

Applying universal design principles to improve the websites of a selected university

Zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego do ulepszenia stron internetowych wybranej uczelni wyższej

Tomasz Kamiński*, Paweł Kapica*, Mariusz Dzieńkowski

* *Department of Computer Science, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Poland*

Abstract

The purpose of the study was to analyze a website of a selected university in terms of usability and accessibility of user interfaces with particular attention to the guidelines of the Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) standard. After taking into consideration all the guidelines, an improved prototype version of the site was created that was free of the diagnosed errors and incompatibilities. Both sites were assessed using three methods: the questionnaire method with the LUT checklist, using the eye tracking technique and by means of an automated tool - the WAVE plugin attached to a web browser. Twenty participants took part in the questionnaire and the eye tracking study. The data obtained from the research experiment in which three methods were used were analyzed quantitatively. However, the results obtained after assessing with the eye tracking technique were additionally subjected to a qualitative analysis (heat maps, scan-paths). The results of the performed analyses show unequivocally that the prototype website prepared by the authors in accordance with universal design principles is clearly better in terms of usability and accessibility than the website of the selected university.

Keywords: universal design; usability; accessibility; eye tracking; WCAG; WAVE; LUT

Streszczenie

Celem pracy była analiza strony internetowej wybranej uczelni pod względem użyteczności i dostępności interfejsów użytkownika ze szczególnym uwzględnieniem wytycznych zawartych w standardzie WCAG (ang. Web Content Accessibility Guidelines). Po uwzględnieniu wszystkich wytycznych powstała ulepszona prototypowa wersja witryny, która została pozbawiona zdiagnozowanych błędów i niezgodności. Obie witryny zostały przebadane trzema metodami: metodą kwestionariuszową za pomocą listy kontrolnej LUT, z wykorzystaniem techniki okulograficznej oraz automatycznego narzędzia - wtyczki WAVE dołączonej do przeglądarki internetowej. W badaniach ankietowych i okulograficznych wzięło udział 20 uczestników. Dane pozyskane z badań wykonanych trzema metodami zostały poddane analizie ilościowej. Natomiast wyniki badań eyetrackingowych zostały dodatkowo poddane analizie jakościowej (mapy ciepłne, ścieżki skanowania). Wyniki przeprowadzonych analiz jednoznacznie pokazują, że prototypowa witryna przygotowana przez autorów pracy zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego wyraźnie lepiej wypada pod względem użyteczności i dostępności niż witryna wybranej uczelni.

Słowa kluczowe: projektowanie uniwersalne; użyteczność; dostępność; eyetracking; WCAG; WAVE; LUT

*Corresponding author

Email address: tomasz.kaminski1@pollub.edu.pl (T. Kamiński), pawel.kapica@pollub.edu.pl (P. Kapica)

©Published under Creative Common License (CC BY-SA v4.0)

1. Wstęp

Strona internetowa uczelni wyższej odgrywa bardzo ważną rolę dla studentów, kandydatów na studia, pracowników oraz otoczenia biznesowego. Dlatego powinna ona mieć czytelny i komfortowy w obsłudze interfejs graficzny. Strona www jest także wizytówką uczelni, ponieważ zawiera o niej najważniejsze informacje oraz zapewnia różne formy kontaktu. Studentami uczelni są także osoby z różnymi niepełnosprawnościami, dlatego tak ważne jest, aby każda instytucja tego typu zapewniła bezproblemowy dostęp do informacji zawartych także dla tej grupy osób. Kwestia ta jest w Polsce uwarunkowana prawnie przy pomocy ustawy [1] o dostępności cyfrowych stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych z dnia 4 kwietnia 2019 r. Informacje zawarte w ustawie określają jasno jakie wy-

tyczne powinny zostać zastosowane dla aplikacji mobilnych i witryn internetowych w zakresie dostępności. Wymagania te pokrywają się z punktami 9, 10 i 11 normy EN 301 549 V2.1.2 [2].

Projektowanie uniwersalne sugeruje jak projektować i wytwarzać produkty, które będą dostosowane do jak największej grupy odbiorców, bez potrzebny adaptacji lub specjalistycznego przygotowania, czy szkolenia [3, 4]. Zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego do stron internetowych i systemów informatycznych umożliwia dostęp do informacji i usług szerokiej grupie odbiorców. Dzięki temu osoby z różnymi dysfunkcjami (np. osoby z wadami wzroku, czy słuchu) będą w stanie obsługiwać takie systemy. Zasady projektowania uniwersalnego obejmują siedem aspektów [5]:

1. Równe użytkowanie dla osób o różnych zdolnościach.

2. Elastyczność użytkowania uwzględniająca szeroki zakres indywidualnych preferencji i możliwości.
3. Proste i intuicyjne użytkowanie, niezależne od doświadczenia, wiedzy, umiejętności językowych czy aktualnego poziomu koncentracji użytkownika.
4. Łatwa zauważalność niezbędnych dla użytkownika informacji.
5. Tolerancja na błędy – minimalizacja zagrożeń i negatywnych konsekwencji przypadkowych lub niezamierzonych działań.
6. Niski poziom wysiłku fizycznego.
7. Wymiary i przestrzeń umożliwiające podejście, sięgnięcie, manipulację i użycie, niezależnie od wielkości ciała, postawy i mobilności użytkownika.

Zwiększenie dostępności informacji zawartych na stronach internetowych zapewniają wytyczne WCAG. Wykorzystanie tych wskazówek sprawi, że informacje będą przystosowane także dla osób z niepełnosprawnością ruchową, nadwrażliwością na światło, z zaburzeniami mowy, z niepełnosprawnościami złożonymi, a także dla niektórych osób mających trudności w uczeniu się i z ograniczeniami poznawczymi. Główną zaletą WCAG jest niepowiązanie z konkretną technologią, dlatego umożliwia to implementację swoich kryteriów w dowolnym języku programowania. Struktura WCAG 2.1 opiera się na czterech głównych zasadach: postrzegalność, funkcjonalność, zrozumiałość, solidność (w polskim i unijnym prawie określana jako kompatybilność) [6].

Do najpopularniejszych badań użyteczności stron internetowych zalicza się: moderowane i niemoderowane testy z użytkownikami, analizę okulografem, badania ankietowe, sortowanie kart oraz prototypowanie na papierze. Moderowane testy z użytkownikami polegają na testowaniu użyteczności strony przy obecności opiekuna badania, podczas którego użytkownik wykonuje zadania. Obserwator zwraca uwagę na trudności napotykaną przez osoby badane. Testy niemoderowane z użytkownikami przeprowadzane są bez obserwatora, dzięki czemu uczestnicy zachowują się w sposób naturalny, nie odczuwając żadnej presji. Za pomocą programów do nagrywania pulpitu organizatorzy badań monitorują działania użytkownika. Analiza okulografem polega na śledzeniu punktów skupienia (zatrzymań) oraz ścieżek podążania wzroku osoby badanej na badanym materiale wizualnym (bodźcu). W efekcie tego rodzaju badań otrzymuje się mapy ciepła, które pokazują elementy, jakie wzbudziły największe zainteresowanie na stronie www wśród uczestników eksperymentu. Za pomocą badań ankietowych specjaliści od UX (ang. User Experience) zapoznają się z opiniami respondentów na temat intuicyjności witryny, szybkości dotarcia do informacji i łatwości nawigowania. Kolejną metodą - sortowanie kart - pozwala na sprawdzenie, jak użytkownicy postrzegają hierarchię elementów na stronie internetowej. Inną metodą jest prototypowanie na papierze polegające na tworzeniu papierowych makiet z interfejsem stron internetowych i ich omawianiu z użytkownikami.

Niniejsza praca skupia się na użyteczności i dostępności interfejsu stron internetowych przeznaczonych dla wszystkich użytkowników, nie tylko osób pełnosprawnych. W ramach pracy wybrano przykładową stronę uczelni w Polsce, zaimplementowano alternatywną wersję tej strony, uwzględniającą zasady projektowania uniwersalnego oraz przeprowadzono badania tych witryn pod względem ergonomii, rozmieszczenia elementów, dostępności oraz łatwości nawigacji po witrynie.

2. Przegląd literatury

Ocenę serwisów internetowych uczelni wyższych w Polsce opisuje artykuł [7]. Badania zostały przeprowadzone za pomocą dwóch metod: eyetrackingowej oraz kwestionariuszowej. Dane eyetrackingowe zostały przelanizowane jakościowo i ilościowo, a dane z ankiety ilościowo. Do prezentacji wyników zastosowano między innymi mapy ciepła czy też ścieżki skanowania.

Głównym zadaniem uniwersytetów jest kształcenie studentów z różnych środowisk, także i niepełnosprawnych. Aby sprostać różnorodnym potrzebom i możliwościom uczenia się w salach, nauczyciele muszą znaleźć innowacyjne metody dotarcia nie tylko do osób pełnosprawnych, ale także niepełnosprawnych. Jednym z potencjalnych rozwiązań jest UDL (ang. Universal Design for Learning) [8].

O problematyce dostępności publicznych serwisów internetowych dla osób z niepełnosprawnością traktuje artykuł [9]. Autorzy ukazują potrzebę dostosowania przekazywania informacji drogą internetową dla każdego użytkownika, podkreślają istotę projektowania uniwersalnego. Dodatkowo ukazują zasady i wytyczne, którymi należy się kierować podczas projektowania stron. Autorzy wskazują na znaczny w ostatnim czasie wzrost dostępności stron internetowych wśród instytucji w Polsce.

W artykule [10] zaprezentowano model ULD (ang. Universal Learning Design) - projektowania uniwersalnego w edukacji, jego zasad oraz stosowanych metod i form nauczania i uczenia się, szczególnie w odniesieniu do uczniów słabosłyszących i niesłyszących. Między innymi dzięki modelowi ULD funkcjonującego w ramach edukacji inkluzyjnej, zgodnego z bio-psycho-społecznym modelem podejścia do niepełnosprawności. Autor wskazuje, że organizacja nauczania powinna zakładać wykorzystanie zróżnicowanych środków nauczania oraz materiałów, a także różne ośrodki pedagogiczne i technologiczne wspierające motywację i zaangażowanie uczniów.

Bariery, które napotykają osoby z niepełnosprawnością wzroku w dostępie do stron internetowych ukazuje artykuł [11]. Badaniom zostały poddane strony głównych bibliotek polskich uniwersytetów. Do badania wykorzystano metodę jakościowo-heurystyczną i automatycznych procedur. Badania wykazały, że strony internetowe bibliotek uniwersyteckich w Polsce odbiegają od standardów stosowanych na świecie w zakresie dostępności dla osób niewidzących i słabowidzących.

O problemie nieprzystosowania stron internetowych dla seniorów i osób niepełnosprawnych opowiada arty-

kuł [12], w którym zostały wyspecyfikowane zasady projektowania i budowania stron internetowych dla tej grupy. Celem artykułu było zwrócenie uwagi na ten wciąż nierozwiązany problem i w związku z tym zostały zaprezentowane różnorodne propozycje udogodnień dla seniorów i osób niepełnosprawnych.

O podstawowych zasadach dostępności serwisów internetowych możemy dowiedzieć się z artykułu [13], dzięki czemu są one użyteczne dla wszystkich użytkowników, także tych niepełnosprawnych. Przedstawiono także korzyści z budowania stron internetowych zgodnych ze standardami dostępności W3C (ang. Word Wide Web Consortium).

W pracy [14] zostały przedstawione wyniki testów pięciu wybranych internetowych platform edukacyjnych pod względem ich zgodności z zasadami projektowania uniwersalnego oraz dostępności dla osób z różnymi rodzajami niepełnosprawności na podstawie realizacji wytycznych zawartych w rekomendacji ATAG 2.0 (ang. Authoring Tool Accessibility Guidelines). Badania pokazały, że główne funkcjonalności analizowanych platform są dostępne również dla osób niepełnosprawnych.

3. Cel i zakres pracy

Celem pracy jest analiza istniejącej strony uczelni wyższej w kontekście zgodności z zasadami projektowania uniwersalnego, ze szczególnym uwzględnieniem standardu WCAG 2.1, stworzenie nowej wersji strony pozbawionej wykrytych błędów oraz przeprowadzenie badań pozwalających na porównanie interfejsów obu stron za pomocą eyetrackera, ankiety i narzędzia WAVE. Zakres przeprowadzonych w pracy działań obejmował:

- wybór obiektu badawczego – witryny internetowej uczelni wyższej,
- opracowanie strony prototypowej – będącej odpowiednikiem analizowanej strony, ale uwzględniającej zasady projektowania uniwersalnego,
- dobór odpowiednich metod badawczych,
- zorganizowanie grupy badawczej,
- opracowanie i przeprowadzenie eksperymentu badawczego,
- analiza otrzymanych wyników i sformułowanie wniosków.

4. Metody badawcze

W pracy zostały zastosowane trzy metody oceny jakości interfejsów: eyetrackingowa, kwestionariuszowa oraz wykorzystująca narzędzie WAVE do analizy statycznej witryn internetowych.

4.1. Obiekty badań

Przy wyborze obiektu badań, autorom pracy zależało na znalezieniu takiej strony internetowej, która zawierałaby pewną liczbę błędów oraz elementów, które można byłoby poprawić. Ponadto ustalono, że będzie to strona uczelni wyższej. Ważne było również to, aby uczestnicy badania nie mieli wcześniejszej styczności z badaną

stroną, co zostało przez nich potwierdzone przed rozpoczęciem badań. Przed realizacją eksperymentu przeprowadzona została analiza wielu stron internetowych uczelni wyższych, z których wybrano stronę Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Bielsku-Białej (WSIIZ). Drugim obiektem badań była prototypowa strona internetowa utworzona na podstawie witryny WSIIZ, która nie zawierała problemów istniejącej strony nawiązujących do kwestii dostępności cyfrowej, takich jak postrzegalność czy funkcjonalność.

4.2. Grupa badawcza

W badaniach wzięło udział 20 osób. Wszystkie badane osoby były studentami Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej z kierunku Informatyka. Wszyscy uczestnicy badań nie mieli wcześniej do czynienia z analizowanymi w pracy stronami internetowymi.

4.3. Stanowisko badawcze

Badania przeprowadzone za pomocą stacjonarnego eyetrackera zostały wykonane w laboratorium Katedry Informatyki Politechniki Lubelskiej, w którym zapewnione zostały optymalne warunki oświetleniowe. Każda badana osoba znajdowała się w odpowiedniej odległości od eyetrackera, a krzesło pozwalało na regulację wysokości siedzenia, zapewniając w ten sposób swobodę ruchów.

Użyty do celów badań eyetracker zdalny Gazepoint GP3 HD [15] miał następujące parametry techniczne:

- częstotliwość próbkowania 150Hz przy śledzeniu obuocznym,
- dokładność (obuoczną) mierzona w idealnych warunkach: 0,5-1°,
- kalibracja 9-punktowa,
- technika śledzenia: jasna źrenica,
- zakres swobody poruszania głową: 35 cm w poziomie i 22 cm w pionie,
- odległość oczu badanego od eyetrackera: około 65cm,
- detekcja stanów oka: fiksacji, sakad, zmian średnicy źrenicy, mrugnięć.

Eyetracker był podłączony do komputera przenośnego Acer Nitro 5 wyposażonego w:

- procesor AMD Ryzen 7 5800H 3.20Gz,
- kartę graficzną NIVIDA Geforce RTX 3060 6GB,
- pamięć RAM 32GB,
- ekran Full HD o częstotliwości 144 Hz, rozdzielczości 1920 x 1080 oraz o przekątnej ekranu 17,3",
- system operacyjny Windows 10 x64.

Na komputerze było zainstalowane oprogramowanie iMotions 9.1, które umożliwia [16]:

- zaprojektowanie eksperymentu,
- przeprowadzenie kalibracji,
- nagrywanie kolejnych sesji uczestników badań,
- odtwarzanie i edycję nagrań,
- wizualizację wyników w postaci map cieplnych, map uwagowych i ścieżek skanowania, roi pszczoł,

- wyznaczanie obszarów zainteresowania i robienie dla nich statystyk,
- eksport surowych danych i ich dalszą zaawansowaną analizę.

4.4. Eksperyment

Przed przeprowadzeniem eksperymentu właściwego konieczne było przygotowanie odpowiednich zadań dla uczestników, pozwalających na porównanie obu interfejsów. Bezpośrednio przed przystąpieniem do badania, każdy z uczestników został poinstruowany o dokładnym jego celu i przebiegu. Podczas badania obecna była osoba je nadzorująca. Osobie biorącej udział w eksperymencie było wyświetlane zadanie, a następnie po zapoznaniu się z nim, mogła ona przejść do kolejnej planszy, na której widoczny był zrzut ekranu witryny internetowej, której dotyczyło polecenie. Każdy z badanych miał do wykonania 10 takich zadań. Uczestnicy zostali podzieleni na dwie grupy: jedna wykonywała polecenia na istniejącej stronie uczelni, zaś druga na stronie prototypowej. Treść zadań, które wykonywali respondenci zebrano w Tabeli 1.

Tabela 1. Treść zadań

Lp.	Treść zadania
1	Na jakiej ulicy znajduje się uczelnia?
2	Które pole w formularzu jest nieobowiązkowe?
3	Na jakiej stronie się znajdujesz?
4	Kto jest kwestorem uczelni?
5	Znajdź przycisk do zmiany kontrastu.
6	Kiedy rozpoczyna się nabór kandydatów na studia?
7	Znajdź wyszukiwarkę (pole do wprowadzania szukanych słów i zwrotów).
8	Jakie są rodzaje przyznawanych świadczeń dla studentów?
9	Jaka jest cena wpisowa za czesne?
10	Znajdź przycisk uruchomienia Facebooka.

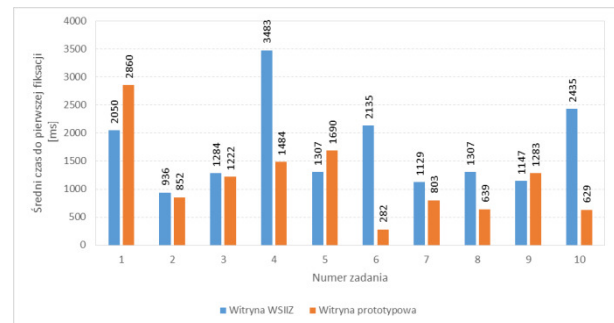
5. Wyniki badań

5.1. Wyniki badań eyetrackingowych – analiza ilościowa

Przeprowadzenie analizy znacząco ułatwiły możliwości programu iMotions. Jedną z miar eyetrackingowych wykorzystanych do analiz był czas do pierwszej fiksacji, określający czas jaki upłynął od wyświetlenia bodźca do momentu kiedy wzrok osoby biorącej udział w eksperymencie znalazł się w określonym dla każdego zadania obszarze AOI (ang. Area of Interest). Uzyskane wyniki zostały uśrednione w obrębie badanej grupy oraz przedstawione na Rysunku 1.

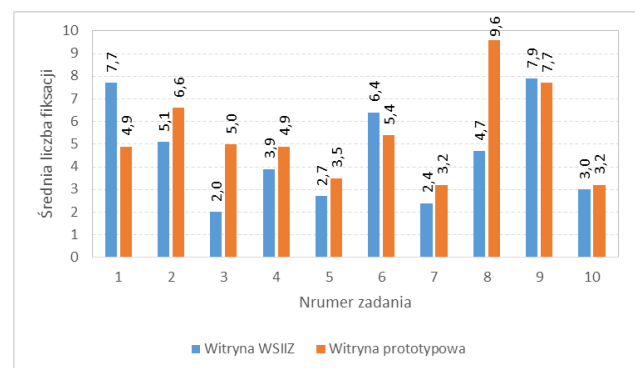
TTFF (ang. Time to First Fixation) jest czasem, który upływa kiedy osoba badana skieruje swój wzrok na określony przez autorów obszar zainteresowania. Dla każdego zadania został ręcznie wyznaczony odpowiedni obszar. Czas do pierwszej fiksacji pozwala ocenić w jakim stopniu zbudowany interfejs jest intuicyjny i przyjazny dla użytkownika. Od tych aspektów zależy sprawność działania na stronie. W przypadku gdy użyt-

kownik ma do czynienia z wysoko nieintuicyjnym interfejsem - czas ten będzie długi. Natomiast działając na przemyślanych i przejrzystych stronach, użytkownicy będą w stanie w krótkim czasie odnaleźć interesujące ich informacje i elementy.



Rysunek 1: Średni czas do pierwszej fiksacji na szukanym elemencie dla poszczególnych zadań wykonywanych na badanych stronach.

Na Rysunku 1 widoczne są czasy wykonywania poszczególnych zadań na stronie istniejącej oraz prototypowej - opracowanej przez autorów pracy. W przypadku siedmiu zadań czasy do pierwszej fiksacji były dłuższe dla strony WSIIZ, natomiast dla trzech zadań czas ten był dłuższy dla witryny prototypowej. Szczególnie duże różnice na korzyść strony autorskiej wystąpiły w czasach realizacji zadań nr 4, 6, 8 i 10. Jedynie przy wykonywaniu zadania 1 znacznie krótszy TTFF był dla strony WSIIZ.



Rysunek 2: Średnia liczba fiksacji w obszarze zainteresowania dla poszczególnych zadań.

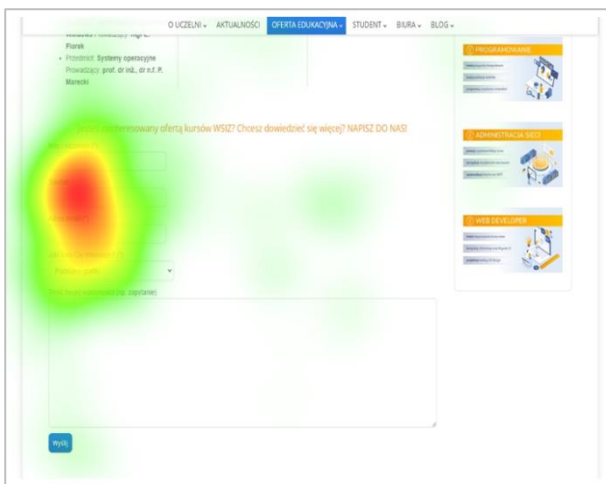
W drugiej analizie eyetrackingowej wykorzystano miarę, będącą sumaryczną liczbą wystąpień fiksacji w danym obszarze zainteresowania, w którym znajdował się szukany element lub szukana informacja. Metryka ta oznacza, jak często badana osoba skupiała swój wzrok na wyznaczonym obszarze. Na Rysunku 2 można zaobserwować średnie liczby fiksacji dla poszczególnych zadań, oddzielnie dla strony autorskiej oraz istniejącej - WSIIZ. W każdym z analizowanych przypadków liczba ta jest większa na stronie prototypowej przez autorów. Z jednej strony może wynikać to z tego, że więcej zadań na stronie prototypowej zostało wykonanych prawidłowo oraz także może wskazywać na to że, wyznaczony obszar był bardziej zauważalny, bardziej przyciągający uwagę użytkowników.

5.2. Wyniki badań eyetrackingowych – analiza jakościowa

Analiza jakościowa została oparta na mapach ciepłych i ścieżkach skanowania. Mapy ciepłe zostały wygenerowane dla grup osób dla poszczególnych zadań. Natomiast ścieżki skanowania przedstawiają trasy śledzenia pojedynczych osób na konkretnym bodźcu wizualnym powiązany z danym zadaniem. Mapy ciepłe to zrzuły ekranowe stron www z nałożonym transparentnie kolorem czerwonym, żółtym i zielonym - przedstawiającym intensywność patrzenia badanych osób. Kolor czerwony określa obszar, w którym długo lub często znajdowała się uwaga użytkowników. W zaprezentowanych na Rysunkach 3, 4, 5, 6 mapach ciepłych gorące obszary, pokrywają się z miejscem lokalizacji szukanych elementów. Z tego wynika, że uczestnicy badań prawidłowo namierzali szukane elementy. Jednak analizując dokładnie te mapy można stwierdzić, iż uczestnicy nie znajdowali szukanego elementu czy informacji od razu, co ukazują inne liczne zielone i żółte obszary. Rysunki 3 i 4 prezentują fragmenty map ciepłych dla zadania 2, zaś 5 i 6 dla zadania numer 7.



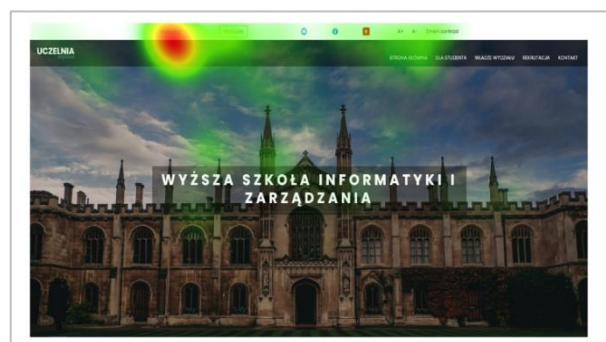
Rysunek 3: Wynik realizacji zadania 2 w postaci mapy ciepła dla witryny prototypowej.



Rysunek 4: Wynik realizacji zadania 2 w postaci mapy ciepłej dla witryny WSIIZ.

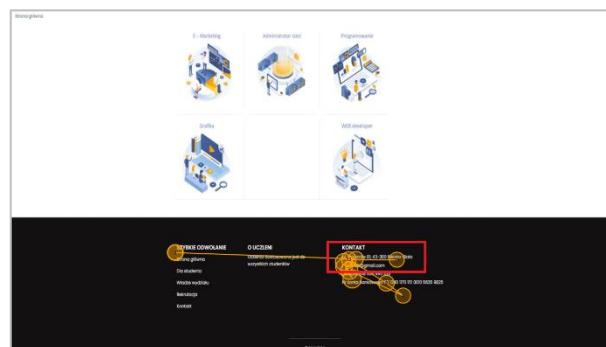


Rysunek 5: Wynik realizacji zadania 7 w postaci mapy ciepłej dla strony WSIIZ.



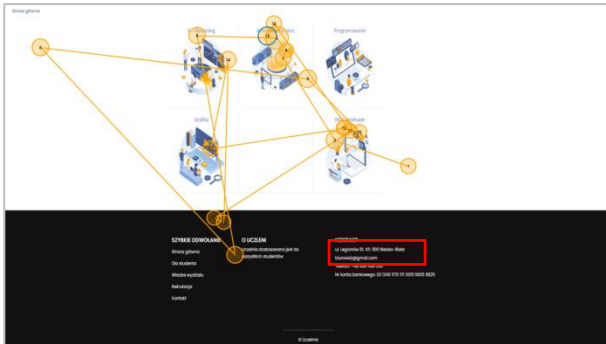
Rysunek 6: Wynik realizacji zadania 7 w postaci mapy ciepłej dla strony autorskiej.

Na kolejnych Rysunkach (7 – 10) zaprezentowano przykładowe ścieżki skanowania. Czerwonym prostokątem oznaczono docelowe elementy, szukane przez uczestników badań.



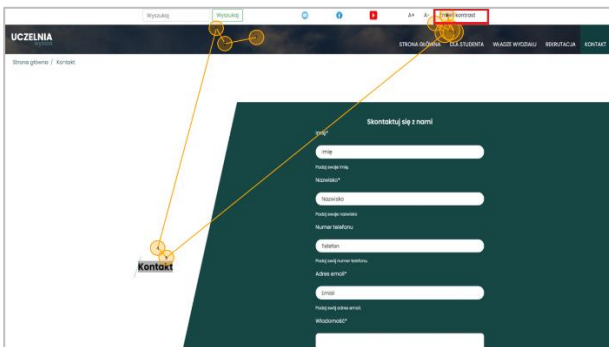
Rysunek 7: Wynik poprawnej realizacji zadania 1 w postaci ścieżki skanowania dla strony WSIIZ.

Rysunki 7 i 8 przedstawiają widok fragmentu strony WSIIZ z nałożonymi ścieżkami skanowania, podczas realizacji zadania 1 – szukania ulicy, przy której znajduje się uczelnia. Natomiast Rysunki 9 i 10 dotyczą strony prototypowej z formularzem, na której użytkownicy mieli odnaleźć narzędzie do zmiany kontrastu.

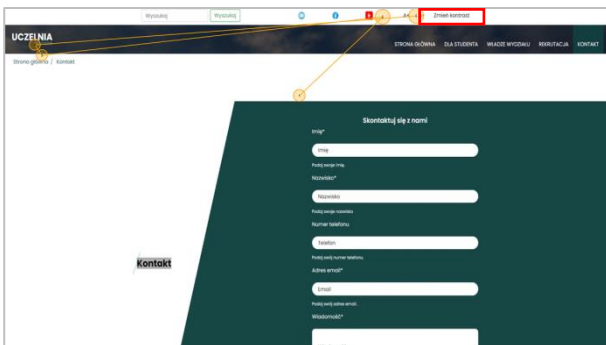


Rysunek 7: Wynik niepoprawnej realizacji zadania 1 w postaci ścieżki skanowania dla strony WSIIZ.

Rysunki 7 i 9 ukazują prawidłowe wykonanie zadania, polegające na odnalezieniu właściwego elementu. Natomiast na Rysunkach 8 i 10 można zauważyć, że osoby badane miały trudności z ze znalezieniem szukanych informacji tekstowych.



Rysunek 8: Wynik poprawnej realizacji zadania 5 w postaci ścieżki skanowania dla strony prototypowej.



Rysunek 9: Wynik nieprawidłowej realizacji zadania 5 w postaci ścieżki skanowania dla strony prototypowej.

5.3. Wyniki badań kwestionariuszowych

Celem tej części badań była ocena interfejsów obu witryn internetowych przez użytkowników metodą kwestionariuszową za pomocą listy kontrolnej LUT (skrót LUT pochodzi od Lublin University of Technology) [17]. Ankieta składa się z pięciu głównych obszarów, które są podzielone na podobszary i pytania w obrębie każdego z podobszarów. Na każde pytanie badana osoba odpowiadała oceną w zakresie od 1 do 5. Wartość 1 oznaczała bardzo słaby wynik, natomiast 5 - bardzo dobry. Ocenę jakości aplikacji przeprowadzono z wykorzystaniem metryki WUP (ang. Web Usability Points).

Liczba punktów WUP może przyjmować wartości od 1 do 5, przy czym większa wartość oznacza lepiej zaprojektowany interfejs.

$$WUP = \frac{1}{n_a} \sum_{i=1}^{n_a} \frac{1}{s_i} \sum_{j=1}^{s_i} \frac{1}{q_{ij}} \sum_k^{a_{ij}} p_{ijk} \quad (1)$$

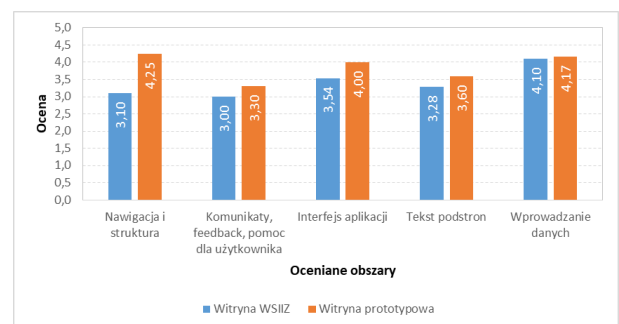
gdzie n_a jest liczbą obszarów, s_i liczbą podobszarów w obszarze j , q_{ij} liczbą pytań w obszarze i podobszarze j , a p_{ijk} jest oceną pytania o numerze k w obszarze i oraz podobszarze j .

Po przeanalizowaniu wyników ankiet i skorzystaniu z wzoru 1 otrzymano wyniki uwidocznione w Tabeli 2.

Tabela 2. Ocena jakości interfejsów witryn za pomocą metryki WUP

Witryna	Wskaźnik WUP	Odchylenie standardowe
WSIIZ	3,16	0,57
Prototypowa	4,05	0,55

Na Rysunku 11 przedstawiono średnie oceny dla poszczególnych obszarów ocenianych witryn internetowych.



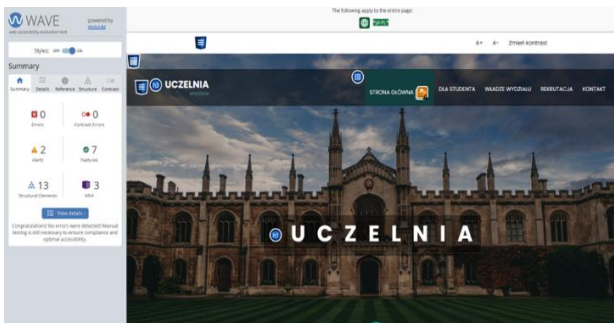
Rysunek 10: Wykres średnich ocen dla poszczególnych obszarów.

Z Rysunku 11 wynika, że użytkownicy we wszystkich obszarach wyżej ocenili stronę prototypową niż stronę WSIIZ. Stało się to dzięki wdrożeniu zmian wynikających z zasad projektowania uniwersalnego. Największa poprawa widoczna jest w obszarach nawigacji i struktury stron oraz kompozycji interfejsu serwisu. Wpływ na te aspekty miało wyeliminowanie błędów kontrastowych oraz uczynienie nawigacji bardziej uporządkowanej i przejrzystej. Na stronie prototypowej najniżej został oceniony obszar związany z tekstem podstron, choć mimo to ocena ta i tak była wyższa niż ocena strony WSIIZ.

5.4. Wyniki badań narzędziem WAVE

Następnym etapem eksperymentu było przeprowadzenie badania witryn za pomocą automatycznego narzędzia WAVE, za pomocą którego można ocenić różne aspekty witryn, a przede wszystkim poziom dostępności. Celem tego badania była analiza porównywanych interfejsów, polegająca na sprawdzeniu ich zgodności względem wytycznych WCAG, czyli zbioru zaleceń dotyczących tworzenia dostępnych serwisów internetowych. Wtyczka ta wykrywa i wskazuje niezgodności z wytycznymi w określonych kategoriach. Zdiagnozowane problemy

zgodności z WCAG mogą stanowić potencjale bariery w dostępności.



Rysunek 12: Okno prezentujące wyniki badania za pomocą narzędzia WAVE.

Na Rysunku 12 zaprezentowano widok otrzymany po przeanalizowaniu pięciu podstron danej witryny za pomocą automatycznego narzędzia. Pasek boczny widoczny po lewej stronie zawiera raport, z którego można odczytać informacje takie jak: liczba wykrytych błędów, liczba błędów związanych z występowaniem nieprawidłowego kontrastu, liczba ostrzeżeń – elementów, na które należy zwrócić uwagę, liczba poprawnie opisanych własności (atrybutów, które pozwalają wygenerować stronę zgodnie z dobrymi praktykami takimi jak np. określenie języka strony czy opisywanie obrazów tekstem alternatywnym) oraz liczba wykorzystanych elementów struktury języka HTML5 oraz atrybutów ARIA. W przypadku stron internetowych tworzonych ze szczególnym uwzględnieniem dostępności jedną z najważniejszych ról odgrywają atrybuty ARIA. Są one zbiorem specjalnych właściwości, które sprawiają iż strona jest łatwiejsza w korzystaniu dla osób z niepełnosprawnościami. Przykładowo do obsługi strony, która jest poprawnie opisana za pomocą tych właściwości powinien wystarczyć czytnik ekranowy, dzięki czemu osoby mające problem ze wzrokiem zapoznałyby się z jej zawartością i bez kłopotów mogłyby z niej korzystać.

Tabela 3. Wykryte nieprawidłowości z WCAG

Witryna	Średnia liczba wykrytych nieprawidłowości
WSIIZ	74,8
Prototypowa	3,4

W Tabeli 3 przedstawiono wyniki w postaci średniej liczby wykrytych niezgodności z zaleceniami występującymi na danej witrynie. Na liczbę nieprawidłowości składają się wszystkie błędy, błędy kontrastu oraz alerty. W przypadku badanych serwisów widać bardzo dużą różnicę między analizowanymi witrynami. Zdecydowanie mniej błędów wykryto w witrynie prototypowej. W witrynie przygotowanej do celów eksperymentu średnia liczba wszystkich nieprawidłowości w zakresie badanych podstron została zredukowana do poziomu średniego 3,4 błędów, co w porównaniu do liczby 74,8 wystąpień na stronach WSIIZ jest znaczącą poprawą.

6. Wnioski

Zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego ma wpływ na jakość strony, a co się z tym wiąże na jej użyteczność i dostępność. W ramach pracy została stworzona alternatywna wersja serwisu internetowego Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania. Następnie przeprowadzono eksperyment, który składał się z trzech etapów podczas których wykorzystano eyetracking, narzędzie WAVE do automatycznej analizy oraz gotowy kwestionariusz LUT. Badania skupiały się na użyteczności i dostępności, czyli przystosowaniu graficznego interfejsu do potrzeb osób niepełnosprawnych. Grupa 20 osób została podzielona na dwie części, które wykonywały ten sam zestaw poleceń, ale na innej witrynie: istniejącej lub prototypowej. Po badaniu z wykorzystaniem eyetrackera, uczestnicy wypełniali ankiety, w których oceniali daną stronę. W ostatnim etapie eksperymentu badacze posłużyli się narzędziem WAVE.

Uzyskane wyniki pokazują, że strona utworzona przez autorów została w większym stopniu przystosowana do standardu WCAG 2.1. W zakresie analizy jakościowej uzyskano duży materiał badawczy w postaci 20 map cieplnych dla każdego scenariusza i dwóch wersji witryn oraz 200 ścieżek skanowania. Na podstawie tych wyników można zauważyć, że badane osoby głównie koncentrowały się na prawidłowym wykonaniu polecenia. W badaniach ankietowych witryna autorska wypadła wyraźnie lepiej niż witryna istniejącej uczelni. Głównym mankamentem strony WSIIZ okazała się użyteczność interfejsu strony. Natomiast na witrynie prototypowej najgorzej wypadł element prezentujący treść, której zdaniem respondentów było za dużo. W badaniach za pomocą narzędzia WAVE, serwis WSIIZ również wypadł niekorzystnie. Wykazano, że posiada on bardzo dużą liczbę błędów i alertów. Pod tym względem witryna prototypowa wypadła zdecydowanie lepiej, gdyż podczas jej budowy zastosowano zasady projektowania uniwersalnego. Podsumowując, zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego podczas tworzenia witryn www zwiększa ich poziom użyteczności i dostępności.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 4 kwietnia 2019 r. o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych, http://orka.sejm.gov.pl/proc8.nsf/ustawy/3119_u.htm, [22.08.2022].
- [2] Norma EN 301 549 V2.1.2, https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301500_301599/301549/02.01.02_60/en_301549v020102p.pdf, [01.09.2022].
- [3] Dz.U. 2012 poz. 1169, Konwencji o prawach osób niepełnosprawnych, sporządzona w Nowym Jorku dnia 13 grudnia 2006 r., <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=wdu20120001169>, [01.09.2022].
- [4] M. Skublewska-Paszowska, M. Dzieńkowski, Przewodnik metodyczny „Projektowanie uniwersalne w informatyce” dla kierunku Informatyka, Lublin, 2021.

- [5] The principles of universal design, NC State University, The Center for Universal Design, https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udpri_nciplestext.htm, [22.08.2022].
- [6] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, <https://www.w3.org/Translations/WCAG21-pl/>, [01.09.2022].
- [7] K. Kałan, D. Karpiuk, M. Dzieńkowski, Usability analysis taking into consideration the aspects of accessibility of selected university websites. *Journal of Computer Sciences Institute*, 21 (2021) 295-302, <https://doi.org/10.35784/jcsi.2725>, [01.09.2022].
- [8] K.A. Boothe, M. J. Lohmann, K. A. Donnell, D.D. Hall, Applying the principles of universal design for learning (UDL) in the college classroom, *Journal of Special Education Apprenticeship* 7/3 (2018), <https://eric.ed.gov/?id=EJ1201588>, [01.09.2022].
- [9] A. Buczek, J. Sikorski, Dostępność stron internetowych wybranych instytucji użyteczności publicznej dla osób z niepełnosprawnością, *Niepełnosprawność*, 30 (2018) 281-294, <https://doi.org/10.4467/25439561.NP.18.031.9869>, [01.09.2022].
- [10] E. Domagała-Zyśk, Projektowanie uniwersalne w edukacji osób z wadą słuchu, [w] *Z problematyki teatrologii i pedagogiki*, Wydawnictwo KUL, (2015) 553-568, <http://hdl.handle.net/20.500.12153/3081>, [01.09.2022].
- [11] M. Fedorowicz-Kruszewska, M. Jarocki, Dostępność stron WWW polskich bibliotek uniwersyteckich dla osób z niepełnosprawnością wzroku - wyniki badań, *Przegląd Biblioteczny*, 78/4 (2010) 447-459, <https://doi.org/10.36702/pb.416>, [01.09.2022].
- [12] A. Szewczyk, Seniorzy i osoby niepełnosprawne w społeczeństwie informacyjnym, *Dostępność stron internetowych, Studia Informatica Pomerania* 2/44 (2017) 43-61, <http://dx.doi.org/10.18276/si.2017.44-05>, [01.09.2022].
- [13] D. Bednarczyk, Podstawowe reguły dostępności serwisów internetowych dla niepełnosprawnych użytkowników, *Biuletyn EBIB* 5/132 (2012) 1-9.
- [14] A. Królak, Ocena wybranych platform do e-Learningu pod względem dostępności dla osób z niepełnosprawnościami i zgodności z zasadami projektowania uniwersalnego, *Ekonomia – Wrocław Economic Review*, 23/1 (2017) 45-58, <https://doi.org/10.19195/2084-4093.23.1.5>, [01.09.2022].
- [15] Gazepoint, <https://www.gazepoint.com/product/gp3hd/>, [01.09.2022].
- [16] iMotions, <https://imotions.com/>, [25.08.2022].
- [17] M. Miłoś, *Ergonomia systemów informatycznych*, Politechnika Lubelska, 2014.