

dr inż. Monika Maciejewska
Politechnika Wrocławska
Wydział Inżynierii Środowiska

Wrocław, 5 listopada 2012 r.

Autoreferat

Jestem absolwentką Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Dyplom *magistra inżyniera* tego Wydziału uzyskałam w 1996 r. w zakresie kierunku kształcenia *ochrona środowiska* i specjalności *systemy ochrony atmosfery*. Rok wcześniej (1995) otrzymałam tytuł magistra w zakresie *energii i systemów środowiskowych* na Uniwersytecie Glasgow Caledonian w Wielkiej Brytanii. Było to zwieńczenie rocznych studiów magisterskich, odbytych w ramach programu wymiany studentów TEMPUS. Dyplom ten został w Polsce nostryfikowany.

Stopień doktora nauk technicznych nadała mi w 2001 r. Rada Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej po obronieniu z wyróżnieniem pracy doktorskiej pt. *Neuronowe modele prognostyczne i neuronowa metoda interpolacji stężeń imisyjnych*. Promotorem tej mojej dysertacji doktorskiej był prof. dr hab. inż. Jerzy Zwoździak. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora zostałam zatrudniona na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej (2001), gdzie pracuję do chwili obecnej.

Mój najbardziej wartościowy opublikowany dorobek naukowo-badawczy powstał w okresie po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. Wprawdzie przed doktoratem opublikowałam kilka prac, to jednak nie oceniam ich wysoko, zarówno co do rangi wydawnictw, jak i wartości twórczych. Z tego względu obecnie – ubiegając się o stopień doktora habilitowanego – nie wykazuję ich w całości mojego dorobku, poddając pod ocenę wyłącznie dorobek naukowy przypadający na okres po uzyskaniu stopnia doktora.

W pracy naukowej zajmuję się szeroko rozumianą analizą danych w kontekście pomiarów czujnikowych i z tym obszarem badań związane są moje największe osiągnięcia. Zainteresowania te mają swoje uzasadnienie w środowiskowym profilu

mojego wykształcenia. Ze względu na zakres ludzkiej ingerencji w środowisko, informacja o jego stanie ma dużą wartość we współczesnym świecie. Występuje znaczące zapotrzebowanie na szeroki zakres informacji o środowisku, zwłaszcza dostarczanej w trybie ciągłym, w czasie rzeczywistym. Obecnie najpoważniejszą propozycją rozwiązania pomiarowego, które może spełnić te kryteria są systemy czujnikowe. Na perspektywny charakter tego rozwiązania składają się w dużej mierze: postęp technologii czujnikowych oraz rozwój metod analizy danych. Waga drugiego z wymienionych czynników wynika z konieczności zapewnienia odczytu informacji z danych złożonych dostarczanych przez systemy wieloczujnikowe. Dotychczas pracowałam głównie nad analizą danych dla systemów, w których zastosowano częściowo selektywne czujniki gazów, a więc w kontekście zanieczyszczeń powietrza.

Na wyborze analizy danych czujnikowych, jako obszaru mojej aktywności naukowej, w sposób znaczący zaważyła inspiracja i zachęta ze strony Pana dr hab. Andrzeja Szczurka, prof. PWr., wybitnego specjalisty z zakresu metod i technik pomiaru zanieczyszczeń powietrza, w szczególności czujników gazów. Zasadnicza część mojego dorobku publikacyjnego powstała we współpracy z Nim.

Studiując literaturę dotyczącą zagadnienia uświadomiłam sobie, że konwersja danych czujnikowych w informację wymaga kilkietapowego procesu, realizowanego przez zespół metod i technik obliczeniowych tworzących razem system analizy danych. Poszukując zasady działania takich systemów dotarłam do koncepcji *uczenia maszynowego*. Na jej bazie rozwijane się statystyczne systemy uczące się odwzorowania danych we właściwości obiektów, których te dane dotyczą. Po wyuczeniu, na odpowiednio dobranych przykładowych danych, system może być stosowany do analizy danych nowych w celu pozyskania z nich informacji. W toku prac własnych z danymi powstało i ugruntowało się moje przekonanie, że podstawową rolę w analizie danych z pomiarów czujnikowych odgrywa tzw. wzorzec, czyli reprezentacja konkretnej informacji o badanym obiekcie, np. o zanieczyszczeniu, zawarta w danych. Przydatne sugestie dotyczące metod konstrukcji wzorca znalazłam w pracach naukowych poświęconych selekcji i ekstrakcji cech. Próbując

usystematyzować potencjalne oczekiwania użytkowników względem informacji o zanieczyszczeniu dostarczanej przez systemy czujnikowe, wyróżniłam informację: zdefiniowaną o charakterze jakościowym (jaki rodzaj zanieczyszczenia), zdefiniowaną o charakterze ilościowym (ile, jak intensywne zanieczyszczenie) i niezdefiniowaną (coś się zmieniło w środowisku). Poszukiwanie sposobów rozwiązywania wymienionych problemów pozwoliło mi zrozumieć, że służą temu pewne grupy metod. Są to odpowiednio metody klasyfikacji, metody regresji i metody eksploracji danych.

Analizując dane z pomiarów wykonywanych matrycą czujników nieselektywnych dość wcześnie zauważyłam, że źródło danych ma równie istotne znaczenie dla właściwego wyboru elementów systemu analizy danych, jak rodzaj poszukiwanej informacji czy wymagana dokładność jej pozyskania. W związku z tym, praca nad analizą danych dla systemów czujnikowych dostarcza wiedzy bardzo przydatnej dla projektantów sensorowej części systemu pomiarowego.

Do klasycznych rozwiązań w pomiarach czujnikowych należy praca z odpowiedzią czujnika w stanie ustalonym. Rozwiązanie to ogranicza pojemność informacyjną danych, choć pozwala na łatwe uzyskanie wyniku pomiaru. Z punktu widzenia analizy danych dla układów wieloczujnikowych skutkuje ono niewielkimi możliwościami wyboru przestrzeni cech, w której rozwiązywane są problemy odczytu określonej informacji z danych. Zasadniczy wysiłek skupia się natomiast na doborze metod klasyfikacji lub regresji jak najlepiej współpracujących z już istniejącym wzorcem. Przez pewien czas zajmowałam się analizą tego typu danych w kontekście potencjalnych zastosowań metod czujnikowych w pomiarach środowiskowych, lecz nie tylko. Przykładami podejmowanych zagadnień były: rozpoznawanie zanieczyszczeń powietrza jak benzen, toluen i ksylen [21]*), oznaczenie stężeń substancji emitowanych podczas stosowania rozpuszczalników [8], określanie składu rozpuszczalników organicznych [6], wykrywanie zanieczyszczenia oleju napędowego olejem opałowym [12], rozpoznawanie preparatów, z których wykonano powłoki impregnujące materiały drewniane [19], ocena intensywności odorowej powietrza [20], monitoring procesu produkcji [16]. W tych pracach, rozwiązując problemy pozyskiwania informacji o charakterze jakościowym, często posługiwałam się sieciami

neuronowymi. Dobierając najbardziej odpowiednie architektury, stosowałam sieci z radialną funkcją bazową [21], sieci probabilistyczne [19] oraz sieci realizujące regresję uogólnioną [20]. Jako metodę porównawczą dla sieci neuronowych [12, 19, 21], a w prostszych przypadkach jako jedyny klasyfikator [6, 8], stosowałam liniową analizę dyskryminacyjną (LDA). Problemy ilościowe rozwiązywałam z zastosowaniem analizy regresji wielokrotnej [8, 16], oraz regresji metodą cząstkowych najmniejszych kwadratów [6]. Najczęściej stosowaną przeze mnie metodą badania struktury zmienności danych była analiza składowych głównych [12, 16, 19, 21].

W porównaniu z odpowiedzią czujnika w stanie ustalonym, dużo większe możliwości pomiarowe stwarza praca z sygnałami czujników. Chodzi tu zwłaszcza o sygnały, które powstają w wyniku modyfikacji parametrów pracy bądź warunków ekspozycji czujników podczas ekspozycji na badane gazy. Jednym ze sposobów uzyskania interesującego informacyjnie sygnału czujnika jest tryb pracy *stop flow*. Tryb ten jest intensywnie badany w Laboratorium Technik Sensorowych i Badań Jakości Powietrza Wewnętrzznego, prowadzonym przez dr hab. Andrzeja Szczurka, prof. PWr, na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej. W jednej z pierwszych prac na ten temat [5] przeanalizowałam zawartość informacyjną sygnału czujnika uzyskanego w trybie *stop flow*, wykazując jej zróżnicowanie w kolejnych punktach czasowych ekspozycji na badane gazy. Wynik ten zainspirował koncepcję cechy jako wyniku pomiaru czujnika w jednym punkcie czasowym ekspozycji. Tak rozumiana cecha pozwalała na konstrukcję bardzo dużej puli wzorców gazów a więc i wybór przestrzeni cech, w których odczyt konkretnej poszukiwanej informacji jest najefektywniejszy. Analiza danych wykonana w pracy [7] dowiodła, że istnieje wiele wzorców umożliwiających bezbłędną identyfikację określonego zanieczyszczenia gazowego na podstawie jednego punktu czasowego odpowiedzi matrycy czujników. Natomiast w [9] wykazałam możliwość wyboru osobnych zestawów wzorców dla celów identyfikacji różnych lotnych związków organicznych (LZO). Te dwa wnioski przyczyniły się do prac nad koncepcją analizy danych dla systemu czujnikowego o szerokim zakresie zastosowań. Zasadnicze elementy tej koncepcji przedstawiłam w [2] (Zał. 3, Książki...). Możliwości analizy danych w takim systemie były dyskutowane

w [4] i [3] na przykładzie problemu jakościowego i ilościowego oznaczania wielu różnych mieszanin lotnych zanieczyszczeń organicznych. Pracując z sygnałami wielu czujników przywiązywałam dużą rolę do poszukiwania najlepszych przestrzeni cech. Stosowałam w tym celu selekcję opakowaną z przeglądem zupełnym i oceną zbiorów cech za pomocą LDA [3, 5, 7, 9]. Konsekwentne posługiwanie się tą metodą w kilku pracach było zamierzone. Wynikało z potrzeby zapewnienia spójności wnioskowania o możliwości rozpoznawania różnych lotnych związków organicznych i ich mieszanin na podstawie danych złożonych pochodzących z matrycy czujników. W [5] zaproponowałam selekcję cech również na potrzeby ilościowego oznaczania LZO. W tym celu zastosowałam regresję odporną.

Szereg wymienionych wyżej prac powstało w ramach projektu *Czujniki i sensory do pomiarów czynników stanowiących zagrożenia w środowisku – modelowanie i monitoring zagrożeń*. Przez cały czas trwania tego projektu, tj. w latach 2008–2012, jestem wykonawcą w Zadaniu 3a.1 *System czujnikowy do pomiaru substancji organicznych*. Projekt jest finansowany przez Unię Europejską z europejskiego funduszu rozwoju regionalnego i budżetu państwa (POIG.01.03.01-02-002/08-00 z dnia 15.12.2008).

Znaczącą rolę w moim rozwoju naukowym odegrała współpraca z Katedrą Chemii Analitycznej – Elektroanalitiky i Czujników Uniwersytetu Ruhr w Bochum, prowadzoną przez prof. dr hab. Wolfganga Schuhmanna. Współpracę tę nawiązałam podczas stypendium postdoktorskiego uzyskanego w ramach projektu NOVTECH (lata 2004–2005) i kontynuowałam ją w latach 2005–2008 podczas kilku 3–4 miesięcznych wakacyjnych staży naukowych.

Punktem wyjścia dla wspólnych prac badawczych był pomysł zaadoptowania koncepcji matrycy czujników częściowo selektywnych do zespołu fragmentów struktury enzymatyczno-polimerowej. Struktury uzyskiwano z materiałów badanych pod kątem zastosowania do wytwarzania warstw chemoczułych w bioczujnikach. Na podstawie obrazów uzyskiwanych metodą skaningowej mikroskopii elektrochemicznej (SECM) stwierdzono zróżnicowany poziom aktywności chemicznej elementów takiej struktury w badanych roztworach. W związku z tym zasadnym było

potraktowanie elementów struktury jako osobnych czujników, choć o bardzo dużym stopniu krosselektywności.

Analizowałam wzorce aktywności enzymatyczno-elektrochemicznej struktur enzymatyczno-polimerowych poszukując metod uzyskania matematycznej selektywności oznaczania glukozy w roztworach, w szczególności w obecności interferencji ze strony kwasu askorbinowego, maltozy oraz 2-Deoxy-D-glukozy. Zakres tematyczny tych prac nie był bezpośrednio związany z problemami *inżynierii środowiska*. Umożliwiał jednak rozwijanie metodyki analizy danych w odniesieniu do zagadnień ogólnych, które spotykane są również np. w czujnikowych pomiarach zanieczyszczeń powietrza. Należą do nich: i) pozyskiwanie informacji o wielu komponentach mieszaniny równocześnie, ii) ocena stężenia substancji w warunkach występowania związków interferujących, iii) praca z dużym zespołem czujników o bardzo zbliżonych właściwościach chemoczułych, iv) kryteria selekcji czujników na potrzeby określonych problemów pomiarowych.

Efektom współpracy z w/w Katedrą Chemii Analitycznej – Elektroanalityki i Czujników było sześć publikacji [10, 11, 13, 14, 17, 18], które stanowią najlepiej cytowany fragment mojego dorobku naukowego. Samo stypendium postdoktorskie w projekcie NOVTECH bezpośrednio przyniosło zaś dwie publikacje [15, 16].

Jako osiągnięcie naukowe, w rozumieniu art.16 ust. 2. ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.), będące podstawą do wszczęcia i przeprowadzenia postępowania habilitacyjnego, przedstawiam monografię pt. *Analiza danych w czujnikowych pomiarach zanieczyszczeń*, wydaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej w 2012 r.

Z perspektywy aktywności badawczej w obszarze analizy czujnikowych danych pomiarowych powyższa monografia habilitacyjna miała dwa zasadnicze cele. Były to: i) usystematyzowanie mojego sposobu widzenia systemu analizy danych w pomiarach zanieczyszczeń powietrza częściowo selektywnymi czujnikami gazów, ii) wykazanie, że odpowiednia analiza danych pochodzących z takich pomiarów umożliwia pozyskanie bardzo szerokiego spektrum informacji o zanieczyszczeniu powietrza.

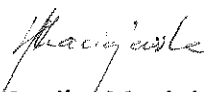
Jako źródło danych przyjęłam matrycę piętnastu chemicznie czułych rezystorów dostępnych komercyjnie (czujniki TGS), pracującą w trybie *stop flow*. Analizowane dane pomiarowe dotyczyły lotnych związków organicznych w powietrzu. Wybór tej grupy substancji został dokonany celowo. Pozwalał bowiem na różne definiowanie informacji o zanieczyszczeniu. Poszukiwałam tradycyjnej informacji analitycznej (tożsamość chemiczna i stężenie substancji). Rozważałam też inne sposoby określania zanieczyszczenia, np. przez podanie kategorii zanieczyszczeń czy stężenia atomów węgla organicznego. Wprowadzenie tego typu nowych miar ma zasadnicze znaczenie dla powstawania nowoczesnych rozwiązań czujnikowych dedykowanych pomiarom w środowisku. Ramy metodologiczne analizy danych przedstawionej w monografii wyznaczyło *rozpoznawanie wzorców*, w szczególności rozwijane na potrzeby czujnikowych pomiarów gazów. Literatura przedmiotu oraz moje doświadczenie własne pokazuje, że system rozpoznawania wzorców dobrze spełnia zadania stawiane systemowi analizy danych czujnikowych. W monografii przeanalizowałam zależność między efektywnością pozyskiwania informacji o zanieczyszczeniu powietrza a konstrukcją systemu rozpoznania wzorców. Poruszając się w ramach własnej koncepcji cechy, rozważyłam konfiguracje różnych metod wyboru najlepszej przestrzeni cech i metod klasyfikacji bądź regresji. Poszukując najlepszych wzorców gazów stosowałam różne metody filtracji, selekcji oraz ekstrakcji cech. Dla odczytu informacji jakościowej zaproponowałam równoległe szereg metod. Podobnie postąpiłam w odniesieniu do informacji ilościowej. Poszukiwałam rozwiązań prostych, lecz pozwalających uzyskać dokładną informację. Z przedstawionych w monografii rezultatów wynika jednoznacznie, że połączenie matrycy czujników i systemu analizy danych bazującego na koncepcji systemu rozpoznawania wzorców, umożliwia dostęp do szerokiego spektrum informacji o zanieczyszczeniu powietrza.

Podstawowym środowiskiem obliczeniowym, w którym rozwiązuję problemy analizy danych jest Matlab. Ze względu na złożony charakter analizowanych zagadnień, duże wymogi pod względem mocy obliczeniowych i pamięci, korzystam z

zasobów Wrocławskiego Centrum Sieciowo Superkomputerowego, gdzie posiadam grant obliczeniowy.

Podsumowując mój dorobek publikacyjny po uzyskaniu stopnia naukowego doktora; Jestem współautorką 21 publikacji w czasopismach naukowych posiadających *impact factor (IF)*. Łączny *IF* tych publikacji wynosi 57.924 (wg wartości *IF* w roku opublikowania). Jestem autorką podręcznika akademickiego w języku angielskim i wspomnianej wyżej monografii habilitacyjnej. Z moim udziałem powstały 3 rozdziały w książkach, 4 publikacje w materiałach konferencyjnych i 7 prac niepublikowanych. Wymienione publikacje były cytowane 72 razy (wg Web of Science). Mój indeks Hirscha wynosi 6.

Moja działalność naukowo-badawcza spotkała się z uznaniem ze strony władz Uczelni. Jej wyrazem są nagrody J.M. Rektora Politechniki Wrocławskiej przyznane za wyróżniający wkład w działalność Uczelni, ze wskazaniem na dorobek publikacyjny (w czasopismach o zasięgu międzynarodowym i wysokim *IF*), otrzymane w latach 2008, 2009, 2010, 2011 oraz 2012.


Monika Maciejewska

*¹) Jeżeli nie podano inaczej odnośniki literaturowe dotyczą: Załącznik 3 - **Publikacje w czasopismach naukowych posiadających *impact factor* (po uzyskaniu stopnia naukowego doktora).**