

Application of universal design principles in the creation of websites oriented toward visually impaired persons

Zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego w tworzeniu stron internetowych ukierunkowanych na osoby z niepełnosprawnością wzrokową

Paweł Sławomir Galiński*, Mateusz Klimkowicz*, Mariusz Dzieńkowski

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

Abstract

The subject of this study is to show the impact of universal design principles on everyday work with web content for people with visual impairments. The first part of the study is an experiment using an eye tracker, comparing the effects of using high contrast or changing the font size on the subjects' efficiency in performing simple tasks. The second part of the study is a survey comparing the feelings about using a website strictly compliant with universal design principles and its counterpart containing noticeable errors. The eye-tracking results were analyzed to assess time to first fixation, average fixation time and time spent on a designated area of interest. The results indicate an increase in efficiency and comfort with digital content designed according to universal design principles.

Keywords: universal design; user experience; eye tracking

Streszczenie

Celem pracy jest przedstawienie wpływu, jaki ma zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego na codzienną pracę z treściami internetowymi dla osób z wadą wzroku. Pierwszą częścią badania jest eksperyment z wykorzystaniem okulografu, porównujący wpływ zastosowania wysokiego kontrastu lub zmiany rozmiaru czcionki na efektywność wykonywania przez osoby badane prostych zadań. Drugą część badania to przeprowadzenie ankiety porównującej odczucia z korzystania ze strony internetowej ściśle spełniającej zasady projektowania uniwersalnego oraz jej odpowiednika zawierającego wyraźne błędy. Rezultaty badań okulograficznych zostały poddane analizie pod kątem oceny czasu do pierwszej fiksacji, średniego czasu fiksacji oraz czasu spędzonego na wyznaczonym obszarze zainteresowania. Wyniki badań wskazują na wzrost efektywności i komfortu z użytkowania treści cyfrowych zaprojektowanych zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego.

Słowa kluczowe: projektowanie uniwersalne; wrażenia użytkownika; okulografia

*Corresponding author

Email address: pawel.galinski@pollub.edu.pl (P. S. Galiński), mateusz.klimkowicz@pollub.edu.pl (M. Klimkowicz)

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

1. Wstęp

Współcześnie, społeczeństwo w coraz większym stopniu zwraca uwagę na problemy osób niepełnosprawnych w codziennym życiu. Bariery, które przed nimi stoją, dotyczą nie tylko sfery finansowej czy architektonicznej, ale również w dużej mierze mają związek ze sferą informatyczną. Przeglądanie internetu stało się codziennością aktualnej cywilizacji, co sprawia, że dostępność stron internetowych jest zagadnieniem niezbędnym dla osób słabo widzących. Twórcy treści muszą być świadomi potrzeb możliwie najszerszego grona odbiorców, tak by nie wykluczać osób ze szczególnymi potrzebami od dostępu do informacji i nowoczesnych usług. Celem projektowania uniwersalnego jest wyrównanie szans i uniknięcie dyskryminacji. Z tego powodu niezbędne są ciągłe badania nad usprawnieniem istniejących procesów i koncepcji, ponieważ ciągle wiele wiodących rozwiązań informatycznych nie uwzględnia wyzwań stojących przed osobami niepełnosprawnymi.

Pozytywne działania na rzecz osób niepełnosprawnych postępują wraz z rosnącą świadomością społeczeństwa popartą o zdobycze wiedzy. Celem tych poczynań jest dążenie do tego, by dostęp do informacji

i możliwość uczestnictwa w cyfrowym życiu stały się normą i podstawowym prawem dla każdego człowieka. Wytyczne dotyczące dostępności treści cyfrowych WCAG (ang. Web Content Accessibility Guidelines) to zestaw dyrektyw stanowiących o treściach internetowych wysokiej jakości, tj. będących dostępnymi dla jak największej grupy odbiorców ze szczególnym naciskiem na osoby niepełnosprawne. Ich zasady dostępne na trzech poziomach zgodności [1] stają się normami prawnymi na poziomie międzynarodowym [2, 3]. Zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami, treści cyfrowe powinny być więc użyteczne, elastyczne i intuicyjne.

W niniejszej pracy główny nacisk postawiony jest na dolegliwościach osób niedowidzących, które zmuszone są do korzystania z komputera przy pomocy okularów. Analizie zostały poddane istniejące rozwiązania, które w różny sposób zwiększają użyteczność interfejsów stron internetowych. Były to dwie funkcjonalności: zmiany rozmiaru wyświetlanej na ekranie czcionki oraz możliwość zmiany kontrastu. Na podstawie przeprowadzonych badań zestawiających wykorzystanie tych rozwiązań z treściami nieprzestrzegającymi wytycznych WCAG, skupiono się na określeniu, w jakim stopniu

zmienia się efektywność pracy w internecie osoby z niepełnosprawnością wzrokową w zależności od warunków ich styczności z przedstawianymi treściami. Celem przedstawionych badań jest odpowiedź na pytanie badawcze: „Czy zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego przy tworzeniu stron internetowych przyspiesza korzystanie z niej osobom z wadą wzroku?”. W tym celu postawiono trzy hipotezy weryfikowane poprzez zrealizowane badania:

- H1. Użytkownik z wadą wzroku będzie wykonywał zadane czynności szybciej na stronie z kontrastem spełniającym wymogi standardu WCAG AAA niż na stronie niespełniającej wymogów WCAG AA.
- H2. Strony opracowane zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego są lepiej oceniane przez użytkowników i w związku z tym osiągają lepsze wskaźniki współczynnika WUP (ang. Web Usability Points).
- H3. Zwiększenie rozmiaru czcionki wpływa w wyższym stopniu na szybkość realizacji zadań na stronie internetowej przez osoby z wadą wzroku niż zwiększenie na niej kontrastu.

Na potrzeby artykułu dokonano przeglądu literatury oraz sformułowano cel badań. Opracowana strona internetowa służąca jako obiekt badań, jest witryną symulującą działanie rzeczywistej strony informacyjnej prowadzonej przez firmę taksówkarską w jednym z polskich miast. Na jej podstawie przeprowadzono badania z wykorzystaniem okuloGRAF na osobach mających krótkowzroczność. Dodatkowo wykorzystano listę kontrolną LUT (ang. Lublin University of Technology) [4, 5], umożliwiającą ocenienie przez użytkowników jakości interfejsu strony internetowej. Pozwoliło to dokładniej poznać odczucia odbiorców treści internetowych, dzięki otrzymanej informacji zwrotnej pogrupowanej według konkretnych obszarów analizowanych witryn.

2. Przegląd literatury

Na potrzeby realizacji badania, należy zapoznać się dokładniej z definicją projektowania uniwersalnego, jakie kryteria świadczą o uniwersalności oraz trzeba zrozumieć codzienne problemy i realia życia osób z niepełnosprawnością wzrokową. W artykule [6] autorzy określili proces projektowania uniwersalnego jako tworzenie produktów pozostających funkcjonalnymi dla możliwie najszerzej grupy użytkowników. Dostępność na ogół jest definiowana jako projektowanie pod kątem osób z niepełnosprawnościami. W artykule podkreślono ważność tego, aby dostępność nieustannie koncentrowała się na osobach niepełnosprawnych, jednocześnie integrując się z projektowaniem uniwersalnym stron internetowych dla wszystkich użytkowników. Artykuł zawiera opis działań World Web Consortium (W3C) i Web Accessibility Initiative (WAI) nad potrzebami użytkowników we wszystkich technologiach sieciowych. Autorzy we wnioskach stwierdzają, że skupienie się na osobach niepełnosprawnych zapobiega pominięciu ich szczególnych potrzeb spośród pozostałych problemów. Zwrócono również uwagę, że zintegrowane badania i rozwój zagadnień dotyczących rozwoju do-

stępności, wspomaga również ogół społeczeństwa. Poza kwestią dostępności treści internetowych za pośrednictwem komputerów bądź laptopów, w dzisiejszych czasach równie ważne jest wzięcie pod uwagę również rynku mobilnego. Artykuł [7] opisuje, w jaki sposób postępujący rozwój usług sieciowych oddziałuje na wytyczne definiujące kryteria dostępności w podstawowych technologiach internetowych takich jak HTML (ang. HyperText Markup Language) i CSS (ang. Cascading Style Sheets). Zdefiniowano podstawowe komponenty określające dostępność w sieci takie jak: treści, technologie sieciowe, narzędzia wytwórcze i oszacowujące dostępność, technologie wspomagające oraz użytkowników. Stwierdzono ogólny wzrost świadomości i zrozumienia potrzeby projektowania uniwersalnego jednak rosnące znaczenie rynku mobilnego stawia nowe wyzwania w tej kwestii. W tym celu została opracowywana specyfikacja Independent User Interface (IndieUI), ułatwiająca aplikacjom internetowym pracę z różnego rodzaju kontekstów. Zdarzenia zostają obsługiwane bez konieczności rozpoznania jak je wywołano, co pozytywnie wpływa na dostępność. Autorzy stwierdzają, że istnieje potrzeba dogłębnych badań i analiz dotyczących wsparcia dla dostępności każdego współzależnego komponentu stron internetowych, szczególnie w kontekście mobilnym.

Do ważnej obserwacji doszli autorzy artykułu [8], w którym stwierdzają, że obecnie w podejściu do projektowania uniwersalnego, główną uwagę zajmuje niepełnosprawność, a nie zdolność. Z tego powodu proponują modyfikację tej postawy w podejście nazwane „ability-based design”, polegające na skupieniu się w procesie projektowania na zdolnościach użytkownika w przeciwieństwie do jego mankamentów. Zdefiniowane zasady takiego projektowania to kolejno: zdolność, poczytalność, adaptacja, przejrzystość, wydajność, detekcja kontekstu i łatwość dostępu do sprzętu. Usprawnienie procesu projektowania o te reguły pozwoliło badaczom zaobserwować poprawę satysfakcji użytkowników z powodu korzystania z typowych urządzeń, jednak zaktualizowanych o oprogramowanie dostosowane do ich możliwości.

W kolejnym artykule [9] zwrócono uwagę na fakt, że koncepcja dostępności cyfrowej różni się w zależności od kultury czy też docelowej grupy odbiorczej. Pod określeniem „projektu dla wszystkich”, „uniwersalnego dostępu” czy „projektowania globalnego”, kryje się jedna filozofia tworzenia treści dla możliwie jak największej liczby zastosowań danej usługi. Autorzy, starając się odpowiedzieć czy te określenia różnią się od siebie, zwracają uwagę, że spośród 400 przebadanych publikacji, w większości z nich brakuje jednoznacznej definicji dostępności, czy chociaż odnośnika do precyzyjnego sformułowania tego terminu. Wnioskiem badania jest brak spójności omawianych definicji pomiędzy regionami całego świata. Z tego powodu autorzy opowiadają się, za dokładniejszym zdefiniowaniem pojęcia projektowania uniwersalnego, co może mieć pozytywny wpływ na zgodność z normami całej sieci i przyszły rozwój treści.

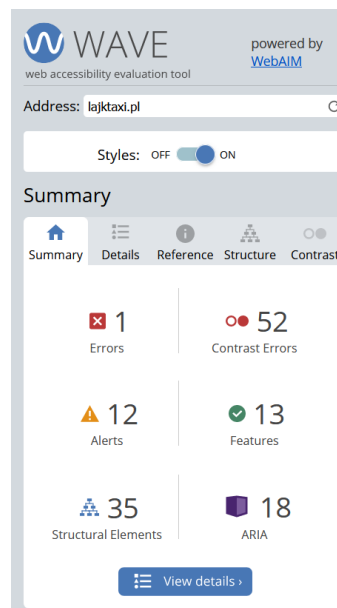
Koncentrując się nad aplikacjami internetowymi projektowanymi uniwersalnie, autorzy artykułu [10] przedstawiają proces refaktoryzacji jako technikę poprawy użyteczności interfejsów stron internetowych dla użytkowników z niepełnosprawnościami. Autorzy prezentują sposoby radzenia sobie dużych korporacji z problemem dostępności ich usług. Zrobili to na przykładzie analizy dwóch aplikacji poczty elektronicznej. Skupiono się na refaktoringu interfejsu, który ma poprawić użyteczność strony dla osób korzystających z czytników ekranowych, bez uszczerbku na funkcjonalności dla pozostałych odbiorców. Proces określono jako sposób na zachęcenie programistów do ponownego odkrywania sposobów ulepszenia interfejsów, biorąc pod uwagę nie tylko biegłych użytkowników, ale również osoby niedoświadczone bądź niepełnosprawne. Przeanalizowane rozwiązania pozwoliły wywnioskować, że refaktoryzacja strony do stanu przystępnego dla każdej osoby, przy użyciu możliwie jak najmniejszej liczby zasobów powinna motywować menedżerów do inwestycji w tej kwestii oraz do zmiany polityki dostępności usług. Z tego powodu naukowcy mają za zadanie opracowywanie coraz skuteczniejszych technik pomagającym programistom w osiągnięciu tych celów. Tę kwestię podjęto również w artykule [11]. Autorzy podają cztery sposoby na poprawę dostępności witryn opartych na systemach zarządzania treścią typu Joomla! oraz WordPress. Pierwszy stosuje wtyczkę, która wyszukuje problemy ze stroną oraz pozwala użytkownikowi w wygodny sposób na wprowadzenie brakujących atrybutów na stronie. Według autorów ta metoda jest odpowiednia dla użytkowników, którzy nie mają doświadczenia z informatyką. Dwie kolejne metody opierają się na przeciężeniu kodu HTML lub CSS/SCSS (ang. Sassy CSS) z wykorzystaniem wtyczki. Ostatni sposób polega na znalezieniu wtyczki odpowiedzialnej za niepoprawne działanie strony oraz ułatwia jej poprawienie. Według autorów ta ostatnia metoda jest zalecana tylko dla użytkowników z doświadczeniem w tworzeniu aplikacji internetowych.

Prowadząc badanie nad zastosowaniem zasad projektowania uniwersalnego, warto zapoznać się z codziennością osób z ograniczeniami. Opierając się na wynikach badań, w których wykazano, że problemy ze wzrokiem źle wpływają na psychikę młodzieży, opracowano artykuł [12], którego celem jest badanie stopnia lęku i depresji wśród grupy osób z wrodzoną ślepotą. Czterdzieści osób niewidomych wypełniło ankietę z wykorzystaniem alfabetu Braille'a, ich odpowiedzi zestawiono z wynikami otrzymanymi od grupy o tej samej wielkości zdrowych osób. Wykazano, że poziom depresji nie zależał od sprawności osoby badanej, zależność ta występowała jednak wyraźnie w kwestii lęków. Autorzy sugerują, że strach w dużym stopniu jest powodowany problemami z orientacją w terenie, co wiąże się z obawą przed wypadkiem. Można stąd wywnioskować, że redukcja barier przed osobami z niepełnosprawnością, jest moralnym obowiązkiem społeczeństwa, we wszelkich dziedzinach życia.

3. Metoda badawcza

3.1. Opis przedmiotu badań

Badania przeprowadzono z wykorzystaniem dwóch stron internetowych: LajkTaxi.pl [13] oraz TaxiMaxi [14]. Pierwsza ze stron została wybrana na podstawie analizy dostępności 20 losowo wyszukanych stron internetowych oferujących usługi taksówkarskie. Ocena ich dostępności została zrealizowana za pomocą zdalnego narzędzia WAVE [15, 16], które służy twórcom treści internetowych do weryfikacji stanu dostępności projektowanych przez nich serwisów.



Rysunek 1: Podsumowanie analizy strony internetowej za pomocą narzędzia WAVE.

Na potrzeby badania, ze zbioru przeanalizowanych stron wybrano tę, w której wykryto największą liczbę nieprawidłowości, które mogą mieć wpływ na komfort użytkownika z wadą wzroku (Tabela 1). Strona, która została z nią porównana to TaxiMaxi. Została ona przygotowana od podstaw z wykorzystaniem systemu typu CMS (ang. Content Management System) o nazwie WordPress [17]. System ten wyróżnia się dużą łatwością wdrażania nowych serwisów. Z wykorzystaniem szeroko rozbudowanej biblioteki wtyczek [18], można efektywnie od podstaw zaprojektować oraz wdrożyć witrynę internetową o wybranej tematyce, którą następnie można w szybki sposób usprawniać oraz rozwijać o dodatkowe możliwości. Dzięki tym zaletom treść oraz wygląd strony można w łatwy sposób modyfikować, aby dostosować ją pod kątem różnych aspektów dostępności. Umożliwiło to przygotowanie strony spełniającej wymagania WCAG 2.1 oraz dynamiczne modyfikowanie jej kompozycji na potrzeby kolejnych prób ukierunkowanych na weryfikację hipotez H1 i H3.

Obie omawiane strony internetowe zostały wykorzystane w celu weryfikacji hipotezy H2. Na jej potrzeby poddano ankietyzacji 20 osób przy użyciu listy kontrolnej LUT [4, 5] będącej listą opracowaną na podstawie heurystyk Nielsena-Molicha [5]. Autorska strona inter-

netowa - TaxiMaxi, została użyta do przebadania 23 osób przy użyciu okulografu.

Tabela 1: Rezultat analizy narzędziem WAVE porównywanych stron

Podstrona	Rodzaj	Liczba wystąpień na stronie LajkTaxi.pl	Liczba wystąpień na stronie TaxiMaxi
Strona główna	Błąd	1	3
	Błąd kontrastu	46	0
	Alert	12	8
	Właściwości	13	7
	Aria	10	24
	Elementy strukturalne	35	27
Usługi	Błąd	6	3
	Błąd kontrastu	23	0
	Alert	14	6
	Właściwości	12	11
	Aria	11	22
	Elementy strukturalne	25	21
Cennik	Błąd	1	4
	Błąd kontrastu	81	0
	Alert	75	7
	Właściwości	9	3
	Aria	11	21
	Elementy strukturalne	18	15
Galeria	Błąd	1	3
	Błąd kontrastu	10	0
	Alert	10	26
	Właściwości	9	23
	Aria	11	23
	Elementy strukturalne	17	21
Kontakt	Błąd	4	3
	Błąd kontrastu	25	0
	Alert	10	10
	Właściwości	11	10
	Aria	9	24
	Elementy strukturalne	24	23

3.2. Ankietywanie za pomocą listy kontrolnej LUT

Na potrzeby badania wybrano 20 osób. Ankietowani byli osobami doświadczonymi w korzystaniu z serwisów internetowych. Grupa składała się z osób różnej płci w przedziale wiekowym od 21 do 50 lat. Grupa badawcza składająca się z 20 osób pozwala wykryć niemal wszystkie problemy. Nawet 5 osób, iteracyjnie przeprowadzając badanie, jest w stanie z 80% skutecznością wykryć trapiące stronę błędy [5].

Ankieta zawierająca pytania z listy kontrolnej LUT została wykonana przy pomocy Google Forms [19]. Każdy z ankietowanych otrzymał 2 formularze, każdy z nich dotyczył osobnej, porównywanej witryny internetowej. Struktura ankiety składa się z 32 pytań pogrupowanych według 5 obszarów:

- nawigacja i struktura,
- komunikaty, feedback, pomoc dla użytkownika,
- interfejs aplikacji,
- treść podstron,
- wprowadzanie danych.

Inspekcja wykonana za pomocą listy kontrolnej przez anonimowe osoby pozwala, na poznanie odczuć rzeczywistych użytkowników strony. Po otwarciu i skorzystaniu z podanych witryn oceniający wyrażają opinię odnośnie kolejnych zagadnień, w skali od 1 (najniższa ocena) do 5 (ocena najwyższa). Wykorzystanie

listy kontrolnej LUT pozwala na wyznaczenie współczynnika WUP [4], dzięki któremu istnieje możliwość porównania między sobą obu badanych stron internetowych. Metryka jest wyznaczana za pomocą wzoru 1:

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

gdzie n_a to liczba obszarów, s_i to liczba podobszarów w obszarze i , q_{ij} to liczba pytań w obszarze i oraz podobszarze j , z kolei p_{ijk} to ocena pytania o numerze k w podobszarze j obszaru i [5]. Wysoka wartość współczynnika WUP oznacza dobrze zaprojektowany interfejs, im ta wartość jest niższa, tym gorzej przebiega współpraca z badaną stroną.

3.3. Badanie z wykorzystaniem okulografu

Do analizy hipotez H1 i H3 wykorzystano okulograf. Grupą badawczą były 24 osoby ze stwierdzoną krótkowzrocznością, na co dzień pracujące w okularach korekcyjnych [20]. Byli to studenci w wieku od 20 do 26 lat. Każda z osób miała duże doświadczenie w użytkowaniu internetu. W badanej grupie 19 osób miało wadę wzroku w zakresie od -1 do -3 dioptrii, 5 osób charakteryzowało się wyższą wadą w zakresie od -3 do -6 dioptrii. Na potrzeby doświadczenia, eksperyment z użyciem okulografu, realizowany był przez osoby bez założonych okularów korekcyjnych. Miało to na celu weryfikację, w jakim stopniu narzędzia wspomagające osoby z wadą wzroku, rzeczywiście usprawniają korzystanie z internetu. Każdy z badanych przeszedł wstępne szkolenie, przedstawiające sposób realizacji eksperymentu oraz zaznajamiające go z oprzyrządowaniem.

Badanie wykorzystywało wyłącznie autorską stronę internetową TaxiMaxi [14], która podległa modyfikacjom.

Taxi osobowe – przewóz osób i bagażu

	Taryfa osobowa	Taryfa ulgowa
Oплата początkowa	6 zł	3 zł
Do 5 km	3.5 zł/km	2 zł/km
Do 10 km	2.5 zł/km	1.5 zł/km
Powyżej 10 km	2 zł/km	1 zł/km

Rysunek 2: Przykładowy fragment strony z kontrastem spełniającym wymogi WCAG AAA.

Taxi osobowe – przewóz osób i bagażu

	Taryfa osobowa	Taryfa ulgowa
Oплата początkowa	6 zł	3 zł
Do 5 km	3.5 zł/km	2 zł/km
Do 10 km	2.5 zł/km	1.5 zł/km
Powyżej 10 km	2 zł/km	1 zł/km

Rysunek 3: Fragment strony z kontrastem niespełniającym wymogów WCAG AA.

Na potrzeby weryfikacji hipotezy H1, elementy zaprojektowane zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego (Rysunek 2), przekształcono w taki sposób, aby nie spełniały wymogów WCAG na poziomie AA m.in. poprzez zmniejszenie rozmiaru czcionki bądź obniżenie kontrastu (Rysunek 3). W drugim przypadku, w celu weryfikacji hipotezy H3, stronę zmodyfikowano tak, aby prezentowana treść miała podwyższony kontrast bądź czcionka była wyświetlana w większym rozmiarze.

Badanie przebiegało w postaci pokazu slajdów, w którym najpierw osobie badanej przedstawiane było polecenie do zrealizowania. Po zapoznaniu się z treścią zadania, badany przechodził do następnego slajdu zawierającym zrzut ekranowy fragmentu strony internetowej. Gdy badany wykonał dane polecenie, przechodził do kolejnego. W sumie każda osoba badana otrzymała zestaw 15 zadań. W każdym z nich prezentowane fragmenty stron były wyświetlone w innej formie po to, aby zminimalizować zapamiętywanie przez badanych ich treści i struktury. Dodatkowo, w celu wyeliminowania efektu uczenia, eksperyment zaprojektowano w formie testu porównawczego A/B [21]. Dzięki temu można było zbadać czas realizacji zadań na tych samych fragmentach stron internetowych, ale prezentowanych różnych jej formach. Grupa badawcza została podzielona na dwie równe podgrupy po 12 osób. Grupa A otrzymała zestaw pytań, na które udzielała odpowiedzi po obejrzeniu fragmentu strony internetowej zaprojektowanej zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego (H1) lub z podwyższonym kontrastem (H3). Grupa B otrzymała taki sam zestaw zadań, ale przedstawione fragmenty strony internetowej były niezgodne z zasadami projektowania uniwersalnego (H1) lub miały powiększoną czcionkę (H3).

Eksperyment zrealizowano w Katedrze Informatyki Politechniki Lubelskiej, zapewniając badanym komfortowe warunki pracy oraz odpowiednie warunki oświetlenia. Osoba kontrolująca przebieg doświadczenia, zaznajamiała badanego ze scenariuszem badania, a następnie zostawiała osobę badaną samodzielnie na stanowisku, monitorując przebieg procesu z pewnej odległości. Dzięki temu starano się wyeliminować wpływ stresu wynikającego z udziału moderatora, a jednocześnie zachować kontrolę nad prawidłowością wykonywania czynności.

Sala, w której prowadzono badania, została wyposażona w laptop z ekranem 17" w rozdzielczości 1920x1080 wyświetlający obraz z wysoką częstotliwością 144 Hz. Okulograf zdalny (Rysunek 4), będący na wyposażeniu stanowiska laboratoryjnego to Gazepoint GP3 HD [22], który dzięki swojej konstrukcji jest lekki, przenośny i łatwy w konfiguracji [23]. Na stanowisku badawczym okulograf stał pomiędzy ekranem laptopa, a twarzą osoby badanej. Przed rozpoczęciem eksperymentu każda osoba musiała zostać skalibrowana, aby zapewnić jak najdokładniejszy pomiar, eliminując nieprawidłowości mogące wynikać np. z różnic budowy oka badanego. Doświadczenie rozpoczynano, gdy kalibracja została wykonana na poziomie „Excellent”. Za

pomocą oprogramowania iMotions [24] podłączonego do okulografu, dokonano analizy zgromadzonych danych. Z poziomu programu dostępne są nagrania każdej osoby uczestniczącej w eksperymencie i realizującej scenariusz badawczy. Tuż po zakończeniu badania istnieje możliwość wygenerowania ścieżek skanowania, map cieplnych oraz analizy z wykorzystaniem tzw. obszarów zainteresowania (AOI, ang. Area of Interest).



Rysunek 4: Okulograf Gazepoint GP3 HD [22].

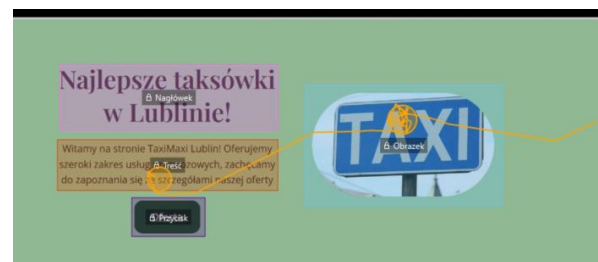
Podczas analizy danych, wzięto pod uwagę następujące miary [25]:

- czas do pierwszej fiksacji (TTFF - ang. Time to First Fixation) - ilość czasu, jaki zajęło osobie badanej spojrzenie na wyznaczony obszar zainteresowania,
- czas przebywania (ang. dwell time) - ilość czasu jaką respondent poświęcił na obserwowanie zadane-go obszaru zainteresowania,
- czas trwania pierwszej fiksacji (ang. first fixation duration) – dostarcza informacji, jak długo trwała pierwsza fiksacja.

4. Wyniki badań

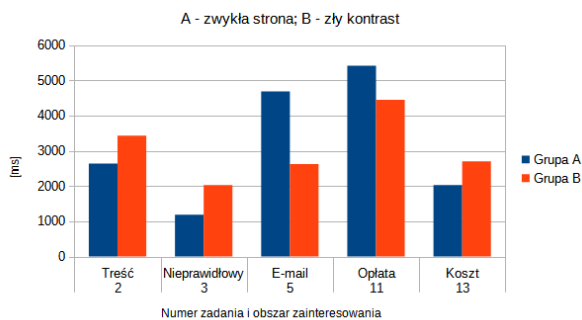
4.1. Weryfikacja hipotezy H1

Przedstawione w tym rozdziale wykresy dotyczą weryfikacji hipotezy H1. Rysunek 6 dotyczy zadań, w których należało znaleźć elementy takie jak treść, przyciski lub pole do wprowadzenia tekstu na zaprezentowanych kolejno stronach. Na rysunku 5 zobrazowano sposób, w jaki wyznaczono poszczególne obszary zainteresowania w programie iMotions, które następnie zostały poddane analizie.



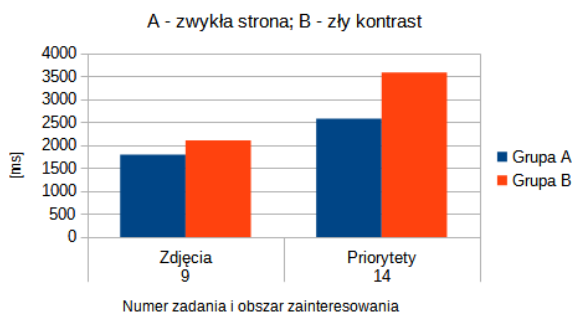
Rysunek 5: Obszary zainteresowania wyznaczone dla jednego z pytań z zestawu.

Z wykresu (Rysunek 6) można wywnioskować, że w przypadku trzech zadań (2, 3 i 13), na stronach zaprojektowanych zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego, użytkownicy byli w stanie szybciej zrealizować polecenia. Jednak, w przypadku dwóch zadań oznaczonych numerem 5 i 11, wyniki okazały się inne od spodziewanych.



Rysunek 6: Średnia arytmetyczna czasów do pierwszej fiksacji dla dwóch grup badawczych dot. wybranych zadań.

W przypadku zadań nr 9 i 14, w których badani byli proszeni o policzenie elementów prezentowanych na stronie, czasy przebywania w określonych obszarach były krótsze w grupie A – uczestników, którym wyświetlano strony dostępne niż w grupie B (Rysunek 7). Między zwykłą stroną, a stroną z małym kontrastem wystąpiła szczególnie duża różnica podczas realizacji zadania nr 14.



Rysunek 7: Średnia arytmetyczna czasów przebywania w poszczególnych obszarach zainteresowania dla dwóch grup badanych dla poleceń nr 9 i 14.

Także analiza ścieżek ruchu oczu wykazała, że wzrok ankietowanych był zdecydowanie bardziej chaotyczny przy wykonywaniu poleceń na stronach z nieprawidłowym kontrastem. Natomiast porównanie obrazów map cieplnych, pokazane na Rysunkach 8 i 9, pozwala wysnuć wniosek, że badani musieli ze znacznie większą intensywnością skupiać wzrok na niewyraźnym tekście.



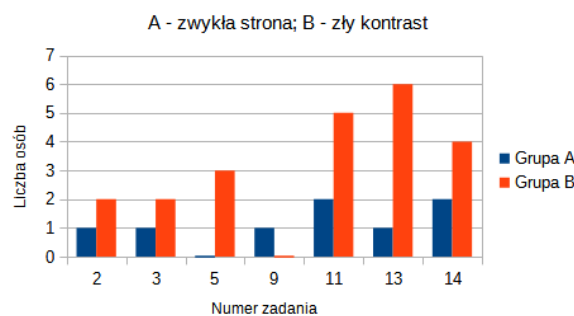
Rysunek 8: Mapa cieplna dla zadania nr 14 na stronie z prawidłowym kontrastem.

Kolejnym ważnym spostrzeżeniem podczas realizacji zadań było to, że respondenci nie byli w stanie zrealizować 12,2% poleceń w przypadku stron ze złym kontrastem (Rysunek 10). Na stronie spełniającej wy-

magania WCAG współczynnik niewykonanych zadań wyniósł 4,4%.



Rysunek 9: Mapa cieplna dla zadania nr 14 na stronie z nieprawidłowym kontrastem.



Rysunek 10: Liczba osób, które nie były w stanie zrealizować poszczególnych zadań.

Zestawienie znajdujące się w Tabeli 2 pokazuje, że brak wystarczającego kontrastu może powodować, że użytkownicy internetu mogą nie być w stanie korzystać ze strony internetowej do realizacji swoich celów.

Tabela 2: Liczba osób w poszczególnych grupach, które nie były w stanie zrealizować zadań

	Grupa A	Grupa B
Liczba niewykonanych zadań	8	22

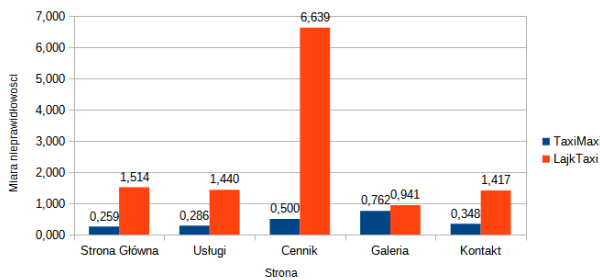
4.2. Weryfikacja hipotezy H2

4.2.1. Miara nieprawidłowości

Biorąc pod uwagę wyniki z analizy stron LajkTaxi.pl oraz autorskiej strony TaxiMaxi narzędziem WAVE (Tabela 1), wywnioskowano, że rezultaty badania mogą znacząco się różnić w zależności od wielkości i złożoności strony. Z tego powodu zaproponowano wzór wskazujący na to, jaki jest stopień niepoprawności wykonania strony względem jej zawartości:

$$\text{miara nieprawidłowości} = \frac{e + c + 0.5 * a}{s} \quad (2)$$

gdzie: e oznacza liczbę błędów na stronie, c liczbę błędów kontrastu, a to liczba alertów, z kolei s to zsumowana liczba elementów strukturalnych strony. Im wyższy jest otrzymany współczynnik, tym więcej zdiagnozowano nieprawidłowości na stronie. Na podstawie wzoru (2) policzono miarę nieprawidłowości dla porównywanych stron.



Rysunek 11: Miara nieprawidłowości badanych stron.

Przedstawione na Rysunku 11 wyniki, w których wzięto pod uwagę ilość treści znajdującej się na każdej z podstron, strona TaxiMaxi zaprojektowana zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego, w każdym przypadku otrzymała niższą wartość użytego współczynnika od podstron strony LajkTaxi.pl.

4.2.2. Współczynnik WUP

Z kolei współczynnik WUP dla strony TaxiMaxi jest znacznie wyższy od współczynnika WUP strony Lajk-Taxi (Tabela 3). Na podstawie wyników z przeprowadzonej ankiety oraz analizy z wykorzystaniem narzędzia internetowego WAVE, można stwierdzić, że hipoteza H2 jest prawdziwa.

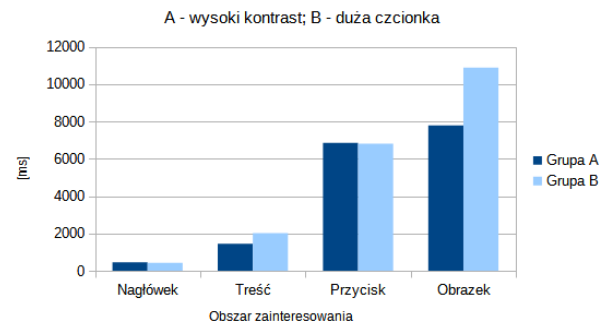
Tabela 3: Współczynnik WUP

Strona internetowa	LajkTaxi.pl	TaxiMaxi
Współczynnik WUP	3,71±0,24	4,45±0,13

Współczynnik obliczony na podstawie wzoru (1) wynosi 4,45±0,13 dla strony zgodnej z paradygmatem projektowania uniwersalnego oraz 3,71±0,24 dla strony porównywanej. Płynnie z tego taki wniosek, że wyższą jakość pod względem dostępności ma strona prototypowa utworzona na potrzeby badań. Użytkownicy odbierali ją jako bardziej dopracowaną i odczuwali mniejszy dyskomfort w trakcie korzystania. Najwyższe różnice w ocenach wystąpiły w kwestiach związanych z graficznym interfejsem aplikacji oraz z komunikatami i informacjami zwrotnymi przekazywanymi dla użytkownika.

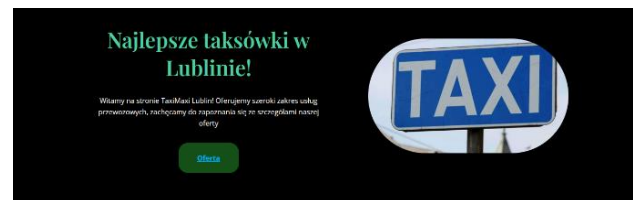
4.3. Weryfikacja hipotezy H3

Na Rysunku 12 przedstawiono wyniki eksperymentu zrealizowanego za pomocą eyetrackera, w których porównywano czasy trwania pierwszej fiksacji na elementach strony takich jak: nagłówek, treść, przycisk i obrazek. Grupa badawcza A oglądała strony w wysokim kontraście (Rysunek 13), natomiast grupa B patrzyła na strony z powiększoną czcionką (Rysunek 14). W przypadku nagłówka i przycisku wyniki dla obu grup były bardzo podobne. Dla obszaru zawierającego kontent strony oraz obrazek wyniki dla obu grup wyraźnie były lepsze dla stron z dużym kontrastem niż z powiększoną czcionką.



Rysunek 12: Średnia arytmetyczna czasów pierwszej fiksacji na wybranych elementach stron z dużym kontrastem (Grupa A) oraz powiększoną czcionką (Grupa B).

Zrzuty ekranowe z Rysunków 13 i 14 przedstawiają strony główne badanych serwisów wyświetlane odpowiednio dla grupy A i grupy B. Analiza ścieżek skanowania wykazała, że badani skanowali strony w kolejności: nagłówek, treść, przycisk oraz obrazek.



Rysunek 13: Strona z podwyższonym kontrastem.



Rysunek 14: Strona z powiększoną czcionką.

5. Wnioski

Celem artykułu była analiza wpływu korzystania ze stron utworzonych zgodnie z paradygmatem projektowania uniwersalnego. W badaniach zastosowano ankietę LUT oraz okulograf, które zrealizowano na dwóch grupach osób z wadą wzroku. Na podstawie uzyskanych wyników udowodniono, że zastosowanie zasad projektowania uniwersalnego ułatwia użytkownikom korzystanie ze stron internetowych. Poza tym eksperymentalnie potwierdzono, że ze strony z wysokim kontrastem korzysta się szybciej niż ze strony z dużą czcionką. Analiza wykazała także, że pomimo koncentracji deweloperów stron na ich zgodności z zasadami projektowania uniwersalnego, pewnych niedoskonałości nie sposób było uniknąć. Oznacza to, że dobrą praktyką jest już na etapie tworzenia strony dodatkowe jej sprawdzenie za pomocą automatycznych walidatorów (np. WAVE).

Literatura

- [1] A. Kirkpatrick, J. O Connor, A. Campbell, M. Cooper, Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1, 2018.
- [2] Ustawa o dostępności cyfrowej stron internetowych, <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/download.xsp/WDU20190000848/T/D20190848L.pdf>, [12.05.2022].
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2102 z dnia 26 października 2016 r. w sprawie dostępności stron internetowych i mobilnych aplikacji organów sektora publicznego, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016L2102&from=PL>, [12.05.2022].
- [4] M. Miłosz, M. Borys, M. Laskowski, Memorability Experiment Vs. Expert Method in Websites Usability Evaluation, ICEIS, 2013.
- [5] M. Miłosz, Ergonomia systemów informatycznych, Politechnika Lubelska, 2014.
- [6] S. L. Henry, S. Abou-Zahra, J. Brewer, The role of accessibility in a universal web, W4A 2014 - 11th Web for All Conference (2014), <https://doi.org/10.1145/2596695.2596719>.
- [7] S. Abou-Zahra, J. Brewer, S. L. Henry, Essential components of mobile web accessibility, W4A 2013 - International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility (2013) 1-4, <https://doi.org/10.1145/2461121.2461138>.
- [8] J. O. Wobbrock, S. K. Kane, K. Z. Gajos, S. Harada, J. Froehlich, Ability-based design: Concept, principles and examples, ACM Transactions on Accessible Computing 3(3) (2011) 1-27, <https://doi.org/10.1145/1952383.1952384>.
- [9] H. Persson, H. Ahman, A. A. Yngling, Universal design, inclusive design, accessible design, design for all: different concepts-one goal? On the concept of accessibility-historical, methodological and philosophical aspects, Universal Access in the Information Society 14 (2015) 505-526, <https://doi.org/10.1007/s10209-014-0358-z>.
- [10] A. Garrido, G. Rossi, N. M. Medina, Improving accessibility of Web interfaces: refactoring to the rescue, Universal Access in the Information Society, 13(4) (2014) 387-399, <https://doi.org/10.1007/s10209-013-0323-2>.
- [11] B. Csontos, I. Heckl, Improving accessibility of CMS-based websites using automated methods, Univ Access Inf Soc 21 (2022) 491-505, <https://doi.org/10.1007/s10209-020-00784-x>.
- [12] N. Bolat, B. Dogangun, M. Yavuz, T. Demir, L. Kayaalp, Depression and anxiety levels and self-concept characteristics of adolescents with congenital complete visual impairment, Turk Psikiyatri Derg Summer 22(2) (2011) 77-82.
- [13] Strona internetowa LajkTaxi, <https://lajktaxi.pl/>, [14.01.2022].
- [14] Autorska strona tworzona zgodnie z zasadami projektowania uniwersalnego, <https://dev-pawelgal.pantheonsite.io/>, [14.01.2022].
- [15] WAVE Web Accessibility Evaluation Tool, <https://wave.webaim.org/>, [18.11.2021].
- [16] A. Sharma, R. K. Choudhary, Web Accessibility of Indian University Library Website: An Evaluation with WAVE Website Evaluation Tool, Library Philosophy and Practice, 2021.
- [17] Zagadnienie dostępności w Wordpress, <https://make.wordpress.org/accessibility/handbook/>, [22.09.2021].
- [18] Wtyczka Wordpress: Wp Accessibility, <https://wordpress.org/plugins/wp-accessibility/>, [22.09.2021].
- [19] Formularze Google, <https://docs.google.com/forms/>, [14.01.2022].
- [20] Pozwolenie na przeprowadzenie eksperymentu z udziałem ludzi: "Pozytywna opinia Komisji ds. Etyki Badań Naukowych nr 9/2019 z dnia 27.05.2019 r. dotycząca badań użyteczności oraz ergonomii interfejsów.
- [21] R. Kohavi, R. Longbotham, D. Sommerfield, R. M. Henne, Controlled experiments on the web: survey and practical guide, Data Mining & Knowledge Discovery 18(1) (2009) 140-181, <https://doi.org/10.1007/s10618-008-0114-1>.
- [22] Okulograf Gazept, <https://www.gazept.com/product/gp3hd/>, [14.06.2022].
- [23] Prawidłowe ustawienie okulografu przy laptopie, https://www.gazept.com/dl/gazept_laptop_mount.pdf, [14.06.2022].
- [24] Platforma iMotions, <https://imotions.com/>, [18.01.2022].
- [25] Opis metryk okulograficznych dostępnych z oprogramowania iMotions, <https://imotions.com/blog/10-terms-metrics-eye-tracking/>, [14.06.2022].