



Warszawa dn. 26.09.2022r.

Dr hab. inż. Anna Kozłowska,
Sieć Badawcza Łukasiewicz- Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki
Al. Lotników 32/46
02-668 Warszawa

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Justyny Kowalskiej
pt. “Oddawanie barw przez źródła światła stosowane do ogólnych celów
oświetleniowych”**

Recenzja została wykonana na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej z dnia 21 czerwca 2022r., powołującej recenzentów rozprawy doktorskiej w przewodzie doktorskim mgr. inż. Justyny Kowalskiej.

Recenzja zawiera ocenę rozprawy pod względem spełnienia warunków określonych w art 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z dnia 21.06.2016r., poz. 882).

I Informacje o ocenianej pracy doktorskiej:

a) **Tytuł:** Oddawanie barw przez źródła światła stosowane do ogólnych celów oświetleniowych

b) **Promotor:** dr hab. inż. Irena Fryc, prof. Politechniki Białostockiej

c) **Zawartość rozprawy doktorskiej:**

Rozprawa składa się z 5 rozdziałów, bibliografii zawierającej 134 pozycji literaturowych oraz spisu oznaczeń. W rozdziale pierwszym autorka zawarła wprowadzenie do tematyki pracy, dotyczącej zagadnienia oddawania barw, ze szczególnym uwzględnieniem źródeł światła stosowanych do ogólnych celów oświetleniowych. Rozdział drugi zawiera interesujący przegląd literatury oraz podstawy fizyczne i obliczeniowe metod oceny barwnej źródeł światła. Przedstawiona jest krytyczna ocena stosowanych dotychczas sposobów ilościowego ujęcia oddawania barw, a także często popełniane błędy w interpretacji opisujących je wskaźników.

Autorka zauważa, że dotychczas stosowane wskaźniki oddawania barw nie uwzględniają wpływu wieku obserwatora i kąta widzenia na czułość widmową poszczególnych rodzajów receptorów. Motywacją pracy jest więc stworzenie lepszych algorytmów, które w dokładniejszy i bliższy rzeczywistości sposób pozwolą na ocenę jakości oddawania barw przez źródła światła. W rozdziale drugim Autorka sformułowała tezę i cele rozprawy doktorskiej. Rozdział trzeci poświęcony jest opisowi budowy oka i procesowi powstawania wrażenia barwnego. Prace własne dotyczące autorskiej metody oceny oddawania barw zawarte są w rozdziale czwartym rozprawy. Metoda ta wprowadza dwa nowe wskaźniki, oceniające zbiór najlepiej oddawanych barw i najbardziej zniekształconych barw. Działanie algorytmu zostało sprawdzone dla reprezentatywnego zbioru 99 próbek. Rozdział piąty stanowi podsumowanie pracy.

II Ocena rozprawy

1. Zagadnie naukowe/badawcze rozpatrywane w pracy

Praca dotyczy niezwykle ważnego zagadnienia oddawania barw przez źródła światła, które są stosowane do ogólnych celów oświetleniowych. Teza i cel pracy zostały sformułowane w następujący sposób:

Teza pracy: *Możliwym jest, opracowanie metody oceniającej jakość oddawania barw źródeł światła, stosowanej do ogólnych celów oświetleniowych, na podstawie wartości parametrów, wyznaczonych z uwzględnieniem zależnej od wieku i kąta obserwacji funkcji czułości widmowej (l, m, s) receptorów barwnych oka.*

Cel pracy: *Opracowanie metody, do oceny oddawania barw źródeł światła, do ogólnych celów oświetleniowych, bazującej bezpośrednio na funkcjach czułości widmowej receptorów barwnych oka, która pozwoli na wyznaczenie wskaźników jakości barwnej źródła światła, wykorzystywanego przez określonego użytkownika (wiek, kąt widzenia, parametry kolorymetryczne otoczenia).*

W mojej ocenie, zarówno teza, jak i cel pracy zostały jasno sformułowane. Należy podkreślić istotność zagadnienia rozpatrywanego w pracy. Pomijanie różnic we wrażliwości poszczególnych fotoreceptorów barwnych oraz układu optycznego oka w zależności od wieku obserwatora oraz kąta widzenia prowadzi często do niewłaściwej oceny nowych źródeł światła dostępnych na rynku. W pracy został przedstawiony uniwersalny algorytm obliczeń wskaźników oddawania barw dla spersonalizowanego użytkownika (wiek i kąt obserwacji), który pozwala na ocenę jakości barwnej wszystkich dostępnych źródeł światła w określonych przez użytkownika warunkach oświetlenia ogólnego.

2. Analiza źródeł

Rozprawa zawiera wyczerpującą analizę źródeł dotyczących zagadnienia oddawania barw przez źródła stosowane do ogólnych celów oświetleniowych. Autorka odnosi się do zarówno do oficjalnych dokumentów (np. Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej, Amerykańskiego Narodowego Instytutu Normalizacyjnego), jak i artykułów naukowych,

przedstawiających aktualny stan badań światowych. Należy podkreślić, że w rozprawie dane źródłowe są nie tylko cytowane, ale też w krytyczny sposób oceniane. O dociekliwości Autorki świadczą własne opracowania większości rysunków, sprawdzanie obliczeń podawanych przez innych autorów i krytyczna ocena danych zawartych w cytowanych artykułach.

3. Ocena zastosowanych rozwiązań, metod i założeń

Ze względu na wady dostępnych i powszechnie stosowanych metod oceny oddawania barw Autorka stworzyła własne narzędzia obliczeniowe, pozwalające na wyznaczenie wskaźników oddawania barw dla spersonalizowanego użytkownika (wiek i kąt obserwacji). W tym celu opracowana została metoda wyznaczenia macierzy przeliczeń danych podstaw widzenia czopkowego (l , m , s) na dane kolorymetryczne (r , g , b), metoda wyznaczenia temperatury barwowej najbliższej dla obserwatora zależnego od kąta obserwacji i wieku, metoda wyznaczenia linii isotemperaturowych w przestrzeni barw wyznaczonej na podstawie krzywych czułości widmowej fotoreceptorów barwnych oka danego obserwatora. Dzięki stworzonym narzędziom możliwa jest ocena jakości barwnej dostępnych źródeł światła w określonych przez użytkownika warunkach oświetlenia ogólnego. Wyniki badań przedstawione w rozprawie pozwalają na stwierdzenie, że **cel pracy zostały osiągnięty**.

4. Oryginalność rozprawy

W rozprawie zaproponowane zostały własne wskaźniki oceny oddawania barw oraz wykazana została ich przydatność do oceny szerokiej gamy próbek. W mojej ocenie **wskazuje to na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej** mgr inż. Justyny Kowalskiej. Autorka dostrzega nierozwiązany dotychczas problem badawczy, tworzy modele matematyczne, które sprawdza dla szerokiej gamy iluminantów. Zaprezentowane badania mają charakter innowacyjny, a o ich aktualności świadczy opublikowanie ich w 11 artykułach w czasopiśmie oraz w rozdziale monografii, a także zaprezentowanie na konferencjach międzynarodowych i krajowych.

5. Przedstawienie uzyskanych wyników

Przeprowadzone w rozprawie badania zostały obszernie udokumentowane, zaś rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego, jakim jest oddawanie barw współczesne źródła światła. Całość pracy napisana jest poprawną polszczyzną, w sposób jasny i niezwykle staranny.

6. Przydatność dla nauk inżynierjno-technicznych

Biorąc pod uwagę przedmiot badań, jakim jest ocena oświetlenia stosowanego do celów ogólnych, przydatność pracy dla nauk inżynierjno-technicznych jest ogromna. Uwzględnienie problemu starzejącego się społeczeństwa i stworzenie możliwości doboru odpowiednich źródeł

pod kątem oddawania barw jest interesujące i z pewnością będzie mogło znaleźć szereg zastosowań praktycznych.

Właściwe oddawanie barw nie jest jednak jedynym parametrem decydującym o zastosowaniu w praktyce danego źródła. Pewną uwagą krytyczną, która nie ma wpływu na wysoką ocenę pracy, jest brak w rozprawie szerszej dyskusji na temat wybranych, optymalnych źródeł światła LED np. w kontekście ich wydajności energetycznej.

III Podsumowanie

Biorąc pod uwagę przeprowadzone przez Autorkę badania należy stwierdzić, że rozprawa doktorska prezentuje ogólną i specjalistyczną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie **elektrotechnika**, będącej przedmiotem dotychczasowej działalności naukowej Kandydatki. Jednocześnie należy podkreślić, że opisane w pracy osiągnięcia wpisują się również w zakres dyscypliny **automatyka, elektronika i elektrotechnika** wg nowej klasyfikacji.

Podsumowując, oceniana rozprawa cechuje się spójnością tematyki, wysokim poziomem naukowym, innowacyjnym charakterem badań i stanowi znaczny wkład w rozwój dyscyplin „elektrotechnika” (wg poprzedniej klasyfikacji) i „automatyka, elektronika i elektrotechnika” (wg nowej klasyfikacji). Biorąc pod uwagę oryginalność i istotność zaproponowanego rozwiązania problemu naukowego, przewyższającego wymagania niezbędne do obrony pracy doktorskiej oceniam pracę jako SPEŁNIAJĄCĄ WYMAGANIA Z WYRAŹNYM NADMIAREM.

Mając na uwadze osiągnięte wyniki i obowiązujące przepisy prawa wnoszę do Rady Naukowej Dyscypliny Automatyka, Elektronika i Elektrotechnika Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie Pani mgr inż. Justyny Kowalskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Anna Kłosa