Załącznik 2

Autoreferat, przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych, w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

dr inż. Adam Krasuski
Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego

5 marca 2019 r.

dr inż. Adam Krasuski

Załącznik 2

1. Dane habilitanta

Adam Krasuski, ur. 20.02.1976 r. w Węgrowie

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

doktor nauk technicznych

- 2010 r. Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki. Doktor nauk technicznych w dyscyplinie Informatyka. Tytuł rozprawy doktorskiej: *Usługi katalogowe w architekturze rozproszonej bazy danych w procesie wspomagania podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej.*

inżynier

- 2003 r. Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, specjalność: Inżynieria Sterowania.

magister inżynier

- 2001 r. Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

XII 2010 – obecnie

- adiunkt w Zakładzie Matematyki i Informatyki w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (w latach 2016-2018 Kierownik Zakładu, od 2018 r. Kierownik Katedry Nauk Ścisłych)

V 2011 – VI 2013

- asystent w projekcie SYNAT Wydział Matematyki Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego.

VII 2001 – XII 2010

- asystent w Zakładzie Informatyki i Łączności w Szkole Głównej Służby Pożarniczej.

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2013 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 ze zm.)

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego:

Moje główne osiągnięcie naukowe, które przedstawiam do oceny w postępowaniu habilitacyjnym stanowi monografia pt.: *Multisimulation: Stochastic Simulations for the Assessment of Building Fire Safety*. Wydawnictwo Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Warszawa 2019. Strony 1-202 (11 arkuszy wydawniczych) ISBN: 978-83-952375-1-5.

4.2 Omówienie celu naukowego i wyników prac stanowiących osiągnięcie naukowe zgłoszone do postępowania habilitacyjnego

4.2.1 Kontekst problemu oraz motywacja

Rozwój przemysłu zapoczątkowany w XIX wieku, wywarł istotny wpływ na środowisko naturalne. W zakresie negatywnym, oprócz zmniejszenia obszarów naturalnych i zmian ukształtowania terenu, postęp cywilizacyjny pogorszył również warunki bytowe i jakość życia człowieka [1]. Nastąpił wzrost liczby oraz intensywności chorób charakteryzowanych jako cywilizacyjne [2].

Szereg inicjatyw zostało podjętych celem zmniejszenia negatywnych skutków ingerencji człowieka w środowisko. Wymienić tutaj można politykę rolną, gospodarkę odpadami, rozwiązania prawne, jak również akcje podnoszące świadomość społeczną. Poszukiwaniem rozwiązań w zakresie metod inżynierskich i technicznych, dążących do zachowania środowiska przyrodniczego w stanie równowagi oraz ochrony zdrowia publicznego, zajęła się nowa dziedzina – *inżynieria środowiska* [3].

Inżynieria środowiska jest dziedziną inżynierską zajmującą się zastosowaniem naukowych i inżynierskich metod do ochrony ludzkiej populacji przed negatywnymi zmianami środowiska, a także ochroną samego środowiska [4]. W centrum zainteresowań znalazły się takie obszary jak budownictwo, przemysł i rolnictwo. W obszarze budownictwa i przemysłu, inżynieria środowiska poszukuje rozwiązań w zakresie oszczędności energii, racjonalnego zużycia surowców, minimalizacji zanieczyszczeń, zapewnienia bezpieczeństwa ekologicznego, ochrony elementów środowiska przyrodniczego, ale również ochrony i kształtowania wewnętrznego pomieszczeń i obiektów budowlanych [5].

Inżynieria środowiska pozostaje w ścisłej relacji z inżynierią bezpieczeństwa pożarowego (IBP). Zbieżność celów – ochrona ludzi i środowiska; stosowanych metod – analiza ryzyka oraz obszarów zainteresowań – budownictwo i przemysł – powoduje, że IBP uznaje się za obszar inżynierii środowiska. Jest to również odzwierciedlone w ramach klasyfikacji OECD. IBP nie stanowi odrębnej dyscypliny naukowej [6]. Wiele polskich uczelni technicznych kształci w specjalizacji inżynieria bezpieczeństwa w ramach kierunku inżynieria środowiska.

W obszarze zainteresowań IBP – jak również wywieranego wpływu – pozostaje budownictwo oraz przemysł. Tak jak inżynieria środowiska, IBP stara się poszukiwać rozwiązań inżynierskich

mających na celu ochronę ludzi, mienia oraz środowiska przed zagrożeniami. Skupia się też na zagrożeniach powodowanych przez pożary.

Rozwiązania z zakresu IBP ingerują w układ architektoniczny budynku, podział wewnętrzny pomieszczeń oraz otoczenie. IBP analizuje ryzyko związane wykorzystaniem materiałów budowlanych w zakresie reakcji na temperaturę, ale również produktów powstających w wyniku rozkładu termicznego tych materiałów. Toksyczność produktów spalania jest analizowana zarówno pod kątem szkodliwości dla ludzi, ale i wpływu na środowisko naturalne.

Procesy technologiczne stosowane w przemyśle są analizowane w ramach IBP pod kątem awaryjnego wydzielenia się różnych substancji chemicznych i materiałów radioaktywnych na skutek pożaru. Niepewność długofalowych skutków ingerencji człowieka w środowisko oraz stosunkowo rzadkie i trudne do ocenienia konsekwencje pożaru, powodują, że zarówno w inżynierii środowiska, jak i IBP istnieje potrzeba użycia metod z zakresu analizy ryzyka.

Obecnie inżynierska ocena skutków pożaru na ludzi i środowisko w IBP, bazuje na modelowaniu deterministycznym poprzedzonym analizą scenariuszową [7]. Eksperci, w oparciu o swoje doświadczenie, dokonują wyboru kilku scenariuszy pożarowych, które analizowane są dokładnie za pomocą komputerowych modeli rozwoju pożaru. Jednakże brak możliwości precyzyjnego określenia prawdopodobieństwa poszczególnych scenariuszy, jak również podatność ludzka na błędy poznawcze [8] powodują, że wyniki takiej analizy obarczone są dużą niepewnością [7]. Skutkuje to ewentualnymi dużo większymi stratami w ludziach i obciążeniu środowiska na skutek pożaru lub nieracjonalną gospodarką materiałami (przeszacowanie ochrony).

Dużo lepsze efekty w doborze rozwiązań z zakresu ochrony przeciwpożarowej daje analiza ryzyka bazująca na podejściu ilościowym – w szczególności probabilistyczna analiza ryzyka pożarowego [9].

Jednakże aplikacja ilościowej analizy ryzyka pożarowego jest obecnie ograniczona przez:

1. Brak zintegrowanej metodyki pozwalającej na całościową analizę problemu oceny ryzyka.
2. Brak lub utrudniony dostęp do danych z zakresu rozkładów prawdopodobieństwa systemów i elementów podlegających ocenie.
3. Duże koszty obliczeniowe wynikające ze złożoności problemu lub liczby symulacji koniecznej do aproksymacji wartości z określonym błędem.
4. Problemy z komunikacją ryzyka wynikające z braku zdefiniowanej bezwzględnej lub referencyjnej wartości ryzyka tolerowanego lub akceptowalnego.
5. Brak narzędzi umożliwiających sporządzenie całościowych i praktycznych analiz.

Celem pracy było dostarczenie kompletnej metodyki oceny bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych bazującej na ilościowym podejściu do analizy ryzyka pożarowego oraz statystycznej

teorii decyzji – regulującej postępowanie z obliczonym ryzykiem. Dodatkowo celem była implementacja opracowanej metodyki w postaci oprogramowania komputerowego oraz jej weryfikacja na rzeczywistych przypadkach oceny bezpieczeństwa pożarowego.

Osiągnięcie głównego celu pracy wymagało realizacji szeregu celów szczegółowych – rozwiązania problemów w następujących dziedzinach:

1. Analizy ryzyka.
2. Eksploracji danych i tekstów.
3. Symulacji stochastycznych.
4. Optymalizacji obliczeniowej.
5. Komputerowego modelowania rozwoju pożaru.
6. Komputerowego modelowania ewakuacji.
7. Modelowania interwencji straży pożarnej.
8. Teorii decyzji i metod wartościowania ryzyka.

Proponowana metodyka oceny ryzyka pożarowego oraz rozwiązania do wymienionych problemów szczegółowych przedstawiłem w monografii zatytułowanej *Multisimulation: Stochastic Simulations for the Assessment of Building Fire Safety*.

4.2.2 Omówienie wyników prac stanowiących osiągnięcie naukowe

Zjawisko pożaru w budynkach charakteryzuje się bardzo dużą złożonością wynikającą z różnorodności spalanych materiałów, jak również zróżnicowanego dostępu powietrza (powierzchnia nieszczelności czy też otwarcie drzwi lub okien). Mimo to odnotowywany jest ciągły postęp w rozumieniu tego zjawiska, jego wpływu na budynki oraz reakcję ludzi i systemów bezpieczeństwa [10].

Analiza pożaru w ujęciu deterministycznym jest tematem badań wielu ośrodków naukowych. Natomiast aspekt niepewności związany z dużą losowością powstania i skutków pożaru, przyciąga mniejszą uwagę [10]. Obecnie modelowanie deterministyczne pozwala precyzyjnie przewidzieć rozwój pożaru o zdefiniowanych parametrach brzegowych [11]. Jednakże nie jest w stanie w pełni ocenić bezpieczeństwa ludzi oraz wpływu pożaru na środowisko naturalne [12]. Wynika to z bardzo dużej niepewności rozpoczynając od tego, kiedy i gdzie pożar może wystąpić, poprzez reakcję ludzi i systemów bezpieczeństwa na pożar, aż do finalnych skutków pożaru.

W związku z tym, że wybór niereprezentatywnego scenariusza pożaru może mieć większy wpływ na ocenę bezpieczeństwa pożarowego budynku niż brak precyzji w odwzorowaniu tego

scenariusza, konieczne jest, aby niepewność związana z wyborem scenariuszy była jawnie szacowana.

Moja motywacja do poszukiwania rozwiązań mających na celu oszacowanie bezpieczeństwa ludzi – z punktu widzenia zagrożeń pożarowych uwzględniających niepewność – została zainicjowana w trakcie realizacji projektu badawczo-rozwojowego finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Projekt miał na celu komputerowe wspomaganie kierującego działaniami ratowniczymi na miejscu akcji. W trakcie testów pożarów w skali rzeczywistej, nie udało się przewidzieć sposobu rozwoju pożaru z wystarczającą precyzją, mimo tego że była znana dokładna geometria budynku i lokalizacja pożaru wraz z pomiarem w czasie rzeczywistym wielu jego parametrów. W każdym teście, wydawałoby się drobne czynniki losowe, decydowały, że modele predykcji miały niską skuteczność [13], [14].

Wnioski z tego projektu kontrastowały bardzo mocno z inżynierskim podejściem do projektowania budynków w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Obecnie ocena inżynierska bezpieczeństwa pożarowego budynku bazuje na kilku arbitralnie wybranych przez inżynierów scenariuszach pożarowych [15]. A następnie ocenie, czy w ramach tych scenariuszy czas potrzebny na ewakuację jest krótszy niż czas, w którym ta ewakuacja jest możliwa [16]. Taka ocena w porównania do podejmowania decyzji na miejscu akcji generuje dodatkowe niepewności: pożar jeszcze nie wystąpił, budynek jeszcze nie istnieje, a inżynier nie brał udziału w żadnej akcji. Mimo to zakłada się, że właśnie w taki sposób pożar będzie się rozwijał i na tej podstawie ocenia bezpieczeństwo.

Powyższa sytuacja skłoniła mnie do poszukiwania rozwiązań jawnie szacujących niepewność związaną z obliczeniami w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. Zgodnie z literaturą, właściwą metodą do szacowania niepewności związanej z powstaniem oraz skutkami pożaru jest ryzyko [12], [17], [18], [19].

Dokonując przeglądu literatury oceniłem, że mimo istnienia wielu podejść do problemu, nadal brak jest zintegrowanej metodologii do realizacji analizy ryzyka pożarowego, jak również narzędzi wspierających realizację praktycznych analiz. Wnioski te zawarłem we wstępie monografii będącej przedmiotem oceny.

Istnieje wiele metod oceny ryzyka pożarowego [20-24]. W zbiorze tym, metody probabilistyczne uważane są jako najbardziej zaawansowane [9]. Jednak złożoność zjawiska pożaru oraz samej dziedziny oceny ryzyka, znacznie ogranicza szersze rozpowszechnienie metod probabilistycznych. Dlatego zostało zaproponowanych wiele rozwiązań aproksymacyjnych [25-28]. W rozdziale monografii zatytułowanym *Risk assessment* dokonałem przeglądu istniejących metod oraz oceniłem ich przydatność w zakresie analizy ryzyka pożarowego. Rozdział zawiera ocenę zarówno podejść jakościowych, jak i ilościowych do oceny ryzyka. W szczególności skupiłem się na ocenie proponowanych metod probabilistycznych.

W ramach podsumowania przeglądu literatury stwierdzam, że dostępne metody oraz narzędzia nie nadają się do praktycznego zastosowania w problemach inżynierskich. Dziedziną, którą rozważałem było projektowanie budynków. Istniejące podejścia są luźno zintegrowane oraz bardzo złożone, uniemożliwiając realizację praktycznych analiz. Potrzebują bardzo dużych (niedostępnych dla zwykłego inżyniera) mocy obliczeniowych oraz wymagają ręcznego przygotowania danych wejściowych, a także obróbki wyników.

Przeglądu istniejących metod dokonałem rosnąco pod względem zaawansowania oraz potencjału jaki niesie za sobą ich wykorzystanie. Takie uszeregowanie pozwoliło na pokazanie kierunku, w jakim powinna rozwijać się analiza ryzyka pożarowego – symulacji stochastycznych [29]. Ocena ryzyka bazująca na symulacjach stochastycznych ma olbrzymi potencjał, a zarazem jest prosta, bardzo elastyczna i bezpośrednia. Niekiedy symulacje stochastyczne są jedyną praktyczną metodą rozwiązania problemu [30].

W kolejnym rozdziale – *Monte Carlo simulations* – zdefiniowałem podstawy matematyczne metody aproksymacji ryzyka pożarowego bazującego na symulacjach stochastycznych, w szczególności metodzie Monte Carlo [31]. Omówiłem prawa definiujące zbieżność symulacji w kierunku estymowanej wartości, a także podstawowe czynniki definiujące prędkość tej zbieżności. Wyprowadziłem zależności pozwalające na oszacowanie niepewności estymowanej wartości, w funkcji liczby symulacji oraz estymatora wariancji populacji. Zdefiniowałem, na podstawie literatury, sposób szacowania średniej, prawdopodobieństwa oraz kwantyli za pomocą symulacji stochastycznej oraz liczenia niepewności dla każdego z tych parametrów. Następnie omówiłem, metody próbkowania pozwalające na przyspieszenie zbieżności symulacji stochastycznych. Zdefiniowałem metodę liczenia kosztów obliczeniowych uwzględniającą liczbę symulacji oraz koszt pojedynczej symulacji. W dalszej kolejności omówiłem metody przyspieszenia zbieżności bazujące na redukcji wariancji. W dyskusji skupiłem się na metodach stratyfikowanego próbkowania, w szczególności metodzie Latin Hypercube Sampling [32]. Rozdział podsumowałem definiując metodykę próbkowania w ramach symulacji stochastycznych oraz sposób szacowania niepewności aproksymowanej wartości.

W związku z tym, że jednym z głównych problemów w zastosowaniu analizy ryzyka do celów pożarowych są problemy z komunikacją ryzyka, kolejny rozdział monografii – *Introductory Survey of Decision Theory* – poświeciłem przeglądowi metod podejmowania decyzji. Miało to na celu wyznaczenie i opracowania podstaw do metodyki decydowania na podstawie ryzyka. Obliczone za pomocą symulacji stochastycznych ryzyko jest trudne w interpretacji. Brak jest ogólnie akceptowalnych wartości ryzyka bezwzględnego lub zdefiniowanych wartości referencyjnych. Dlatego poszukując metod decydowania na podstawie ryzyka omówiłem zarówno normatywną, opisową, jak i nakazową teorię decyzji [33]. Dyskusja metod z zakresu opisowej teorii decyzji pozwoliła również lepiej umocować ilościowe podejście do analizy ryzyka jako wolne od heurystyk i stronniczości, charakteryzujących jakościowe metody eksperckie [8], [34]. Finalnie omówiłem i zaproponowałem „statystyczną teorię decyzji" jako metodę podejmowania

decyzji przy obliczonych wartościach ryzyka [35]. W podsumowaniu zdefiniowałem również sposób liczenia niepewności związanej z podjętą na podstawie ryzyka decyzją. Użyłem do tego celu analizy wrażliwości [36].

Omówione podstawy teoretyczne w zakresie aproksymacji ryzyka za pomocą symulacji stochastycznych, a później metod decydowania na podstawie tego ryzyka, pozwoliły na zdefiniowanie przeze mnie autorskiej metodyki szacowania i zarządzania ryzykiem nazwanej multisymulacje. Główne idee tej metodyki zawarłem w rozdziale *Multisimulation*. Multisymulacje to zintegrowana metodyka ilościowej analizy ryzyka pożarowego. Jej celem jest ocena bezpieczeństwa ludzi w budynku na wypadek pożaru. Nazwa multisymulacje pochodzi od idei realizacji (wielu) symulacji stochastycznych na zbiorze modeli deterministycznych. Modele występujące w multisymulacjach to: model rozwoju pożaru, model ewakuacji, modele wpływu toksyczności dymu, temperatury i promieniowania cieplnego na ewakuujące się osoby, model interwencji straży pożarnej, model stateczności budynku oraz inne. Ogółem multisymulacje to zbiór modeli deterministycznych istotnych z punktu widzenia wpływu pożaru na ludzi, mienie i środowisko pracujących w reżimie symulacji stochastycznych. W rozdziale tym zdefiniowałem podstawy teoretyczne, zarówno naukowe jak i techniczne, pozwalające na realizację multisymulacji, oraz ramy definiujące poprawność otrzymywanych wartości ryzyka. Następnie omówiłem definicję parametrów wejściowych do multisymulacji w zakresie stałych, zmiennych losowych oraz zmiennych losowych zależnych. Omówiłem ponadto schemat zależności pomiędzy poszczególnymi modelami deterministycznymi składającymi się na multisymulacje. W dalszej części zamieściłem dyskusję parametrów wyjściowych otrzymywanych z multisymulacji oraz sposób ich wykorzystania do oceny bezpieczeństwa pożarowego ludzi w budynku. W niniejszym rozdziale wymieniłem rozkład dostępnego i wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji oraz liczenie na ich podstawie niezawodności metodą β. Zdefiniowałem wskaźnik śmiertelności, rozkład zasięgu widzialności, zejścia warstwy dymu i inne parametry wyjściowe. Parametry omówiłem w kontekście ich użycia do oceny bezpieczeństwa budynku i eksploracji przyczyn ewentualnej porażki. Następnie omówiłem sposób liczenia ryzyka dla ludzi na skutek pożaru w budynku. Przedstawiłem ryzyko wynikające z toksyczności produktów pożaru, temperatury oraz stateczności budynku. Metody szacowania ryzyka zostały zaprezentowane zarówno w ujęciu ryzyka indywidualnego, jak i grupowego [37]. Rozdział *Multisimulation* podsumowałem propozycją metody szacowania niepewności dla wyników końcowych multisymulacji. Niepewność wyników otrzymanych z multisymulacji jest składową niepewności parametrów wejściowych, niedokładności modeli deterministycznych oraz aproksymacji *Monte Carlo*.

W rozdziale *Aamks software* przedstawiłem oprogramowanie o nazwie Aamks, realizujące koncepcję multisymulacji. Rozdział zawiera opis poszczególnych modułów programu oraz ogólną zasadę ich funkcjonowania. Wymienione zostały: moduł geometrii, moduł Monte Carlo, moduł symulatora pożaru, moduł symulatora ewakuacji, interfejs graficzny, moduł opracowywania wyników, moduł architektury grid oraz instalator. Źródła programu są dostępne na

https://github.com/aamks. Natomiast wersja demonstracyjna udostępniona jest pod adresem https://aamks.inf.sgsp.edu.pl.

Pierwszą wersję oprogramowania stworzyłem samodzielnie w środowisku *R*. Następnie dołączyli Karol Kreński oraz Mateusz Fliszkiewicz. Program został przepisany do języka Python oraz wyposażony w webowy interfejs graficzny. W ramach rozwoju oprogramowania byłem odpowiedzialny za jego ogólną koncepcję oraz realizację silnika oprogramowania. Karol Kreński był odpowiedzialny za zbudowanie modułu do tworzenia i przetwarzania geometrii oraz animacji wyników symulacji. Dodatkowo dokonał usprawnienia obliczeniowego wielu modułów, m.in. optymalizację zapytań do bazy oraz teselację. Mateusz Fliszkiewicz był odpowiedzialny za graficzny interfejs użytkownika oraz plug-in do programu AutoCAD pozwalający na stworzenie modeli 3D budynków.

Koncepcja multisymulacji, przedstawiona w rozdziale *Multisimulation*, stanowiła teoretyczne podstawy metody. Jednak, aby zrealizować oprogramowanie implementujące metodykę należało rozwiązać jeszcze szereg dodatkowych aspektów wymienionych między innymi w punkcie 4.2.1 autoreferatu. Dodatkowo budowa konkretnych modeli określonych w metodyce wymagała opracowania wielu nowych rozwiązań implementacyjnych biorących pod uwagę kwestie wydajnościowe. Ponadto, brak danych wejściowych do multisymulacji, w postaci rozkładów prawdopodobieństwa, wymuszał użycie metod z zakresu eksploracji danych lub tekstu. Kolejne rozdziały przedstawiają zatem sposób realizacji wymienionych aspektów.

W rozdziale *Stochastic Fire Modeling* opisałem sposób realizacji symulacji stochastycznych w modelowaniu pożaru. Aproksymacja modelowanej wartości za pomocą symulacji Monte Carlo oraz dokonanie pełnej eksploracji możliwych scenariuszy pożarowych w budynku, wymaga paru tysięcy deterministycznych symulacji pożaru [38]. Obecnie stosowane modele polowe nie są w stanie wykonać takiej liczby symulacji w akceptowalnym czasie. Czas jednej symulacji w modelu polowym trwa od 36 do 120 h w zależności od złożoności budynku i zasobów obliczeniowych. Wykonanie paru tysięcy symulacji trwałoby paręset tysięcy godzin. Takie wartości wykluczają użycie powyższego programu do praktycznych problemów. Dlatego zaproponowałem wykorzystanie prostszych modeli strefowych, do wykonania wymaganej liczby symulacji. Podejście to pozwala bardzo dobrze przybliżyć wszystkie scenariusze pożarowe jakie mogą wystąpić w budynku. Przy czym czas realizacji paru tysięcy symulacji na modelu strefowym trwa około 36 h. Celem minimalizacji błędów wynikających z zastosowania modelu strefowego, zaproponowałem metodę korekcji wyników dokładniejszymi modelami bazującą na podejściu Two-model Monte Carlo [39].

W rozdziale *Stochastic Fire Modeling* omówiłem dwustrefowy model pożaru CFAST, będący podstawą multisymulacji [40]. Omówiłem główne idee modelowania strefowego oraz ich ograniczenia. W dalszej kolejności omówiłem sposób wykorzystania modelu strefowego do

generowania symulacji stochastycznych. Przedstawiłem definiowanie parametrów wejściowych z podziałem na stałe, zmienne, zmienne zależne oraz zmienne losowe.

Omówiłem również metody partycjonowania modelowanej przestrzeni, celem szybszej realizacji zapytań o parametry środowiska pożaru. Podsumowanie rozdziału stanowi sposób liczenia niepewności wynikających z użycia modelu strefowego.

Określenie wartości ryzyka wymaga oszacowania prawdopodobieństwa poszczególnych scenariuszy oraz strat z nimi związanych. Zaproponowałem liczenie strat jako funkcję ekspozycji ludzi na szkodliwe parametry pożaru w odniesieniu do dawki skutecznej powodującej negatywne skutki dla zdrowia i życia. Przyjęta miara to cząstkowa dawka skuteczna, liczona dla toksycznych produktów spalania, jak również temperatury i promieniowania cieplnego. W zakresie toksyczności dawkę skuteczną określiłem na podstawie ekspozycji na tlenek węgla, cyjanowodór oraz chlorowodór [41]. Uwzględniłem również efekt zwiększonej częstości oddechów spowodowanych podwyższonym stężeniem dwutlenku węgla oraz efekt duszący wynikający z niższego stężenia tlenu. W odniesieniu do strat spowodowanych wpływem temperatury i promieniowania, konsekwencje oceniłem w odniesieniu do energii potrzebnej na rozkład tkanki oraz stopnia poparzeń [42]. Wartości stężeń analizowanych substancji, temperatury i promieniowania są dostępne w omawianym powyżej modelu pożaru. Jednak w celu oszacowania jaki mogą mieć wpływ na ewakuujące się osoby w ramach danego scenariusza, należało opracować model ewakuacji. Model taki musi współpracować z modelem rozwoju pożaru. W związku z tym, że nie było modeli ewakuacji, które potrafiłyby realizować modelowanie w dwustrefowym modelu pożaru, opracowałem założenia oraz zaimplementowałem własny model ewakuacji.

W rozdziale *Stochastic Evacuation Modeling* przedstawiłem założenia dla wieloagentowego modelu ewakuacji oraz sposób realizacji poszczególnych aspektów ewakuacji. W rozdziale tym omówiłem generowanie i definiowanie geometrii dla modelu ewakuacji, a w dalszej kolejności metodę globalnej nawigacji agentów w budynku, bazującą na *Navigation Meshes* oraz metodach wygładzania ścieżek. Omówiłem sposób rozwiązywania kolizji między agentami lub przeszkodami bazujący na liniowym programowaniu oraz optymalnym wyznaczaniu prędkości bezkolizyjnej [43]. Przedstawiłem metody interakcji agentów ze środowiskiem pożaru powodujących zmianę prędkości w funkcji gęstości optycznej dymu oraz obliczanie dawek skutecznych poszczególnych elementów i sumarycznej cząstkowej dawki skutecznej. W dalszej kolejności opisałem sposób realizacji symulacji stochastycznych na opracowanym modelu ewakuacji, określając parametry wejściowe, generowane wyniki oraz aspekty wydajności obliczeniowej. Rozdział podsumowałem raportem z testów modelu ewakuacji zgodnie z ogólnie stosowaną metodyką testowania [44]. Poprawność modelu została dodatkowo zweryfikowana przez publikację w czasopiśmie „Fire Technology" [45].

W kolejnym rozdziale *Stochastic Fire and Rescue Service Intervention* przedstawiłem stochastyczny model interwencji straży pożarnej. W modelowaniu deterministycznym interwencja straży pożarnej uwzględniana jest najczęściej przez czas dojazdu pierwszej jednostki. Zakłada się następnie, że po przyjeździe straży, pożar zostanie skutecznie ugaszony. W stochastycznym modelu interwencji straży pożarnej, który zaproponowałem, zakładam, że straż nie zawsze przyjedzie w określonym czasie, jak również nie zawsze pierwsze jednostki są w stanie ugasić pożar. Na początku rozdziału zdefiniowałem typowe składowe działań straży pożarnej podczas interwencji. Następnie, za pomocą danych zgromadzonych w systemie ewidencji zdarzeń, w których interweniowała straż pożarna, określiłem rozkłady prawdopodobieństwa tych składowych. Składowe te, charakteryzowane przez zmienne losowe, definiowały czynności ratownicze, począwszy od czasu alarmowania, a skończywszy na czasie dotarcia ekip ratowniczych do pożaru. Wymienione składowe były definiowanie w symulacjach stochastycznych poprzez próbkowanie z opracowanych rozkładów prawdopodobieństwa. Natomiast model przeszukiwania budynku oraz gaszenia został zdefiniowany w postaci zależności fizycznych. Czas przeszukiwania oraz ewakuacji interwencyjnej został zrealizowany przez dodanie do modelu ewakuacji odpowiedniego agenta reprezentującego strażaka. Poruszał się on w budynku zgodnie z taktyką działań i skracał czas do podjęcia ewakuacji osób znajdujących się pokojach. Model gaszenia uwzględniał efektywność gaśniczą prądownic strażackich oraz porównywał ją z mocą pożaru wyliczoną przez model rozwoju pożaru w momencie dotarcia straży. W zależności od relacji skuteczności gaśniczej oraz aktualnej mocy pożaru możliwe były trzy sytuacje: brak wpływu na pożar, zatrzymanie rozprzestrzeniania się oraz ugaszenie pożaru.

Jednym z wymienionych ograniczeń w użyciu ilościowej analizy ryzyka do celów oceny bezpieczeństwa pożarowego jest brak parametrów wejściowych w postaci rozkładu prawdopodobieństwa. W związku z tym w pracy zawarłem rozdział *Data Acquisition for Probabilistic Risk Assessment* dotyczący opracowywania danych do celów definiowania rozkładów wejściowych dla multisymlacji. Rozdział zawiera opis metod dopasowania rozkładu do danych, ale również grupowania danych rzeczywistych w zbiory podobnych do siebie obiektów (klastry). Zbiory podobnych do siebie obiektów wykorzystywane były w dalszej kolejności do wyznaczenia rozkładów statystycznych parametrów populacji. W dalszej kolejności omówiłem metody grupowania danych tabelarycznych i tekstowych. Przedstawione przykłady wyznaczania parametrów rozkładu omówiłem na zbiorze interwencji straży pożarnej.

W kolejnym rozdziale *Risk Ranking* zaproponowałem i omówiłem metody postępowania z obliczonym ryzykiem zgodnie z przytoczoną wcześniej teorią decyzji. Omówiłem porównanie ryzyka z wartościami bezwzględnymi w postaci śmierci z powodów naturalnych, definiowanych przez [10], [17], [46]. Następnie zaprezentowałem metodę obliczenia wartości ryzyka akceptowalnego przez dane społeczeństwo. Metoda polegała na założeniu, że poziom ryzyka akceptowalnego w danej społeczności zdefiniowany jest poprzez przepisy przeciwpożarowe oraz posiada swoje odzwierciedlenie w danych pożarowych. Przedstawiłem metodę podejmowania

decyzji uwzględniającą koszty inwestycji w bezpieczeństwo oraz statystyczną teorię decyzji. Na końcu przedstawiłem metodę podejmowania decyzji bazującą na akceptowalnych przez społeczeństwo kosztach zapewnienia bezpieczeństwa. Bazowała ona na przeglądzie projektów mających na celu zmniejszenie śmiertelności oraz obliczenia ich efektywności w ujęciu finansowym.

Końcowy rozdział pracy *Case Study – a Hotel Building* to opis zastosowania multisymulacji na przykładowym budynku. Przedstawiłem w nim sposób doboru rozwiązań zamiennych przy zmianie kategorii użytkowania – z budynku biurowego na hotel. Studium przypadku zawiera opis problemu, zbiór możliwych wariantów decyzyjnych, obliczenie ryzyka oraz wybór optymalnego wariantu decyzyjnego. W rozdziale tym starałem się pokazać łatwość użycia metody dzięki opracowanemu oprogramowaniu oraz możliwości jakie niesie ilościowa analiza ryzyka.

Celem, jaki postawiłem sobie w ramach przygotowania monografii był całościowy opis opracowanej metodyki ilościowej analizy ryzyka pożarowego. W książce większy ciężar położyłem na całościowe przedstawienie jej podstaw teoretycznych, sposobu działania modeli, implementacji oraz użycia. Książka miała być podręcznikiem na podstawie, którego można poznać ideę multisymulacji, sposób działania oraz jak ją zastosować. Definiując taki cel zrezygnowałem z formy stawiania hipotez badawczych oraz ich weryfikacji.

4.2.3 Syntetyczny opis potencjalnego wkładu pracy do dziedziny

Moim zdaniem, przedłożona praca wnosi następujący wkład do dziedziny inżynierii bezpieczeństwa pożarowego:

1. Zaproponowanie spójnej ilościowej metody obliczania i zarządzania ryzykiem pożarowym.
2. Zintegrowanie wielu podejść do szacowania bezpieczeństwa pożarowego w jedną spójną metodykę oraz jej implementacja w postaci oprogramowania komputerowego.
3. Utworzenie zintegrowanego i wydajnego oprogramowania komputerowego, bazującego na obliczeniach w chmurze, pozwalającego na wykonywanie praktycznych analiz inżynierskich w procesie projektowania budynków.
4. Zaproponowanie metody i jej implementacja pozwalającej na wiarygodne oszacowanie ryzyka grupowego (F-N curves).
5. Zaprojektowanie i implementacja stochastycznego modelu ewakuacji zintegrowanego ze strefowymi modelami pożaru.
6. Opracowanie algorytmu globalnej nawigacji bazującej na Navigation Mesh.

7. Zaproponowanie wydajnego obliczeniowo modelu rozwiązywania kolizji w ramach modelu ewakuacji.
8. Zaproponowanie metodyki podejmowania decyzji na podstawie ryzyka, bazującego na statystycznej teorii decyzji oraz wyliczonych akceptowalnych przez społeczeństwo wydatkach na bezpieczeństwo.

Proponowana metodyka oraz oprogramowanie zostały przetestowane na około piętnastu rzeczywistych projektach. W ramach tych projektów oszacowano ryzyko pożarowe oraz zaproponowano rozwiązania bezpieczeństwa. W zbiorze analizowanych obiektów znalazły się: fabryka samochodów (hala spawalni i lakierni), sala koncertowa, fabryka opon, budynek wysokościowy biurowy, budynek wysokościowy hotelowy, koszary policji, centrum handlowe oraz dom zakonny. Uzasadnienie rozwiązań zamiennych bazowało na multisymulacjach. Wszystkie projekty zostały pozytywnie odebrane przez komendy wojewódzkie Państwowej Straży Pożarnej.

Dodatkowo wykonano około sześć projektów prac magisterskich i inżynierskich bazujących na multisymulacjach.

Oprócz publikacji naukowych, metoda była prezentowana na licznych konferencjach branżowych spotykając się z pozytywnym odbiorem.

Dodatkowo weszła na stałe do programu nauczania na Aalto University w Finlandii na Wydziale Inżynierii Cywilnej. Jest ona nauczana w ramach kursu *Fire Risk and Evacuation Analysis* w postaci wykładu oraz zajęć laboratoryjnych w programie Aamks.

W listopadzie 2018 roku odbyło się szkolenie dla Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju w zakresie multisymulacji oraz oprogramowania Aamks. W szkoleniu brało udział 18 pracowników zajmujących się tworzeniem i modyfikacją przepisów przeciwpożarowych.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

5.1 Działalność naukowo-badawcza przed uzyskaniem stopnia doktora nauk technicznych (2001-2010)

W 2001 roku ukończyłem studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W 2003 roku ukończyłem studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej o specjalności Inżynierii Sterowania. Obie prace dyplomowe koncentrowały się na aspektach elektroniki, automatyki i informatyki w dziedzinie ochrony przeciwpożarowej.

Swoją pracę w jednostce naukowej rozpocząłem w 2001 roku w Zakładzie Informatyki i Łączności Szkoły Głównej Służby Pożarniczej na stanowisku asystenta. Od początku swojej służby

koncentrowałem się na aspektach naukowych w dziedzinie informatyki, mających wpływ na rozwój ochrony przeciwpożarowej. W badaniach naukowych zajmowałem się problematyką systemów decyzyjnych wspomagających dowódców działań ratowniczych w podejmowaniu decyzji na miejscu akcji. Ten szeroki problem dotykał dziedzin analizy źródeł danych, technologii baz danych, systemów geoinformacyjnych, jak również wykorzystania systemów decyzyjnych w postaci wnioskowania na podstawie przypadków.

Byłem kierownikiem trzech projektów badawczych własnych z zakresu baz danych oraz wnioskowania na podstawie przypadków.

W ramach prowadzonych badań, opublikowałem łącznie 17 prac w postaci artykułów w czasopismach naukowych lub materiałach konferencyjnych. W większości były to czasopisma i konferencje krajowe.

Badania w zakresie systemów decyzyjnych podsumowałem rozprawą doktorską pod tytułem: *Usługi katalogowe w architekturze rozproszonej bazy danych w procesie wspomagania podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej*, obronioną na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej.

5.2 Działalność naukowo-badawcza po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2010–2019)

Jednym z recenzentów w mojej rozprawie doktorskiej był dr hab. Hung Son Nguyen, prof. Uniwersytetu Warszawskiego, Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki (MIMUW). Kierował on wówczas projektem badawczym SYNAT, finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), realizowanym w ramach Programu Badań Strategicznych *Interdyscyplinarny system interaktywnej informacji naukowej i naukowo-technicznej*. Projekt miał na celu realizację zadania badawczego pod tytułem *Utworzenie uniwersalnej, otwartej, repozytoryjnej platformy hostingowej i komunikacyjnej dla sieciowych zasobów wiedzy dla nauki, edukacji i otwartego społeczeństwa wiedzy*. Prof. Son zauważył zbieżność metod, których użyłem w ramach rozprawy doktorskiej z potrzebami badawczymi projektu SYNAT. W związku z tym zaproponował mi współpracę w ramach projektu.

Zadaniem MIMUW w ramach realizacji projektu SYNAT była budowa wyszukiwarki semantycznej. W związku z tym zajmowałem się głównie problematyką eksploracji danych, w ramach których rozwijaliśmy metodę semantycznej analizy danych o nazwie Granular Computing [47-51]. Metoda ta bazowała na wykorzystywaniu koncepcji zbiorów rozmytych [52] oraz zbiorów przybliżonych [53]. Dodatkowo zajmowałem się eksploracją tekstu [48], [54-56], wykorzystując metody semantyczne, w szczególności rozwijając metodę Explicit Semantic Analysis [57] oraz Latent Semantic Analysis [58]. Poza tym rozwijaliśmy metodę semantycznego grupowania [59], [60] bazującą na Soft Computing [61].

Moja współpraca z Uniwersytetem Warszawskim rozwinęła się na inne projekty badawcze:

- Obliczenia interakcyjne w uwarstwionych sieciach granularnych – Projekt Fundacji na rzecz Nauki Polskiej finansowany z programu Homing Plus 3/2011.
- Obliczenia bazujące na percepcji. Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki 2011/01/D/ST6/06981.
- Modelowanie rozpoznawania zagrożeń, czyli rzecz o tym, jak zajrzeć do głowy strażaka. Projekt Fundacji na rzecz Nauki Polskiej finansowany z programu INTER 2013.

Pozyskane nowe metody w ramach współpracy z MIMUW starałem się również aplikować do problemów PSP. Zajmowałem się grupowaniem danych raportów PSP do celów analiz strategicznych i operacyjnych [49], [56], [59], [60], [62-65], [65-69]. W opracowaniach tych zostały użyte metody semantycznej analizy danych opracowywane wspólne z MIMUW.

Wypracowane metody posłużyły później do generowania rozkładów prawdopodobieństwa na potrzeby multisymulacji zgłoszonej jako osiągnięcie naukowe. Ich użycie zastało przedstawione w rozdziale 10 monografii – *Data Acquisition for Probabilistic Risk Assessment.*

Opracowane przez nas metody analizy danych z zakresu ochrony przeciwpożarowej zostały zauważone przez inne ośrodki naukowe na świecie. W efekcie czego zostałem zaproszony do udziału w projekcie "Smart Fire Fighting" (https://www.nist.gov/programs-projects/smart-firefighting-project) realizowanym przez National Institute for Standards and Technology finansowany przez Fire Protection Research Foundation. W ramach tego projektu zajmowałem się integracją danych sensorycznych z pojęciami wyższego rzędu.

Wypracowane przez nas podejście do analizy danych, a także umiejętność przetwarzania danych sensorycznych na pojęcia wyższego rzędu, została również zauważona w kraju. W styczniu 2013 r. zostałem wykonawcą projektu „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" finansowanego przez NCBR nr ROB/0015/03/001. Natomiast w maju 2013 roku, konsorcjum w składzie SGSP, MIMUW, CNBOP – PIB oraz Dituel pozyskało grant pod tytułem „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych" finansowany przez NCBiR, którego zostałem kierownikiem. Budowany w ramach projektu system nazwaliśmy ICRA – Intelligent Remote Commanders Assistant.

Projekt ICRA dzięki dużemu finansowaniu oraz grupie wybitnych naukowców tworzących zespół, przyczynił się do istotnego wkładu rozwoju ochrony przeciwpożarowej, w szczególności do technicznej organizacji działań ratowniczo-gaśniczych i zarządzania akcją. Opracowaliśmy nowe metody analizy danych, zarówno tabelarycznych, tekstowych i sensorycznych, jak również grupowanie tych danych i opisywanie ich pojęciami wyższego rzędu dającymi się łatwo powiązać z celami interwencji PSP [14], [50], [51], [70]. Opracowaliśmy również nowatorskie metody

nawigacji wewnątrz budynku [71], automatycznego rozpoznawania czynności strażaków [72], rozwiązań robotów mobilnych [73], [74] i technologii odwrotnego modelowania pożaru [13].

Swoją nowatorską koncepcję systemu decyzyjnego wspomagającego dowódcę na miejscu akcji opisałem w pracy [73], rozwiniętej później w samodzielnej pracy [75].

Wyniki projektu ICRA poczyniły na tyle istotny wkład do dziedziny ochrony przeciwpożarowej, że w 2016 roku zostałem zaproszony do rady naukowej prestiżowego w tej dziedzinie czasopisma "Fire Technology".

W 2017 roku natomiast korporacja Bentley Systems ufundowała prestiżowy Chief Burns Memorial Grant na kontynuację badań w zakresie lokalizacji strażaków wewnątrz budynku [76].

W 2015 roku moje doświadczenia w zakresie przetwarzania danych sensorycznych na pojęcia wyższego rzędu zostały wykorzystane w projekcie „MentorEye" finansowanym przez NCBR w ramach programu STRATEGMED, w którym brałem udział jako wykonawca.

Wspomaganie dowódców PSP na miejscu akcji wiązało się z problemem radzenia sobie z dużą niepewnością związaną ze zjawiskiem pożaru, a także reakcją ludzi i systemów bezpieczeństwa. Wówczas w projekcie ICRA zastosowaliśmy podejście bazujące na systemie zarządzania ryzykiem [75] oraz odpowiednio dużą gęstością sieci sensorycznych [73].

Duże problemy związane z radzeniem sobie z niepewnością w trakcie pożaru, który już trwa, uświadomiły mi, że ta niepewność jest znacząco większa na etapie projektowania budynku i doboru rozwiązań z zakresu bezpieczeństwa pożarowego. Dlatego też zacząłem krytykować obecne podejście do projektowania budynku w zakresie ochrony przeciwpożarowej bazującej na ocenie eksperckiej i arbitralnie wybranych scenariuszach rozwoju pożaru. Postanowiłem również opracować propozycję własnej metodyki do projektowania zabezpieczeń przeciwpożarowych budynków, która w jawny i wiarygodny sposób podchodziłaby do niepewności związanej ze zjawiskiem pożaru. Metodyka ta nazwana Multisymulacje bazowała na metodzie ilościowej analizy ryzyka i symulacjach stochastycznych.

Projekt ICRA finansowany przez NCBiR był projektem zamawianym na potrzeby straży pożarnej. Jednakże na skutek zawiłości prawnych dotyczących praw autorskich i własności, nie doczekał się on pełnego wdrożenia. Dlatego też zniechęcony uwarunkowaniami prawnymi, postanowiłem rozwijać projekt Multisymulacje w utworzonej do tego celu spółce celowej.

Od 2016 roku zajmowałem się rozwijaniem metodyki Multisymulacji, której założenia przedstawiłem w monografii będącej podstawą mojego wniosku habilitacyjnego. Dodatkowo, mając świadomość, że tylko wtedy metodyka może być wdrożona, kiedy będzie zrealizowana w postaci łatwego w użyciu oprogramowania, zajmowałem się również rozwojem programu Aamks (github.com/aamks) będącego implementacją metodyki opisanej w monografii.

W maju 2018 roku przekazałem wraz ze współautorami pełne prawa do oprogramowania Aamks Szkole Głównej Służby Pożarniczej umową nr 375/RF-2/18, a monografię opublikowałem na licencji Creative Commons.

Od 2017 roku Multisymulacje w postaci oprogramowania Aamks były prezentowane na licznych konferencjach branżowych spotykając się z dużym uznaniem komercyjnym. Efektem tego było zastosowanie metodyki w około piętnastu projektach komercyjnych. Przy takiej liczbie aplikacji komercyjnych, projekt Multisymulacje posiada już mocne znamiona wdrożeniowe oraz wywarł wpływ na społeczeństwo w zakresie podejścia do oceny bezpieczeństwa pożarowego.

5.3 Pozostałe aktywności naukowe po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych (2010–2019)

W ramach swojej działalności naukowej organizowałem lub też współorganizowałem następujące konferencje lub warsztaty naukowe:

- Complex Events and Information Modelling – warsztat organizowany przy konferencji Federated Conference on Computer Systems and Information Sciences 2015, gdzie pełniłem rolę Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego;
- Human Aspect in Cyber-Physical Systems – sesja specjalna na konferencji Brain Informatics and Healt 2015, gdzie pełniłem rolę Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego;
- Complex Events and Information Modelling – warsztat organizowany przy konferencji Federated Conference on Computer Systems and Information Sciences 2014, gdzie pełniłem rolę Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego;
- Human Aspect in Cyber-Physical Systems – sesja specjalna na konferencji Active Media Technology 2014, gdzie pełniłem rolę Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego;
- Topical Classification of Biomedical Research Papers – konkurs eksploracji danych przy konferencji Joint Rough Set symposium 2012, gdzie byłem współorganizatorem konkursu;
- Web Intelligence Congress 2014, gdzie pełniłem rolę Przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego warsztatów;

Byłem również zapraszany do Rady Naukowej następujących konferencji lub warsztatów:

- Joint Rough Set Symposium JRS 2013;
- Acive Media Technology AMT 2014;
- Performance of Business Database Applications PBDA 2014;
- International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications AMLTA 2014;

- International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications AMLTA 2015;
- 10th International Symposium Advances in Artificial Intelligence and Applications AAIA 2015;
- 11th International Symposium Advances in Artificial Intelligence and Applications AAIA 2016;
- IV Konferencja Naukowo-Techniczna Bezpieczeństwo Techniczne 2015;
- Fire and Environmental Safety Engineering 2018;

Od 2016 roku jestem członkiem Rady Naukowej czasopisma "Fire Technology", dla którego regularnie oceniam zgłoszone artykuły. W sumie dla "Fire Technology" zrecenzowałem 17 artykułów. Od 2018 r. zasiadam również w Radzie Naukowej czasopisma "Safety".

Regularnie dokonuję oceny zgłoszonych prac dla czasopism "Sustainable Cities and Society", "Energies", "International Journal of Wildland Fire", "Information Sciences", „Sensors" oraz „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza". W sumie dla wymienionych czasopism oceniłem 36 prac naukowych.

W kwietniu 2011 roku byłem zaproszony jako badacz wizytujący przez Katolicki Uniwersytet w Leuven. Natomiast w maju 2014 roku przebywałem w Imperial College London na Wydziale Inżynierii Mechanicznej, w tym samym charakterze.

5.4 Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach (2010–2019)

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych kierowałem trzema projektami badawczo-rozwojowymi:

1. „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych". Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nr ROB 0010/03/001.
2. „Modelowanie rozpoznawania zagrożeń czyli rzecz o tym jak zajrzeć do głowy strażaka". Projekt Fundacji na rzecz Nauki Polskiej programu INTER 2013.
3. „Visual Localization System for Fire Brigades using Building Information Modeling". Chief Donald J. Burns Memorial Research Grant fundowany przez Bentley Systems 2017.

Dodatkowo byłem wykonawcą w następujących projektach naukowych i badawczo-rozwojowych:

1. „Obliczenia bazujące na percepcji". Finansowany przez Narodowe Centrum Nauki. Nr 2011/01/D/ST6/06981.

2. „Obliczenia interakcyjne w uwarstwionych sieciach granularnych". Projekt Fundacji na rzecz Nauki Polskiej programu Homing Plus 3/2011.
3. "SYNAT Interdisciplinary System for Interactive Scientific and Scientific-Technical Information". Projekt strategiczny finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nr SP/I/1/77065/10
4. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo". Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nr ROB/0015/03/001
5. "Smart Fire Fighting". Projekt Finansowany przez Fire Protection Research Foundation.
6. "MentorEye". Projekt badawczo-rozwojowy finansowany w ramach programu strategicznego StrategMed finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.
7. "Building clusters with similar fire scenarios from NFIRS data". Projekt finansowany przez National Fire Protection Association.
8. „Symulator szkoleniowy w zakresie wykorzystania technicznych systemów przeciwpożarowych wspierających ewakuację ludzi z obiektów budowlanych". Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju nr DOB-BIO9/16/01/2018.

Dodatkowo byłem wykonawcą w trakcie trwania dwóch projektów statutowych realizowanych w Szkole Głównej Służby Pożarniczej.

5.5 Podsumowanie osiągnięć naukowych

Mój całkowity dorobek naukowy obejmuje łącznie 67 prac naukowych, w tym 50 prac opublikowałem po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. W zakresie moich osiągnięć publikacyjnych znajduje się: sześć artykułów w czasopismach wyróżnionych w bazie Journal Citation Reports (JCR), cztery artykuły w punktowanych czasopismach z listy B, jeden artykuł w czasopiśmie wyróżnionym w bazie Emerging Sources Citation Index (ESCI), dziesięć artykułów opublikowanych w materiałach konferencyjnych indeksowanych przez Web of Science, siedem artykułów opublikowanych w czasopismach zagranicznych, jedna monografia habilitacyjna, jedna monografia naukowa wieloautorska oraz referaty wygłaszane na konferencjach naukowych i naukowo-technicznych, zarówno krajowych i międzynarodowych.

Sumaryczny Impact Factor moich prac opublikowanych w czasopismach indeksowanych w JCR zgodnie z rokiem wydania wynosi 6,018. Liczba cytowań w lutym 2019 roku według bazy Web of Science wynosiła 38 (bez autocytowań: 25), zaś h-index: 3. Według bazy Scopus moje publikacje cytowane były 104 razy, a h-index wynosił 6. Natomiast Google Scholar podaje 246 cytowań moich publikacji z h-indexem równym 8.

6. Działalność dydaktyczna po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych (2010–2019)

Zajęcia, które prowadzę w ramach pracy w Szkole Głównej Służby Pożarniczej są powiązane z moimi zainteresowaniami naukowymi. W 2010 roku po uzyskaniu stopnia naukowego doktora przygotowałem i prowadziłem wykład oraz ćwiczenia laboratoryjne z przedmiotu Systemy Wspomagania Decyzji. Przedmiot ten był wykładany na studiach I stopnia w latach 2011–2018.

W roku 2016 przygotowałem wykłady do przedmiotu Technologie Informacyjne oraz Informatyka, które prowadzę do chwili obecnej. W 2015 roku przygotowałem również ćwiczenia laboratoryjne do przedmiotu Teoria Pożaru oraz Modelowanie Pożaru, które wciąż prowadzę.

Od 2013 roku prowadzę również zajęcia z przedmiotu Technologie Informacyjne dla studentów z zagranicy w ramach programu Erasmus. Natomiast od 2017 roku prowadzę regularnie zajęcia na Uniwersytecie w Aalto w Finlandii z przedmiotu Fire Risk and Evacuation Analysis CIV-E3060, realizowane w ramach programu Erasmus+ STA. W ramach tych zajęć prowadzę wykład z Multisymulacji oraz ćwiczenia laboratoryjne w programie Aamks.

W SGSP prowadziłem i prowadzę prace inżynierskie i magisterskie z zakresu analizy ryzyka, metod kategoryzacji ryzyka, jak również modelowania pożaru i ewakuacji czy eksploracji danych oraz tekstu.

Prowadzę również różnego rodzaju szkolenia z zakresu bezpieczeństwa pożarowego i analizy ryzyka. W listopadzie 2018 roku przeprowadziłem szkolenie z zakresu Multisymulacji dla pracowników Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju z pozytywną oceną kursantów. Osoby biorące udział w szkoleniu na co dzień zajmują się aktualizacją przepisów z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

7. Działalność organizacyjna po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych (2010-2019)

W ramach pracy w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, jak również swoich zainteresowań naukowych podejmowałem się różnych funkcji organizacyjnych. W latach 2016-2018 pełniłem funkcję Kierownika Zakładu Informatyki i Łączności w SGSP. Natomiast w 2018 roku zostałem powołany na stanowisko Kierownika Katedry Nauk Ścisłych w SGSP i funkcję tę nadal pełnię.

W 2016 roku pełniłem funkcję członka Senatu SGSP. W tym samym roku zostałem również członkiem Rady Wydawniczej SGSP, którą pełnię do dnia dzisiejszego. Rektor-Komendant SGSP powierzał mi również funkcję przewodniczącego Komitetu Sterującego projektów finansowanych przez NCBiR, w których SGSP była liderem.

W latach 2012-2016 pełniłem funkcję pełnomocnika Dziekana Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego do Spraw Jakości Kształcenia oraz Zarządzania Ryzykiem.

Jestem zaangażowany w aktywności organizacyjne mające na celu podniesienie bezpieczeństwa strażaków biorącym udział w działaniach ratowniczych. Szczególnie zaangażowałem się w akcję mającą na celu zmniejszenie zachorowalności na choroby nowotworowe wśród strażaków. Byłem współorganizatorem kampanii w Parlamencie Europejskim mającej na celu uznanie nowotworów jako choroby zawodowej strażaków. Następnie wygłaszałem na odprawach Komendanta Głównego PSP prelekcje o narażeniu strażaków na choroby nowotworowe, neurodegeneracyjne oraz stresopochodne. Współorganizowałem w SGSP konferencję, która była objęta Patronatem Komendanta Głównego PSP, z prelegentami z zagranicy (Kanada, Dania, Norwegia, Szwecja). Wydarzenie miało na celu uświadomienie polskich strażaków o zagrożeniu ze strony nowotworów. Materiały z konferencji udostępniłem szerszemu gronu. W trakcie tej konferencji zostałem uhonorowany Strażacką Wstęgą Nowotworową przez duńskich strażaków.

Jestem opiekunem Studenckiego Koła Naukowego Programowania „FireWEB". Koło to zdobywało liczne nagrody w konkursach kół studenckich. Prowadzę również fakultatywne zajęcia z programowania w Python dla studentów I i II roku. Prowadziłem również zajęcia z Informatyki dla studentów z Uniwersytetu III Wieku.

W latach 2009-2011 wolontarystycznie organizowałem praktyki studentów w Akademii Pożarniczej w Hamburgu oraz wykonywałem tłumaczenia z języka niemieckiego dla Działu Współpracy z Zagranicą.

Nawiązałem współpracę z uczelniami zagranicznymi, takimi jak: Katolicki Uniwersytet w Leuven, Wyższa Szkoła Ekonomii w Moskwie, Imperial College London oraz Aalto University w Espoo.

Organizowałem wykłady prelegentów z zagranicy w SGSP w ramach programu Safety of Society. Jestem również recenzentem prac naukowych przy Komendzie Głównej PSP.

Starałem się również popularyzować badania prowadzone w Szkole Głównej Służby Pożarniczej występując w 2015 roku w programie TVP *Porozmawiajmy o... nauce* oraz w Programie 1 Polskiego Radia *Odkrywcy*.

Dwukrotnie zasiadałem w radzie programowej oraz jury konkursu Droniada – Parada Robotów.

W latach 2001-2012 pełniłem służbę nieetatowego dowódcy sekcji w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej SGSP, a później Dowódcy Szkolnej Kompanii Odwodowej i Oficera Dyżurnego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Nieetatową służbę Oficera Dyżurnego SGSP pełnię do dziś.

W trakcie powodzi w 2010 roku byłem członkiem Sztabu Komendanta Głównego PSP i brałem udział w przygotowaniu planów operacyjnych jednostek walczących z żywiołem. Otrzymałem za to podziękowania Prezesa Rady Ministrów Rzeczpospolitej Polskiej.

Literatura

[1] A. Goudie, *The Human Impact on the Natural Environment: past, present and future*, 2013.

[2] World Health Organization, "WHO - The top 10 causes of death", 2018.

[3] K. Jordan and J. Napp, *Environmental engineering*, 1998.

[4] S. Fränzle, B. Markert, and S. Wünschmann, *Introduction to Environmental Engineering*, 2012.

[5] D. Lipińska, *Podstawy Inżynierii Środowiska*. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2016.

[6] OECD, "Revised fields of science and technology (FOS) in the Frascati Manual", 2006.

[7] K. D. Miller and H. G. Waller, "Scenarios, real options and integrated risk management," *Long Range Planning*, 2003.

[8] A. Tversky and D. Kahneman, "Judgment under uncertainty: Heuristics and biases," *Science*, vol. 185, no. 4157, pp. 1124–1131, 1974.

[9] H. Kumamoto and E. J. Henley, *Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists*, Second edi. Wiley-IEEE Press, 2000.

[10] M. J. Hurley et al., *SFPE handbook of fire protection engineering, fifth edition*. Springer, 2016.

[11] K. McGrattan, S. Hostikka, R. McDermott, J. Floyd, C. Weinschenk, and K. Overholt, "FDS Technical Reference Guide Volume 2 : Validation", vol. 1, pp. 1–147, 2015.

[12] S. E. Magnusson, H. Frantzich, and K. Harada, "Fire safety design based on calculations: Uncertainty analysis and safety verification", *Fire Safety Journal*, 1996.

[13] M. Fliszkiewicz, A. Krasuski, and K. Kreński, "Evaluation of a Heat Release Rate based on Massively Generated Simulations and Machine Learning Approach," *Proceeding of FedCSIS 2014 Conference, Warsaw*, 2014.

[14] A. Janusz, A. Krasuski, S. Stawicki, M. Rosiak, D. Ślęzak, and H. S. Nguyen, "Key Risk Factors for Polish State Fire Service: a Data Mining Competition at Knowledge Pit" in: *2014 federated conference on computer science and information systems, fedcsis 2014*, 2014, pp. 345–354.

[15] M. J. Hurley and E. R. Rosenbaum, *Performance-based fire safety design*. CRC Press, 2015.

[16] V. Babrauskas, J. M. Fleming, and B. Don Russell, "RSET/ASET, a flawed concept for fire safety assessment", *Fire and Materials*, vol. 34, no. 7, pp. 341–355, 2010.

[17] S. P. BSI, "Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 7: Probabilistic risk assessment", BSI Standards Publication, Standard December, 2011.

[18] G. B. Baker, C. A. Wade, M. Spearpoint, and C. Fleischmann, "Developing probabilistic design fires for performance-based fire safety engineering", *Procedia Engineering*, vol. 62, pp. 639–647, 2013.

[19] S. Hostikka and O. Keski-Rahkonen, "Probabilistic simulation of fire scenarios", *Nuclear Engineering and Design*, vol. 224, no. 3, pp. 301–311, 2003.

[20] J. Tixier, G. Dusserre, O. Salvi, and D. Gaston, "Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants", *Journal of Loss Prevention in the process industries*, vol. 15, no. 4, pp. 291–303, 2002.

[21] M. Elmontsri, "Review of the strengths and weaknesses of risk matrices", *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, vol. 4, no. 1, 2014.

[22] W. Frank and J. Farquharson, "Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria" *Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers*, New York, vol. 210, 2009.

[23] ISO, "ISO 31000 - Risk management", International Organization for Standardization; ISO, Geneva, Switzerland, 31000, 2009.

[24] Y. Y. Haimes, *Risk modeling, assessment, and management*, Third edit. John Wiley & Sons, 2015.

[25] V. R. Beck, "CESARE-RISK: A tool for performance-based fire engineering design" in: *Proceedings of 2nd international conference on performance-based codes and fire safety design methods"*, Maui, Hawaii, 1998, pp. 319-330.

[26] B. Karlsson and B. Tomasson, "Repeatability Tests Of A Fire Risk Index Method For Multi-storey Apartment Buildings", *Fire Safety Science*, vol. 8, pp. 901–912, 2005.

[27] R. W. Bukowski, F. B. Clarke, J. R. J. Hall, and W. S. Stiefel, *Fire risk assessment method: description of methodology*. Center for Fire Research, 1990.

[28] J. N. Fraser-Mitchell, "An object-oriented simulation (Crisp 11) for fire risk assessment", *Fire Safety Science*, vol. 4, pp. 793–804, 1994.

[29] R. Eckhardt, "Stan Ulam, John von Neumann, and the Monte Carlo method", *Los Alamos Science*, vol. 15, nos. 131-136, p. 30, 1987.

[30] A. B. Owen, *Monte Carlo theory, methods and examples*. 2013.

[31] N. Metropolis and S. Ulam, "The {Monte Carlo} Method", *Journal of the American Statistical Association*, vol. 44, no. 247, pp. 335–341, 1949.

[32] M. Stein, "Large sample properties of simulations using Latin hypercube sampling", *Technometrics*, vol. 29, no. 2, pp. 143–151, 1987.

[33] W. D. North, "A tutorial introduction to decision theory", *Systems Science and Cybernetics, IEEE Transactions on*, vol. 4, no. 3, pp. 200–210, 1968.

[34] D. Kahneman and G. Klein, "Conditions for intuitive expertise: a failure to disagree", *American Psychologist*, vol. 64, no. 6, p. 515, 2009.

[35] A. Wald, "Basic ideas of a general theory of statistical decision rules" in: *Proceedings of the international congress of mathematicians*, 1950, vol. 1, pp. 308–325.

[36] A. Saltelli, "Sensitivity analysis for importance assessment", *Risk Analysis*, vol. 22, no. 3, pp. 579-590, 2002.

[37] P. J. M. Stallen, R. Geerts, and H. K. van Vrijling, "Three conceptions of quantified societal risk", *Risk analysis*, vol. 16, no. 5, pp. 635-644, 1996.

[38] C. P. Robert and G. Casella, *Introducing Monte Carlo methods with R*, vol. 18. Springer, 2010.

[39] S. Hostikka, T. Korhonen, and O. Keski-Rahkonen, "Two-model Monte Carlo simulation of fire scenarios", *Fire Safety Science*, vol. 8, pp. 1241–1252, 2005.

[40] R. D. Peacock, P. A. Reneke, and G. P. Forney, *CFAST-consolidated model of fire growth and smoke transport (version 6) user's guide*. Citeseer, 2013.

[41] A. Stec and R. T. Hull, *Fire Toxicity*. Elsevier, 2010, pp. 346–365.

[42] F. .. Henriques Jr and A. R. Moritz, "Studies of thermal injury: I. The conduction of heat to and through skin and the temperatures attained therein. A theoretical and an experimental investigation", *The American Journal of Pathology*, vol. 23, no. 4, p. 530, 1947.

[43] J. Van Den Berg, S. J. Guy, M. C. Lin, and D. Manocha, "Reciprocal n-body collision avoidance", in *Springer tracts in advanced robotics*, vol. 70, 2011, pp. 3–19.

[44] E. Ronchi, E. D. Kuligowski, P. A. Reneke, R. D. Peacock, and D. Nilsson, "NIST Technical Note 1822 the process of verification and validation of building fire evacuation models", *NIST Technical Note*, vol. 1822, pp. 1–85, 2013.

[45] A. Krasuski and K. Kreński, "A-Evac: the evacuation simulator for stochastic environment", *Fire Technology*, no. November, 2019.

[46] Great Britain Health and Safety Executive, *The tolerability of risk from nuclear power stations*. HMSO, 1992.

[47] A. Krasuski and M. Szczuka, "Knowledge driven query sharding", in *CEUR workshop proceedings*, 2012, vol. 928, pp. 182–190.

[48] A. Janusz, H. S. Nguyen, D. Ślęzak, S. Stawicki, and A. Krasuski, "Topical Classification of Biomedical Research Papers", *Proceedings of the Int. Conf. on Rough Sets and Current Trends in Computing (RSCTC 2012), Chengdu, China, August 17-20*, vol. 7413 LNAI, pp. 417–426, 2012.

[49] A. Krasuski, D. Ślęzak, K. Kreński, and S. Łazowy, "A Framework for Granular Knowledge Discovery – A Case Study of Incident Data Reporting System", *Andvances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 185, pp. 109–118, 2012.

[50] M. Szczuka, Ł. Sosnowski, A. Krasuski, and K. Kreński, "Using domain knowledge in initial stages of KDD: Optimization of compound object processing", *Fundamenta Informaticae*, vol. 129, no. 4, pp. 341–364, 2014.

[51] K. Kreński, A. Krasuski, M. Szczuka, and S. Lazowy, "Granular knowledge discovery framework for fire and rescue reporting system", *Intelligent Decision Technologies*, vol. 9, no. 4, pp. 379–389, 2015.

[52] L. A. Zadeh, "Fuzzy sets", *Information and control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.

[53] Z. Pawlak, "Rough set theory and its applications", *Journal of telecommunications and information technology*, pp. 7–10, 2002.

[54] W. Świeboda, A. Krasuski, H. S. Nguyen, A. Janusz, and A. Krasuski, "Interactive Method for Semantic Document Indexing Based on Explicit Semantic Analysis", *Fundamenta Informaticae*, vol. 132, no. 3, pp. 423–438, 2014.

[55] A. Janusz, W. Świeboda, A. Krasuski, and H. S. Nguyen, "Interactive document indexing method based on explicit semantic analysis", *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 7415, pp. 156–165, 2012.

[56] K. Bak, A. Krasuski, and M. Szczuka, "Searching for concepts in natural language part of fire service reports", in: *CEUR workshop proceedings*, 2013, vol. 1032, pp. 39–48.

[57] E. Gabrilovich and S. Markovitch, "Computing Semantic Relatedness using Wikipedia-based Explicit Semantic Analysis" in: *Proc. of the 20th int. joint conf. on artificial intelligence*, 2007, pp. 1606–1611.

[58] S. Deerwester, S. T. Dumais, G. W. Furnas, T. K. Landauer, and R. Harshman, "Indexing by latent semantic analysis", *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 41, no. 6, pp. 391–407, 1990.

[59] A. Krasuski and A. Janusz, "Semantic Tagging of Heterogeneous Data : Labeling Fire & Rescue Incidents with Threats", *2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems, FedCSIS 2013*, pp. 77–82, 2013.

[60] A. Janusz, A. Krasuski, and M. Szczuka, "Improving semantic clustering of EWID reports by using heterogeneous data types" in: *Lecture notes in computer science (including subseries lecture*

notes in artificial intelligence and lecture notes in bioinformatics), 2013, vol. 8170 LNAI, pp. 304–314.

[61] L. A. Zadeh, *Computing with Words – Principal Concepts and Ideas*, vol. 277. Springer, 2012.

[62] K. Kreński, A. Krasuski, and S. Łazowy, "Ontologies and their potential for knowledge representation layer for a CBR system in fire service", *Safety & Fire Technique*, vol. 24, no. 4, pp. 93–99, 2011.

[63] K. Kreński, A. Krasuski, and S. Łazowy, "Data mining and shallow text analysis for the data of State Fire Service" in: *Concurrency, specification and programming - XXth international workshop*, 2011, pp. 313–321.

[64] A. Krasuski, K. Kreński, S. Łazowy, "Rozkład częstości dużych pożarów w cyklu dobowym", *Zeszyty Naukowe SGSP*, vol. 42, pp. 65–78, 2011.

[65] A. Krasuski, K. Kreński, and S. Łazowy, "A Method for Estimating the Efficiency of Commanding in the State Fire Service of Poland", *Fire Technology*, vol. 48, no. 4, pp. 795–805, 2012.

[66] A. Krasuski, K. Kreński, P. Wasilewski, and S. Łazowy, "Granular approach in knowledge discovery: Real time blockage management in fire service" in: *Lecture notes in computer science (including subseries lecture notes in artificial intelligence and lecture notes in bioinformatics)*, 2012, vol. 7414 LNAI, pp. 416–421.

[67] A. Krasuski and P. Wasilewski, "Outlier detection by interaction with domain experts," *Fundamenta Informaticae*, vol. 127, nos. 1-4, pp. 529–544, 2013.

[68] A. Krasuski and P. Wasilewski, "The Detection of Outlying Fire Service's Reports. The FCA Driven Analytics" in: *11th International Conferene On Formal Concept Analysis (ICFCA 2013)*, 2013, pp. 35–50.

[69] A. Krasuski and K. Kreński, "Decision support system for blockage management in fire service", *Studies in Logic, Grammar and Rhetoric*, vol. 37, no. 50, pp. 107–123, 2014.

[70] Ł. Sosnowski, A. Pietruszka, A. Krasuski, and A. Janusz, "A resemblance based approach for recognition of risks at a fire ground" in: *Lecture notes in computer science (including subseries lecture notes in artificial intelligence and lecture notes in bioinformatics)*, 2014, vol. 8610 LNCS, pp. 559–570.

[71] M. Meina, A. Krasuski, and K. Rykaczewski, "Model fusion for inertial-based personal dead reckoning systems" in: *SAS 2015 - 2015 IEEE Sensors Applications Symposium, Proceedings*, 2015.

[72] M. Meina, A. Janusz, K. Rykaczewski, D. Ślęzak, B. Celmer, and A. Krasuski, "Tagging Firefighter Activities at the emergency scene: Summary of AAIA'15 data mining competition at

knowledge pit" in *Federated conference on computer science and information systems (FEDCSIS), 2015*, 2015, vol. 5, pp. 367–373.

[73] A. Krasuski, A. Jankowski, A. Skowron, and D. Ślęzak, "From sensory data to decision making: A perspective on supporting a fire commander" in: *Proceedings - 2013 IEEE/WIC/ACM international joint conference on web intelligence and intelligent agent technology - workshops, WI-IATW 2013*, 2013, vol. 3, pp. 229–236.

[74] A. Krasuski and Ł. Sosnowski, "ICRA – an Example of an Implementation of Cyber-Physical System in the Fire Safety Domain" in: *Active media technology conference 2014*, 2014, pp. 1–5.

[75] A. Krasuski, "A framework for Dynamic Analytical Risk Management at the emergency scene. from tribal to top down in the risk management maturity model" in: *2014 federated conference on computer science and information systems, FEDCSIS 2014*, 2014, pp. 323–330.

[76] A. Krasuski and M. Meina, "Correcting Inertial Dead Reckoning Location Using Collision Avoidance Velocity-Based Map Matching", *Applied Sciences*, vol. 8, no. 10, p. 1830, 2018.

Adam Krasuski