

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Generowanie obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych z uwzględnieniem wybranych cech percepcyjnych układu wzrokowego człowieka

mgr inż. Marek Wernikowski

promotor: dr hab. inż. Radosław Mantiuk, prof. ZUT

Praca opisuje zagadnienia związane z generowaniem i wyświetlaniem obrazów trójwymiarowych na wyświetlaczach stereoskopowych wykorzystujących widzenie dwuoczne. We wspomnianych wyświetlaczach efekt stereoskopowy, wywołany poprzez wyświetlanie niezależnych obrazów dla prawego i lewego oka, pozwala na prawidłową i realistyczną percepcję głębi. Renderowanie obrazów dla tego typu wyświetlaczy jest jednak problemem złożonym pod względem obliczeniowym, dlatego w pracy proponowane są rozwiązania zmniejszające próbkowanie sceny, a więc przyspieszające syntezę obrazów. Wspomniane rozwiązania wykorzystują cechy układu wzrokowego człowieka do pomijania informacji nieistotnych z punktu widzenia percepcji obrazów przez człowieka. W szczególności wykorzystywane są cechy niejednorodnej rozdzielczości widzenia (ang. visual acuity), zmiennej czułości na kontrast (ang. contrast sensitivity) oraz maskowania treści sceny (ang. visual crowding).

Treść pracy opisuje pięć głównych rozwiązań, które wykorzystując percepcyjne cechy układu wzrokowego człowieka (ang. human visual system, HVS), przyspieszają syntezę i wyświetlanie obrazów w czasie rzeczywistym.

Niejednorodna rozdzielczość oka, a w szczególności zmniejszenie rozdzielczości dla widzenia peryferyjnego, wykorzystane zostało w systemie renderingu kierunkowego (ang. foveated rendering). Próbkowanie sceny jest zmniejszane dla kierunków oddalających się od widzenia centralnego rejestrowanego przez eye tracker. Dodatkowo zmiana próbkowania uzależniana jest od treści sceny. Wykorzystując ograniczenia czułości na kontrast, pomijane są treści niewidoczne dla człowieka. Do tego celu opracowany został model kierunkowej czułości na kontrast. Opracowane rozwiązanie ponad dwukrotnie przyspiesza operację cieniowania w stosunku do dotychczasowych systemów renderingu kierunkowego.

Rozwinięciem opisywanej metody jest zaproponowana w pracy technika antyaliasingu, ukierunkowana na wykrywanie aliasingu czasowego w peryferyjnych obszarach widzenia o znacząco zmniejszonej częstotliwości próbkowania. Technika oparta jest na splotowej sieci neuronowej uczoney za pomocą animowanych scen, które zostały wygenerowane metodą renderingu kierunkowego.

Cecha maskowania treści sceny wykorzystana została do zastąpienia fragmentów obrazów za pomocą metamerów (ang. metamers), które różnią się od wyjściowego obrazu, ale ta różnica nie jest zauważalna dla człowieka. Szczególnie w peryferyjnych obszarach widzenia, metamery mogą zasadniczo różnić się od obrazów syntezowanych klasycznymi technikami, co umożliwia ograniczenie liczby próbek służących do ich wygenerowania. W pracy badana jest możliwość wykorzystania metamerów do renderingu kierunkowego. Metamery tworzone są za pomocą sieci neuronowej typu GAN (ang. generative adversarial network). Nowatorskim rozwiązaniem jest zastosowanie zdeformowanych obrazów do trenowania sieci, co pozwala na obniżenie częstotliwości próbkowania sceny.

Cecha czułości na kontrast wykorzystana została do generowania obrazów dla stereoskopowych wyświetlaczy wieloogniskowych. We wspomnianych wyświetlaczach konieczna jest złożona dekompozycja obrazu na dwie płaszczyzny obrazu. W pracy zaproponowana została hybrydowa metoda dekompozycji, która bazując na modelu percepcyjnym stosuje dokładną metodę dekompozycji tylko dla treści obrazu, które, w punkcie widzenia odbioru przez człowieka, mogą zostać zdeformowane przez szybką metodę interpolacyjną. Opracowana metoda zastosowana została w zbudowanym wyświetlaczu wieloogniskowym.

W pracy opisano również metodę kompresji jasności obrazów o rozszerzonym zakresie jasności (ang. high dynamic range), która dodaje do systemów renderingu kierunkowego efekt adaptacji do zmiany jasności otoczenia. Opracowano model obliczania luminancji adaptacji bazujący na analizie otoczenia punktu patrzenia oraz zmian adaptacji w czasie (ang. maladaptation). Rozwiązanie zostało przetestowane na przykładzie prototypowej gry komputerowej.

10.05.22

Marek Wernikowski

DISSERTATION ABSTRACT

Generation of images for stereoscopic displays using selected perceptual features of human visual system

mgr inż. Marek Wernikowski

supervisor: dr hab. inż. Radosław Mantiuk, prof. ZUT

The dissertation deals with the generation and visualization of three-dimensional images on stereoscopic displays using binocular vision. The stereoscopic effect is created in these displays by displaying independent images for the right and left eyes. This technology allows for a correct and realistic perception of depth in the 3D scene. On the other hand, rendering two or more images becomes more challenging in computations. The dissertation proposes solutions that reduce the sampling of the scene and thus accelerate the synthesis of images. The solution above uses the features of the human visual system to ignore information that is irrelevant from the point of view of human perception. In particular, the characteristics of non-uniform resolution of vision (visual acuity) and variable sensitivity to contrast visual crowding are used.

The content of the work describes five related methods that, using the perceptual features of the human visual system (HVS), accelerate the real-time synthesis and display of images.

The foveated rendering system is based on visual acuity changes along the visual field, particularly its reduction in peripheral vision. Thus, the number of samples can be reduced for areas far away from the gaze direction measured by the eye tracker. The sampling can also be changed depending on the scene's content because content that is invisible to humans can be omitted or rendered with reduced accuracy. For this purpose, a directional contrast sensitivity model has been developed. The proposed foveated rendering method improves the shading operation speed more than twice compared the state-of-the-art foveated rendering systems.

An extension of the above method is the proposed anti-aliasing technique, which detects temporal aliasing in peripheral vision, where the sampling frequency is significantly reduced. The method is based on a convolutional neural network trained using animated scenes that have been generated using the directional rendering method.

The phenomenon of visual crowding was used to replace image fragments with metamers, which are different from the original image, but not in a way detectable by a human. Especially in the peripheral areas of vision, the metamers can be fundamentally different from images synthesized by classical techniques, making it possible to limit the number of samples used to generate peripheral image areas. The dissertation examines the possibility of using metamers for directional rendering. Metamers are created using GAN training (generative adversarial network). A novelty of the solution is the use of distorted images to train the network, which finally allows for a lower sampling rate of the scene.

A complex image decomposition into two image planes is necessary for stereoscopic multifocal displays. The dissertation proposes a hybrid decomposition method based on a perceptual model of contrast sensitivity. It uses a rigorous decomposition method only for the image's content, which may be distorted by a quick interpolation method. The developed method was tested in the custom multifocal display.

The dissertation also introduced a tone mapping technique that combines the foveated rendering with visual adaptation phenomenon. The adaptation luminance is computed based on the surrounding brightness of the gaze point. In this way, the effect of maladaptation, i.e., the smooth change of adaptation to brightness over time, is simulated.

10.05.22

Marek Wernikowski

Alan Chalmers, Professor of Visualisation
9 September 2022

Report on PhD thesis: Marek Wernikowski

The PhD thesis of Mr Wernikowski covers the topic of effectively generating stereoscopic images by exploiting knowledge of the human visual system. In particular, the thesis sets out to make the following major contributions to the field:

- 1) Reduce the complexity of the computation traditionally required
- 2) Maintain the same level of quality
- 3) Improve rendering quality or increase performance without the human being able to perceive the difference

A key focus of the thesis is to benefit from knowledge of the acuity of human vision, which is only at its highest in a small circular area around the gaze point.

The thesis consists of 6 chapters. It starts with a short (unnumbered chapter) which briefly states the problem definition, proposed solution, the key goals of the thesis, what type of methodology was used and a description of what to expect in the rest of the thesis. This chapter provides a very helpful overview of the thesis. Personally, I think this should have been labelled as “Chapter 1: Introduction”.

Chapter 1 provides the background to the research by providing details of how human vision works and introduces the concept of foveal rendering. The chapter start with a slightly redundant description of how each of the different parts of human vision that are described, relate to different sections in the thesis. The descriptions are quite succinct but do provide enough detail to lay the foundation for the rest of the thesis. One part of the human vision system that I was surprised is not discussed is “visual attention”. This plays a key part of where the eye attends to in a scene and thus what is actually being looked at. This can typically compliment any gaze measurements, for example:

- S. Hillaire, G. Breton, N. Ouarti, R. Cozot, A. Lécuyer “Using a Visual Attention Model to Improve Gaze Tracking Systems in Interactive 3D Applications”, Computer Graphics Forum, September 2010.

Perception-driven rendering is detailed in **Chapter 2**. The focus in this chapter is how a computer graphics rendering pipeline can be modified to exploit certain feature of human vision to reduce overall computational effort or improve overall quality of the resultant image. The chapter provides significant mathematical detail which describe the various phenomena that are being considered. Of special importance to this thesis are the descriptions in Sections 2.2.4 and 2.3.5 on “Experimental evaluation”. The chapter concludes with a chapter summary and a very helpful description as to what the author’s contribution has been.

Chapter 3 investigates how metamers may be created and evaluated using machine learning with the goal of understanding how the value of structural distortions. The importance of high

frequency is correctly identified. This chapter provides a lot of detail on the approach taken. A new method of including perception criteria directly in the GAN's discriminator is presented. This approach is then shown clearly with objective and subjective results to provide higher perceptual quality images than previous approaches. A limitation though is identified as the large structure present in artificial bodies. The chapter concludes with a short summary, and again the helpful details of the author's contribution to this body of work.

Chapter 4 undertakes the improvement of multi-focal rendering. This is achieved with a novel hybrid approach of Linear Blending (LB) and Light Field Synthesis (LFS). The chapter starts with a background section, which perhaps should have been included in Chapter 1. A number of experiments were conducted to investigate the perceptual quality of the results. The hybrid method is able to produce better quality compared with each of the individual approaches while also decreasing the computational cost. A number of limitations of the new method are listed, including the size of the display. It also does not take into account factors such as head movement, sensitivity or accommodation. A helpful summary and description of contribution is again provided at the end of the chapter.

Chapter 5 should be entitled Conclusions rather than Summary and then the Section entitled "Conclusions" is really just a summary of the conclusions. An interesting result that is highlighted is that the experimental results shows that participants preferred a simplified adaption model compared to a more realistic one. Another valuable result was to identify the value of creating metamers rather than exact copies. Furthermore, the ability to achieve perceived high-quality images with the new hybrid method with a three times lower rendering cost is also a significant achievement. The summary of conclusions is very helpful and clearly lays out the significant contribution of the thesis to the field. Finally, the Future work section specifies some interesting aspects that need to be explored further.

Limitations

There are a few minor limitations in the thesis that the candidate should think about:

1. The images used for the evaluations are all quite static and rather "artificial". The human eye is never stationary and continually focusses on different aspects of the scene. How would your approach deal with movement in the scene?
2. Related to this is the question of saliency. The human eye will foveate on objects that are salient in a scene, especially moving ones. How could saliency be incorporated into your system?

Strengths

The thesis is well written and very well structured. I particularly liked the "Summary" and "Author's contributions" sections. The candidate's contributions are clearly explained and evaluated in detail. Five papers, including papers in top journals is an impressive number to come out of this research.

Summary

In summary, this thesis is a significant body of work. The candidate has clearly shown a very good knowledge of the field. The dissertation is classified by the Reviewer in excess meeting the requirements

- I vote for distinction of the dissertation.

Taking into account the presented achievements of the PhD student, and in particular his original contribution to knowledge, I believe that the reviewed work meets with a clear excess the requirements for doctoral dissertations specified in the law on academic degrees and academic title. Therefore, I request that its Author be admitted to public defence.

Yours sincerely

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Chalmers', is positioned above the printed name.

Professor Alan Chalmers

Warszawa, 22 lipca 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Przemysław Rokita
Kierownik Zakładu Grafiki Komputerowej
Instytut Informatyki
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Politechnika Warszawska
Nowowiejska 15/19
00-665 Warszawa

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
DLA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIwersYTETU TECHNOLOGICZNEGO
W SZCZECINIE**

Tytuł rozprawy:

**Generation of images for stereoscopic displays using selected
perceptual features of human visual system**

***Generowanie obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych
z uwzględnieniem wybranych cech percepcyjnych układu
wzrokowego człowieka***

Autor rozprawy:

mgr inż. Marek Wernikowski

- 1. Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez autora? Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?**

Praca pt. „*Generation of images for stereoscopic displays using selected perceptual features of human visual system*” liczy 105 stron tekstu i zawiera 92 pozycje bibliografii. Autor przedstawia w niej opracowane przez siebie, zaimplementowane i przetestowane algorytmy generowania obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych uwzględniające wybrane ograniczenia percepcji wzrokowej człowieka. Praca składa się ze wstępu, czterech rozdziałów, podsumowania oraz bibliografii. We wstępie przedstawiono cel, tezę pracy oraz przegląd treści rozprawy. Rozdział 1 zawiera ogólne wprowadzenie do wybranych zagadnień percepcji wzrokowej, istotnych z punktu widzenia podjętych prac badawczych i projektowych. Rozdział 2 opisuje podjęte w ramach przygotowania rozprawy doktorskiej prace nad techniką renderingu kierunkowego (*ang. foveated rendering*), a w szczególności nad metodami poprawy wydajności tej techniki. W rozdziale 3 Autor

przedstawia propozycję systemu generowania metamerów - obrazów o różnej zawartości, ale wyglądających identycznie dla ludzkiego wzroku, za pomocą sztucznej sieci neuronowej typu GAN. Rozdział 4 zawiera opis podjętych przez Doktoranta prac przy opracowaniu systemu hybrydowego renderingu obrazów dla wyświetlacza wieloogniskowego. W rozdziale 5 zawarto podsumowanie przeprowadzonych prac, a w szczególności przedstawiono wnioski z rozprawy oraz możliwości dalszego rozwoju opracowanych systemów wizualizacji.

Cel pracy został jasno sformułowany. Było nim opracowanie algorytmów generowania obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych, uwzględniających wybrane ograniczenia percepcji wzrokowej człowieka. W szczególności Doktorant skoncentrował się na zagadnieniach: 1) percepcyjnej filtracji obrazu w dziedzinie czasu na potrzeby zmniejszania aliasingu na wyświetlaczach stereoskopowych; 2) wykorzystania kierunkowości widzenia oraz charakterystyki czułości na kontrast układu wzrokowego człowieka do przyspieszenia syntezy obrazów stereoskopowych; 3) przyspieszania generowania obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych z akomodacją z zachowaniem ich percepcyjnej poprawności.

Jako tezę rozprawy przyjęto stwierdzenie: „*Uwzględnienie cech percepcyjnych układu wzrokowego człowieka polepsza wydajność syntezy obrazów stereoskopowych zachowując porównywalną pod względem percepcyjnym jakość tych obrazów*”. Teza pracy została poprawnie sformułowana, aczkolwiek biorąc pod uwagę obszerność literatury dotyczącej zagadnienia wykorzystania modeli percepcji wzrokowej do poprawy wydajności generowania obrazów, jej prawdziwość była w zasadzie oczywista przed rozpoczęciem prac badawczych Doktoranta.

Praca ma charakter teoretyczno - doświadczalny. Rozważania teoretyczne i propozycje algorytmów zaprezentowane w pracy, zostały też zweryfikowane praktyczne w oprogramowaniu zaimplementowanym przez Autora.

2. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczący o dostatecznej wiedzy autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

Praca zawiera 92 pozycje bibliografii. Stan dotychczasowych badań w zakresie tematycznym rozprawy skrótkowo przedstawiono w rozdziale stanowiącym wprowadzenie do pracy (rozdz. 1), a w zakresach dotyczących wybranych problemów także we fragmentach rozdziałów im poświęconych (rozdz. 2-4). Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością stanu wiedzy w dziedzinie będącej przedmiotem pracy oraz umiejętnością analizy literatury i poprawnego formułowania wniosków na jej podstawie. Praca stanowi bardzo dobre wprowadzenie do dziedziny projektowania algorytmów generowania obrazów z wykorzystaniem ograniczeń percepcji wzrokowej człowieka.

3. Czy autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Cel pracy sformułowany w jej wstępie został osiągnięty - Autor opracował szereg nowych rozwiązań dla potrzeb algorytmów wizualizacji, bazujących na ograniczeniach percepcji wzrokowej człowieka. Rozwiązania te mają istotne zalety w stosunku do wcześniejszych znanych z literatury i jako takie stanowią istotny wkład w rozwój algorytmów grafiki komputerowej. Przyjęta metodologia, założenia i uproszczenia są zgodne z obecnie stosowanymi w grafice komputerowej.

4. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Autor na podstawie aktualnego stanu wiedzy zawartego w literaturze oraz własnych doświadczeń i przemyśleń w swojej rozprawie doktorskiej dokonał kompleksowej analizy wybranych problemów algorytmów wizualizacji dla wyświetlaczy stereoskopowych. Zaproponowane w rozprawie wykorzystanie wybranych ograniczeń percepcji wzrokowej człowieka pozwoliło na uzyskanie nowych rozwiązań istotnie lepszych od dotychczas znanych. Do oryginalnego dorobku Doktoranta należy w szczególności m.in.:

- opracowanie systemu renderingu uwzględniającego kierunek patrzenia oraz zmianę czułości na kontrast, a w szczególności proponowanie modelu, który pozwala na ograniczenie częstotliwości próbkowania w peryferyjnych obszarach widzenia i dostosowuje ją do zawartości sceny (rozdz. 2.2),
- opracowanie systemu renderingu uwzględniającego model adaptacji układu wzrokowego do zmiany jasności otoczenia, pozwalający na zwiększenie realizmu wyświetlanych obrazów (rozdz. 2.3),
- opracowanie systemu generowania metamerów - obrazów o różnej zawartości, ale wyglądających identycznie dla ludzkiego obserwatora, za pomocą sztucznej sieci neuronowej typu GAN z wykorzystaniem model czułości na zniekształcenia strukturalne (rozdz. 3),
- opracowanie modelu hybrydowej dekompozycji obrazów na potrzeby generowania i wyświetlania obrazów na wyświetlaczu wieloogniskowym, w którym dla obszarów obrazu o dużej widoczności stosowana jest dokładniejsza dekompozycja w stosunku do pozostałych fragmentów obrazu generowanych szybkim algorytmem interpolacyjnym (rozdz. 4).

W trakcie przygotowania rozprawy Doktorant brał udział jako członek zespołu w dwóch międzynarodowych projektach realizowanych przez Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny. W ramach tych projektów brał udział w pracach na Università della Svizzera italiana w Lugano w Szwajcarii oraz w Instytucie Maxa Plancka w Saarbrücken w Niemczech.

Rezultaty prac uzyskane w ramach przygotowania rozprawy zostały opublikowane w materiałach dwóch międzynarodowych konferencji naukowych: *International Conference on Multimedia Modeling* oraz *Central European Seminar on Computer Graphics* (jedna publikacja autorska oraz jedna jako pierwszy autor w zespole trzyosobowym).

Doktorant brał też udział jako współautor w przygotowaniu artykułów, które zostały opublikowane w czasopismach naukowych z listy filadelfijskiej: *ACM Transactions on Graphics* oraz *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. Publikacje te zawierają m.in. oryginalne elementy dorobku Doktoranta, które powstały w ramach przygotowania rozprawy.

5. Czy autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Podstawową część rozprawy stanowią rozdziały 2-4, opisujące zagadnienia podjęte i rozwiązane w ramach pracy naukowej Doktoranta. Niejako dodatek do nich stanowią: wstęp oraz rozdział 1 - wprowadzenie i określenie celu pracy oraz rozdział 5 - podsumowanie. Rozdziały 2, 3 oraz 4 bazują na współautorskich pracach, które zostały wcześniej opublikowane (dwie w czasopismach z listy *JCR* i jedna jako preprint w *arXiv*). Zarówno w samym tekście rozprawy jak też dołączonym do niej dokumencie pt. *Autoreferat* zawarto informacje pozwalające jednoznacznie określić indywidualny oryginalny dorobek naukowy Doktoranta.

6. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Autor wykazał w rozprawie umiejętność zwięzłego i przekonującego przedstawienia swoich przemyśleń, wniosków oraz propozycji rozwiązań. Praca została starannie zredagowana, zawiera stosunkowo niewielkie błędy redakcyjne i literówki.

W tekście rozprawy dostrzegłem kilka istotnych braków wymienionych poniżej, prosiłbym aby Doktorant omówił te braki w trakcie obrony:

- Po lekturze pracy można wyciągnąć wniosek, że jedynym czynnikiem wpływającym na rozdzielczość wzroku jest gęstość upakowania receptorów w siatkówce (np. rozdz. 1.1 i 2.3). Nie jest to prawdą - duży i niepomijalny wpływ na rozdzielczość wzroku (a w szczególności na tzw. *minimum separabile*) mają również zjawiska dyfrakcji światła na źrenicy. W ich wyniku następuje nieuniknione rozmycie obrazu padającego na siatkówkę. Wielkość tego rozmycia jest też zależna do średnicy źrenicy. W pracy brak jest dyskusji wpływu zjawisk dyfrakcyjnych, źrenicy i jej średnicy na opracowywane algorytmy renderingu bazujące na percepcji wizualnej. Słowo „*źrenica*” (ang. „*pupil*”) pada w tekście pracy tylko dwa razy (raz jako element nazwy własnej urządzenia do śledzenia wzroku i raz w kontekście dokładności detekcji źrenicy przez urządzenie śledzące). Źrenica, a w

szczegółności jej średnica, ma też istotny wpływ na głębię ostrości obrazu - wpływ ten nie został przez Doktoranta zauważony i uwzględniony w pracy (np. w rozdz. 1.5.1 gdzie omawiane jest zjawisko głębi ostrości).

- Doktorant w dyskusji opracowanych w rozprawie systemów wizualizacji bazujących na śledzeniu kierunku patrzenia, nie uwzględnił problemów związanych z zagadnieniem ruchów sakadowych oka. Zmiana kierunku spojrzenia dokonuje się przy wykorzystaniu dwóch podstawowych ruchów gałek ocznych: ruchów sakadowych (ang. *saccadic eye movements*) oraz ruchów płynnego podążania, gdzie pierwsze z nich występują najczęściej.

- W rozprawie brak odpowiedniej dyskusji opóźnień wprowadzanych przez opracowane algorytmy i systemy. Opóźnienia (ang. *VR lags*) pomiędzy momentem detekcji zmiany położenia i kierunku patrzenia a przetworzeniem danych i wygenerowaniem odpowiednich obrazów mają decydujący wpływ na komfort użytkownika stereoskopowych systemów wizualizacji. Zbyt duże opóźnienia mogą powodować istotne dolegliwości np. w postaci choroby lokomocyjnej.

7. Jaka jest praktyczna przydatność rozprawy?

Praktyczna przydatność rozprawy jest potencjalnie duża. Główny wątek pracy - zastosowanie modeli percepcji wzrokowej do doskonalenia algorytmów grafiki komputerowej, ma bardzo duże znaczenie praktyczne. Tego typu algorytmy znajdują powszechne zastosowanie w aplikacjach takich jak np. symulatory, gry, wirtualna rzeczywistość, wzbogacona rzeczywistość.

8. Do której z następujących kategorii Recenzent zalicza rozprawę:

- a/ nie spełniająca wymagań stawianych rozprawom doktorskim przez obowiązujące przepisy
- b/ wymagająca wprowadzenia poprawek i ponownego recenzowania
- c/ spełniająca wymagania
- d/ spełniająca wymagania z wyraźnym nadmiarem
- e/ wybitnie dobra, zasługująca na wyróżnienie

Biorąc pod uwagę zaprezentowany dorobek Doktoranta, a w szczególności jego udział w międzynarodowych projektach i istotny dorobek publikacyjny, uważam, że recenzowana praca spełnia z wyraźnym nadmiarem wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w obowiązującej ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym. W związku z tym wnoszę o dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Paweł Koliński

.....
podpis

UCHWAŁA NR 284
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 7 listopada 2022 r.

w sprawie nadania mgr. inż. Markowi Wernikowskiemu
stopnia doktora

Na podstawie art. 179 ust. 2 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z art. 14 ust. 2 pkt 5 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jedn. Dz. U. z 2017 r. poz. 1789, z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

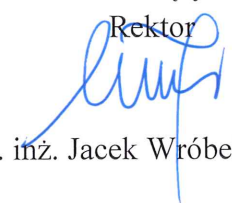
Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nadaje mgr. inż. Markowi Wernikowskiemu stopień doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja.

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor


dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT

UCHWAŁA NR 285
Senatu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
z dnia 7 listopada 2022 r.

w sprawie wyróżnienia rozprawy doktorskiej dr. inż. Marka Wernikowskiego

Na podstawie art. 179 ust. 2 i 3 pkt 2b ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. poz. 1669, z późn. zm.) w związku z § 3 pkt 4 i § 21 rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów z dnia 21 maja 2019 r. w sprawie kryteriów i trybu przyznawania nagród Prezesa Rady Ministrów oraz wzoru wniosku o ich przyznanie (Dz. U. poz. 976, z późn. zm.) oraz z § 11a uchwały nr 113 Senatu ZUT z dnia 23 września 2019 r. w sprawie określenia sposobu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora w Zachodniopomorskim Uniwersytecie Technologicznym w Szczecinie (z późn. zm.) uchwala się, co następuje:

§ 1.

Senat Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie wyróżnia rozprawę doktorską dr. inż. Marka Wernikowskiego, pt. „Generowanie obrazów dla wyświetlaczy stereoskopowych z uwzględnieniem wybranych cech precepcyjnych układu wzrokowego człowieka” (“Generation of images for stereoscopic displays using selected perceptual features of human visual system”).

§ 2.

Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodniczący Senatu

Rektor

dr hab. inż. Jacek Wróbel, prof. ZUT