

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