią badań. Owocna współpraca matematyków z Politechniki Warszawskiej z GUS rozwija się do dziś.

Osiągnięcia prof. Wesołowskiego zdecydowanie przyczyniły się do rozwoju teorii próbkowania (metody reprezentacyjnej). W opinii Prezesa GUS (dowód [D1]) wyniki uzyskane przez niego stanowią przełom w skali międzynarodowej.

a) Szczególnie ważne są rezultaty prof. Wesołowskiego dotyczące schematów rotacyjnych. Zdecydowanie najważniejszym z nich jest skonstruowanie optymalnego estymatora rekurencyjnego dla dowolnego wzorca rotacji. Należy podkreślić, że takie estymatory wykorzystywane są w wielu fundamentalnych badaniach prowadzonych na całym świecie przez znane agencje, w tym GUS. Jest to przełomowe odkrycie, które pozwala na odejście od różnych "protez" stosowanych ad hoc w celu poprawienia efektywności stosowanych estymatorów. Wynik ten rozwiązuje problem otwarty znany od lat 50. XX wieku.

b) Drugim wynikiem prof. Wesołowskiego, o znaczącym wpływie na praktykę i podstawy teoretyczne badań reprezentacyjnych, jest zrewolucjonizowanie podejścia do alokacji domenowo-optymalnej. Zaproponowana metoda pozwala na odejście od metod numerycznych traktowanych jak "czarna skrzynka", w zamian alokację znajduje się na podstawie macierzy populacyjnej. Metoda ta daje dużo większą kontrolę nad własnościami alokacji. Nowe podejście udało się zrealizować w wielu złożonych schematach próbkowania, w tym w ważnych z punktu widzenia zastosowań, schematach wielostopniowych. Wyniki te wykorzystuje się w badaniach GUS (patrz [D3, str. 61]).

c) Kolejny problem rozwiązany przez prof. Wesołowskiego dotyczył załamywania się klasycznej optymalnej alokacji Czuprowa-Neymana w warstwowym schemacie losowania. W warstwach o dużej zmienności metoda ta dobiegała niemożliwą do realizacji próbkę o liczebności przekraczającej liczebność samych warstw. W konsekwencji stosowano powszechnie tzw. rekurencyjną alokację Neymana, nie wiedząc, czy jest to postępowanie optymalne, czy nie. Ostatnie wyniki prof. Wesołowskiego polegają na wykazaniu optymalności algorytmu rekurencyjnej alokacji Neymanowskiej. Równocześnie prof. Wesołowski zaproponował nowe algorytmy alokacji wraz z ich implementacją, które weszły w skład nowoutworzonego pakietu statystycznego Stratallo (zob. [D2]). Metody

implementowane w pakiecie Stratallo były wykorzystywane w badaniach w GUS prowadzonych przy użyciu stratyfikacji w latach 2017-2021.

Istotą innowacyjności rezultatów prof. Wesołowskiego, dotyczących metodologii badań społeczno-gospodarczych, jest zastosowanie zaawansowanych metod matematycznych do pełnego i ścisłego rozwiązania znanych problemów pochodzących z praktyki. Wcześniej znane narzędzia opierały się w dużej mierze na rozwiązaniach intuicyjnych i numerycznych.

W latach 2017-2020 wyniki badań prof. Wesołowskiego były wykorzystywane zarówno w badaniach o zasięgu międzynarodowym przeprowadzanych przez GUS we współpracy z europejską agencją Eurostat (w ramach Europejskiego Systemu Statystycznego), jak i w badaniach krajowych. GUS i Eurostat są bezpośrednimi beneficjentami tych badań a wiodącym obszarem wpływu jest administracja publiczna.

Wg dowodu wpływu [D1] wyniki dotyczące:

a) optymalnej alokacji wielodomenowej są wykorzystywane w badaniach społecznych: EU-SILC (Europejskie Badanie Warunków Życia) oraz w Badaniu Spójności Społecznej (które prowadzone są w trybie ciągłym), oraz w projektach: „*Definiowanie nowych przestrzeni dla danych statystycznych wraz z analizą wpływu zmian w podziale administracyjnym na publikowane wskaźniki*” i „*Łączenie danych statystycznych z informacją geoprzestrzenną*”.

b) rekurencyjnych estymatorów rotacyjnych są wdrażane w Badaniu Budżetów Gospodarstw Domowych oraz Badaniu Aktywności Ekonomicznej Ludności.

Tytuł opisu wpływu

2. Zastosowanie metod stochastycznych do modelowania rynków finansowych

Streszczenie opisu

Badania nad zastosowaniem metod stochastycznych, ze szczególnym uwzględnieniem wyceny instrumentów pochodnych, do modelowania rynków finansowych zainicjowano na PW 25 lat temu. Lider zespołu, prof. Marek Rutkowski wspólnie z T. Bieleckim (USA), stworzył modele rynków finansowych z tzw. nieliniową dynamiką portfela. Opracował metody wyceny europejskich kontraktów finansowych, opcji amerykańskich oraz opcji o charakterze gier dwuosobowych. Jego prace z zakresu ryzyka kredytowego stanowiły prawdziwy przełom. Stosują je praktycy np. analitycy finansowi z Bloomberg L.P. Cytowania jego prac, m.in. w opracowaniach przygotowanych przez Europejski Bank Centralny, Amerykański FED czy Międzynarodowy Fundusz Walutowy dowodzą, że badania prof. Rutkowskiego wywierają istotny wpływ na międzynarodowe środowisko ekspertów związanych z w/w bankami. Są także podstawą

dyrektyw wydawanych przez banki centralne. Beneficjentem tych badań jest sektor bankowy. Wiodącym obszarem wpływu badań jest gospodarka.

Zastosowanie metod stochastycznych do modelowania rynków finansowych

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

1. Podano oryginalną metodę konstrukcji bezarbitrażowych modeli stóp LIBOR i stóp swapowych opartą na indukcji wstecznej i mierze martyngałowej forward (monografia [1]). Jest to bardzo ważne podejście z punktu widzenia praktyki, ponieważ umożliwia opracowanie efektywnych metod wyceny opcji na kontrakty wymiany stóp procentowych tzw. swapcji.

2. Opracowano metody modelowania i wyceny ryzyka kredytowego. Istotne wyniki dotyczą: wyceny pochodnych kredytowych oraz strategii zabezpieczających pochodne kredytowe których przykładem są obligacje zamienne (monografia [2]). Monografia zawiera dwa podejścia do modelowania ryzyka kredytowego: modele strukturalne i modele zredukowanej formy (oparte o proces hazardu). Przedstawiono w niej metody modelowania obligacji korporacyjnych z uwzględnieniem zmian ratingów kredytowych i wycenę kontraktów dwustronnych uwzględniających ryzyko kredytowe kontrahentów. Monografia [2] stanowiła przełom w podejściu do ryzyka kredytowego, opisane w niej podejście było pionierskie i 'wyprzedziło epokę'. Po kryzysie finansowym 2007-2008, który udowodnił, że nie należy zaniedbywać ryzyka kredytowego podmiotów o wysokim ratingu kredytowym, uwzględnianie tego ryzyka w wycenie wg modelu zaproponowanego w monografii [2] stało się standardową praktyką. Monografia [2] stworzyła także matematyczną wykładnię do praktycznych narzędzi stosowanych w ocenie ryzyka kredytowego przez analityków m.in. przez D. Brigo i M. Mercurio (odpowiednio Head of Credit Models and Head of Financial Models at the Italian bank-Banca IMI Milano) opisanych w książce dostępnej na stronie <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-34604-3>.

3. Opracowano fundamenty wyceny arbitrażowej i pojęcia braku arbitrażu oraz portfela zabezpieczającego w przypadku nieliniowych modeli rynków (artykuł [4]). Nieliniowe modele rynków pojawiają się, gdy inwestorzy posiadają rachunek o różnych stopach procentowych dla depozytów/pożyczek z którego finansowane są transakcje zakupu/sprzedaży aktywów lub gdy przepływy w kontraktach finansowych zależą od portfela zabezpieczającego. Artykuł [4] zawiera wyniki o fundamentalnym znaczeniu, ponieważ przebudował podstawy teorii wyceny arbitrażowej i portfela zabezpieczającego.

4. Wprowadzono metodę strukturalnego modelowania zależności pomiędzy procesami stochastycznymi (monografia [5]). Umożliwia ona konstrukcje modeli wielu bankructw związanych z portfelami kredytowymi i ich pochodnymi np. Basket Default Swaps czy Collateralized Debt Obligations.

Rola podmiotu

Politechnika Warszawska była drugą uczelnią w Polsce, na której uruchomiono kształcenie z zakresu matematyki finansowej. Było to zasługą prof. M. Rutkowskiego. Dorobek grupy matematyki finansowej obejmuje 6 monografii wydanych m.in. przez Springer i Cambridge Univer. Press, 30 rozdziałów w książkach oraz ponad 60 artykułów opublikowanych w prestiżowych czasopismach np. *Finance and Stochastics*, *Mathematical Finance*, *Stochastics Processes & Their Applications*, *Journal of Differential Equations*, powstałych we współpracy z renomowanymi ośrodkami np. Oxford University (M. Musiela), Imperial College (D. Brigo), Illinois Inst. of Technology (T. Bielecki), a także z ekspertami z PNB Paribas, Bloomberg i Fitch Solutions. Wydział jest kuźnią, która kształci analityków finansowych. Niektórzy spośród nich pracują naukowo, większość podejmuje pracę w bankach. Grupa matematyki finansowej, założona przez prof. Rutkowskiego, prężnie się rozwija i wywiera wpływ na otoczenie, czego dowodem jest monografia [5].

Wpływ

Głównym beneficjentem badań prowadzonych przez zespół matematyki finansowej PW jest sektor bankowy. Wyniki zespołu istotnie wspierają stabilność i bezpieczeństwo sektora bankowego krajowego i międzynarodowego. Dlatego wiodącym obszarem wpływu omawianych badań jest gospodarka.

W 2018 r. PTM przyznało prof. Rutkowskiemu, liderowi zespołu, Nagrodę Główną im. Steinhausa za całokształt dorobku ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań metod stochastycznych w modelowaniu rynków finansowych (zob. [D1 A]).

Wpływ osiągnięć prof. Rutkowskiego na funkcjonowanie rynków i instytucji finansowych jest dwojaki: pośredni i bezpośredni.

Dynamiczny rozwój rynków finansowych zaowocował nasileniem badań teoretycznych dających bezpośrednie narzędzia do wyceny instrumentów finansowych czy szacowania ryzyka. Narzędzia te oparte są na zaawansowanych metodach analizy stochastycznej. Spowodowało to intensywny rozwój matematyki finansowej, zaś banki i instytucje finansowe zaczęły zatrudniać matematyków zajmujących się wyceną i zabezpieczaniem opcji, oceną ryzyka. Monografia [1] była jedną z pierwszych książek poświęconych modelowaniu stóp procentowych. W opinii prof. M. Daviesa, Imperial College, załączonej do wniosku o nagrodę Steinhausa (zob. [D1 B]), czytamy, że jest „prawdopodobnie najlepszą książką z tej tematyki”. Jej drugie rozszerzone wydanie z 2005 r. jest do dziś podręcznikiem na wielu zagranicznych jak i krajowych uczelniach, w oparciu o nią kształcą się przyszły ekspertów. W latach 2017-2021 została zacytowana w co najmniej 34 doktoratach z matematyki i ekonomii, obronionych głównie w Europie, Ameryce Płn. i Australii (zob. [D3 A]). Nie ulega zatem wątpliwości, że prace prof. Rutkowskiego wywierają wpływ na kształcenie specjalistów na potrzeby instytucji finansowych. Jest to pośredni wpływ na rozwój sektora bankowego.

W sposób niepodważalny badania prof. Rutkowskiego wywarły również bezpośredni wpływ na aktualny kształt i funkcjonowanie sektora bankowego. Wpływ ten jest dwojaki.

Przede wszystkim jego badania dotyczyły obszarów którym sektor bankowy jest zainteresowany. Prof. Rutkowski w ciągu ostatnich 25 lat, zajmował się głównie modelowaniem stóp procentowych, wyceną instrumentów pochodnych i modelowaniem ryzyka kredytowego.

Po drugie prof. Rutkowski dbał o to, żeby jego badania były dostępne nie tylko dla ekspertów matematyków, ale również dla praktyków w sektorze bankowym. Pomocne w tym były monografie, których jest współautorem, i które zostały zauważone przez praktyków. Monografia [2] była jedną z pierwszych książek poświęconych modelowaniu ryzyka kredytowego i w opinii prof. Penga, Shandong University, „jest obecnie najczęściej cytowaną matematyczną książką dotyczącą ryzyka kredytowego” (zob. [D1 C]). Potwierdza tę opinię dowód wpływu [D3B] zawierający wykaz 268 monografii/artykułów cytujących [2] i opublikowanych w okresie od 2017r. do 2021r. Ignorowanie ryzyka kredytowego kontrahentów doprowadziło do kryzysu finansowego w 2007-2008 r. Po nim doceniono podejście do ryzyka zaproponowane przez prof. Rutkowskiego w [2], które od tamtego czasu stało się powszechne. Ważną rolę odegrała również praca [4] (zob. [D3 C]). W opinii Prezesa Związku Banków Polskich „wyniki prof. Rutkowskiego dotyczące ryzyka kredytowego mają przełomowe znaczenie” (zob. [D2 A]).

Prace prof. Rutkowskiego są wykorzystywane przez praktyków (zob. [D2 B] oraz książkę F.Brigo, F.Mercurio, Interest Rate Models-Theory and Practice) a także cytowane w opracowaniach ważnych instytucji finansowych:

- European Central Bank-Macroprudential Bulletin 2017, International Monetary Fund Working Papers 2019. (zob. [D4]).

- Board of Governors of the Federal Reserve Systems-Finance and Economics Discussion Series (FEDS), Discussion Paper Deutsche

Bundesbank pochodzące sprzed roku 2017, mające wpływ na wypracowywane w tym czasie regulacje obowiązujące aktualnie (zob.[D5]).

Amerykański FED i Europejski Bank Centralny (ECB), wraz z podległymi mu centralnymi bankami państw członkowskich EU, oraz Międzynarodowy Fundusz Walutowy (IMF) prowadzą badania związane z kształtowaniem polityki pieniężnej. W Polsce tę rolę pełni NBP i banki wchodzące w skład Związku Banków Polskich. Do zadań tych instytucji, oprócz prowadzenia polityki pieniężnej, należy także tworzenie regulacji/dyrektyw określających zasady funkcjonowania rynków i instytucji finansowych. Nie ulega wątpliwości, że badania prof. Rutkowskiego są uważnie śledzone przez sektor bankowy i są u podstaw regulacji wypracowywanych w instytucjach takich jak FED (zob. [D5] S. Ghamami, ekspert Federal Reserve Board) czy ECB. W opinii Prezesa ZBP wiele dyrektyw dotyczących

ryzyka kredytowego wydanych przez ECB/FED/IMF bazowało na pracach prof. Rutkowskiego (zob. [D2]). Jest to wpływ bezpośredni na stabilność i bezpieczeństwo sektora bankowy.

Prof. Rutkowski współpracował przez wiele lat z bankami m.in. BNP Paribas, obecnie jest członkiem Instytutu Louisa Bacheliera

<https://www.institutlouisbachelier.org/en/network-2/louis-bachelier-fellows/>

XIV. **DYSCYPLINA: NAUKI CHEMICZNE**

Tytuł opisu wpływu

1. Rozwój nowoczesnych metod i narzędzi przeznaczonych do szybkiej diagnostyki medycznej oraz badań klinicznych

Streszczenie opisu

Zespoły naukowe z Wydziału Chemicznego PW i Centrum Zaawansowanych Materiałów i Technologii PW (CEZAMAT) prowadzą badania w obszarze biotechnologii i diagnostyki medycznej. Badania o zasięgu międzynarodowym dotyczą opracowania innowacyjnych metod i narzędzi, znajdujących zastosowanie w szybkiej diagnostyce medycznej oraz badaniach klinicznych. Wynikiem tych prac jest 60 artykułów naukowych w czasopiśmie z listy JCR oraz 5 patentów. Badania realizowane są w ramach 8 projektów naukowych, prowadzonych m.in. we współpracy z firmą Screenmed oraz Narodowym Instytutem Zdrowia Publicznego. Ich praktycznym rezultatem jest wdrażana technologia produkcji szybkich testów diagnostycznych z detekcją elektrochemiczną do wykrywania biomarkerów chorób sercowo-naczyniowych, przez firmę Screenmed. Aktywność naukowa jak i przełomowe wyniki badań zbudowały wysoką pozycję jednostki, czego wyrazem jest utworzenie platformy naukowej InterBioMed_PW oraz interdyscyplinarnych studiów doktoranckich TRI-BIO-CHEM.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Nowatorskie badania prowadzone przez naukowców Wydziału Chemicznego PW oraz CEZAMAT PW, reprezentujących dyscyplinę nauki chemiczne, dotyczą opracowania nowoczesnych metod i narzędzi umożliwiających większą dostępność pacjentów do diagnostyki medycznej (szybkie testy) i zastąpienie badań klinicznych urządzeniami typu Lab-on-a-Chip i Organ-on-a-Chip. Efektem badań o zasięgu międzynarodowym jest zaproponowanie kompleksowych rozwiązań dotyczących detekcji istotnych biomarkerów, jak i spersonalizowanej terapii. Dzięki osiągnięciom specjalistów z PW zaproponowano innowacyjne na skalę europejską produkty, gotowe do wdrożenia na międzynarodowych rynkach. Rezultatami prac badawczych są:

- konstrukcja miniaturowych urządzeń diagnostycznych do szybkiego oznaczania biomarkerów w płynach fizjologicznych (projekt ImDIAG, POIR-NCBiR). Testy diagnostyczne do oznaczania biomarkerów chorób sercowo-naczyniowych są gotowe do wytwarzania przez firmę Screenmed (VIII poziom gotowości technologicznej).
- opracowanie innowacyjnej medycznej technologii szybkiego wykrywania SARS-CoV-2 w próbkach biologicznych z wykorzystaniem platformy elektrochemicznej (projekt ImGEN, POIR-NCBiR, we współpracy z firmą Screenmed i Narodowym Instytutem Zdrowia); projekt wpisuje się w pilną potrzebę epidemiologiczną i stanowi podstawę stworzenia uniwersalnego narzędzia do diagnostyki innych chorób zakaźnych przy zastosowaniu platformy immunosensorowej i genosensorowej [prace 1,2 w punkcie osiągnięcia naukowe].
- innowacyjne na skalę europejską rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne miniaturowych systemów Lab-on-a-Chip, metodologia ich stosowania w biologii komórki i wczesnej diagnostyce chorób metabolicznych oraz badanie efektywności wybranych terapii przeciw-nowotworowych na poziomie komórkowym. Zastosowanie takich rozwiązań ma na celu poprawę jakości życia osób cierpiących na choroby nowotworowe poprzez zwiększenie skuteczności terapii [3].
- opracowanie modeli komórkowych w systemach Organ-on-a-chip do badania mikrośrodowiska określonej tkanki (serca, trzustki), a następnie optymalizacja metod terapeutycznych, w warunkach maksymalnie zbliżonych do in vivo. Systemy Lab-on-a-chip oraz Organ-on-a-chip stanowią alternatywne, bądź uzupełniające narzędzia pozwalające zweryfikować większość procedur diagnostycznych [4,5].

Efektom badań jest 60 artykułów naukowych w prestiżowych periodykach z listy JCR, wśród nich 6 prac w czasopiśmie o punktacji 200 pkt i 11 o punktacji 140 pkt., a także 5 patentów

Rola podmiotu

Prowadzone badania obejmują opracowanie nowoczesnych narzędzi do szybkiej diagnostyki i badań klinicznych. Najważniejszymi uczestnikami prac są profesorowie: E. Malinowska, Z. Brzózka, E. Jastrzębska, Ł. Górski i dr R. Ziółkowski, którzy biorą także udział w licznych gremiach naukowych, związanych z opisaną tematyką badawczą. Rezultatem prac są osiągnięcia naukowe, ujęte w kolejnej sekcji, w których udział w/w osób był dominujący. Wydział Chemiczny jest współzałożycielem interdyscyplinarnej platformy InterBioMed_PW – sieci zintegrowanych i ściśle współpracujących specjalistycznych laboratoriów badawczych, posiadających doświadczenie i prowadzących badania w zakresie biotechnologii, bioinżynierii i bioinformatyki. Wydział Chemiczny oraz CEZAMAT są głównymi wnioskodawcami/wykonawcami w 8 projektach badawczych finansowanych przez NCN, NCBiR, których efektem jest powstanie prototypów innowacyjnych na skalę europejską, znajdujących zastosowanie w diagnostyce medycznej i klinicznej.

Wpływ

Badania prowadzone na Wydziale Chemicznym oraz w CEZAMAT nad opracowaniem nowoczesnych metod i narzędzi umożliwiających szybką diagnostykę medyczną, jak również dotyczących wytwarzania miniaturowych systemów Lab-on-a-Chip i Organ-on-a-chip wywierają niewątpliwie wpływ społeczny o zasięgu międzynarodowym w obszarze ochrony zdrowia. Przyczyniają się istotnie do podniesienia jakości życia pacjentów, a więc

bezpośrednim ich beneficjentem jest ogół społeczeństwa, powszechnie korzystający z opieki zdrowotnej. Ponadto, badania dotyczące miniaturyzacji i automatyzacji testów diagnostycznych oraz narzędzi stosowanych w inżynierii komórkowej niosą niewątpliwie korzyści związane ze zmniejszeniem zużywanych reagentów i materiałów pobranych od pacjentów, a także redukcją odpadów. Zastosowanie tego typu rozwiązań wpływa zatem korzystnie na środowisko.

Narzędzia bioanalityczne opracowywane w ramach prowadzonej działalności naukowej (szybkie testy, zintegrowane platformy do wykrywania oraz oznaczania istotnych analitów) służą społeczeństwu, zarówno od strony profilaktyki zdrowotnej, jak i diagnostyki medycznej [osiągnięcie naukowe nr 1 i 2]. Dotyczy to w szczególności urządzeń do zastosowań w miejscu opieki nad pacjentem (point-of-care), które znacząco przyczyniają się do obniżenia kosztów badań medycznych, bez potrzeby wizyt ambulatoryjnych. Odgrywają one istotną rolę jako pomoc w szybkim wdrożeniu skutecznego leczenia, co prowadzi do polepszenia rezultatów terapii oraz obniżenia wydatków na służbę zdrowia. Praktycznym wynikiem badań jest konstrukcja systemu diagnostycznego point-of-care (projekt ImDIAG), obejmującego: testy/kasety do wykrywania biomarkerów chorobowych, mikroelektroniczny czytnik, system zarządzania danymi i komunikacji z lekarzem (wynik analizy odczytywany jest po krótszym czasie, niż przy użyciu obecnie stosowanych urządzeń). Testy diagnostyczne do szybkiego oznaczania biomarkerów chorób sercowo-naczyniowych w płynach fizjologicznych wdrażane przez firmę Screenmed (VIII poziom gotowości technologicznej), w ramach podpisanej umowy [dowód wpływu nr 1]. Opracowywana jest także technologia szybkiego wykrywania wirusa SARS-CoV-2 w próbkach biologicznych z użyciem platformy elektrochemicznej (projekt ImGEN).

Wyniki prowadzonych badań wpływają na światowy rozwój systemów Lab-on-a-chip i Organ-on-a-chip oraz stanowią podstawę współpracy międzynarodowej pomiędzy jednostkami naukowymi z różnych dyscyplin. Proponowane rozwiązania technologiczne wytwarzania systemów Lab-on-a-Chip i Organ-on-a-chip wpisują się w dyrektywę Unii Europejskiej i zasadę 3R, związaną m.in. z redukcją liczby badań prowadzonych na zwierzętach. Badania nad przestrzennym modelem nowotworu piersi wytworzonym w warunkach mikroprzepływowych prowadzą do poprawy jakości życia osób cierpiących na choroby nowotworowe poprzez zwiększenie skuteczności terapii, którym są poddawani [osiągnięcie naukowe nr 3]. Systemy Organ-on-a-chip ułatwiają pracę medykom, stanowią podstawę do badania procesów zachodzących w badanych organach, umożliwiają symulację stanów chorobowych czy dobór metod terapeutycznych. Podejmowane są badania nad poprawą efektywności terapii chorób cywilizacyjnych (np. chorób układu sercowo-naczyniowego, cukrzyca), czego wyrazem jest opracowanie systemów Heart-on-a-chip oraz Islet-on-a-chip [osiągnięcie naukowe nr 4 i 5].

Naukowcy z Wydziału Chemicznego i CEZAMAT opracowali szereg nowoczesnych metod i narzędzi diagnostycznych oraz systemów typu Lab-on-a-Chip i Organ-on-a-Chip. Badania były prowadzone w ramach 4 projektów finansowanych przez NCN oraz NCBiR, we współpracy międzyuczelnianej oraz na podstawie umów z podmiotami zewnętrznymi. Wyniki

badan zostały upowszechnione w licznych pracach naukowych w prestiżowych czasopismach oraz zgłoszeniach patentowych. Na podkreślenie zasługuje utworzenie platformy naukowej InterBiomed_PW, która pozwoliła na konsolidację specjalistycznych zespołów badawczych PW, a także innych stołecznych uczelni (m.in. Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego), zajmujących się projektowaniem innowacyjnych narzędzi diagnostyki medycznej [dowód wpływu nr 2]. Prowadzone badania stały się podstawą utworzenia, z inicjatywy Wydziału Chemicznego PW, interdyscyplinarnych studiów doktoranckich TRI-BIO-CHEM z Wydziałem Chemii UW i Instytutem Biologii Doświadczalnej im. M. Nenckiego PAN [dowód wpływu nr 3]. Stanowi to wpływ o zasięgu krajowym na obszar edukacji na poziomie doktorskim, umożliwiając kształcenie na najwyższym poziomie w najlepszych ośrodkach naukowych. Pracownicy PW, reprezentujący dyscyplinę nauki chemiczne, zasiadają w znakomitych krajowych i międzynarodowych gremiach naukowych, są laureatami wielu nagród (m. in. nagroda naukowa The People Powering the 2018 SLAS Technology Ten przyznana prof. E. Jastrzębskiej), aktywnie uczestniczą w krajowych debatach organizowanych przez podmioty gospodarcze działające na rzecz poprawy jakości życia społeczeństwa [dowód wpływu nr 4].

Tytuł opisu wpływu

2. Rozwój technologii urządzeń do konwersji i magazynowania energii elektrycznej

Streszczenie opisu

Naukowcy z Wydziału Chemicznego PW prowadzą przełomowe prace badawcze w dyscyplinie nauki chemiczne. Dotyczą one projektowania, wytwarzania i określenia właściwości materiałów stosowanych w urządzeniach do przetwarzania i magazynowania energii takich jak baterie, superkondensatory i ogniwa elektrochromowe nowej generacji. Wynikiem tych badań jest ponad 100 publikacji cytowanych ponad 6000 razy i ponad 30 patentów (12 zagranicznych). Spektakularnym przykładem ich znaczenia technologicznego jest wdrożenie przemysłowe w 2018 r. przez firmę Arkema (Francja) nowych soli litowych (pierwsze w Europie, drugie na świecie), jako komponentów elektrolitów umożliwiających produkcję baterii litowo-jonowych o znacząco zwiększonej trwałości. Prowadzone badania stały się podstawą utworzenia współprowadzonych przez Wydział, jedynych na świecie, międzynarodowych studiów o tematyce baterijnej na poziomie magisterskim (program Erasmus Mundus) oraz doktorskim (program Marie Skłodowska-Curie Actions Cofund).

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Zespoły badawcze Wydziału Chemicznego PW prowadzą od lat badania w dyscyplinie nauki chemiczne, dotyczące projektowania oraz wytwarzania nowych materiałów stosowanych w urządzeniach do przetwarzania i akumulacji energii (baterie i akumulatory). Badania te są nowatorskie, gdyż w ich wyniku opracowano materiały nowej generacji, których stosowanie pozwala na radykalną poprawę parametrów pracy urządzeń (w szczególności zwiększenie mocy i trwałości oraz ograniczenie stosowania w procesie produkcyjnym substancji szkodliwych dla środowiska). Rezultatem nowatorskich w skali międzynarodowej prowadzonych prac badawczych są:

1. Opracowanie nowej generacji soli litowych i sodowych. Sole te, jako składniki elektrolitów stosowanych w ogniwach litowo-jonowych i sodowo-jonowych, znacząco polepszają właściwości elektrolitu, spowalniając jego rozkład pod wpływem zanieczyszczeń i temperatury. Wymiernym tego efektem jest zwiększenie bezpieczeństwa użytkowania urządzenia oraz 2-3-krotne wydłużenie czasu życia baterii [prace 1,2,5 w punkcie osiągnięcia naukowe].
2. Sformułowanie teorii opisującej mechanizm przewodnictwa jonowego w kompozytach polimerowych. Potwierdzeniem poprawności tej teorii było zaprojektowanie materiałów o znakomitym przewodnictwie jonowym, charakteryzujących się dużymi liczbami przenoszenia kationu litowego a także poprawiających stabilność granicy faz elektroda-elektrolit w ogniwach litowo-jonowych [1,2].
3. Zaprojektowanie i otrzymanie nowych organicznych związków siarki zdolnych do tworzenia stabilnych warstw międzyfazowych elektroda-elektrolit. Zastosowanie tych związków, stanowiących substytut szkodliwych fluoropochodnych dodawanych do elektrolitu, przyczynia się do praktycznie całkowitego ich wyeliminowania w procesie produkcji baterii. Eksperyment potwierdził użyteczność modelowania oddziaływań związków z otoczeniem oraz ich skuteczność w procesie stabilizacji baterii [3].
4. Synteza niewodnych żeli przewodzących protonowo, charakteryzujących się dużą przewodnością jonową w niskich temperaturach. Cechy te umożliwiają zastosowanie tych żeli w ogniwach elektrochromowych oraz w superkondensatorach o wysokiej pojemności, działających w temperaturze poniżej -50°C [4].

Efektom badań jest ponad 100 publikacji cytowanych ponad 6000 razy, a także ponad 30 patentów (w tym 12 zagranicznych). Ich spektakularnym praktycznym efektem jest wdrożenie w 2018 roku do produkcji przez firmę Arkema (Francja) nowych soli litowych, jako składników elektrolitów ogniw litowo-jonowych.

Rola podmiotu

Badania doprowadziły do opracowania nowych elektrolitów oraz baterii litowo-jonowych nowej generacji, w których zmianie podlegają elektrolity, dodatki modyfikujące oraz materiały elektrodowe. Animatorami tych badań są: profesorowie: W. Wieczorek (lider), J. Płocharski, M. Marcinek, L. Niedzicki. Osiągnięcia naukowe będące wynikiem tych badań przedstawiono w następnej sekcji. Dominujący udział w/w osób w ich uzyskaniu potwierdzają opinie najwybitniejszych naukowców, zajmujących się elektrochemiczną konwersją energii (dowód wpływu 1), świadczące o znaczącym wkładzie badań w globalny rozwój technologii chemicznych źródeł prądu. Pracownicy współtworzyli międzynarodowe/krajowe organizacje koordynujące badania chemicznych źródeł prądu (Alistore European Research Institute, PolStorEn), a także reprezentują Polskę w naukowych radach konsultacyjnych (Battery European Partnership i Battery 2030+), gdzie koordynują prace nad nowymi generacjami materiałów stosowanych w bateriach litowo-jonowych.

Wpływ

Wyniki prowadzonych badań nad opracowaniem nowych komponentów do urządzeń konwersji i akumulacji energii charakteryzują się znacznym wpływem społecznym o zasięgu międzynarodowym w obszarze gospodarki. Bezpośrednim beneficjentem jest ogół społeczeństwa, powszechnie korzystający z akumulatorów, w tym

również środowisko poprzez rozwój samochodów elektrycznych oraz eliminację fluoru w bateriach.

Wydłużenie działania urządzeń przENOśnych, zwiększenie zasięgu samochodów elektrycznych, polepszenie bezpieczeństwa użytkowania akumulatorów i 2-3 krotne wydłużenie ich działania, a przez to zmniejszenie zapotrzebowania przemysłu na surowce (wsparcie gospodarki w obiegu zamkniętym), to proekologiczny i proekonomiczny wpływ badań prowadzonych w latach 2007-2021. W ich trakcie opracowano nową generację soli litowych (w tym sól LiTDI) używanych w ogniwach litowo-jonowych. Elektrolity zawierające te sole charakteryzują się lepszymi właściwościami w porównaniu do uprzednio używanych. Otrzymane sole są bardziej stabilne termicznie i mniej wrażliwe na obecność zanieczyszczeń. Ich zastosowanie pozwoliło na konstrukcję ogniw z elektrodami, które wcześniej nie mogły być użyte ze względu na brak odpowiedniego elektrolitu, co w konsekwencji prowadzi do ogniw nowej generacji o zwiększonej pojemności [*osiągnięcie naukowe nr 1*].

Miniaturyzacja wynikająca z przedstawionego powyżej postępu technologicznego, a także wydłużenie działania urządzeń przENOśnych wpływają w oczywisty sposób na społeczeństwo i gospodarkę. Użycie soli LiTDI w nowym procesie technologicznym ma pozytywny wpływ na środowisko, również poprzez ok. 5-krotne zmniejszenie zużycia fluoru w akumulatorach [*osiągnięcie naukowe nr 5*]. Stosowane sole są znacząco mniej reaktywne wobec wody, mogą być stosowane jako dodatki osuszające ogniwo, a także stabilizujące granicę elektroda-elektrolit. Sole te pochłaniają także fluorowodór, co daje efekt gospodarczy spowalniając korozję i degradację ogniwa, wydłużając cykl życia źródła energii. Na podkreślenie zasługuje opracowanie komponentów do produkcji nowych generacji elektrolitów i materiałów elektrodowych do baterii litowo-jonowych, sodowo-jonowych, lit-siarka lub superkondensatorów [*osiągnięcia naukowe nr 3 i 4*].

W 2018 roku firma Arkema (Francja) wdrożyła do produkcji pierwszą europejską technologię elektrolitu do ogniw litowo-jonowych na licencji Politechniki Warszawskiej [*dowód wpływu nr 1*]. Jest to druga na świecie technologia – pierwsza po 30 latach prób prowadzonych na całym świecie (produkcja firmy Arkema w latach 2018-2020 umożliwia wytworzenie ok. 120 mln baterii do smartfonów). Wydział Chemiczny PW realizuje projekty przemysłowe na zlecenie koncernów PKN Orlen i Unipetrol (Republika Czeska), w wyniku których opracowano elektrolity do baterii litowo-jonowych i litowo-siarkowych bazujące na produktach ubocznych (Orlen) oraz wykorzystano jeden z produktów odpadowych jako komponent do baterii litowo-jonowych (Unipetrol) [*dowód wpływu nr 4*]. Prowadzone badania odpowiadają na bezpośrednie zapotrzebowanie przemysłu i wspierają rozwój chemii proekologicznej – gospodarkę o obiegu zamkniętym.

O wysokiej pozycji zespołów i pracowników PW świadczy współtworzenie międzynarodowych organizacji naukowych, koordynujących badania chemicznych źródeł prądu oraz uczestnictwo w 4 projektach programu Horyzont 2020. Praktycznym efektem tej aktywności jest wprowadzenie standaryzacji nomenklatury oraz procedur stosowanych w badaniach i produkcji baterii w krajach Unii Europejskiej, opracowanej w ramach projektu BIG-MAP (Horyzont 2020) [*dowód wpływu nr 2*]. Działalność współtworzonej, krajowej organizacji PolStorEn doprowadziła natomiast do opracowania mapy drogowej rozwoju przemysłu chemicznych źródeł prądu w Polsce. Prace nad solą LiTDI zostały uhonorowane Nagrodą Prezesa Rady Ministrów za najlepszą pracę doktorską, Nagrodą Promocyjną Siemens oraz Nagrodą Naukową PW im. I. Mościckiego za szczególne osiągnięcia

uwieńczone transferem na potrzeby gospodarki, które przyniosły udokumentowane efekty ekonomiczne. Efektem opracowania soli LiTDI są realizowane prace doktorskie, magisterskie i inżynierskie, dotyczące tej tematyki, na uczelniach na całym świecie. Powstały też dziesiątki licznie cytowanych prac naukowych opisujących różne aspekty stosowania soli LiTDI, opublikowane w najlepszych ośrodkach badawczych – co jest dowodem wpływu prowadzonych badań na świat naukowy [*dowód wpływu nr 5*].

Unikalne w skali światowej programy dydaktyczne stanowią rozwinięcie badań naukowych. Zaproszenie Wydziału Chemicznego do współpracy przy tworzeniu i prowadzeniu jedyne na świecie kierunku studiów magisterskich, związanego z elektrochemicznym przetwarzaniem energii (MESC) oraz programu studiów doktorskich (Destiny) jest potwierdzeniem jego pozycji, jako jednego z wiodących ośrodków naukowych na świecie w dziedzinie badań nad materiałami bateryjnymi. Jest to wpływ o zasięgu międzynarodowym na obszar edukacji na poziomie akademickim i doktorskim [*dowód wpływu nr 3*].

XV. **DYSCYPLINA: NAUKI FIZYCZNE**

Tytuł opisu wpływu

1. Pomiary kolektywnych emocji i przepływów informacji w cyberprzestrzeni metodami fizyki statystycznej układów złożonych

Streszczenie opisu

Przedstawiany wpływ działalności naukowej na funkcjonowanie społeczeństwa i gospodarki jest efektem interdyscyplinarnych badań, które umożliwiły zasadnicze zmiany w pomiarach emocji w grupach internetowych oraz odnajdywanie pierwotnych i wtórnych źródeł przepływu informacji w mediach i sieciach społecznych. Osiągnięcie powstało przy wykorzystaniu metod fizyki statystycznej układów złożonych (modelowanie agentowe i sieci złożone) w ramach projektów UE *Cyberemotions – Kolektywne emocje w cyberprzestrzeni* oraz *RENOIR - Inżynieria odwrotna społecznego przetwarzania informacji*, w których WF PW pełnił rolę koordynatora. Międzynarodowy zasięg wpływu społecznego w obszarze gospodarki (przemysł oparty na technologiach cyfrowych) uzyskano dzięki opracowaniu programu *SentiStrength* wykorzystywanego komercyjnie do pomiarów emocji w Internecie oraz dzięki stworzeniu platformy *NewsMapper* pozwalającej Agencjom Prasowym na automatyczne śledzenie wykorzystania treści ich publikacji.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Metody fizyki statystycznej układów złożonych znajdują coraz częściej zastosowanie do analizy problemów należących dawniej jedynie do ekonomii, socjologii czy psychologii. Jednym z takich zagadnień są zmiany w komunikacji społecznej, która odbywa się obecnie w dużym stopniu poprzez Internet. Na Wydziale Fizyki PW stworzono podstawy do przyszłej generacji emocjonalnie inteligentnych usług internetowych. Po raz pierwszy w świecie wykazano, że aktywność społeczna w cyberprzestrzeni związana jest nie tylko z wymianą informacji ale również z okazywaniem i odbieraniem emocji, podobnie jak w przestrzeni rzeczywistych kontaktów (osiągnięcia 1-3). Badania fizjologiczne wykazały, że treści przekazywane przez Internet wywołują podobne reakcje jak spowodowane innymi realnymi

bodźcami a nasze emocje mogą być również wzbudzone przez specjalne programy (tzw. chatboty). Wykazano również kolektywny charakter takich emocji - wypowiedzi o danym nacechowaniu emocjonalnym grupują się silniej niż wynikałoby to z losowego się ich pojawiania. Zaproponowano model oparto o tzw. preferencyjne dołączanie, a także wykazano, że silny ładunek emocjonalny jest niezbędny do podtrzymania dyskusji. Wykazano ponadto, że negatywne emocje wydłużają dyskusje oraz że najbardziej aktywni użytkownicy Internetu cechują się szczególnie negatywnymi profilami wypowiedzi. Zaobserwowane statystyki zostały odtworzone za pomocą modelu agentowego, odwzorowującego emocjonalne dyskusje pomiędzy użytkownikami. Stworzony razem z Uniwersytetem w Wolverhampton algorytm *SentiStrength* stał się uniwersalnym narzędziem do automatycznego pomiaru emocji i został skomercjalizowany (dowody 1-2).

Często ważne jest zlokalizowanie źródeł rozprzestrzeniania się procesu, m.in. znalezienie pacjenta zero w epidemii lub źródła plotek w sieciach społecznościowych. Zaproponowano nowe podejście (osiągnięcie 4), w którym obserwatorzy z informacjami o niskiej jakości (tj. z późnymi czasami obserwacji procesu) są ignorowani, a potencjalne źródła są wybierane na podstawie gradientu prawdopodobieństwa od obserwatorów o wysokiej jakości. Algorytm ma wyższą jakość wyników lokalizacji w stosunku do innych metod. Zaproponowano również uniwersalny algorytm do automatycznego śledzenia opublikowanych materiałów wśród użytkowników Internetu (osiągnięcie 5). Prace te stanowią podbudowę do platformy *NewsMapper*, która została skomercjalizowana przy użyciu środków ze Słoweńskiej Agencji Prasowej- STA i fundacji *Google* (dowody 3-5).

Rola podmiotu

Interdyscyplinarne prace wykorzystujące metody fizyki statystycznej układów złożonych do analizy opinii, emocji i przetwarzania informacji w grupach społecznych prowadzone są z sukcesem na WF PW od roku 1996 pod kierownictwem prof. Janusza Hołysta (osiągnięcia 1-5). Dowodami tych sukcesów są również pozyskiwane projekty, w tym te finansowane z Programów EU, takie jak *Cyberemotions* (FP7, 2009- 2013) oraz *RENOIR - Inżynieria odwrotna społecznego przetwarzania informacji* (Horizon2020, 2016 -2019), w których PW pełniła rolę koordynatora międzynarodowych konsorcjów obejmujących m.in. ETH Zurich, NTU Singapore i Stanford University. Wykonawcami Projektów na PW byli dr J. Sienkiewicz, dr K. Suchecki, dr A. Chmiel, dr R. Paluch, dr P. Górski oraz doktoranci i studenci. Efektami tych Projektów są m.in. innowacyjne algorytmy (dowody 1-5), pozwalające na automatyczne pomiary emocji w grupach internetowych oraz odnajdywanie źródeł informacji w mediach i sieciach społecznych.

Wpływ

Wiodącym obszarem wpływu działalności naukowej WF PW, związanej z opisywanym osiągnięciem, jest otoczenie gospodarcze. Przedstawione dowody wpływu, oprócz czynników wpływających na rozwój cywilizacyjny społeczeństwa, mają również kluczowe znaczenie dla gospodarki opartej na technologiach cyfrowych. Przedstawione dowody wpływu wykazują, że wdrożone rozwiązania praktyczne mają unikatowy charakter a osiągnięcie ma przełomowy wpływ i globalny zasięg.

W dzisiejszych czasach społeczeństwa przekształcają się w e-społeczeństwa, a sieci technospołeczne stają się integralną częścią naszego nowoczesnego stylu życia. Sieci te kolektywnie przetwarzają informacje i są również miejscem wyrażania silnych emocji. Zachowania

różnych grup internetowych były przedmiotem badań na Wydziale Fizyki PW przy użyciu metod fizyki statystycznej, w oparciu o międzynarodową i interdyscyplinarną współpracę. Część z wyników została skomercjalizowana i ma wpływ na gospodarkę i społeczeństwo.

Automatyczne wykrywanie emocji w cyberprzestrzeni.

W latach 2009-2013 WF PW był koordynatorem projektu EU FP7 *Cyberemotions* www.cyberemotions.eu (Prof. J. Hołyst). Projekt opierał się o interdyscyplinarną współpracę fizyków, psychologów, socjologów oraz specjalistów od przetwarzania danych i pozwolił na zrozumienie procesów formowania się zbiorowych emocji w e-społecznościach jako samoorganizującego się zachowania zachodzącego w złożonych sieciach techno-społecznych. Projekt pozwolił na stworzenie podstaw teoretycznych dla rozwoju inteligentnych emocjonalnie usług ICT nowej generacji z wykorzystaniem modeli samoorganizujących się agentów aktywnych, metod nierównowagowej fizyki statystycznej, dynamiki populacji i socjofizyki. Wyniki projektu były udokumentowane m.in. w osiągnięciach 1-3.

Opracowano skuteczne algorytmy i modele dla pomiarów i opisu przekazywania emocji w grupach internetowych, które zostały również użyte do stworzenia programu *SentiStrength* (właściciel- prof. M. Thelwall, Uniwersytet Wolverhampton, partner projektu *Cyberemotions*) <http://sentistrength.wlv.ac.uk>, który jest wykorzystywany komercyjnie do pomiarów poziomu emocji, w szczególności w trakcie kontaktów międzyludzkich w Internecie (dowody 1-2).

Wpływ: rozwój innowacyjnej gospodarki; Zasięg: światowy przemysł oparty na technologiach sieciowych; Beneficjenci: bezpośrednio – firmy, pośrednio – społeczeństwo korzystające z komunikacji cyfrowej

Automatyczne śledzenie wykorzystania treści publikacji w sieci portali informacyjnych

Przykładem drugiego wdrożenia wyników badań prowadzonych na Wydziale Fizyki PW jest platforma

NewsMapper służąca do automatycznego śledzenia wykorzystania treści w internecie opracowana we współpracy ze Słoweńską Agencją Prasową (STA) w ramach projektu EU H2020 *RENOIR* koordynowanego przez WFPW (Prof. J Hołyst). Platforma wykorzystuje metody lokalizacji źródeł w sieciach złożonych (osiągnięcie 4) i opiera się na statystycznych własnościach miar podobieństwa dla tekstów przedstawionych w postaci wektorowej (osiągnięcie 5). Badania wykazały, że podejście oparte o transformację TF-IDF (ang. *Term Frequency-Inverse Document Frequency*) oraz cosinus podobieństwa (ang. *cosine similarity*) z dużą skutecznością wykrywa pary dokumentów, w których zawartość jednego z nich jest oparty o drugi. To odkrycie pozwoliło na stworzenie prototypu narzędzia, które pobiera statystyki wykorzystania treści publikowanych przez STA na stronach innych portali informacyjnych (dowody 3-5). Dzięki uzyskaniu grantu *Google Digital News Initiative* możliwy był dalszy rozwój prototypu, który zakończył się stworzeniem komercyjnej wersji narzędzia (newsmapper.sta.si). *NewsMapper* jest aktualnie wykorzystywany przez

Słoweńską Agencję Prasową w codziennych działaniach. Dostęp do narzędzia został także zakupiony (w modelu subskrypcyjnym) przez agencje prasowe: STA, PAP, HINA; portale informacyjne: Slovenske Novice, Svet Kapitala oraz Delo; oraz Državni zbor RS - Zgromadzenie Narodowe Republiki Słoweńskiej - komórka rządowa), a liczba wszystkich użytkowników wynosi ok. 50. Program umożliwia śledzenie 500 domen w 4 językach, w tym około 200 dla języka polskiego, analizowanych jest dziennie ok. 10 tys. artykułów i znajdujących jest około 2 tys. duplikatów/kopii publikacji. Funkcjonalności tego programu obejmują m.in: wyszukiwanie duplikatów, statystyki duplikacji poszczególnych artykułów, statystyki wykorzystania treści przez śledzone portale informacyjne (w ujęciu czasowym, ale też agregacja wg kategorii, tematu, autora, kanału, pory dnia, dnia tygodnia itp), porównanie oryginału i duplikatu, "trending stories". Program trafił na listę innowacji Komisji EU *Innovation Radar* <https://www.innoradar.eu/innovation/35952> (dowód 4) oraz spotkał się z dużym zainteresowaniem w mediach (dowód 5).

Wpływ: rozwój innowacyjnej gospodarki; Zasięg: światowy przemysł oparty na technologiach sieciowych; Beneficjenci: bezpośrednio – firmy, pośrednio – społeczeństwo korzystające z komunikacji cyfrowej.

Tytuł opisu wpływu

2. Zastosowanie grafenu w innowacyjnych produktach przemysłowych.

Streszczenie opisu

Opis raportowanego wpływu badań naukowych związany jest z opracowaniem nowej metody otrzymywania wysokiej jakości materiału dwuwymiarowego, grafenu płatkowego, oraz pracami zorientowanymi na jego zastosowanie w innowacyjnych produktach przemysłowych. Zastosowania te dotyczą różnych obszarów m.in.: elektroniki, ochrony zdrowia, bezpieczeństwa, przemysłu samochodowego oraz ochrony dorobku kultury. Część wyników badań została wdrożona na rynek bezpośrednio poprzez spin-off powstały przy udziale naukowców z Wydziału Fizyki PW (WFPW). W szczególności, oprócz wdrożonej do sprzedaży technologii produkcji grafenu płatkowego, spin-off wprowadził na rynek innowacyjne nanokompozyty grafenowe jako powłoki chroniące przed elektrosmogiem. Raportowane osiągnięcie ma przełomowe znaczenie bowiem nie tylko chroni przed EM, ale także zmniejsza zanieczyszczenie elektrosmogiem w środowisku. Opracowane rozwiązania budzą zainteresowanie podmiotów z całego świata, co potwierdza międzynarodowy zasięg wpływu.

Charakterystyka głównych wniosków z badań naukowych lub prac rozwojowych albo efektów działalności naukowej w zakresie twórczości artystycznej

Wyjątkowe właściwości grafenu (nagroda Nobla) spowodowały, że świat nauki i przemysł intensywnie pracują na jego zastosowaniach w innowacyjnych produktach. Powszechna komercjalizacja produktów wykorzystujących grafen w takich dziedzinach jak elektronika, magazynowanie energii, ochrona zdrowia czy bezpieczeństwo wymaga opracowania taniej i ekologicznej metody produkcji, która jednocześnie zapewniłaby wysoką jakość i wydajność produkcji grafenu.

Na WFPW opracowano autorską innowacyjną technologię wytwarzania wysokiej jakości grafenu płatkowego (osiągnięcie 3). Nowością na skalę światową była ekologiczna metoda produkcji grafenu wprost z grafitu łatwo skalowalna do ilości przemysłowych (dowód 3). Badania wykazały, że uzyskiwany grafen charakteryzuje się wysoką jakością strukturalną co stworzyło niezbędne warunki umożliwiające podjęcie prac aplikacyjnych. Zespół wykazał możliwość zastosowania wytworzonych płatków grafenowych np. w technologii druku zabezpieczeń papierów wartościowych i druku 3D, oraz w elektronice nowej generacji np. tranzystory wysokich częstotliwości (dowód 1 i 4). Dodatkowo wykazano, że właściwości ochronne grafenu mogą mieć zastosowanie w zakresie bezpieczeństwa dziedzictwa kulturowego (dowód 2).

Spektakularnym sukcesem na skalę światową badań realizowanych na WFPW nad zastosowaniem grafenu było opracowanie nowej metody ochrony przed niechcianym promieniowaniem elektromagnetycznym w otoczeniu, poprzez zastosowanie nowatorskiego materiału zawierającego grafen (osiągnięcie 1-5). Motywacją do badań naukowych w tym zakresie było zapotrzebowanie globalnego rynku na nowe materiały do ochrony przed niepożądanym promieniowaniem elektromagnetycznym (EM). Dotychczasowe rozwiązania ochraniają obiekty poprzez odbijanie fal EM, przy czym niepożądane promieniowanie pozostaje nadal w otoczeniu.

Osiągnięciem WFPW było wyprodukowanie nowego materiału kompozytowego, który oparty jest na grafenie płatkowym umieszczonym w matrycy polimerowej (dowód 3). Materiał ten pozwala zablokować ponad 99.99% promieniowania EM w szerokim zakresie (od mikrofal do THz) i przy tym jest elastyczny i lekki. Co najistotniejsze materiał ten nie odbija a pochłania promieniowanie EM umożliwiając jego eliminowanie z otoczenia poprzez jego efektywną absorpcję. Nowy materiał może całkowicie zastąpić materiały ekranujące podobne do metali i zmniejszyć zanieczyszczenie EM, jednocześnie redukując wagę i obniżając koszty tego typu powłok a dodatkowo zwiększając odporność na korozję.

Rola podmiotu

Zespół naukowy z WFPW (prof. M. Zdrojek, dr A. Dużyńska, dr. A. Łapińska, dr hab. J. Judek, dr K. Żerańska-Chudek, studenci i doktoranci) jest głównym autorem nowej technologii produkcji grafenu i wykorzystania go do innowacyjnych kompozytów. Badania właściwości grafenu i jego potencjalnych zastosowań, prowadzone są na WFPW od 2010 r. Konsekwencją dużego potencjału aplikacyjnego tych badań było utworzenie przez pracowników WFPW firmy typu spin-off (nanoEMI, 2015), która do dziś zajmuje się wdrażaniem nowych technologii opartych na grafenie, na skalę międzynarodową. W uznaniu wiodącej pozycji naukowej w Polsce międzynarodowe środowisko naukowe zaprosiło zespół WFP do konsorcjum Graphene Flagship. Innowacyjność badań była również wielokrotnie wysoko oceniana przez ekspertów oceniających wnioski w prestiżowych konkursach organizowanych przez EU, FNP i NCBR. Dodatkowo WFPW nawiązał współpracę w zakresie rozwoju i wdrażania rozwiązań u partnerów przemysłowych w Polsce i za granicą.

Wpływ

Wiodącym obszarem wpływu działalności naukowej WFPW, związanej z opisywanym osiągnięciem, jest otoczenie gospodarcze, ale przedstawione dowody wskazują również wpływ na obszar kultury i sztuki, ochrony środowiska naturalnego czy też bezpieczeństwa. Opracowanie na WFPW unikatowej, skalowalnej, technologii produkcji wysokiej jakości

grafenu skutkowało zasadniczą zmianą w podejściu do zastosowań materiałów grafenowych i umożliwiło wprowadzenie nowych rozwiązań praktycznych posiadających przełomowy wpływ i globalny zasięg.

Korzyści dla obszaru gospodarczego z opracowanej technologii produkcji grafenu płatkowego oraz innowacyjnej aplikacji tego grafenu w kompozytach grafenowych to:

(1) Wdrożenie technologii produkcji grafenu i innowacyjnego kompozytu grafenowego do sprzedaży przez firmę spin-off przyczynia się do rozwoju innowacyjnej gospodarki i przynosi korzyści ekonomiczne. Opracowana technologia, dzięki dużej skali i niskim kosztom produkcji, umożliwia wytwarzanie grafenu na sprzedaż i zastosowania przemysłowe. Opracowany kompozyt służy do ochrony przed niepożądanym promieniowaniem elektromagnetycznym. Odbiorcami są klienci krajowi i zagraniczni. Zasięg: globalny. [dowód 3]

(2) Opracowanie i rozwój technologii druku tuszami grafenowymi do zabezpieczania papierów wartościowych i dokumentów w ramach współpracy z Państwową spółką. Pokazano, że grafen płatkowy jest idealnym materiałem do druku ścieżek przewodzących i zabezpieczeń produktów dostarczanych przez PWPW. Zasięg: krajowy. [dowód 1]

(3) Rozwój technologii wykorzystującej grafen do produkcji urządzeń wysokich częstotliwości używanych w przemyśle samochodowym we współpracy z ośrodkiem badawczym w Chinach – Hebei Semiconductor RI oraz z firmą krajową ENT SA. Opracowana technologia wdrażana jest w radarach nowej generacji, nad którymi pracuje światowy przemysł samochodowy. Zasięg: globalny. [dowód 1 i 4]

(4) Stworzenie nowych miejsc pracy w firmie nanoEMI. Spółka korzystająca z osiągnięć zespołu WFPW inwestuje w rozwój działalności, m. in. poprzez stworzenie nowych miejsc pracy (6 osób) i planuje dalszy rozwój technologii. Zasięg: lokalny. [dowód 3]

(5) Sprzedaż wiedzy powstałej na WFPW na rynek, czyli komercjalizacja bezpośrednia. Firma nanoEMI kupiła know-how dotyczący metodologii wytwarzania kompozytów termoplastycznych zawierających grafen. Zasięg: lokalny [dowód 2]

(6) Implementacja koncepcji kompozytów grafenowych, dzięki której stworzono materiały, które wykorzystuje się w technologii druku 3D. Daje to możliwość druku 3D z wykorzystaniem przewodzących elektrycznie kompozytów. Światowy przemysł druku 3D oczekuje takiej możliwości w swojej działalności. Wpływ opracowany we współpracy z firmą omni3D. Wpływ przyczynia się do rozwoju innowacyjnej gospodarki. Zasięg: krajowy [dowód 4]

(7) Użycie grafenu do zabezpieczania i konserwacji eksponatów muzealnych w ramach współpracy z Muzeum Pałacu Króla Jana III. Badania wykazały, że cienka i przezroczysta warstwa węgla wykorzystana jako pokrycie eksponatów muzealnych chroni przed działaniem otoczenia. Trwają prace wdrożeniowe. Zasięg: krajowy [dowód 2].

Społeczne, środowiskowe i kulturowe korzyści raportowanych osiągnięć to:

(1) Wpływ przejawia się poprzez popularno-naukowe doniesienia (praca, radio, internet) dotyczące wyników działalności naukowej i jak mogą one wpłynąć na wzrost gospodarczy i poprawę warunków życia. [dowód 5]

(2) Wpływ przejawia się również poprzez wyrażenie uznania otoczenia społeczno-gospodarczego dla prezentowanych osiągnięć: nasza spółka znalazła się w gronie 3 finalistów Nagrody Gospodarczej Prezydenta RP w kategorii Polski Startup w 2020 roku oraz nasza spółka wygrała etap krajowy konkursu Central European Startup Awards w sektorze IoT w 2020.

(3) Zaproszenie do europejskiego konsorcjum Graphene Flagship jako jedyną jednostkę naukową reprezentującą Polskę należy uznać za dowód wpływu o zasięgu międzynarodowym. [dowód 5]

(4) Wprowadzenie nowego mechanizmu ochrony przed promieniowaniem, czyli absorpcji spowodowało, że materiał, który absorbuje promieniowanie umożliwiła zamianę obecnie w tym celu stosowanych na świecie ekranów metalowych, tylko odbijające promieniowanie. Przyczynia się do wpływu na środowisko, z którego zaproponowany materiał może usuwać elektromog, zamiast go przenosić w inne miejsce tak jak to się dzieje obecnie. [dowód 3]

(5) Koncepcja użycia grafenu do zabezpieczania i konserwacji eksponatów muzealnych znalazła uznanie Międzynarodowej Rady Muzeów. Wpłynęło to na rozważenie nowej metodyki zabezpieczeń dziedzictwa kulturowego kraju, w szczególności muzeów [dowód 2]. Dowód działania grafenu jako warstwy ochronnej dla eksponatu muzealnego (<https://nano.fizyka.pw.edu.pl/2018/10/02/film-doswiadczenie-pokazujace-jak-grafen-chroni-powierzchnie-srebra-moneta-przed-dzialaniem-substancji-silnie-zraccj>)

Beneficjentami opisanego wpływu są podmioty gospodarcze, społeczeństwo, studenci, doktoranci, przyszła kadra dla polskiego przemysłu, krajowe i międzynarodowe środowisko naukowe