

Research on user experience during interactions with mobile applications for diabetics

Badania dotyczące doświadczeń użytkowników podczas interakcji z aplikacjami mobilnymi dla diabetyków

Przemysław Bajda* Rafał Baliński*, Mariusz Dzieńkowski

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

Abstract

The purpose of this article was to assess in terms of performance and user experience three mobile applications that support the daily functioning of people with diabetes. Two data collection methods were used in the study: eye tracking and the System Usability Scale questionnaire. Eye tracking provided information on eye movement and fixation while using the application, whereas the SUS questionnaire helped evaluate the overall usability level. Three applications were examined, *mySugr*, *Diabetes diary control* from Google Play, and one proprietary application implemented for the purposes of the study. It was found that the proprietary *SugarCare* application characterized by a simple, modern, and readable interface achieved the highest results in terms of task completion times and SUS questionnaire scores. The *mySugr* application, which also has a clear and simple interface, took the second place. The *Diabetes diary control* application performed the worst, as it had a complex and less user-friendly interface.

Keywords: user experience; mobile application for diabetics; eye tracking; SUS

Streszczenie

Celem artykułu jest ocena pod względem wydajności i doświadczeń użytkownika trzech aplikacji mobilnych, które wspomagają codzienne funkcjonowanie osób chorych na cukrzycę. W badaniu wykorzystano dwie metody zbierania danych: eyetracking oraz ankietę SUS (System Usability Scale). Eyetracking dostarczył informacji dotyczących ruchu oczu i fiksacji podczas korzystania z aplikacji, natomiast ankietę SUS pomogła ocenić ogólny poziom użyteczności. Przetestowano trzy aplikacje: *mySugr* i *Diabetes diary control* pochodzące ze sklepu Google Play oraz jedną aplikację zaimplementowaną na potrzeby badań. Stwierdzono, że autorska aplikacja *SugarCare*, charakteryzująca się prostym, nowoczesnym i czytelnym interfejsem, osiągnęła najlepsze wyniki pod względem czasów wykonywania zadań oraz wskaźnika SUS. Aplikacja *mySugr*, która również miała przejrzysty i prosty interfejs zajęła drugie miejsce. Najgorzej wypadło oprogramowanie *Diabetes diary control*, posiadające złożony i mało czytelny interfejs użytkownika.

Słowa kluczowe: doświadczenia użytkownika; aplikacje mobilne dla cukrzyków; eyetracking; SUS

*Corresponding authors

Email address: przemyslaw.bajda@pollub.edu.pl (P. Bajda), rafal.balinski@pollub.edu.pl (R. Baliński)

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

1. Wstęp

We współczesnym świecie cukrzyca określana jest mianem choroby cywilizacyjnej, na którą zapada coraz więcej osób, szczególnie tych w podeszłym wieku. W roku 2013 liczba chorych wynosiła 381,8 miliona, a według prognoz spodziewa się, że do roku 2035 ta liczba wzrośnie o prawie 210 milionów [1]. Oznacza to prawie dwukrotny wzrost zachorowań na przestrzeni kilkunastu lat.

Coraz częściej wskazuje się na rolę technologii, a szczególnie technologii mobilnych w procesie wspomagania leczenia i dbania o zdrowie pacjentów. Mimo tego, że coraz więcej ludzi korzysta z urządzeń mobilnych, wciąż niewielu chorych na cukrzycę korzysta z oprogramowania dla nich dedykowanych, ułatwiających im codzienne funkcjonowanie. Zmiana tego stanu rzeczy nastąpi, gdy większa uwaga będzie poświęcona intuicyjności struktury interfejsów poprzez ich orientowanie się na użytkownika, jego możliwości i ograniczenia, a także potrzeby.

Oprogramowanie wytwarzane na urządzenia mobilne powinno uwzględniać ograniczenia, jakie narzuca im środowisko, między innymi małe wymiary wyświetlacza oraz niskie zasoby wydajnościowe. Ponadto aplikacje przeznaczone dla diabetyków powinny być wysoce niezawodne i bezpieczne, aby nie narazić użytkowników na powikłania zdrowotne związane z ich użytkowaniem.

W raporcie *research2guidance* [2] obejmującym okres do końca 2018 roku jedynie 7,8% osób chorych na cukrzycę korzystało z aplikacji mobilnej przeznaczonej dla diabetyków. Jednym z głównych problemów, który może wpływać na takich stan rzeczy jest skomplikowany i nieprzejrzysty interfejs. Ten problem jest szczególnie istotny dla osób starszych w niskim stopniu obeznanych z najnowszymi technologiami. Warto nadmienić, że prawdopodobieństwo zachorowania na cukrzycę wśród seniorów jest 10 krotnie większe aniżeli wśród młodzieży.

W celu przyszłej poprawy współczynnika chorych korzystających z oprogramowania dla diabetyków,

należałoby przeprowadzić testy interfejsów i zbadać doświadczenia użytkowników korzystających z tego typu aplikacji. Do realizacji tego planu można wykorzystać metody z udziałem lub bez udziału użytkowników. Zbieranie opinii najczęściej odbywa się za pomocą ankiety. Ostatnio coraz częściej do badań interfejsów wykorzystuje się metodę, która angażuje technikę eye-trackingową. Metoda ta polega na analizie działań użytkownika w trakcie pracy z oprogramowaniem poprzez śledzenie kolejnych punktów skupienia uwagi na wyświetlanym materiale. W ten sposób powstają charakterystyczne ścieżki składające się z punktów zatrzymania w postaci kół (fiksacji) oraz linii łączących kolejne fiksacje obrazujące ruch (sakady).

Niniejsze badanie dotyczy analizy interfejsów aplikacji mobilnych wspomagających leczenie cukrzycy. W ramach pracy przygotowano i przeprowadzono eksperyment składający się z dwóch części: kwestionariuszowej oraz z użyciem eyetrackera. Celem tych badań była ocena wpływu użyteczności interfejsów aplikacji mobilnych dla cukrzyków na wydajność oraz doświadczenie użytkowników, na które składają się użyteczność i zapamiętywalność. W efekcie tych badań wskazano problemy dotyczące użyteczności powstające na etapie projektowania oraz przedstawiono dobre praktyki w opracowywaniu intuicyjnych, estetycznych, prostych w użyciu i efektywnych interfejsów użytkownika.

2. Przegląd literatury

Ciągły wzrost zachorowań na cukrzycę oraz powiększający się rynek urządzeń mobilnych sprzyja powstawaniu aplikacji przeznaczonych dla diabetyków [1], które w swoich założeniach mają wspomagać codzienne funkcjonowanie chorych poprzez dokładniejsze kontrolowanie właściwego poziomu cukru, a co z tym się wiąże utrzymywaniu prawidłowej kondycji zdrowotnej [2]. W artykule *Mobile Applications for Control and Self Management of Diabetes: A Systematic Review* [3] opisano badania mające na celu analizę 65 darmowych aplikacji mobilnych dla diabetyków dostępnych na systemy Android, iOS oraz Windows Phone. Wyniki wykazały, że jedynie 9 aplikacji spełnia określone kryteria takie jak: monitorowanie poziomu glukozy we krwi, monitorowanie dawkowania insuliny oraz innych leków, a także możliwość śledzenia aktywności fizycznej, wagi ciała oraz odżywiania, co w opinii autorów jest niezbędne do pełnej funkcjonalności programu w profilaktyce związanej z cukrzycą. Kolejnym krokiem była szczegółowa analiza aplikacji w oparciu o wymienione wyżej funkcje. W wyniku badania stwierdzono, że w celu poprawienia doświadczenia użytkowników należałoby rozważyć dodanie funkcjonalności takich jak: przypomnienia i alerty, poradniki instruujące jak korzystać z aplikacji, połączenia z social-mediami czy rozpoznawanie głosu do wprowadzania danych.

Do podobnych wniosków doszli autorzy artykułu [4], twierdząc, że przy obecnym szybkim rozwoju i zwiększonym wykorzystaniu nowoczesnych technolo-

gii, w tym aplikacji mobilnych dla diabetyków, istniejące rozwiązania nie zapewniają kompleksowej obsługi i pomocy cukrzykom. Autorzy swoje badania rozpoczęli od wyróżnienia czterech kluczowych elementów, w których program wspomógłby chorego: monitorowanie poziomu glukozy we krwi, skuteczne leczenie, właściwe nawyki żywieniowe oraz aktywność fizyczna. Następnie opracowane zostały 3 prototypy nowych aplikacji mobilnych, które zostały ocenione przez ankietę na grupie 30 uczestników. Respondenci jednogłośnie stwierdzili, że wyżej wymienione kluczowe funkcje są niezbędne, jednakże niewystarczające dla aplikacji wspomagających diabetyków w codziennym funkcjonowaniu. Wszyscy badani twierdzili, że niezbędna byłaby także funkcjonalność synchronizacji programu z jednym z zewnętrznych urządzeń do pomiaru poziomu glukozy we krwi

W pracy [5] autorzy dokonali systematycznego przeglądu badań nad wpływem aplikacji mobilnych na życie cukrzyków. Najpierw przeanalizowali 804 artykuły, a następnie wybrali 17 i ocenili ich jakość metodologiczną. Spośród wyselekcjonowanych w przypadku siedmiu poziom metodologiczny został określony jako wysoki lub umiarkowany. Zidentyfikowano 23 różne aplikacje mobilne, które były związane z odżywianiem i aktywnością fizyczną. Wyniki przeglądu ujawniły, że aplikacje mobilne dla diabetyków poprawiają w krótkim okresie kontrolę glikemii, ale w długim horyzoncie wyniki nie były jednoznaczne.

W artykule [6] dokonano przeglądu artykułów w okresie od 2011 do 2017 roku związanych z aplikacjami mobilnymi dla diabetyków. Na podstawie analizy 20 publikacji opisujących użyteczność i zadowolenie z użytkowania, stwierdzono, że wiele programów jest nieczytelnych dla odbiorców, co skutkuje utrudnionym dostępem do danych na temat stanu zdrowia. Zauważono, że problemy z użytecznością wynikają z błędów w interfejsach użytkownika, co jest rezultatem braku zgodności z heurystykami Nielsena. Wieloetapowe zadania, ograniczone funkcjonalności oraz trudności związane z interakcją z systemem nawigacyjnym są głównymi problemami, które negatywnie rzutują na poziom użyteczności aplikacji. Oprócz błędów projektowych na postrzeganie aplikacji ma wpływ wiek użytkowników. Stwierdzono, że osoby poniżej 55 roku życia potrzebowały mniej czasu by w sposób efektywny korzystać z aplikacji. Zaobserwowano również, że na poprawę kontroli pacjenta nad cukrzycą mają wpływ funkcjonalności, w jakie wyposażona jest aplikacja. Dodanie powiadomień czy interaktywnych wiadomości zwrotnych zwiększa zaangażowanie użytkowników.

Metoda eyetrackingu staje się coraz popularniejsza w obszarze User Experience (UX), w związku z tym, że daje obiektywne wyniki, niezależne od opinii użytkowników. Na ich podstawie można określić miejsca i elementy interfejsów, które przyciągają uwagę uczestników badań. W pracy pt. *A study of Eye Tracking Technology and its applications* [7] autorzy udowadniają, że

technika eyetrackingowa jest bardzo pomocna w testowaniu interfejsów stron internetowych, a także aplikacji mobilnych. Pozwala ona zdobyć informacje na temat kierunku ruchu gałek ocznych, miejsc skupienia wzroku, miejsc ignorowanych przez wzrok oraz reakcji oczu na różne bodźce.

W artykule *Influence of Design Elements in Mobile Applications on User Experience of Elderly People* [8] skupiono się na badaniu doświadczeń użytkowników z grupy wiekowej 50+ podczas korzystania z aplikacji dla diabetyków Glucosia w wersji oryginalnej i prototypowej. Badanie przeprowadzono na grupie 6 osób. Każdy z badanych miał wykonać 10 zadań oraz odpowiedzieć na zestaw pytań dotyczących doświadczeń użytkownika: po każdym z zadań oraz na końcu badania. Na podstawie odpowiedzi z ankiet porównano atrybuty UX takie jak: efektywność, użyteczność, łatwość użycia i dostępność. Autorzy wykazali, że dla wersji prototypowej aplikacji, w której zmieniono rozmiar czcionki oraz uproszczono interfejs wszystkie oceniane wskaźniki UX były wyższe niż dla aplikacji oryginalnej. Oznacza to, że odpowiednie zaprojektowanie interfejsu użytkownika może poprawić doświadczenia użytkownika, a także zmniejszyć niechęć do korzystania z tego typu aplikacji mobilnych wśród osób starszych.

W artykule *User Experience Design Based on Eye-Tracking Technology: A Case Study on Smartphone APPs* [9] autorzy oceniali doświadczenie użytkownika podczas interakcji z aplikacjami mobilnymi za pomocą dwóch metod: kwestionariuszowej i eyetrackingowej. Przeprowadzono badanie ośmiu mobilnych komunikatorów tekstowych. Uczestnicy badań mieli do wykonania dwa zadania na każdej z aplikacji, w losowej kolejności. Po realizacji części eyetrackingowej eksperymentu, badani wypełniali ankietę. Autorzy stwierdzili, że stosując techniki mieszane, tzn. obiektywny pomiar aktywności ocznej za pomocą eyetrackera i subiektywne zbieranie opinii przy pomocy ankiety w rezultacie zmniejsza się subiektywność oceny doświadczenia użytkownika.

3. Cel i zakres pracy

Celem artykułu jest dokonanie oceny pod względem doświadczeń użytkownika trzech aplikacji mobilnych, które wspomagają codzienne funkcjonowanie osobom chorym na cukrzycę. Dwie aplikacje zostały pobrane z platformy Google Play, natomiast trzecia została utworzona na potrzeby badań. Za główny cel badania obrano analizę wydajności i doświadczeń użytkowników podczas interakcji z aplikacjami, wykorzystując do tego celu technikę eyetrackingową oraz ankietę SUS.

W ramach pracy sformułowana została hipoteza, mówiąca o tym, że „prosty i łatwy w obsłudze, użyteczny interfejs aplikacji dla diabetyków przyspiesza proces wykonywania zadań oraz wpływa pozytywnie na doświadczenia użytkownika”.

4. Metoda badawcza

Do przeprowadzenia badania zdecydowano się wykorzystać technikę eyetrackingową oraz kwestionariusz

SUS, złożony z 10 pytań/stwierdzeń. Procedura badawcza składała się z pięciu etapów:

1. Przygotowanie badań: wybór aplikacji do badań, implementacja aplikacji prototypowej, opracowanie scenariuszy badawczych, dobór i zorganizowanie grupy badawczej, przygotowanie stanowiska eyetrackingowego, badanie pilotażowe.
2. Dwuetapowy eksperyment składający się z badania eyetrackingowego oraz badania kwestionariuszowego SUS.
3. Weryfikacja poprawności wykonania zadań, identyfikacja i zliczenie błędów oraz pomiar czasów realizacji zadań, opracowanie miar eyetrackingowych i wskaźników SUS.
4. Analiza ilościowa i jakościowa uzyskanych wyników oraz sformułowanie wniosków.

4.1. Obiekty badań

Przed wyborem aplikacji dla diabetyków ustalono kilka kryteriów. Pierwszym z nich była dostępność dla użytkowników smartfonów z systemem Android, kolejnym darmowy i łatwy dostęp do aplikacji. Podczas selekcji ważne było także, aby system posiadał możliwość monitorowania poziomu glukozy we krwi, zapisywania wyników pomiarów, możliwość zmiany jednostki w jakiej prowadzone są pomiary oraz generowania wykresów, raportów i kopii zapasowych. Kolejnymi ważnymi kryteriami były duża popularność aplikacji oraz dobre opinie wyrażane w sklepie Google Play. Do badań ostatecznie wybrano dwie aplikacje dla diabetyków: *mySugr* oraz *Diabetes diary control*, które cieszyły się dużą popularnością i pozytywnymi opiniami użytkowników [10, 11].

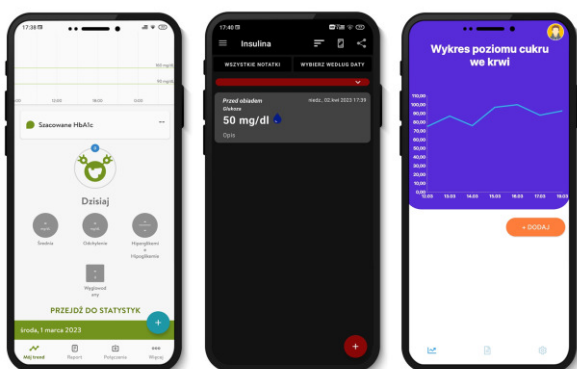
Do celów badawczych utworzono własną aplikację dla diabetyków [12], która miała spełniać wszystkie wymagania i kryteria ustalone przed procesem selekcji. Prototypowa aplikacja miała zapewniać użytkownikom łatwy i intuicyjny sposób monitorowania poziomu glukozy we krwi oraz możliwość dostępu do wykresów i raportów w czasie rzeczywistym. Aplikacja została stworzona z myślą o osobach starszych, zapewniając prosty i czytelny interfejs o jasnej kolorystyce, z dużymi i czytelnymi ikonami oraz umożliwiając łatwość personalizacji. Dzięki takiemu podejściu użytkownicy mogliby skutecznie kontrolować swoją cukrzycę i w pełni korzystać z zalet technologii w codziennym życiu.

Aplikacja *mySugr* to narzędzie, które umożliwia osobom z cukrzycą monitorowanie swojego stanu zdrowia i kontrolowanie poziomu cukru we krwi. System daje możliwość zapisywania niezbędnych informacji, takich jak spożyte posiłki, ilość węglowodanów, przyjmowane leki oraz poziom cukru we krwi. Aplikacja oferuje prosty w obsłudze, spersonalizowany interfejs, czytelne wykresy poziomu cukru we krwi, a także raporty dzienne, tygodniowe i miesięczne, które można udostępniać bezpośrednio lekarzowi. Interfejs jest jednak znacznie bardziej rozbudowany, posiada więcej przycisków przenoszących użytkownika do innych widoków, a także widok ustawień, w którym podkategorie są pogrupowane w kartach (ang. tabs). System

mySugr jest kompatybilny z różnymi urządzeniami, takimi jak glukometr, krokomierz, ciśnieniomierz, waga i inne.

Diabetes diary control jest także aplikacją wspomagającą diabetyków w ich codziennym funkcjonowaniu. System umożliwia rejestrowanie poziomu cukru we krwi, dodawanie komentarzy, a także rodzaju zjedzonego posiłku. Oprogramowanie pozwala na wydruk oraz eksport raportów, diagramów i kopii zapasowych w formacie csv oraz xlsx. Interfejs charakteryzuje się czarną kolorystyką, czerwonymi elementami i białym kolorem czcionki. W aplikacji rolę menu pełni wysuwany pasek boczny zawierający dużą liczbę przycisków. Każdy z nich posiada ikonę, jednak nie zawsze jest ona jednoznaczna, co czasami powoduje dezorientację wśród użytkowników. Przykładem takiego stanu rzeczy może być przycisk do robienia zrzutu ekranu, który reprezentuje ikoną smartfona bez podpisu sugerującego jego działanie.

Głównymi motywami wyboru wyżej opisanych aplikacji, których widoki przedstawiono na Rysunku 1, były bardzo dobre oceny w serwisie Sklep Play (minimum 4 punkty w 5 punktowej skali) oraz ich wysoka popularność (minimum 100 tys. pobrań). Aplikacje pod względem posiadanych funkcjonalności są do siebie zbliżone, wszystkie mają możliwość prowadzenia statystyki poziomu glukozy, konfiguracji oraz generowania raportów i kopii zapasowych.



Rysunek 1: Aplikacje wybrane do badań: *mySugr*, *Diabetes diary control* oraz *SugarCare*.

4.2. Grupa badawcza

W badaniu wzięło udział 17 osób, w tym 2 kobiety i 15 mężczyzn w przedziale wiekowym 20-24 lat. Grupa w całości składała się ze studentów Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej studiujących na kierunku Informatyka. Wszyscy badani pewnie posługiwali się smartfonami, natomiast żaden z nich nie jest diabetykiem i wcześniej nie korzystał z tego typu aplikacji.

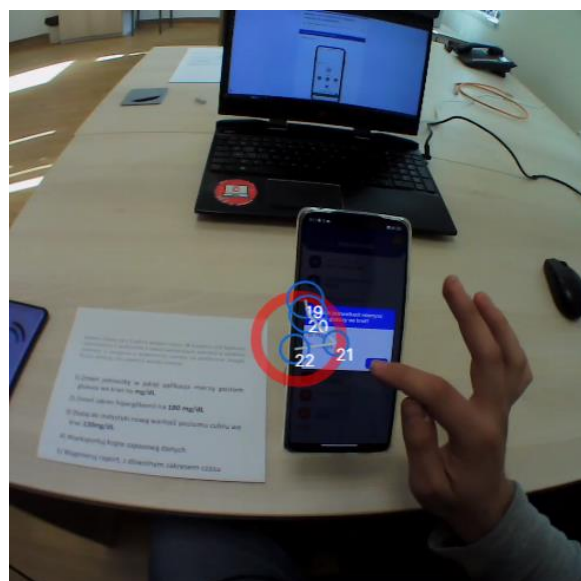
4.3. Stanowisko badawcze

Eksperyment został przeprowadzony w laboratorium należącym do Katedry Informatyki i znajdującym się w Centrum Innowacji i Zaawansowanych Technologii Politechniki Lubelskiej. Podczas badania zapewniono

badanym optymalne warunki oświetleniowe, możliwość regulacji wysokości siedzenia oraz odpowiednią odległość od ekranu smartfona. Urządzenie mobilne było zamocowane w specjalnym, stabilnym uchwycie samochodowym, przytwierdzonym do blatu biurka, aby uniemożliwić jego niepożądane ruchy. Za pomocą uchwytu można było także ustawić właściwą pozycję smartfona, tak, aby był on skierowany prostopadle do kierunku patrzenia osoby badanej. Badania były prowadzone pod kierunkiem moderatora.

Urządzeniem, na którym zostały zainstalowane wszystkie aplikacje oraz na którym badani wykonywali zadania był smartfon Xiaomi Redmi Note 10 Pro z 6,67 calowym wyświetlaczem Super AMOLED o rozdzielczości 1080x2400 px, procesorem Snapdragon 732G, zawierającym 6 GB pamięci RAM.

Do śledzenia aktywności wzrokowej badanych osób (Rysunek 2), wykorzystano eyetracker mobilny Pupil Invisible, którego parametry zostały przedstawione w Tabeli 1 [13]. Eyetracker ten ma postać okularów z wbudowaną kamerą wideo do rejestracji sceny przed uczestnikiem badań. Okulary są podłączone za pomocą kabla z modulem, który rejestruje obraz sceny oraz obrazy oczu. Moduł rejestracyjny jest zwykłym smartfonem z zainstalowanym dedykowanym oprogramowaniem Pupil Invisible Companion, który oprócz nagrywania, również automatycznie wysyła pliki do chmury Pupil Cloud, skąd można je pobrać i poddać dalszej analizie.



Rysunek 2: Stanowisko eyetrackingowe podczas badań.

Tabela 1: Parametry techniczne eyetrackera mobilnego Pupil Invisible [13]

Częstotliwość	200Hz w Pupil Cloud; 120Hz na urządzeniu towarzyszącym
Kamera do obserwacji oczu	200Hz; 192x192px z oświetlaczem podczerwieni

Kamera sceny	30Hz; rozdzielczość 1088x1080; zakres widzenia 82x82°; z możliwością odłączenia
Nagrywanie dźwięku	Mikrofon wbudowany w kamerę sceny
Soczewki	Wykonane z materiału CR 39, zawierają filtr UV, powłokę antyrefleksyjną Anti-Scratch, powłokę chroniącą przed kurzem i wodą
Waga	46,7 g
Oprogramowanie	Pupil Invisible Companion App
Kompatybilność z urządzeniami	OnePlus 8 oraz OnePlus 6
Możliwość wysyłania danych do dedykowanej chmury	Tak

4.4. Opis eksperymentu

Do zrealizowania celów badań opracowano eksperyment, składający się z dwóch części. Podczas pierwszej części – eyetrackingowej, uczestnicy realizowali 3 razy ten sam scenariusz na każdej testowanej aplikacji. Scenariusz składał się z 5 zadań (Tabela 2). Osoby badane testowały aplikacje w kolejności losowej.

Każda sesja badawcza przebiegła według ustalonego schematu i była powtarzana 3 razy dla każdej testowanej aplikacji:

1. Przedstawienie uczestnikowi celu badania, jego przebiegu oraz udzielenie instrukcji dotyczących odpowiedniego postępowania podczas badania.
2. Wyrażenie przez uczestnika zgody na udział w badaniu.
3. Przygotowanie uczestnika do badań: zajęcie odpowiedniej pozycji, nałożenie okularów i wykonanie kalibracji.
4. Nagranie sesji badawczej podczas realizacji zadań w jednej z trzech aplikacji mobilnych.
5. Transfer danych do chmury.
6. Zebranie danych metrycznych, tj. wiek czy płeć.
7. Wypełnienie ankiety SUS dotyczącej doświadczeń użytkownika podczas interakcji z daną aplikacją.
8. Powtórzenie punktów 3-7 dla pozostałych aplikacji.

Tabela 2: Treść zadań do wykonania w scenariuszu badawczym

Lp.	Treść zadania
1	Ustaw jednostkę pomiaru poziomu glukozy we krwi na mg/dL
2	Ustaw zakres hiperglikemii na 180 mg/dL

3	Dodaj do statystyki nową wartość poziomu cukru we krwi
4	Wyeksportuj kopię zapasową danych
5	Wygeneruj raport z dowolnym zakresem czasu

Ocena użyteczności i możliwości skutecznego zapamiętania sposobu działania aplikacji została przeprowadzona za pomocą kwestionariusza SUS. Ankieta SUS składa się z 10 pytań/stwierdzeń (Tabela 3), na które badany udzielał odpowiedzi w klasycznej, pięciostopniowej skali Likerta z zakresu od “Zdecydowanie się nie zgadzam” do “Zdecydowanie się zgadzam”. Zależnie od pytania każdej z opcji przydzielona była wartość punktowa w skali od 1 do 5. Otrzymane oceny zostały przeliczone za pomocą specjalnej formuły, dającej wynik będący wskaźnikiem SUS, który przyjmuje wartość z zakresu 0 - 100. Interpretacja tego wskaźnika jest bardzo prosta: im wyższa jego wartość, tym wyższy poziom użyteczności systemu.

5. Wyniki badań

Do analizy porównawczej wykorzystano następujące metryki:

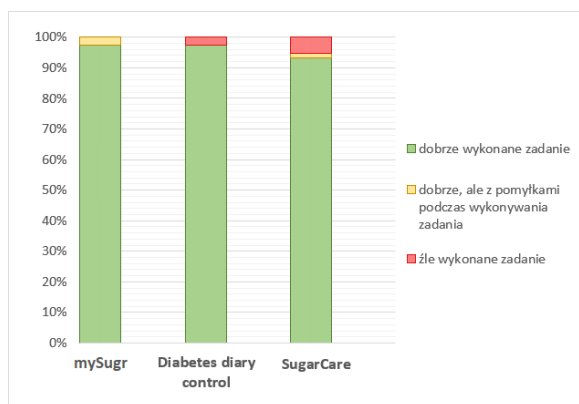
- wskaźnik SUS – ocena subiektywnego poziomu satysfakcji użytkowników oprogramowania;
- czas realizacji zadania – pomiar długości czasu potrzebnego do wykonania zadania (miara wydajności);
- stopa błędów – liczba błędów popełnionych podczas realizacji zadań;
- liczba fiksacji – miara negatywnie skorelowana z efektywnością poszukiwania wzrokowego; dobra organizacja interfejsu powinna zmniejszyć liczbę fiksacji; duża liczba fiksacji może świadczyć o poziomie skomplikowania interfejsu.

5.1. Identyfikacja poprawnych i błędnych realizacji zadań

Pomiar poziomu błędów (stopy błędów) pozwala zidentyfikować liczbę pomyłek popełnianych podczas wykonywania zadania. W ramach badań określono procentową poprawność wykonanych zadań. Wyniki wskazały, że najlepiej wypadła aplikacja *mySugr*, w której 97,3% zadań zostało wykonanych prawidłowo, a 2,7% z pewnymi pomyłkami. Na drugim miejscu uplasowała się aplikacja *Diabetes diary control*, osiągając wynik: 97,5% zadań poprawnie zrealizowanych. Najgorzej w zestawieniu wypadła aplikacja *SugarCare*. Badani poprawnie wykonali za jej pomocą 93,3% poleceń. Do najczęściej popełnianych błędów należały: omyłkowe ustawienie wartości hipoglikemii, zamiast wymaganej hiperglikemii oraz niewykonanie potwierdzenia podczas dodawania nowego pomiaru, co skutkowało brakiem jego zapisu w statystyce.

Aplikacje *mySugr* oraz *Diabetes diary control* uzyskały niemal identyczny poziom błędów. W tej analizie autorskie oprogramowanie *SugarCare* osiągnęło wynik o 4% gorszy. Ze względu na wysoką skuteczność tej

aplikacji i niewielką różnicę w poziomach błędów, trudno jest określić, biorąc pod uwagę tylko tę miarę, który z porównywanych interfejsów ma lepszą użyteczność (Rysunek 3).

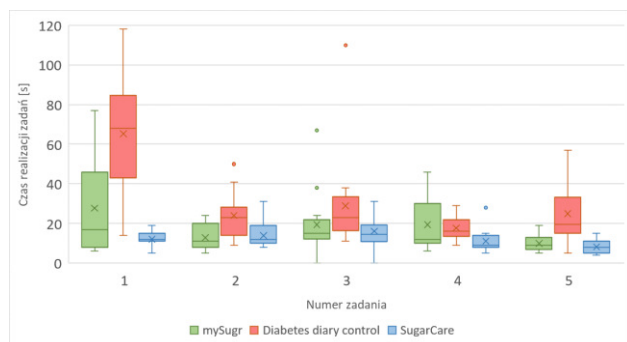


Rysunek 3: Wykres procentowej poprawności wykonywanych zadań.

Z badania wykluczone zostało 5 realizacji zadań z całej puli liczącej 51. Trzy z nich dotyczyły badanego, z wadą wzroku, a pozostałe dwa uległy uszkodzeniu podczas wysyłania danych do chmury Pupil Cloud.

5.2. Pomiar czasów realizacji zadań

Analizie poddano czasy wykonywania poszczególnych zadań dla kolejnych aplikacji. Wyniki przedstawione zostały na wykresie skrzynkowym (Rysunek 4). Pudełko na tym wykresie przedstawia zakres między pierwszym a trzecim kwartylem (Q1 i Q3) danych. Kreska znajdująca się wewnątrz pudełka oznacza medianę wyników, natomiast symbol "x" wartość średnią. Sama szerokość pudełka wskazuje na rozproszenie danych. Wąsy reprezentują dane, które nie są wartościami odstającymi i wskazują na wynik minimalny i maksymalny. Natomiast pojawiające się miejscami kropki oznaczają, że dana wartość w sposób znaczny odstępuje od reszty zbioru danych.



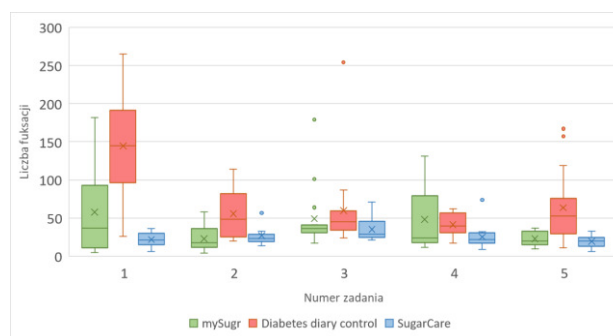
Rysunek 4: Wykres czasów wykonywania poszczególnych zadań.

Na wykresie widać, że największą różnicę między aplikacjami da się zaobserwować przy pierwszym zadaniu. Mediana czasu wykonania zadania w sekundach dla aplikacji mySugr wyniosła 16,7, dla SugarCare 12,5, natomiast dla Diabetes diary control było to aż 67,9. Obrazuje to jak kluczowe znaczenie ma interfejs przy pierwszym kontakcie z aplikacją. Przy następnych zadaniach czasy są już bardziej zbliżone do siebie, ale

wciąż Diabetes diary control uzyskuje najgorsze wyniki spośród analizowanych aplikacji. Wyjątkiem może tu być zadanie czwarte, gdzie dla mySugr mediana jest niższa od mediany Diabetes diary control, lecz większa liczba badanych osiągnęła dłuższy czas wykonania zadania. Wynikać to może z braku komunikatu potwierdzenia dotyczącego utworzenia kopii zapasowej. Ta przyczyna mogła zdezorientować niektórych użytkowników, którzy kilkakrotnie próbowali naciskać na przycisk odpowiedzialny za utworzenie kopii zapasowej i tym samym wydłużało to czas wykonania zadania.

5.3. Średnia liczba fiksacji

Analizie poddano również metrykę eyetrackingową – średnią liczbę fiksacji podczas wykonywania zadań na poszczególnych aplikacjach. Wyniki dla tego wskaźnika przedstawione zostały na Rysunku 5.



Rysunek 5: Wykres liczby fiksacji na telefon.

Analizując wykres (Rysunek 5) można zauważyć, iż mediana liczby fiksacji dla aplikacji Diabetes diary control charakteryzuje się wartością od 1,5 do 7 razy większą w stosunku do aplikacji SugarCare oraz mySugr. Oznacza to, że użytkownicy o wiele dłużej i intensywniej wzdzielali wzrokiem po ekranie, na którym uruchomiona była ta aplikacja, w poszukiwaniu odpowiednich elementów interfejsu. Z tego wynika, że interfejs tej aplikacji jest skomplikowany, nieintuicyjny oraz trudny w użyciu.

Analiza wykresów z Rysunków 4 i 5 pokazuje, że czas wykonywania zadania oraz liczba fiksacji we wszystkich przypadkach są ze sobą skorelowane. To oznacza, że im dłużej wykonywane było zadanie, tym większa liczba fiksacji miała miejsce. Wystąpił tylko jeden wyjątek od tej reguły. W przypadku zadania 2 i aplikacji Diabetes diary control można było zauważyć zwiększoną liczbę fiksacji. Taka sytuacja może oznaczać, że osoby badane napotkały na trudności z interfejsem użytkownika podczas wykonywania tego zadania.

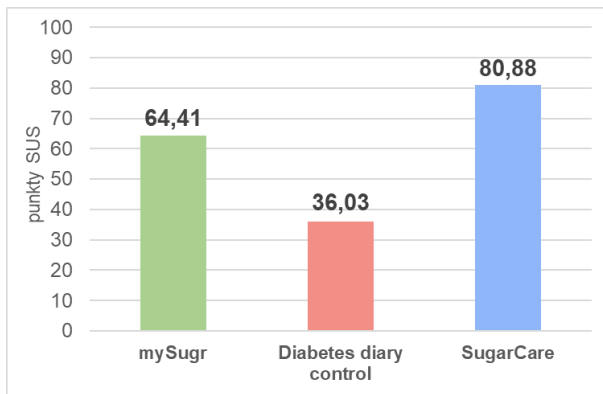
5.4. Test użyteczności SUS

Na podstawie danych zebranych od uczestników eksperymentu za pomocą ankiety SUS, w badaniu eyetrackingowym, obliczono wskaźnik SUS. Wykorzystano do tego celu poniższą formułę:

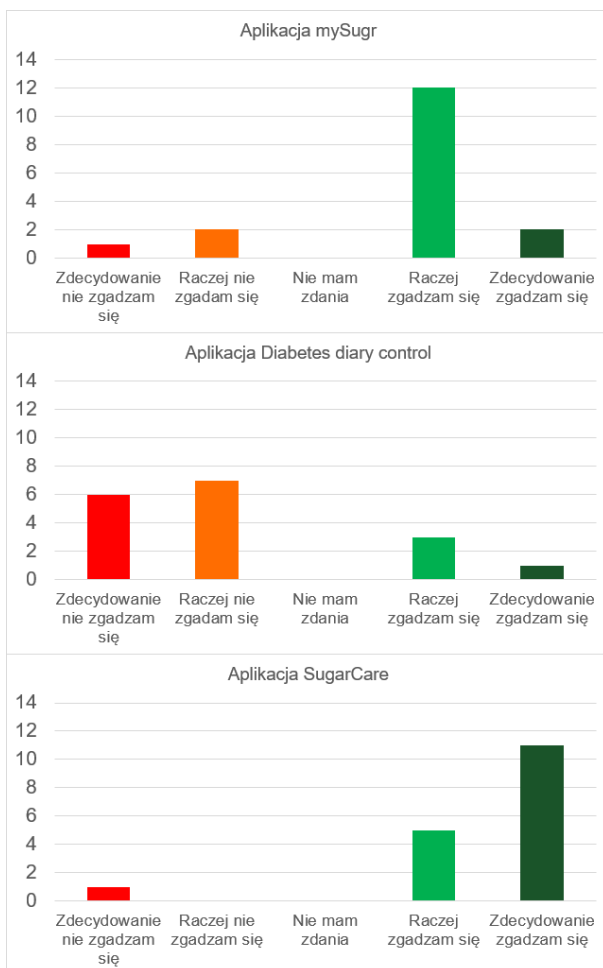
$$SUS = \left(\sum_{i=1,3,5,7,9} (S_i - 1) + \sum_{i=2,4,6,8,10} (5 - S_i) \right) * 2,5$$

w której *SUS* jest miarą oceny użyteczności systemu interfejsu, natomiast S_i jest oceną udzieloną przez *i*-tego użytkownika na poszczególne pytania. Wskaźnik *SUS* podawany jest w sali od 0 do 100 punktów, gdzie wartości powyżej 68 oznacza wynik dobry [14].

Po zebraniu danych dla każdej aplikacji od wszystkich 17 badanych, ostatecznie uśredniono wyniki i przedstawiono je na Rysunku 6.



Rysunek 6: Wykres wskaźnika SUS dla każdej aplikacji.



Rysunek 7: Rozkład odpowiedzi na pytanie "Większość osób będzie w stanie opanować aplikację bardzo szybko".

Aplikacja *mySugr* osiągnęła wynik 64,41 punktów, co określane jest jako wynik słaby, *Diabetes diary control* uzyskała 36,02 punktów, co oznacza wynik nie akceptowalny, natomiast autorska aplikacja *SugarCare* zdobyła 80,88 punktów, co jest wynikiem bardzo dobrym (Rysunek 6) [14].

Rysunek 7 przedstawia odpowiedzi udzielone przez użytkowników na stwierdzenie „Większość osób będzie w stanie opanować aplikację bardzo szybko”. Wyniki dla tego pytania charakteryzowały się największą rozbieżnością. W przypadku aplikacji *mySugr* było to 14 na 17 pozytywnych odpowiedzi. Aplikacja *Diabetes diary control* otrzymała tylko 4 pozytywne odpowiedzi, natomiast autorska aplikacja *SugarCare* uzyskała 16 dobrych odpowiedzi. Wyniki dla tego aspektu ankiety *SUS* są istotne w kontekście wykorzystania tych aplikacji przez osoby starsze. W odczuciu badanych, młodych osób, które są dobrze zaznajomione z nowymi technologiami aplikacja *Diabetes diary control* była trudna do opanowania, ze względu na to, że większość osób wskazała problem z intuicyjnością jej interfejsu. Można więc z dużym prawdopodobieństwem przypuszczać, że obsługa tej aplikacji będzie również na tyle kłopotliwa dla osób starszych chorych na cukrzycę, że korzystanie z aplikacji w tej grupie nie będzie w ogóle możliwe.

6. Wnioski

Celem pracy była obiektywna i rzetelna ocena interfejsów trzech aplikacji mobilnych dla diabetyków, w tym jednej autorskiej. Badanie przeprowadzono za pomocą techniki eyetrackingowej oraz ankiety Skali Użyteczności Systemu. Zebrane dane poddano analizie, by następnie odpowiedzieć na postawioną wcześniej tezę czy „prosty i łatwy w obsłudze, użyteczny interfejs aplikacji dla diabetyków przyspiesza proces wykonywania zadań oraz wpływa pozytywnie na doświadczenia użytkownika”. Na podstawie analizy czasów realizacji zadań, średniej liczby fiksjacji oraz wskaźnika *SUS* zaprezentowanych na rysunkach 4, 5 i 6 można stwierdzić, że postawiona hipoteza została potwierdzona.

Wyniki eksperymentu wskazują, iż niewłaściwe dobranie kolorystyki interfejsu, a także za duża liczba opcji zagnieżdżona w kolejnych widokach oraz towarzysząca im nadmierna ilość tekstu może negatywnie wpływać na doświadczenia użytkownika z aplikacją. Wszystkie te elementy zawarte są w aplikacji *Diabetes diary control*, co znacząco wpływało na wydłużenie czasu wykonywania zadań, szczególnie przy pierwszym kontakcie z oprogramowaniem (Rysunek 5 - zadanie 1). Aplikacja ta uzyskała najniższy wynik tzn. 36,02 punktów w skali *SUS*, co wskazuje na jej negatywny odbiór wśród badanych osób. Z analizy nagrań eyetrackingowych wynika, że użytkownicy wielokrotnie wodzili wzrokiem po ekranie, nie mogąc znaleźć odpowiedniego przycisku lub przechodzili do kolejnych zagnieżdżonych stron, próbując znaleźć żadaną opcję.

Zupełnie inaczej sytuacja wyglądała podczas realizowania przez badanych zadań na aplikacjach *mySugr* oraz *SugarCare*. Oba te systemy posiadają nowoczesne, minimalistyczne interfejsy, które zdaniem uczestników

badania były przejrzyste i intuicyjne w obsłudze. Liczba opcji w obu tych aplikacjach była odpowiednio skoncentrowana i nie przekraczała granicy, kiedy interfejs stawał się przytłaczający. Zgodnie z wynikami ankiet zarówno *mySugr*, jak i *SugarCare* otrzymały wysokie oceny użyteczności, odpowiednio 64,41 i 80,88 punktów w Skali Użyteczności Systemu. Po analizie nagrań oraz ankiet można stwierdzić, iż prostota interfejsu oraz czytelność tekstu znacznie przyspieszały proces wykonywania zadań i sprawiały, że w odczuciu uczestników badań korzystanie z tych aplikacji było bezproblemowe i przyjemne.

Podsumowując, badanie wykazało, że istotne czynniki, takie jak dobranie kolorystyki, liczba i rozmieszczenie dostępnych opcji oraz tekstu mają istotny wpływ na doświadczenia użytkowników aplikacji mobilnych dla diabetyków. Przejrzysty interfejs, odpowiednio wyważona liczba funkcjonalności i klarownie przedstawione informacje przyczyniają się do skutecznego i przyjemnego korzystania z aplikacji. W przypadku aplikacji *Diabetes diary control*, nadmiar opcji i zbyt duża ilość tekstu negatywnie wpływały na efektywność i satysfakcję użytkowników.

Literatura

- [1] T. Chomutare, L. Fernandez-Luque, E. Årsand, G. Hartvigsen, Features of Mobile Diabetes Applications: Review of the Literature and Analysis of Current Applications Compared Against Evidence-Based Guidelines, *Journal of Medical Internet Research* 13(3) (2011) 65-76.
- [2] E. Årsand, D. H. Frøisland, S. O. Skrøvseth, T. Chomutare, N. Tataru, G. Hartvigsen, J. T. Tufano, Mobile Health Applications to Assist Patients with Diabetes: Lessons Learned and Design Implications, *Journal of Diabetes Science and Technology* 6(5) (2012) 1197 – 1206.
- [3] P. P. Brzan, E. Rotman, M. Pajnikihar, P. Klanjsek, Mobile Applications for Control and Self Management of Diabetes: A Systematic Review, *Journal of Medical Systems* 40 (2016) 210-219.
- [4] J. Pavlas, O. Krejcar, P. Maresova, A. Selamat, Prototypes of User Interfaces for Mobile Applications for Patients with Diabetes, *Computers* 8(1) (2019) 1-14, <https://doi.org/10.3390/computers8010001>
- [5] F. J. Represas-Carrera, Á. A. Martínez-Quesb, A. Clavería, Effectiveness of mobile applications in diabetic patients' healthy lifestyles: A review of systematic reviews, *Primary Care Diabetes* 15(5) (2021) 751-760.
- [6] H. Fu, S. K. McMahon, C. R. Gross, T. J. Adam, J. F. Wyman, Usability and clinical efficacy of diabetes mobile applications for adults with type 2 diabetes: A systematic review, *Diabetes Research and Clinical Practice* 131 (2017) 70-81.
- [7] P. A. Punde, M. E. Jadhav, R. R. Manza, A study of Eye Tracking Technology and its applications, 1st International Conference on Intelligent Systems and Information Management (2017) 86-90.
- [8] K. Kalimullah, D. Sushmitha, Influence of Design Elements in Mobile Applications on User Experience of Elderly People, *Procedia Computer Science* 113 (2017) 352-359.
- [9] Q. Qu, L. Zhang, W. Chao, V. Duffy, User Experience Design Based on Eye-Tracking Technology: A Case Study on Smartphone APPs, *AHFE 2016 International Conference on Digital Human Modeling and Simulation* (2016) 303-315.
- [10] *mySugr - Dzienniczek diabetyka*, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mysugr.android.companion&pli=1>, [15.05.2023].
- [11] *Diabetes diary control*, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.insulindiary.glucosenotes>, [15.05.2023].
- [12] B. Tulu, D. Strong, L. Wang, Q. He, E. Agu, P. Pedersen, S. Djasbi, Design Implications of User Experience Studies: The Case of a Diabetes Wellness App, 49th Hawaii International Conference on System Sciences (2016) 3472-3482.
- [13] Pupil Labs, Pupil Invisible. Technical Specs & Performance, <https://pupil-labs.com/products/invisible/tech-specs/>, [15.05.2023].
- [14] J. Saouro, 5 Ways to Interpret a SUS Score, <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>, [23.10.2021].