



**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,  
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ**

KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ

Praca dyplomowa magisterska

*Aplikacja internetowa wyznaczająca ograniczenia prędkości na drogach  
na podstawie danych z OpenStreetMap*

*Web application that determines speed limits on roads based on data  
from OpenStreetMap*

Autor:

*Piotr Jaromin*

Kierunek studiów:

*Informatyka*

Opiekun pracy:

*dr inż. Grzegorz Rogus*

Kraków, 2018

*Uprzedzony o odpowiedzialności karnej na podstawie art. 115 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn. zm.): „Kto przywłaszcza sobie autorstwo albo wprowadza w błąd co do autorstwa całości lub części cudzego utworu albo artystycznego wykonania, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 3. Tej samej karze podlega, kto rozpowszechnia bez podania nazwiska lub pseudonimu twórcy cudzy utwór w wersji oryginalnej albo w postaci opracowania, artystycznego wykonania albo publicznie zniekształca taki utwór, artystyczne wykonanie, fonogram, wideogram lub nadanie.”, a także uprzedzony o odpowiedzialności dyscyplinarnej na podstawie art. 211 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (t.j. Dz. U. z 2012 r. poz. 572, z późn. zm.): „Za naruszenie przepisów obowiązujących w uczelni oraz za czyny uchybiające godności studenta student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną przed komisją dyscyplinarną albo przed sądem koleżeńskim samorządu studenckiego, zwanym dalej «sądem koleżeńskim».”, oświadczam, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem(-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy.*

*Serdecznie dziękuję ... tu ciąg dalszych podziękowań np. dla promotora, żony, sąsiada itp.*



## Spis treści

<b>1. Wprowadzenie.....</b>	<b>7</b>
1.1. Wstęp.....	7
1.2. Cele pracy .....	9
1.3. Wykorzystane technologie.....	11
1.4. Przegląd literatury.....	11
1.5. Układ pracy.....	14



# 1. Wprowadzenie

## 1.1. Wstęp

Bezpieczeństwo na drogach stanowi jedno z podstawowych celów postawionych zarówno przez budowniczych dróg, producentów samochodów ich użytkowników a także osób znajdujących się poblizu. Aby zredukować liczbę wypadków, niezbędne jest uwzględnienie ogromnej liczby czynników wpływających na bezpieczeństwo na drogach. Należy wziąć pod uwagę warunki atmosferyczne występujące w danej okolicy, ukształtowanie terenu, roślinność która może niekorzystnie wpłynąć na widoczność, drzewa znajdujące się w pobliżu tras oraz samo oznakowanie dróg. Ważne są także pojazdy, jakie biorą udział w ruchu, funkcje jakie spełnia droga, liczba pasów ruchu i ich szerokość, liczba zakrętów i ich promień skrętu oraz typ nawierzni, z której składa się droga. Nie należy także lekceważyć statystyk dotyczących wypadków na danych odcinkach dróg. Na bezpieczeństwo na drogach wpływ mają również producenci pojazdów. Rozwijane przez nich inteligentne czujniki, systemy wspomagania jazdy mają kluczowe znaczenie w redukcji ryzyka popełnienia błędu przez człowieka.

W tabeli 1.1 znajduje się zestawienie przedstawiające tolerancje biomechaniczną człowieka dla różnych typów pojazdów.

**Tabela 1.1.** Biomechaniczna tolerancha na wypadki

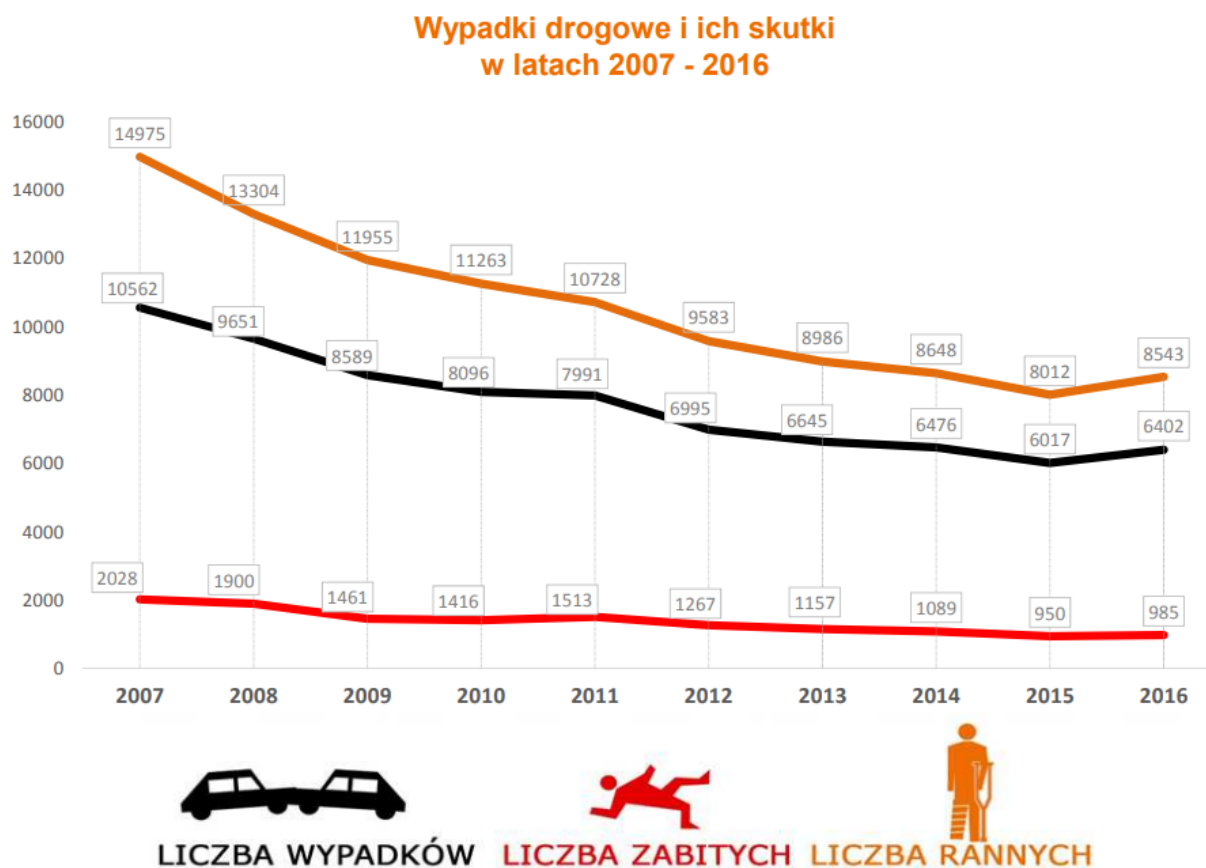
Typ wypadku	Prędkość uderzenia
samochód / pieszy / rowerzysta	20 - 30 km/h
samochód / motocykl	20 - 30 km/h
samochód / drzewo lub słup	30 - 40 km/h
samochód / samochód (zderzenie boczne)	50 km/h
samochód / samochód (zderzenie czołowe)	70 km/h

Source: Na podstawie Austroroads 2005

Z tabeli 1.1 odczytać można, że najbardziej podatni na zagrożenia w ruchu drogowym są piesi, rowerzyści oraz motocykliści. Oczywiście są to uśrednione dane. Ryzyko poważnych obrażeń a nawet śmierci w niektórych przypadkach może dotyczyć przy jeszcze mniejszych prędkościach.

W "Raport o stanie bezpieczeństwa ruchu drogowego dla dróg krajowych w zarządzie GDDKiA" opublikowanym na stronie Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, znajduje się zestawienie liczby wypadków drogowych i ich skutków, w latach 2007 - 2016.

Rys. 1.1. wypadki drogowe i ich skutki



Source: Raport o stanie bezpieczeństwa ruchu drogowego dla dróg krajowych w zarządzie GDDKiA.

Z Rys.1.1. odczytać można, że liczba wypadków, z jednym wyjątkiem (z roku 2016) nieustannie maleje. W 2007 roku miało miejsce 10562 wypadków, w których liczba zabitych wyniosła 2028 osób, natomiast rannych było 14975. W porównaniu z 2016 został odnotowany spadek o ok. 40 %. Niewątpliwie jest to ogromny sukces, jednak liczba ta dalej jest zatrważająco wysoka.



## 1.2. Cele pracy

Głównym celem niniejszej pracy dyplomowej jest stworzenie inteligentnego systemu, mającego za zadanie predykcję dopuszczalnych prędkości w ruchu drogowym. Ponadto zostaną opracowane modele i narzędzia pozwalające na obliczenie prędkości na drogach. Rozwiązanie bazować będzie na metodach automatycznego wnioskowania, modelach matematycznych i informacjach geoprzestrzennych. Dzięki temu, możliwe będzie wyznaczenie optymalnego rozwiązania dla złożonego, wielokryterialnego problemu, w którym kluczowe znaczenie będzie miało bezpieczeństwo uczestników ruchu drogowego, przy zachowaniu maksymalnej przepustowości infrastruktury drogowej.

Aglorytm predykcji dopuszczalnych prędkości w ruchu drogowym będzie wykorzystywał następujące informacje

- **pojedyncze poziome zakręty** - zostaną podzielone na trzy grupy, według długości promienia skrętu:
  - **mały promień skrętu** - o maksymalnej długości promienia 300m
  - **średni promień skrętu** - o długości promienia powyżej 300m i poniżej 600m
  - **duży promień skrętu** - o długości promieniu powyżej 600m
- **połączone poziome zakręty** - będące połączone prostą o długości nie przekraczają 200m. Zostaną podzielone na dwie grupy, według długości promienia skrętu:
  - **najpierw zakręt o większym promieniu, następnie o mniejszym**
  - **najpierw zakręt o mniejszym promieniu, następnie o większym**
- **poblize szkół i miejsc zabaw** - w takich przypadkach prędkość musi zostać dobrana, aby kierowca bez przeszkód mógł zatrzymać się nie powodując zagrożenia dla zdrowia i życia osób niepełnoletnich. Należy mieć na uwadze fakt, że zachowanie małoletnich osób często jest nieobliczalne. Nigdy nie wiadomo kiedy mogą pojawić się na drodze
- **poblize sklepów i miejsc kultów religijnych** - dostosowanie prędkości do większego niż zwykle ruchu pieszych jak i pojazdów mechanicznych.
- **poblize przystanków autobusowych i tramwajowych** - zdrażają się szczególne sytuacje, gdy pasażerowie komunikacji zbiorowej, bez patrzenia biegną do już odjeżdżającej autobusu czy tramwaju. W takim przypadku szczególnie ważne jest dostosowanie prędkości, żeby kierowca mógł bez przeszkód odpowiednio wcześniej zareagować na taką ewentualność

- **przejścia dla pieszych** - w sytuacjach jak powyżej, z tą różnicą, że zamiast na autobus, przebiegają na "późnym zielonym lub czasem już czerwonym. Do takich sytuacji najczęściej dochodzi w miastach, gdzie tempo życia jest bardzo duże. Należy pamiętać, że ok. 25% wypadków na przejściach z sygnalizacją spowodowane jest wtargnięciem pieszego na czerwonym świetle.
- **tunele i mosty** - szczególne typy dróg, gdzie w tunelach są inne warunki oświetleniowe, oraz stan nawierzchni w większości przypadków nie jest zależny od warunków atmosferycznych. Mosty zazwyczaj nie są tak szerokie jak ulice do nich prowadzące, dlatego trzeba być przygowanym na np. zwężenia drogi.
- **ilość pasów ruchu** - prędkość będzie większa na kilkupasmowej drodze, w porównaniu z jednopasmową
- **typ nawierzchni** - jest to bardzo ważny czynnik, ponieważ poruszając się z nieodpowiednią prędkością po nieprzystosowanej do tego nawierzchni, np. żwirowej, bardzo łatwo jest uszkodzić podwozie samochodu
- **typ drogi** - autostrady, drogi osiedlowe, eksresowe, główne itp.
- **zmiana prędkości między poszczególnymi strefami ograniczeń prędkości** - płynna jazda jest znacznie mniej ryzykowna niż nagle zmiana prędkości pojazdu. Dlatego w sytuacjach, gdy na drodze znajduje np. przejście dla pieszych, należy stopiowo ustawiać coraz to niższe wartości znaków sygnalizujących ograniczenie prędkości
- **przejazdy kolejowe** - są zarówno strzeżone jak i nie strzeżone. W obu przypadkach należy zachować szczególną ostrożność, dlatego też prędkość musi być odpowiednio niższa. Trzeba mieć na uwadze, że przez dużą masę pojazdów szynowych, wypadki kolejowe należą do jednych z najbardziej śmiertelnych.
- **historia wypadków** - również jest to dość istotny czynnik, który algorytm powinien uwzględniać

Oprócz danych pobranych z OpenStreetMap, aplikacja musi posiadać możliwość manualnego - przez zwykłego użytkownika, definiowania obiektów i przeszkód na drodze. Jest to szczególnie istotne, gdyż nie wszystkie dane umieszczone są OSM.

Kluczową kwestią działanie algorytmu są również miejsce w których powinien umieszczać znaki ograniczenia prędkości. Kierowca odpowiednio wcześniej musi zostać poinformowany o przeszkodzie na drodze, żeby mieć wystarczający czas na reakcję. Dla przykładu, niedopuszczalna jest sytuacja, gdy kierowca podróżując z szybkością 90 km/h, natrafia na znak informujący o znajdującym się za nim przejściu dla pieszych. Prawidłowo działający algorytm, powinien informować o potrzebie stopniowej redukcji prędkości, poprzez umieszczanie znaków ograniczeń prędkości o coraz to mniejszych wartościach. Dzięki temu możliwa będzie płynność jazdy, przy zachowaniu odpowiedniego bezpieczeństwa.

### 1.3. Wykorzystane technologie

Cała aplikacja bazować będzie na dynamicznej stronie internetowej. W tym celu zostanie wykorzystany stos technologiczny, bazujący na javascriptcie, jakim jest MEAN stack. Miałem kilka powodów, dla których wybrałem te konkretne technologie. Pierwszym jest rosnąca popularność tego stosu. Coraz więcej firm przekonuje się do tej technologii, więc popyt na programistów z tego zakresu rośnie z roku na rok. Drugim powodem jest fakt, że można go uruchomić na prawie każdym urządzeniu czy platformie, przez co jest duża przenośność kodu. Dodatkowo MEAN stack idealnie nadaje się do prostych, skalowalnych aplikacji webowych, w których nacisk kładziony jest na intensywną wymianę danych w czasie rzeczywistym na wielu urządzeniach.

Schemat działania aplikacji wygląda następująco. Dane zostaną pobrane z oficjalnej strony OpenStreetMap, 'www.openstreetmap.org'. Są one zapisane w formacie xml. W celu łatwiejszego ich przetwarzania, zostaną przekonwertowane do formatu GeoJson. Jest to rozszerzenie formatu Json o dane niezbędne do operowania na geograficznym typie danych. Przetworzone dane, będą przechowywane w mLab. Jest to w pełni zarządzana usługa bazy danych w chmurze, która hostuje bazy danych MongoDB.

Back-end aplikacji zostanie napisany w Node.js. Jego głównym zadaniem będzie łączenie się z mLabem w celu pobrania, zapisu, edycji i usuwania danych. Ponadto będzie komunikował się również z frontendem, po to aby przekazywać pobrane dane. Dodatkowo, w celu zmniejszenia objętości kodu i tym samym zwiększenia jego czytelności, zostanie użyty framework Express.js.

Za zarządzanie front-endem odpowiedzialny będzie angular w wersji 5. Na nim zostanie uruchomiona biblioteka Leaflet. Umożliwia wyświetlenie interaktywnej mapy, którą zasilić będzie można różnymi typami danych, np. w formacie GeoJson. Dzięki niej, użytkownik zyska możliwość wprowadzania swoich danych, przeglądania już istniejących czy dowiedzieć się, jakie prędkości są dozwolone na danych odcinkach dróg. Kolejną, dość istotną funkcjonalnością biblioteki leaflet jest możliwość zarządzania wyświetlanymi obiektami. W prosty sposób będzie można ukryć wszystkie dane, wyświetlać tylko drogi, tylko ograniczenia prędkości lub różne kombinacje danych, które nas interesują.

### 1.4. Przegląd literatury

C. Ham w "Best Practice for Variable Speed Limits: Literature Review" podaje przykład, jak zmiana prędkości wpływa na bezpieczeństwo i płynność jazdy. Jeśli kierowca napotka zbyt wiele stref prędkości z obrębem krótkiego odcinka drogi lub zbyt wiele zmian ograniczeń prędkości w sąsiedztwie danej strefy, to wtedy może poczuć dezorientację. Wzraca uwagę, jak ważne jest rozmieszczenie odpowiednich znaków, dla zredukowania poziomu stresu kierowcy.

C. Jurewicz w "Model National Guidelines for Setting Speed Limits at High-risk Locations" wskazuje bezpośrednią relację pomiędzy prędkością a ryzykiem wypadku. W sytuacji gdy prędkość jest zmniejszana, liczba wypadków i rannych spada w 85 procentach przypadków. Gdy prędkość jest zwiększana, liczba wypadków i rannych wzrasta w 71 procentach przypadków. Największym dowodem na to

są tak zwane badania 'przed i po'. W latach 1980 ograniczenie prędkości dla wiejskich i zewnętrznych autostrad w metropolii zostało zwiększone ze 100 km/h do 110 km/h, ale zostało spowrotem zredukowane do 100 km/h z powodu obaw o bezpieczeństwo. Badanie 'przed, w trakcie i po' zostało prowadzone na przestrzeni 2,5 roku. W sytuacji, gdy ograniczenie prędkości zostało zwiększone do 110 km/h, wskaźnik ofiar wypadków wzrósł o prawie 25 procent i gdy prędkość ponownie została zmniejszona do 100 km/h wskaźnik zmalał o prawie 20 procent.

Levasseur i Mitchell w "Expanded Operating Speed Model" skupiają się na dostosowaniu prędkości na drogach w przypadku gdy występują na nich różnego rodzaju zakręty. Tabela 1.2 przedstawia pogrupowane średnie prędkości dla poszczególnych promieni skrętu.

**Tabela 1.2.** Średnie prędkości dla poszczególnych zakrętów

<b>zakres prędkości</b>	<b>promień skrętu</b>
od 55 do 75 km/h	od 50 do mniej niż 100 m
od 75 do 85 km/h	od 50 do mniej niż 150 m
od 85 do 95 km/h	od 50 do mniej niż 200 m
od 95 do 105 km/h	od 50 do mniej niż 250 m

Source: Na podstawie Expanded Operating Speed Model

G. J. Forbes w "Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report" wspomina o relacji pomiędzy prędkością a ryzykiem wypadku dla prędkości między 25 km/h a 120 km/h. Gdy średnia prędkość ruchu jest zmniejszona, liczba wypadków i poziom niebezpieczeństwa urazów prawie zawsze maleje. Gdy średnia prędkość ruchu wzrasta, liczba wypadków i poziom niebezpieczeństwa urazów przeważnie rośnie. Relacja między średnią prędkością a ryzykiem wypadków może być adekwatnie opisana według poniższego modelu:

$$CMF = (V_a/V_b)^X \quad (1.1)$$

gdzie

$CMF$  – Współczynnik modyfikacji wypadku

$V_a$  – średnia prędkość przed warunkiem

$V_b$  – średnia prędkość po warunkiem

$X$  – 3.6 dla częstotliwości wypadków, w których pojawiły się ofiary śmiertelne

2.0 dla częstotliwości wypadków, w których nie było ofiar śmiertelnych

1.0 dla częstotliwości gdzie uszkodzeniu uległy tylko pojazdy

4.5 dla ofiar śmiertelnych

2.7 dla których poszkodowani ponieśli tylko obrażenia ciała

Porównuje także ograniczenia prędkości dla poszczególnych obszarów znajdujących się w USA. Ich wynik znajduje się w tabeli 1.3

**Tabela 1.3.** Ograniczenia prędkości w różnych stanach

Stan	Prędkość	Obszar
Delaware	40 km/h	dowolna dzielnica biznesowa
	40 km/h	dowolna dzielnica mieszkalna
	30 km/h	wszystkie strefach szkolnych
	80 km/h	dwupasmowa jezdnia
	90 km/h	czteropasmowa jezdnia
Minneapota	15 km/h	alejki
	50 km/h	ulice dzielnic miejskich
	110 km/h	wiejskie autostrady międzystanowe
	105 km/h	miejskie autostrady międzystanowe
	105 km/h	drogi ekspresowe
	90 km/h	pozostałe drogi
Delaware	25 km/h	alejki, wąskie uliczki mieszkalne
	30 km/h	dzielnice biznesowe, strefy szkolne
	40 km/h	dzielnice mieszkalne, parki publiczne, brzegi oceanu
	90 km/h	wiejskie autostrady, ciężarówki na międzystanowych autostradach
	105 km/h	pojazdy pasażerskie, lekkie ciężarówki na międzystanowych autostradach

Source: Na podstawie Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report

C. Han w "Best Practice for Variable Speed Limits: Best Practice Recommendations" zwraca uwagę, jak pora dnia wpływa na ruch na drodze. W godzinach porannych, gdy osoby pracujące jadą do pracy, osoby nieletnie do szkół oraz w godzinach popołudniowych, gdy wracają do domów. Obserwowany jest wzmożony ruch na drogach. Więcej pojazdów na drodze, oznacza większe korki, a co za tym idzie, zmniejszenie rzeczywistej prędkości. Natomiast w pozostałych porach dnia, gdy ruch jest mniejszy, możliwe jest szybsze poruszanie się po drodze. C. Han opisuje także jak prawidłowo ustawiać znaki drogowe. Oznakowanie powinno być umieszczone w każdym odpowiednim punkcie wzdłuż drogi, np. wokół potencjalnych punktów konfliktowych, zjazdach i rozwidleniach dróg, zmianie ich nawierzchni itp. Powtórzenia znaków, najlepiej żeby były w odległości 1000m na autostradach. W obszarach miejskich, rekomendowana odległość to 400-500 m

## 1.5. Układ pracy

Praca składa się z N rozdziałów.

- Pierwszy z nich zawiera wstęp, cele pracy, wykorzystane technologie oraz przegląd literatury.
- Drugi składa się z ...,
- W trzecim zawarto informacje na temat...
- Czwarty...

[1] M. Levasseur, B. Mitchell, Expanded Operating Speed Model, Austroads Ltd, 287 Elizabeth Street, Sydney NSW 2000 Australia, 4 2013.

[2] C. Han, J. Luk, V. Pyta, P. Cairney, Best Practice for Variable Speed Limits: Literature Review, Austroads Incorporated, 287 Elizabeth Street, Sydney NSW 2000 Australia, 7 2009.

[3] C. Han, V. Pyta, J. Luk, Best Practice for Variable Speed Limits: Best Practice Recommendations, Austroads Incorporated, 287 Elizabeth Street, Sydney NSW 2000 Australia, 7 2009.

[4] C. Jurewicz, C. Philips, M. Tziotis, B. Turner, Model National Guidelines for Setting Speed Limits at High-risk Locations, Austroads Ltd, 287 Elizabeth Street, Sydney NSW 2000 Australia, 3 2014.

[5] G. J. Forbes, P. Pend, Methods and Practices for Setting Speed Limits: An Informational Report, Institute of Transportation Engineers 11627 Eye Street, NW, Suite 600 Washington, 4 2012