

Spis treści

Wstęp 7

1. Wprowadzenie do problematyki oświetlenia ulicznego w kontekście bezpieczeństwa ruchu 10
 - 1.1. Bezpieczeństwo ruchu drogowego w porze nocnej 10
 - 1.2. Problematyka widoczności użytkowników dróg w porze nocnej 18
 - 1.2.1. Oświetlenie uliczne a widoczność użytkowników drogi 19
 - 1.2.2. Wpływ oświetlenia na bezpieczeństwo drogowe 23
 - 1.3. Problematyka modelowania zużycia energii na cele oświetlenia dróg 24
 - 1.3.1. Dobór poziomu oświetlenia w procesie projektowania dróg 24
 - 1.3.2. Klasy oświetlenia dla powierzchni konfliktowych C 28
 - 1.4. Dekarbonizacja transportu 32
 - 1.5. Problemy decyzyjne w zakresie integracji modelowania ruchu drogowego i oświetlenia 34
2. Zastosowanie cyfrowego bliźniaka do oceny integracji infrastruktury drogowej w literaturze 37
 - 2.1. Definicja cyfrowego bliźniaka w kontekście inżynierii ruchu 37
 - 2.2. Wymagania cyfrowego bliźniaka w kontekście inżynierii ruchu 38
 - 2.3. Zastosowanie cyfrowych bliźniaków w ruchu drogowym 41
 - 2.4. Przegląd wykorzystywanych programów i narzędzi 44
 - 2.5. Główne wyzwania wdrażania bliźniaków cyfrowych 46
3. Badania i ocena zastosowania dynamicznego sterowania oświetleniem ulicznym 48
 - 3.1. Systemy inteligentnego sterowania oświetleniem ulicznym 48
 - 3.2. Wymagania i zastosowania systemów sterowania 51
 - 3.3. Analiza rzeczywistych danych pomiarowych dla oceny oświetlenia 55
 - 3.3.1. Pomiary oświetlenia 55
 - 3.3.2. Efektywność energetyczna oświetlenia dróg 59
4. Prognozowanie ruchu drogowego na potrzeby oświetlenia dróg 61
 - 4.1. Pozyskanie i kalibracja danych pomiarowych 61

4.2. Analiza natężenia ruchu drogowego w godzinach nocnych	65
4.3. Analiza wahań i sezonowości natężenia ruchu drogowego	71
4.4. Opracowanie modeli predykcyjnych dla wybranej ulicy	76
4.4.1. Model SARIMA	76
4.4.2. Metoda Holta-Wintersa	83
4.4.3. Analiza harmoniczna	87
4.4.4. Miary dokładności prognoz	98
5. Modelowanie ruchu drogowego w kontekście oświetlenia dróg	101
5.1. Opis środowiska symulacyjnego	101
5.2. Modelowanie rzeczywistych warunków ruchowych i scenariuszy transportowych	103
5.3. Określenie rzeczywistych poziomów oświetlenia drogi	110
5.4. Koncepcja integracji danych ruchowych z warstwą oświetlenia	120
6. Projektowanie algorytmów sterowania z wykorzystaniem cyfrowego bliźniaka	125
6.1. Algorytm sterowania przy użyciu automatu komórkowego	125
6.2. Analiza przypadków testowych i scenariuszy oszczędności energii	132
6.3. Wykorzystanie cyfrowego bliźniaka do integracji warstwy oświetleniowej z modelem ruchu	135
6.4. Symulacja wpływu dynamicznego oświetlenia na redukcję emisji	141
Podsumowanie	146
Bibliografia	150
Załączniki	171