

Piotr Tomczuk¹

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

Propozycja modelu do oceny jakości oświetlenia sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych

1. WPROWADZENIE

Proces widzenia kierowcy w nocnych warunkach obserwacji jest dość złożony i zależny w głównej mierze od jego czynników psychofizycznych oraz warunków oświetleniowych. Subiektywna ocena warunków oświetleniowych prowadzona przez audytorów BRD nie może być podstawą do weryfikowania stanu oświetlenia przejść dla pieszych. Jak wynika z literatury przedmiotu [1, 2, 3, 4, 8, 22] każdy człowiek widzi w sposób nieco inny, a właściwości fizjonomiczne widzenia zmieniają się wraz z wiekiem i stanem zdrowia.

Na bezpieczeństwo pieszych znajdujących się na przejściu dla pieszych wpływa szereg czynników, które zostały opisane w literaturze [6, 7, 19, 20]. Jak wynika z prowadzonych badań w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego [15, 16] istnieją różne kryteria wartościowania bezpieczeństwa np. parametrami ryzyka wypadku lub doznania obrażeń śmiertelnych.

Jeżeli nie można zdefiniować jednoznacznej odpowiedzi z powodu zbyt dużej ilości zmiennych wejściowych lub zmiany czynników oceny mają charakter nieliniowy to można podjąć próbę zastosowania układów logicznych [11, 14], np. algorytmów logiki rozmytej. Dokonując „rozmycia” wartości wejściowych, operując przedziałami i wagami można uzyskać ocenę zależną od szeregu zmiennych wejściowych pozornie od siebie niezależnych. Dzięki przyporządkowaniu do założonego przedziału, który najlepiej odpowiada zmierzonej wielkości wynik pomiaru nie jest traktowany jednoznacznie. Zgodnie ze zdefiniowaną funkcją zmian określony jest stopień przynależności do danego przedziału. W wyniku przyjęcia przez projektanta (eksperta) reguł logiki rozmytej można otrzymać wynikową, precyzyjną ocenę w założonej skali (w prezentowanym przypadku pomiędzy 0 a 10 pkt.).

Autor niniejszego opracowania proponuje wykorzystanie algorytmów logiki rozmytej do oceny parametrów oświetlenia przejścia dla pieszych. Podkreślić należy, że w przyszłości możliwe jest rozbudowanie modelu o inne kryteria związane z BRD (np. natężenia ruchu pieszego lub motorowego, widzialnością geometryczną, jakością oznakowania itd.).

Według opinii autora metoda oceny wykorzystująca działania na zbiorach rozmytych, jest optymalna ze względu na możliwość uwzględnienia wiedzy eksperckiej oraz dalszej ewaluacji modelu na potrzeby ujednoczenia standardu oceny bezpieczeństwa w ruchu drogowego. Jak można się spodziewać tego typu model można znaleźć zastosowanie w przeprowadzeniu oceny przez audytorów BRD.

Aby zapewnić możliwość obiektywnej oceny jakości oświetlenia przejścia dla pieszych zdecydowano się na zastosowanie kryterium luminancyjnego.

Dzięki możliwości wykonania badań terenowych luminancji na obiektach reprezentujących sylwetkę człowieka oraz w jego otoczeniu (tło) możliwe jest przeprowadzenie analizy kontrastu w oparciu o zadane kryteria oceny. Autor proponuje wykonanie badań luminancji na obiektach umieszczonych w osi przejścia dla pieszych. Opis pomiaru luminancji i obliczenia kontrastu został przedstawiony w pracach [17, 18, 21].

Metodę zaproponowano mając na uwadze potrzebę podejmowania decyzji przez audytorów bezpieczeństwa ruchu drogowego BRD stojących przed problemem oceny istniejącego rozwiązania oświetleniowego na przejściu dla pieszych.

Ocena porównawcza może mieć istotne znaczenie dla inwestorów dokonujących wyboru rozwiązania oświetleniowego, które może mieć zastosowanie na konkretnym przejściu dla pieszych. Taka analiza może

¹ ptomczuk @it.pw.edu.pl

być prowadzona przy wyborze rozwiązania oświetleniowego dla nowoprojektowanych lub modernizowanych inwestycji.

Metoda związana jest z oceną luminancji obiektów (sylwetki człowieka) i tła (otoczenia sylwetki człowieka na przejściu dla pieszych). Zwana będzie dalej metodą luminancyjną. Może być z powodzeniem stosowana do porównywania jakości oświetlenia na przejściu dla pieszych przy zastosowaniu różnego rodzaju opraw oświetleniowych. Znaleźć też może zastosowanie podczas weryfikacji nowoprojektowanych i eksploatowanych instalacji oświetleniowych.

Przy pomocy metody można oceniać oświetlenie sylwetki człowieka na przejściu dla pieszych, a pośrednio jakość oświetlenia na przejściu dla pieszych. Można też wstępnie weryfikować rozsyły światłości opraw prototypowych na etapie symulacji komputerowych. Wykazanie określonych cech fotometrycznych może mieć wpływ na proces kształtowania bryły światłości oprawy, co pozwala już na etapie symulacji wykluczyć rozwiązania nieefektywne świetlnie. Dzięki możliwości doboru odpowiednich rozsyłów wiązki świetlnej oprawy można spodziewać się poprawy warunków oświetlenia przejścia dla pieszych oraz bezpieczeństwa ruchu drogowego w szczególności po zmroku i w warunkach ograniczonej przejrzystości powietrza.

2. OCENY JAKOŚCI OŚWIETLENIA SYLWETKI PIESZEGO NA PRZEJŚCIU DLA PIESZYCH

Dążąc do możliwie efektywnego pozyskania informacji o stanie oświetlenia danego przejścia dla pieszych w niniejszej pracy zaproponowano wykorzystanie dwóch parametrów bezpośrednio związanych z możliwością dostrzeżenia pieszego przez kierującego pojazdem tj:

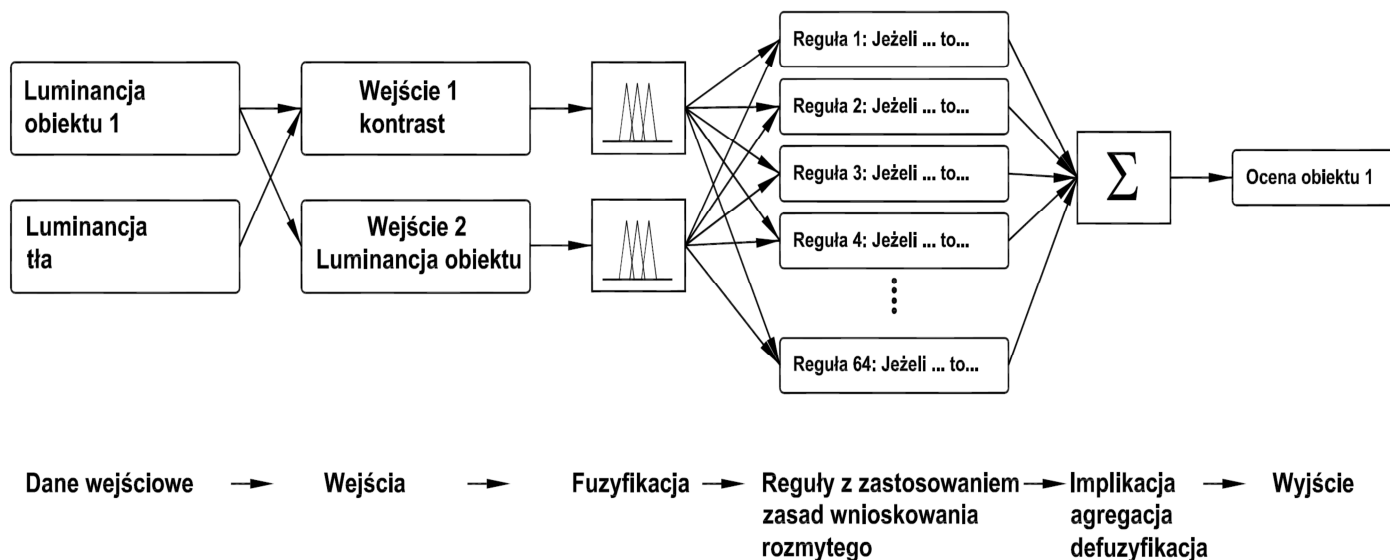
- kryterium luminancji – obiektu, sylwetki człowieka oraz luminancji tła - otoczenia sylwetki człowieka,
- kryterium kontrastu obiektu z tłem.

Dane do obliczeń metodą luminancyjną mogą pochodzić zarówno z pomiarów obiektów rzeczywistych jak i symulacji komputerowych. W poniższym modelu, ze względu na standardową szerokość jezdni wynoszącą 9m zastosowano 8 obiektów testowych (n). W przypadku szerszej jedni możliwe jest zwiększenie tej liczby, co wiąże się z modyfikacją modelu obliczeniowego.

Dla powyższych obiektów wykonywane są pomiary luminancji obiektów $L_T(n)$ i tła $L_B(n)$. Na potrzeby zaproponowanego modelu oceny wykonano szereg badań symulacyjnych i terenowych oświetlenia przejść dla pieszych które posłużyły za dane wejściowe do modelu obliczeniowego. Dzięki pozyskaniu znaczącej liczny danych możliwe było uszeregowanie w przedziałach zmienności wartości luminancji obiektu i tła oraz obliczonego kontrastu obiektu z tłem.

Należy podkreślić, że ustalenie przedziałów zmienności danych wejściowych zdefiniowane zostało na podstawie wiedzy eksperckiej autora i może być korygowane w przyszłości. Ustalenie precyzyjnych, jednoznacznych zakresów zmienności funkcji wejściowych jest trudne do zdefiniowania. Założone w modelu wartości wynikają z przeprowadzonych wyników badań symulacyjnych i eksperymentalnych. Mogą być w przyszłości korygowane w miarę gromadzenia danych eksperymentalnych i tworzenia bazy wiedzy eksperckiej.

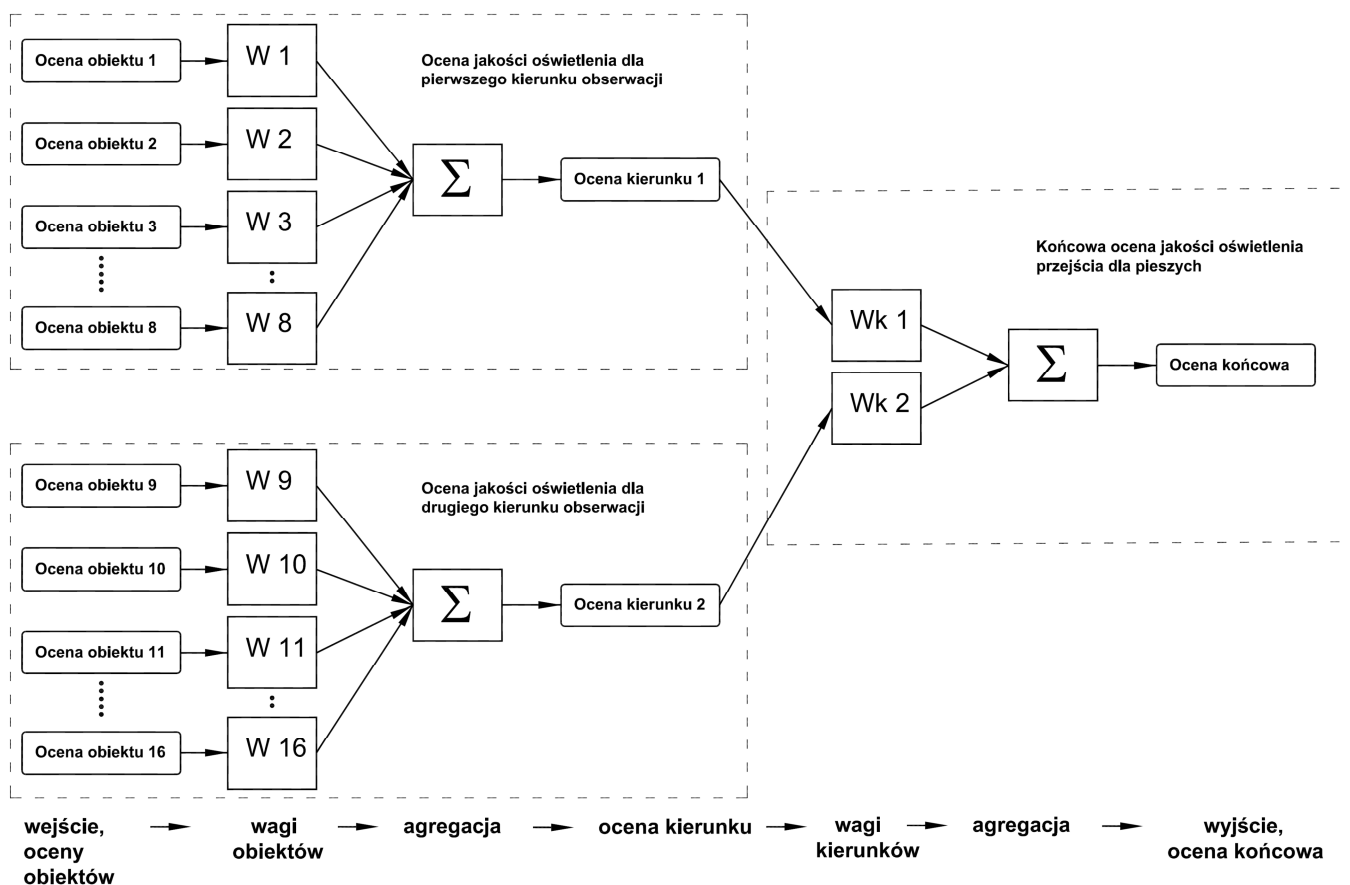
Zaproponowany w niniejszym artykule model do oceny oświetlenia przejść dla pieszych został zaprezentowany poniżej. Rysunek 1 prezentuje schemat zasady oceny oświetlenia przejścia dla pieszych wykorzystującego algorytmy logiki rozmytej służący do oceny parametrów pojedynczego obiektu.



Rys. 1. Model oceny parametrów luminancji pojedynczego obiektu

Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie wyników oceny poszczególnych obiektów oraz po uwzględnieniu współczynników wagowych $W(n)$ (rys. 8.) ważności danego obiektu wystawiana jest ocena końcowa dla danego kierunku obserwacji. Końcowa ocena oświetlenia przejścia dla pieszych uwzględnia współczynniki wagowe danego kierunku obserwacji $W_k(n)$. W poniższym modelu przyjęto współczynniki dla każdego kierunku obserwacji równe i wynoszące 0,5. Założono tym samym jednakową istotność warunków oświetleniowych dla dwóch kierunków obserwacji. Wartość ta może być zmieniona i uzależniona np. od natężenia ruchu pojazdów w danym kierunku. Schemat generowania oceny końcowej dla dwóch kierunków obserwacji przejścia dla pieszych został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Model oceny parametrów luminancji wszystkich obiektów znajdujących się na przejściu dla pieszych

Źródło: opracowanie własne.

Dobór funkcji przynależności wraz ze zdefiniowanymi przedziałami oceny jest dość trudny. Dobór poziomów luminancji i kontrastu oraz kształtu funkcji odbywał się metodą przeprowadzenia terenowych badań eksperymentalnych, prób symulacyjnych oraz wiedzy autora. W stworzeniu powyższych zależności wykorzystano zalecenia normalizacyjne [5, 9, 10]. Należy podkreślić że przyjęte zakresy funkcji przynależności dotyczą przebadanych obiektów i mogą być w przyszłości korygowane w miarę gromadzenia danych pomiarowych. Ideą systemu jest stworzenie możliwości przeprowadzenia ponownej oceny z uwzględnieniem nowopowstałych konstrukcji opraw oświetlenia przejść dla pieszych. Jedną z zalet systemu oceny jest przyjęcie założenia, że ocena danego rozwiązania oświetlenia przejścia dla pieszych w przyszłości może się zmienić. Należy uznać za pewnik, że nowoczesne oprawy oświetleniowe w których stosuje się wydajne źródła światła i układy optyczno świetlne mogą w przyszłości pozwolić na efektywniejsze oświetlenie obiektów na przejściu dla pieszych.

Przyjęte wartości luminancji obiektu testowego wynikają między innymi z zaleceń formalnych [12, 13]. Na podstawie wartości natężenia oświetlenia z uwzględnieniem współczynników odbicia materiału stosowanego na pokrycie obiektu testowego opracowano funkcje przynależności oraz zakresy zmienności danych wejściowych (tab. 1 i rys. 5).

W metodzie jako jedno z dwóch kryteriów oceny występuje kontrast obiektu (sylwetki pieszego z tłem). Wartość kontrastu definiuje możliwość rozpoznania sylwetki człowieka w otoczeniu przejścia dla pieszych. Z powodu braku wytycznych normalizacyjnych przyjęcie zakresów zmienności funkcji przynależności kontrastu wyznaczone zostało eksperymentalnie.

Przedziały przynależności kontrastu „pieszy – otoczenie” zostały przedstawione w tabeli 2 oraz na rysunku 6. Optymalna wartość kontrastu została ustalona powyżej wartości 6. W zakresie wartości wejściowej $\pm 0,1$ (oznaczony jako „0”) kontrast jest zbyt niski, co może skutkować niezauważeniem obiektu na przejściu dla pieszych.

Tablica 1. Definiowane zakresy zmienności i przynależności luminancji obiektu

Przedział zmienności	Nazwa funkcji	Oznaczenie na rys. 5
$0 \leq L_T \leq 0,1$	niekorzystna	0
$0,05 \leq L_T \leq 0,5$	minimalna	1
$0,25 \leq L_T \leq 1$	dopuszczalna	2
$0,75 \leq L_T \leq 2$	dostateczna	3
$1,5 \leq L_T \leq 4,5$	dobra	4
$3 \leq L_T \leq 10$	bardzo dobra	5
$6 \leq L_T \leq 12$	optymalna	6
$L_T > 12$	bardzo korzystna	7

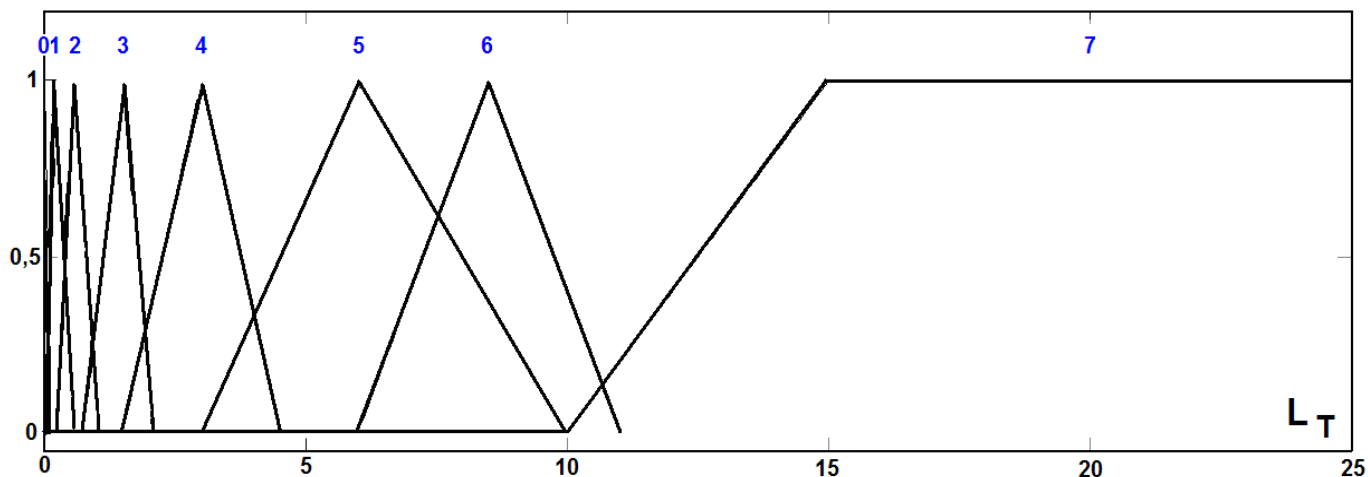
Źródło: opracowanie własne.

Tablica 2. Definiowane zakresy zmienności przynależności kontrastu luminancji obiektu z tłem

Przedział zmienności	Nazwa funkcji	Oznaczenie na rys. 6
$-1 \leq C \leq -0,05$	Ujemny akceptowalny	-1
$-0,1 \leq C \leq 0,1$	Nie akceptowalny	0
$0,05 \leq C \leq 0,45$	Dodatni minimalny	1
$0,25 \leq C \leq 1,6$	Dodatni dopuszczalny	2
$1 \leq C \leq 3$	Dodatni dostateczny	3
$2 \leq C \leq 4$	Dodatni dobry	4
$3 \leq C \leq 5$	Dodatni optymalny	5
$C > 4$	Dodatni bardzo dobry	6

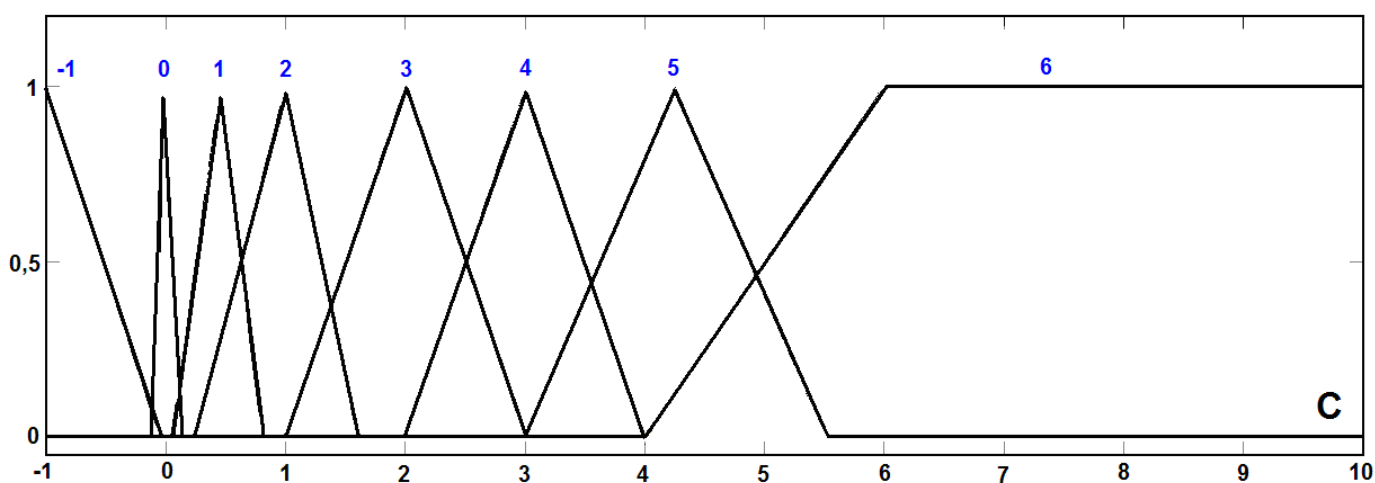
Źródło: opracowanie własne.

Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono w sposób graficzny zakresy przynależności odpowiednich danych wejściowych.



Rys. 5. Przedziały przynależności danych wejściowych parametru luminancji obiektu L_T

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Przedziały przynależności danych wejściowych parametru kontrastu C

Źródło: opracowanie własne.

Reguły systemu wnioskowania rozmytego i operatorów logiki rozmytej. Zastosowanie podstawowych operatorów logiki rozmytej ma na celu określenie, w jakim stopniu spełniona została „przesłanka” w każdej z reguł. Wejściem bloku są obliczone wartości przynależności do zbioru rozmytego dla „rozmytych” wejść. Wyjściem bloku jest pojedynczy wynik stopnia spełnienia „przesłanki”. Reguły systemu tworzą powiązania logiczne i określają jak należy w całościowej ocenie traktować wyniki dla poszczególnych luminancji obiektów i kontrastów. W tym bloku dokonano ustawienia zależności, które pozwalają na wygenerowanie przez system odpowiedzi, będącej jednoznacznym wynikiem (od 0 do 10) dla oceny jakości parametrów oświetlonego obiektu na przejściu dla pieszych. W ocenie ograniczono się do dwóch zmiennych (luminancji obiektu i kontrastu), które zostały ze sobą powiązane regułami logiki rozmytej, w taki sposób, aby układ dawał wiarygodną odpowiedź. Ustalenie reguł opiera się na wiedzy projektanta systemu (eksperta) dotyczącej fizjologii widzenia kierowcy i wagi poszczególnych punktów dla końcowej oceny. Zdefiniowane zostały 64 reguły, które w wyniku testowania układu okazały się wystarczające do prawidłowej oceny końcowej. Należy jednak podkreślić, że zwiększenie liczby reguł powoduje zwiększenie rozdzielczości systemu, powodując większe zróżnicowanie w ocenach poszczególnych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych. Zgodnie z ideą opracowanej metody „luminancyjnej” przy założeniu dziesięciostopniowej skali oceny może wystąpić sytuacja, że oceniany system oświetlenia przejścia dla pieszych wykazuje niewielkie (np. 5-10%) różnice w poziomie luminancji poszczególnych obiektów. Zostaną one zakwalifikowane do tej samej oceny, co oznacza, że mieszczą się w zakresie tolerancji i w reprezentują ten sam poziom jakości oświetlenia. Metoda umożliwia obserwację wyników cząstkowych poszczególnych kryteriów oraz analizę poszczególnych punktów i stref, w przypadku, gdyby dla użytkownika systemu pojedynczy wynik końcowy

był niewystarczający. Przeprowadzone rozumowanie uzasadnia dobór ilości reguł logiki rozmytej. System jest otwarty i umożliwia dopisywanie nowych reguł w przypadku rozszerzenia wiedzy „eksperta” w wyniku pojawiania się nowych konstrukcji urządzeń świetlnych lub odkrycia nieznanych dotychczas zależności. Reguły występujące w systemie zdefiniowano zgodnie z zależnościami podanymi w tablicy 3. Do zdefiniowania reguł posłużono się operatorem AND.

Tablica 3. Zależność oceny końcowej od luminancji obiektu oraz kontrastu obiektu z tłem

		Luminancja obiektu L_T							
		$0 \leq L_T \leq 0,1$	$0,05 \leq L_T \leq 0,5$	$0,25 \leq L_T \leq 1$	$0,75 \leq L_T \leq 2$	$1,5 \leq L_T \leq 4,5$	$3 \leq L_T \leq 10$	$6 \leq L_T \leq 12$	$L_T > 12$
Kontrast C	ozn.	0	1	2	3	4	5	6	7
$-1 \leq C \leq -0,05$	-1	3	3	2	1	1	1	1	1
$-0,1 \leq C < 0,1$	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$0,05 \leq C \leq 0,45$	1	1	1	2	3	3	3	3	3
$0,25 \leq C \leq 1,6$	2	1	2	3	3	4	4	5	6
$1 \leq C \leq 3$	3	1	2	3	4	4	5	6	7
$2 \leq C \leq 4$	4	1	3	4	4	5	6	7	8
$3 \leq C \leq 5$	5	2	3	4	5	6	7	8	9
$C > 4$	6	2	3	5	6	7	8	9	10

Źródło: opracowanie własne.

Dla uszczegółowienia zapisu (w tablicy 3) posłużono się oznaczeniami w zakresie -1 do 7 (rysunkach 5 i 6), odnoszącymi się bezpośrednio do zdefiniowanych w tablicach 1 oraz 2 zakresu zmienności wartości danych wejściowych.

Przykładowo: *Reguła numer 1*: Jeżeli $C = -1$ AND $L_T = 0$ THEN OCENA 3

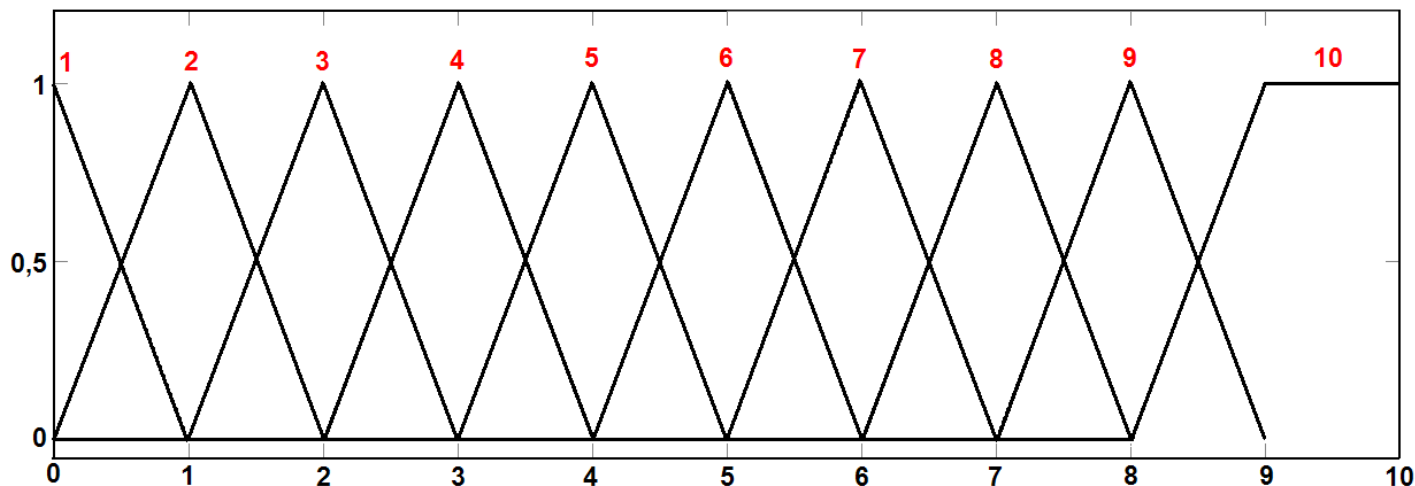
Co należy rozumieć w następujący sposób:

Jeżeli kontrast obiektu z tłem jest w zakresie $-1 \leq C \leq -0,05$ i luminancja obiektu jest w granicach $0 \leq L_T \leq 0,1$ to ocena oświetlenia obiektu na przejściu dla pieszych wynosi 3.

Ocena oświetlenia na przejściu dla pieszych jest dokonywana poza systemem bloku logicznego i polega na przypisaniu ocenie liczbowej cech „lingwistycznych” zgodnie z przyjętymi zasadami:

- wynik „1”, przedział od 0 do 1 – „bardzo złe” oświetlenie sylwetki człowieka na przejściu dla pieszych,
- wynik „2”, przedział od 0 do 2 – oświetlenie „złe”, które w niewielkim zakresie realizuje funkcję oświetleniową,
- wynik „3”, przedział od 1 do 3 – oświetlenie „średnio - złe”, spełnione wymagania minimalne lub występuje kontrast ujemny sylwetki człowieka z tłem,
- wynik „4”, przedział od 2 do 4 – oświetlenie „średnie”, niewystarczający do prawidłowego oświetlenia sylwetki pieszego znajdującego się na całym obszarze przejścia dla pieszych,
- wynik „5”, przedział od 3 do 5 – oświetlenie „średnio - dobre”,
- wynik „6”, przedział od 4 do 6 – oświetlenie „dobre” wyróżniające się ponad standard,
- wynik „7”, przedział od 5 do 7 – oświetlenie „więcej niż dobre”,
- wynik „8”, przedział od 6 do 8 – oświetlenie „bardzo dobre”,
- wynik „9”, przedział od 7 do 9 – oświetlenie „więcej niż bardzo dobre ale nie wzorowe”, ocena oczekiwana dla systemów oświetlenia dodatkowego,
- wynik „10”, przedział od 8 do 10 – oświetlenie „wzorowe”, ocena oczekiwana dla systemów oświetlenia dodatkowego z właściwym rozkładem luminancji i kontrastu. Zakres zarezerwowany dla najefektywniejszych rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych.

Sposób przypisywania oceny wynikowej (wyjście z układu) został przedstawiony na rysunku 7. Zakres oceny zawiera się w przedziale od 0 do 10. Wąski kształt funkcji i małe zachodzenie na siebie przedziałów ma na celu zwiększenie rozdzielczości i precyzyjne przypisywanie konkretnej wartości do oceny końcowej.



Rys. 7. Przedziały przynależności danych wyjściowych „Ocena” w zakresie od 0 do 10

Źródło: opracowanie własne.

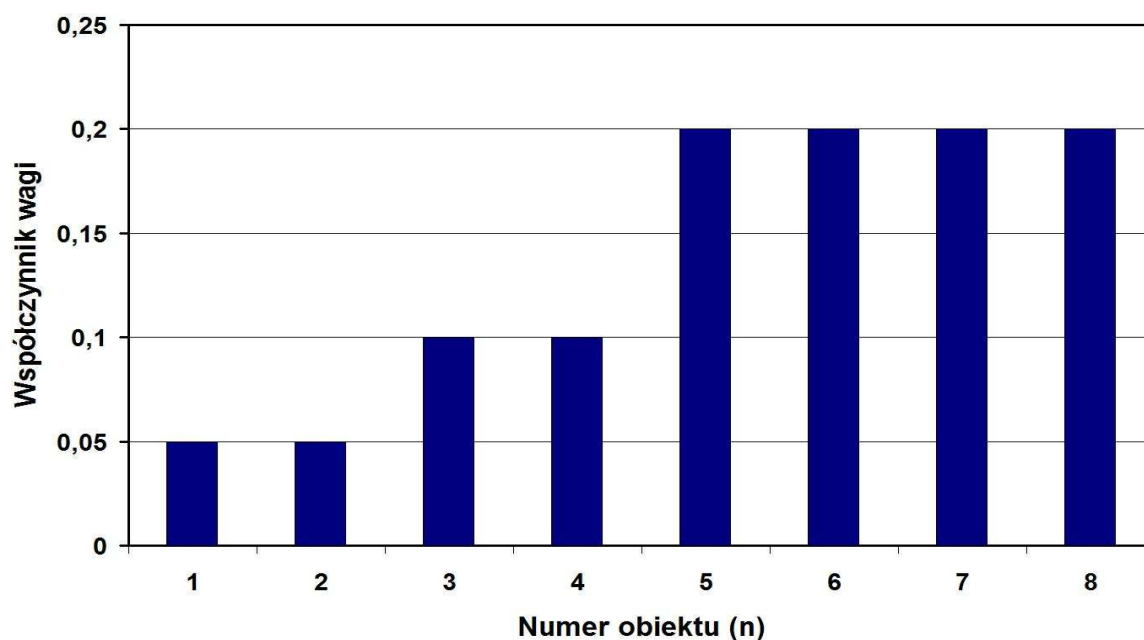
Autor artykułu zdecydował, że bardziej zrozumiała dla potencjalnego użytkownika jest odpowiedź układu wnioskowania logicznego w postaci konkretnej wartości a nie określenia lingwistycznego. Taka prezentacja wyniku miała na celu rozszerzenie zakresu oceny oraz uniemożliwienie dowolnej interpretacji wyniku (np. ocena 6 na 10 jest bardziej klarowna i precyzyjna niż stwierdzenie „bardzo dobry”).

W modelu oceny założono określone współczynniki wagowe $W(n)$ od $W(1)$ do $W(8)$ dla każdego kierunku obserwacji obiektów na przejściu dla pieszych – łącznie 16. Przyjęte wartości uzależnione zostały od wartości luminancji jaką należy uzyskać w poszczególnych obszarach przejścia dla pieszych. Ze względu na wymóg uzyskania najlepszych parametrów oświetlenia na jezdni i w strefie oczekiwania dla prawostronnego kierunku jazdy obiekty od 5 do 8 przyjmują wartości najwyższe. Na rys. 8 przedstawiono wartości współczynników wagowych dla poszczególnych obiektów dla poszczególnych obiektów. Należy podkreślić, że współczynniki wagowe przyjęte zostały dla oceny prowadzonej za pomocą 8 obiektów testowych. Dla większej liczby modeli testowych wartości te należy dobrać eksperymentalnie.

Tabela 7.4. Wartości współczynników wagowych dla poszczególnych obiektów

Numer obiektu	1	2	3	4	5	6	7	8
Współczynnik wagi	0,05	0,05	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 8. Wartości współczynników wagowych dla poszczególnych obiektów

Źródło: opracowanie własne.

3. PODSUMOWANIE

W powyższym artykule zostały zdefiniowane funkcje przynależności wraz z zakresami zmienności ocenianych parametrów. Dla każdego z dwóch kryteriów oceny (luminancji obiektu oraz kontrastu obiektu z tłem) zostały zamodelowane oddzielne układy logiczne, których wynik jest sumowany (z zachowaniem wartości współczynników wag ważności poszczególnych obiektów i kierunku obserwacji) dając w efekcie jedną ocenę całkowitej jakości badanego systemu oświetlenia przejść dla pieszych. Dla każdego układu logicznego zostały zdefiniowane wejścia i wyjście. Szczegółowo został opisany również układ logiczny związany z analizą luminancji obiektów oraz kontrastu obiektu testowego z tłem. W przypadku obydwu kryteriów „luminancji” i „kontrastu” zostały przedstawione przykładowe funkcje przynależności, które będzie można korygować na podstawie zgromadzonych w przeszłości danych pomiarowych.

Największymi zaletami przedstawionej metody są:

- jednoznaczny i prosty w interpretacji wynik oceny, który zrozumiały dla osób spoza branży oświetleniowej,
- uwzględnienie w ocenie rzeczywistych warunków oświetleniowych w otoczeniu przejścia dla pieszych – luminancji tła,
- możliwość oceny rzeczywistych sytuacji oświetleniowych,
- wyświetlanie wyników cząstkowych umożliwiające dokonywanie porównań dowolnych rozwiązań oświetleniowych stosowanych na przejściach dla pieszych,
- możliwość porównywania ze sobą różnych sytuacji oświetleniowych przy zastosowaniu identycznych opraw oświetlających przejście dla pieszych,
- możliwość rozbudowy systemu, możliwe jest wprowadzanie zmian mających na celu dostosowanie do nowych wymagań (opracowywanych w przyszłości) lub powiększenia zasobu wiedzy „eksperta” (zmiany zakresów zbiorów rozmytych, modelowanie kształtu funkcji przynależności, zmiany współczynników wagowych, dodawanie reguł logiki itp.),
- przeprowadzenie jednokrotnego badania terenowego jest wystarczające do prowadzenia analizy, która odbywa się w środowisku komputerowym (możliwość zmian kryteriów na obrabianym materiale bez konieczności powtarzania badania),
- stosunkowo krótki czas wykonania kompletnej analizy,
- możliwość rozbudowy systemu o nowe kryteria oceny,
- możliwość wykorzystania wyniku oceny oświetlenia przejścia dla pieszych w kompleksowej ocenie BRD.

Układ logiczny zaprojektowany zgodnie z przedstawionymi zasadami umożliwia wykonanie oceny dla stosowanych obecnie rozwiązań oświetlenia przejść dla pieszych.

Streszczenie

Jednym z czynników wpływających na możliwość uniknięcia sytuacji wypadkowej jest zastosowanie dodatkowego oświetlenia zamontowanego w pobliżu przejścia dla pieszych. Niestety nie zawsze zastosowane rozwiązanie oświetleniowe przynosi oczekiwane efekty. Spowodowane jest to między innymi niewłaściwym sposobem emisji wiązki świetlnej oprawy bądź stanem technicznym zastosowanego rozwiązania. Obecnie brakuje narzędzi pozwalających w sposób jednoznaczny ocenić jakość oświetlenia. W artykule zostanie zaprezentowana propozycja modelu do oceny jakości oświetlenia sylwetki pieszego na przejściu dla pieszych. Do rozwiązania problemu zaproponowano wykorzystanie algorytmów logiki rozmytej.

Słowa kluczowe: oświetlenie przejść dla pieszych, luminancja, ocena, bezpieczeństwo pieszych.

Proposal of assessment model of lighting quality of pedestrian figure on the crossing**Abstract**

One of the factors influencing the possibility of avoiding accident situation is application of additional lighting installed in the vicinity of pedestrian crossing. Unfortunately, the lighting solution applied does not always bring expected results. Among other things, this is due to the improper way of light beam emission from a lighting frame or the technical state of the solution applied. Currently there are insufficient tools which would unambiguously assess the quality of lighting. The article will present the proposal of assessment model of lighting quality of pedestrian figure on the crossing. The use of fuzzy-logic algorithms has been proposed as the problem solution.

Keywords: pedestrian crossing lighting, luminance, assessment, pedestrian safety.

LITERATURA

- [1] Adrian W., Gibbons R.: Fields of Visibility of the Nighttime Driver, *Light & Engineering*, Vol. 3, pp. 1-12.No. 3, 1995.
- [2] Adrian W.K.: On the contrast sensitivity of the human eye, *Public Works*, Canada, 1982.
- [3] Blackwell H. R.: Contrast thresholds of the human eye. *J. Opt. Soc. Am.* 36(11): 624-643. 1946.
- [4] Blackwell O.M., Blackwell H.R.: Visual performance data for 156 normal observers of various ages. *J. Illum. Eng. Soc.* 1(1):3-13 1971.
- [5] CIE Pub. No. 115:2010: Recommendations for the Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic, International Commission on Illumination, Wiena, 2010.
- [6] Dane statystyczne Europejskiej Komisji ds. Transportu: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/care_reports_graphics.
- [7] Dane statystyczne Komendy Głównej Policji www.kgp.gov.pl.
- [8] Dewar R.E., Olson P.L, Gerson J.A.: *Human factors in traffic safety*. Lawyers & Judges Publishing Company, USA 2002.
- [9] IES DG-5-94: Recommended Lighting for Walkways and Class 1 Bikeways, Illuminating Engineering Society, 1994.
- [10] Norma DIN 67523-2:2010-06: Beleuchtung von Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) mit Zusatzbeleuchtung, Germany.
- [11] Osowski S.: *Sieci neuronowe w ujęciu algorytmicznym*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, wydanie drugie, Warszawa, 1996.
- [12] Polska norma PN-76/E-02032: Oświetlenie dróg publicznych.
- [13] Polska norma PN-EN 13201-2:2007: Oświetlenie dróg.
- [14] Ross T.J.: *Fuzzy logic with engineering applications*, University of New Mexico, John Wiley & Sons, Ltd, USA 2010.
- [15] Szczuraszek T., Kempa J., Bebyn G., Chmielewski J.: Analiza miejsc niebezpiecznych dla pieszych. *Transport miejski* nr. 1/2001.
- [16] Szczuraszek T.: *Bezpieczeństwo ruchu miejskiego*, WKiŁ Warszawa, 2008.
- [17] Tomczuk P.: Assessment model of luminance contrast of pedestrian figure against background on pedestrian crossing, *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review)*, R. 88 NR 3a/2012 p.104-107 ISSN 0033-2097, SIGMA-NOT.
- [18] Tomczuk P.: *Bezpieczeństwo pieszych - pomiary luminancji na przejściu dla pieszych*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Transport, Badania środków i Systemów Transportowych z.80, str.117-135 ISSN 1230-9265 Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.

- [19] Tomczuk P.: Bezpieczeństwo pieszych. Wymagania i zalecenia dotyczące oświetlenia przejść dla pieszych, Miesięcznik Drogi. Budownictwo Infrastrukturalne. 2/2011(2). Media Pro, Polskie Media Profesjonalne. Będzin 2011.
- [20] Tomczuk P.: Selected issues connected with lighting of pedestrian crossings, V Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna Systemy Logistyczne Teoria i Praktyka, Waplewo 6-9 września 2011, Logistyka 4/2011 ISSN 1231-5478 str. 982-989.
- [21] Tomczuk P.: Weryfikacja stanu oświetlenia na przejściu dla pieszych, XX Krajowa Konferencja Oświetleniowa Technika Świetlna 2011- materiały konferencyjne ISSN 1506-6223 str. 65-68. Warszawa 2011.
- [22] Wood J.M., Tyrrell R.A., Carberry T.: Limitations in drivers` ability to recognize pedestrians at night. Human Factors, 47 (3). 2005.