

Artykuł naukowy

## **Wybrane zagadnienia procesu projektowania i implementacji aplikacji mobilnych wykorzystujących tekstowy i głosowy opis przestrzeni na przykładzie „Mapy Dostępności Budynków”**

Selected issues of the design and implementation process of mobile applications using text and voice geospatial description on the example of "Accessibility Map of Buildings"

**Dariusz Gotlib, Hubert Świech**

Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

### ***Abstract***

*In the article, the authors present the results of research and development work aimed at proposing new solutions to support the movement of people in buildings based on the use of so-called geo-descriptions of space. The use of sound and voice is not yet a popular method of realizing cartographic or, more broadly, geo-information messages. However, applications of the "voice guide" type, in which a voice recording (or speech synthesizer) is used to convey tourist information, are increasingly available and used. There are also other methods of communicating information about the area using sound. These types of solutions can be helpful to any mobile app user or those interested in learning about a building before visiting it, for example. On the other hand, people with disabilities may be a special beneficiaries, with the largest being the blind. Therefore, this group of potential users was given special attention in the research. While for open areas, both sighted and blind people can find several applications to assist their movement, this is still extremely rare in buildings. Therefore, the authors chose the interior of a building as a test field, thus trying to find solutions that have not been available so far. In the article, the authors describe the process of building a prototype of a mobile geo-information application, test the feasibility of the adopted conceptual assumptions and evaluate the results obtained. They point out the range of technologies that can now be used to make full use of sound and voice to read stored spatial information and control the application. They also note the standards that are used when designing applications for*

*blind people. The work was carried out largely within the framework of the project titled "Warsaw University of Technology as an Ambassador of Innovation for Accessibility," which includes the development of navigation and location applications for people with disabilities and so-called Building Accessibility Maps.*

**Słowa kluczowe:** głosowy opis przestrzeni, nawigacja wewnątrz budynku, nawigacja dla niewidomych, geoinformatyka, kartografia mobilna

**Keywords:** voice description of space, indoor navigation, navigation for blind, geoinformatics, mobile cartography

## Wprowadzenie

W Politechnice Warszawskiej realizowany jest obecnie projekt pt. „Politechnika Warszawska Ambasadorem Innowacji na Rzecz Dostępności” finansowany z Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (instytucja zarządzająca NCBiR). Wśród kilku zadań, które są zaplanowane do realizacji, dwa są związane bezpośrednio z tematem aplikacji geoprzestrzennych tj. „Stworzenie systemu nawigacji indoor w wybranych budynkach PW” oraz „Mapy Dostępności Budynków”. W efekcie realizacji tych zadań mają powstać aplikacje mobilne wspomagające poruszanie się po wybranych budynkach Politechniki Warszawskiej (z której będą mogły korzystać także osoby niepełnosprawne, w tym osoby niewidome i słabowidzące), aplikacja wykorzystująca silniki gier w celu realizacji wirtualnych spacerów po budynkach (trening orientacji przestrzennej), oraz inne towarzyszące rozwiązania kartograficzne. Koncepcje obu tych rozwiązań powstały głównie w Zakładzie Kartografii (w pierwszym z zadań w ścisłej kooperacji współpracy z Wydziałem Elektrycznym). Ich podstawa jest osadzona w metodyce kartograficznej i zakłada szerokie wykorzystanie technologii geoinformatycznych. Jednocześnie założono silną integrację tworzonych rozwiązań z Systemem Informacji o Nieruchomościach Politechniki Warszawskiej – SION (Gotlib i Gnat, 2018). Idea realizacja tych zadań projektowych wynika z szeregu przesłanek. Szczególnie istotne wydają się trzy z nich. Pierwszą przesłanką jest przekonanie o konieczności coraz szerszego wykorzystania w kartografii różnych form i mediów przekazu informacji oraz o wroście nie-graficznych metod transferu informacji. Drugą - potrzeba i ogromny potencjał rozwoju aplikacji wspomagających zarządzanie budynkami oraz zapewniających możliwość nawigacji wewnątrz budynków. Trzecią, wzrastające potrzeby i coraz szersze zrozumienie potrzeby wspierania osób z niepełnosprawnościami, tak aby mogli prowadzić życie jak najbardziej podobne do reszty społeczeństwa.

## **Cel, zakres i metoda badań**

Celem wieloetapowych badań jest zarówno stworzenie nowych, efektywnych aplikacji geoinformacyjnych wspomagających poruszanie się w budynkach, jak i rozwój metod przekazu kartograficznego. Opisowany etap badań został przeprowadzony w znacznej części w ramach projektu „Mapy Dostępności Budynków PW”. Projekt zakłada między innymi utworzenie tzw. geo-opisów (których idea zostanie przedstawiona w dalszej części artykułu) zarówno dla osób pełnosprawnych, jak i z niepełnosprawnościami, w tym dla osób niewidomych. Geo-opisy mają być wykorzystane w aplikacjach nawigacyjnych i lokalizacyjnych. Nawigacja opierać będzie się o utworzone geo-opisy i generowane na ich podstawie komunikaty głosowe zgodnie z oryginalną koncepcją zaproponowaną w (Gotlib, 2022). Celem podstawowym aplikacji jest ułatwienie poruszania się osobom niepełnosprawnym po budynkach i kompleksach Politechniki Warszawskiej.

W pierwszym etapie, w opisywanych dalej badaniach, skoncentrowano się na budowie narzędzia badawczego tj. prototypu aplikacji mobilnej do przeprowadzenia testów z udziałem osób niewidomych oraz ich asystentów lub trenerów przestrzeni. Aplikacja w tej fazie nie jest jeszcze w pełni dostosowana do samodzielnej obsługi przez osoby niewidome, ponieważ jej celem było sprawdzenie wybranych założeń koncepcyjnych oraz poprawności przygotowanych opisów przestrzeni (geo-opisów).

W dalszej części artykułu przedstawione zostaną badania i prace rozwojowe na tym właśnie etapie, zrealizowane w 2022 roku i kontynuowane obecnie. Badania objęły analizę literaturową, analizę technologii, iteracyjnie prowadzone eksperymenty technologiczne oraz ocenę uzyskanych rezultatów.

## **Wykorzystanie dźwięku i głosu w kartografii oraz aplikacjach nawigacyjnych**

W sytuacjach, gdy człowiek znajduje się w nieznanym mu środowisku, intuicyjnie skupia wzrok na charakterystycznych punktach w okolicy (Tröger i in., 2020; Bauer i in., 2017). Rolą głosowych opisów przestrzeni jest wspomaganie takiej osoby w sposób, który pozwoliłby na płynne i sprawne poruszanie się w terenie lub budynku bez konieczności ciągłego spoglądania na ekran urządzenia mobilnego lub mapę papierową. Dla osób widzących nie jest to niezbędne rozwiązanie do poruszania się po danym terenie, ale może usprawnić przemieszczanie się. Dużo większe znaczenie może mieć to dla osób z niepełnosprawnościami.

Komunikaty dźwiękowe, czy też głosowe odgrywają istotną rolę w aplikacjach lokalizacyjno-nawigacyjnych. Znamy je przede wszystkim z nawigacji samochodowej, gdy wydawane są komendy głosowe typu: „za 200 metrów skręć w prawo”, „jedź prosto”,

„dotarłeś do celu”. W innych rodzajach aplikacji tego typu komunikaty są wykorzystywane dość rzadko. Można znaleźć np. aplikacje do nawigacji turystycznej, które podają w odpowiednich miejscach komunikaty turystyczne. Koncepcja tego rodzaju aplikacji nawigacyjno-lokalizacyjnych z wykorzystaniem głosowego opisu przestrzeni oraz powiązania opisów turystycznych (przewodnik) z konkretnym miejscem za pośrednictwem aplikacji mobilnych była zaimplementowana w ramach aplikacji „Navigo Tour” (firmy PPWK). Opracowane zostały przez producenta między innymi trasy wycieczek samochodowych np.: Trasa Chopinowska, Trasa Kórnicka, Szlak Piastowski, Trasa Płocka, Trasa Wolin-Uznam. Koncepcja tych rozwiązań została zaprezentowana między innymi na IX Międzynarodowym Forum Gospodarczym w Gdyni (Gotlib i Młotkowski, 2009). W nieco późniejszym okresie powstały podobne rozwiązania jak np. „Turystyczny przewodnik samochodowy po Szlaku Piastowskim oraz Trasie Kórnickiej”, „Szlak Cysterski w Wielkopolsce”, „Wielkopolska - atrakcje turystyczne” (Docplayer, 2023). Jednak aplikacje te działały wyłącznie na zewnątrz budynków oraz służyły głównie do poruszania się samochodami lub rowerami, a później nawet konno. Żadne z tych opracowań nie przełożyło się w pełni na opracowanie teoretyczne i metodyczne w formie publikacji naukowej.

Nieco inną formą aplikacji w których dźwięk ma kluczowe znaczenie są turystyczne przewodniki głosowe. Są to systemy, które opowiadają pewną historię, a zarazem prowadzą nas wyznaczonym szlakiem do kolejnych celów na mapie. Takie rozwiązania nawigacyjne często stosowane są w miejscach atrakcyjnych turystycznie, na terenie muzeów, galerii sztuki lub innych podobnych obiektów. Mają na celu łączyć wykład na dany temat, ze wspomaganie poruszania się między „puntami zwiedzania”. Umożliwiają one zastąpienie (w pewnym zakresie) lub wspomaganie osób-przewodników turystycznych. W tego typu aplikacjach pozycjonowanie użytkownika odbywa się najczęściej poprzez wykorzystanie fotokodów, inaczej kodów QR (ang. Quick Response) a czasami nadajników beacon Bluetooth Low Energy.

### **Dostosowanie aplikacji dla osób niewidomych, ociemniałych i słabowidzących**

Rola komunikatów dźwiękowych/głosowych wydawanych przez aplikacje jest szczególnie istotna z perspektywy osób niewidomych i ociemniałych. Takie osoby nie mogą wykorzystać najlepszego i najszybszego zmysłu orientacji w terenie jakim jest dla człowieka wzrok, więc w ich przypadku najbardziej skutecznym rozwiązaniem wydaje się być przekazywanie informacji poprzez dotyk i dźwięk. Pierwsza metoda polegająca na opracowywaniu tyflomap ma jednak bardzo duże ograniczenia, choć przez długi okres czasu była praktycznie jedyną dostępną. Rozwój technologii, w szczególności aplikacji LBS (ang. *Location Based Services*) umożliwia natomiast pełne wykorzystanie drugiej

metody. Może to być dźwięk, jak np. w mapach akustycznych (Zeng i Weber, 2011) lub mogą to być konkretne informacje głosowe generowane przez syntetyzator mowy lub w formie odtwarzanego nagrania lektorskiego. Komunikatami dźwiękowymi są np. wszelkiego rodzaju „piknięcia”, krótkie sygnały emitowane przez odpowiednie urządzenia, w tym np. smartfon. Mogą być one generowane np. podczas zbliżania się do niebezpiecznych miejsc. Mogą też pełnić funkcję informacyjną o zbliżeniu się do określonej kategorii obiektu, miejsca w którym trzeba zmienić kierunek ruchu lub celu. Poza wykorzystaniem smartfonów spotyka się rozwiązania polegające na umieszczeniu małego urządzenia wydającego dźwięki przy drzwiach do wybranych pomieszczeń lub przy przejściach dla pieszych (aktuatory dźwiękowe).

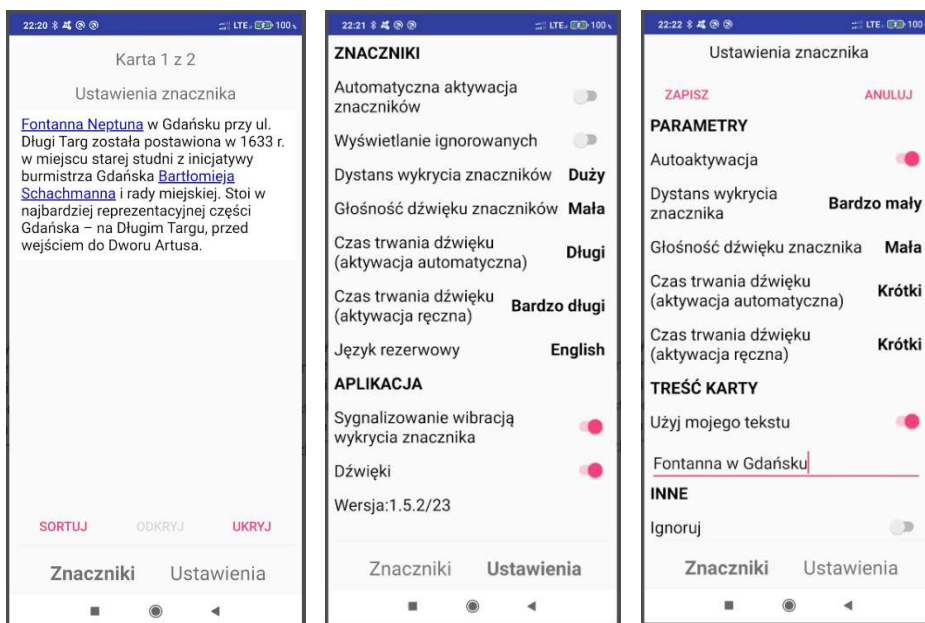
Skomplikowane trasy, opisy lokalizacji, czy uwagi dotyczące otaczającej przestrzeni trzeba jednak przedstawiać w sposób bardziej złożony - opisowy. Opis może mieć różny cel wynikający z różnych grup odbiorców. Może on być np. opisem wspomagającym orientację przestrzenną, ale może też mieć charakter opisu krajoznawczego. W przypadku osób niewidomych może też być sposobem na przedstawienie cech otaczającego świata osobom, które nie mogą w tym celu użyć zmysłu wzroku (w takim przypadku podaje się np. opis wyglądu obiektów – wymiary, strukturę powierzchni, barwy itd.).

#### Przykłady dostępnych aplikacji

Na bazie technologii Navigo Tour (wspomnianej wcześniej) powstał pierwszy w Polsce przewodnik turystyczny dla osób niewidomych Navigo\_Trakt (Mendruń, 2009; Tyfloświat, 2010). Jednak nie został on szeroko wdrożony, ani wykorzystany do rozszerzenia teorii kartografii.

Innym ciekawym polskim przykładem rozwiązania wspomagającego osoby niewidome i powiązanego z lokalizacją, jest system nawigacyjno-informacyjny dla niewidomych „Totupoint” (rys. 1). System oparty jest na sieci elektronicznych aktuatorów montowanych w terenie (np. na przystankach), które mogą komunikować się z urządzeniami mobilnymi (poprzez aplikację mobilną). System jest dostępny dla osób z zaburzeniami wzroku. Urządzenia są obsługiwane za pomocą głosu i w wyniku działania systemu użytkownik otrzymuje głosowe informacje po zbliżeniu się do aktuatora.

Jako przykład popularnej aplikacji nawigacyjnej dla osób niewidomych można podać aplikację „Lazarillo”. Istnieją także aplikacje informujące jakie ulice, sklepy lub inne obiekty znajdują się w najbliższej odległości od użytkownika. Jako kolejny przykład można podać aplikację „RightHear”, które dodatkowo wykorzystuje do lokalizacji technologię Beacon Bluetooth Low Energy (BLE).



**Rys. 1.** Zrzuty ekranu aplikacji Totupoint przeznaczonych dla osób niewidomych: po lewej ekran z informacją krajoznawczą, w środku i po prawej ekrany do ustawiania sposobu reakcji aplikacji na zbliżanie się do znaczników w terenie (Google Play, 2023)

#### Umocowania ustawowe

W Polsce obowiązuje Ustawa o dostępności cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych (Ustawa, 2019). Ustawa ta wdraża Dyrektywę w sprawie dostępności stron internetowych i mobilnych aplikacji organów sektora publicznego (Dyrektywa, 2016). Zgodnie z Ustawą (2019) dostępność cyfrowa strony internetowej i aplikacji mobilnej polega na zapewnieniu ich funkcjonalności, kompatybilności, postrzegalności i zrozumiałości. Wymagania określone w załączniku do ustawy uznaje się za spełnione, gdy podmiot publiczny zapewnia dostępność cyfrową z uwzględnieniem wymagań określonych w pkt 9, 10 i 11 normy EN 301 549 V2.1.2. (2018). Norma ta w szerokim stopniu odwołuje się do standardu WCAG 2.1 (W3C, 2021). Ciekawym jest jednak fakt, że w Ustawie (2019, art. 3 pkt. 2, ppkt 4) stwierdza się, że „ustawy nie stosuje się do następujących elementów stron internetowych i aplikacji mobilnych:

*(...) map oraz map interaktywnych, w tym geoportali, pod warunkiem że w przypadku map interaktywnych i geoportali przeznaczonych do zastosowań nawigacyjnych dane teled adresowe i położenie geograficzne prezentowane są w sposób dostępny cyfrowo.*

Wynika to zapewne z faktu braku odpowiednich standardów i rozwiązań technologicznych i świadczy o złożoności tego zagadnienia.”

### Standard WCAG 2.1 i W3C/WAI

Organizacja World Wide Web Consortium (W3C) opracowała standardy budowania i projektowania stron internetowych dostosowanych dla osób z niepełnosprawnościami. W efekcie przygotowany został standard WCAG (ang. Web Content Accessibility Guidelines), który obecnie dostępny jest w wersji 2.1. Standard WCAG 2.1 dotyczy wprost projektowania stron internetowych, ale może on dotyczyć również aplikacji mobilnych. Jak zapisano w dokumentacji (W3C, 2021): „Dostępność mobilna jest objęta istniejącymi standardami W3C WAI dotyczącymi dostępności. Nie ma oddzielnych wytycznych dotyczących dostępności mobilnej.”. W3C podaje w jaki sposób interpretować standardy WAI (ang. Web Accessibility Initiative) na urządzenia mobilne, w tym standard WCAG 2.1. Standard WCAG 2.1 przedstawia szereg kryteriów, które należałoby spełnić aby strona internetowa spełniała wymogi dotyczące dostępności dla osób niepełnosprawnych. Standard ten opiera się na czterech zasadach (Serwis Rzeczpospolitej Polskiej, 2023):

- 1) postrzegalność - użytkownicy mogą korzystać ze strony internetowej lub aplikacji za pomocą dostępnych dla nich zmysłów;
- 2) funkcjonalność - użytkownicy mogą znajdować i używać treści oraz funkcje, niezależnie od tego, jak nawigują (np. za pomocą samej klawiatury, samej myszy);
- 3) zrozumiałość - użytkownicy rozumieją treści i sposób działania strony lub aplikacji;
- 4) solidność (kompatybilność) - treści i funkcje działają poprawnie w wielu różnych programach użytkowników (np. przeglądarkach internetowych oraz czytnikach ekranu osób niewidomych).

### Technologie

Na rynku dostępne są różne technologie, które mogą być bardzo przydatne w procesie tworzenia aplikacji mobilnych dostosowanych do wykorzystywania przez osoby niewidome i słabowidzące. Jednym z podstawowych rodzajów oprogramowania dla osób niewidomych są różnego rodzaju czytniki ekranu (ang. screenreader). Przykładem jest aplikacja TalkBack na urządzeniach z Androidem oraz VoiceOver na urządzeniach z systemem iOS. Służą do odczytywania zawartości ekranu i pozwalają korzystać z interfejsu aplikacji osobie niewidomej. Ta funkcja jest dostępna na każdym urządzeniu i można ją włączyć w ustawieniach smartfona. Polega ona na tym, że na ekranie pojawia się prostokąt, który odczytuje tekst oraz typ obiektu znajdującego się wewnątrz tego prostokąta, wraz z możliwymi akcjami do wykonania np. „Odszukaj punkt – przycisk –

naciśnij dwukrotnie aby aktywować”. Użytkownik jest w stanie poruszać się po aplikacji jedynie przesuwając palcem po ekranie i klikając podwójnie w dowolne miejsce ekranu, aby aktywować funkcję przypisaną do przycisków. Aby jednak ta funkcja była w pełni użyteczna, projektant aplikacji powinien odpowiednio zaprojektować interfejs. Każda zmiana interfejsu jak, np. wysunięcie się panelu dolnego lub otworzenie widoku komentarzy, wywołuje opis tego co dzieje się na ekranie oraz jaki widok jest obecnie wyświetlany. Takie działania na rzecz dostępności są zgodne z dokumentacją systemu operacyjnego Android oraz artykułami dotyczącymi projektowania aplikacji dla osób niewidzących lub słabowidzących (Zafar, 2017; Android, 2023).

Innymi aplikacjami tego typu (czytnikami ekranu) są np. *Jaws – Job Access With Speech*, *Window-Eyes*, *NVDA – Non Visual Desktop Access*, *Orca* oraz *Narrator* systemu *Windows*. Pozwalają one na bezwzrokową obsługę systemu operacyjnego i aplikacji systemowych, współpracują z monitorami brajlowskimi<sup>1</sup> w kilku trybach i integrują się z platformami torów mowy (takich jak *Eloquence*, *SMP*, *Vocalizer*). Więcej informacji na ten temat można znaleźć między innymi na stronach Serwisu Rzeczypospolitej Polskiej (Serwisu Rzeczypospolitej Polskiej, 2023a).

Drugą ważną technologią jest Voice Access. Pozwala na obsługę urządzenia mobilnego z systemem Android jedynie przy pomocy głosu. Dzięki temu można otwierać aplikacje, poruszać się po ekranie i edytować tekst bez użycia rąk. Takie rozwiązanie może bardzo pomóc osobom niewidomym lub słabowidzącym obsługiwać smartfona i konkretne aplikacje. Obecnie Voice Access dostępny jest w języku angielskim, francuskim, hiszpańskim, niemieckim i włoskim, ale pozwala też rozpoznawać niektóre polskie słowa (np. liczebniki). Aplikacja po uruchomieniu pozwala używać takich poleceń, jak przejście wstecz, przejście do ekranu domowego, przesunięcie ekranu, dotknięcie „dalej”, pokazanie klawiatury, wpisywanie tekstu w polach tekstowych, uruchomienie aplikacji, regulowanie głośności, przeglądanie powiadomień, włączanie WiFi itp. (Dobre Programy, 2023) Aplikacja korzysta z interfejsu API AccessibilityService.

Kolejną technologią, która wspiera osoby niewidome jest *Google Assistant*. Funkcja przeznaczona jest dla wszystkich użytkowników smartfonów z systemem Android i pozwala na zadawanie głosowe niektórych pytań lub sterowanie niektórymi urządzeniami. Po wypowiedzeniu komendy „OK Google” można poprosić o wyznaczenie trasy, dowiedzieć się informacji o pogodzie i atrakcjach w danej okolicy, uruchomić niektóre aplikacje, zrobić zdjęcie, włączyć odtwarzacz muzyki itd. Można też zadawać

---

<sup>1</sup> Urządzenia komputerowe umożliwiające wyświetlanie pisma Braille’a, które jest przeznaczone dla osób niewidomych i ociemniałych.



pytania różnego rodzaju – na ich podstawie przeszukiwane są zasoby internetowe i odczytywana jest odpowiedź.

Innego rodzaju aplikacje, która mają znaczenie dla projektantów aplikacji adresowanych dla osób niewidomych to aplikacje sprawdzające poprawność interfejsów stron internetowych i aplikacji pod względem dostępności cyfrowej. Przykładem jest aplikacja *Google Accessibility Scanner*, która jest przeznaczona do analizy aplikacji mobilnych na system Android pod kątem dostępności cyfrowej. Po jej uruchomieniu należy włączyć aplikację, którą chcemy przetestować. Aplikacja *Google Accessibility Scanner* robi zrzut ekranu, który następnie poddawany jest analizie. Po wybraniu odpowiedniego zrzutu aplikacja zaznacza elementy interfejsu, które wymagają poprawy. Narzędzie sprawdza takie elementy jak: kontrast treści do tła, rozmiar elementów dotykowych, czy treść etykiet nie powtarza się, czy nie ma niezrozumiałych linków, czy elementy na które można kliknąć nie nachodzą na siebie, czy występują problemy z kolejnością nawigacji za pomocą klawiatury. Podobne typu aplikacje to np.: *Accessibility Insights for Android*, *Accessibility Inspector*, *Colour Contrast Analyser*, *GSCXScanner*, *Deque WorldSpace Attest*.

Na koniec analizy warto jeszcze wspomnieć o aplikacjach, które pozwalają na powiększanie tekstu. Jako przykłady takich aplikacji można wymienić: *Lupa systemu Windows*, *Supernova*, *Zoomtext*, które mogą być przydatne dla osób z niektórymi wadami wzroku. Dwa ostatnie, poza powiększaniem, potrafią również czytać tekst.

### **Koncepcja tekstowych i głosowych opisów przestrzeni**

Tematyka tworzenia tekstowych i głosowych opisów przestrzeni nie jest jak dotąd opisana w wystarczającym stopniu w literaturze. Koncepcja tworzenia i wykorzystania takich opisów została zaproponowała w ramach projektu „Mapy Dostępności Budynków PW” (Gotlib, 2022). W koncepcji przyjęto, że tego typu opisy mogą znacząco podnieść jakość mobilnych aplikacji lokalizacyjnych i nawigacyjnych oraz ułatwić tworzenie narzędzi na nauki orientacji przestrzennej. Opis tekstowy może być zamieniony na głosowy poprzez wykorzystanie syntetyzatora mowy lub nagranie lektorskie. Wtedy staje się „komunikatem głosowym”. Każdy opis jest ściśle związany z konkretnym, właściwie dobranym punktem w przestrzeni lub obszarem. Tak skonstruowane opisy nazywane będą dalej geo-opisami. Przyjęto, że geo-opisy dzielą się na cztery kategorie: geo-opisy lokalizacyjne, nawigacyjne, ostrzegawcze oraz poznawcze. Poniżej przedstawiono w skrócie różnice pomiędzy nimi oraz wybrane zasady ich tworzenia na przykładzie komunikatów dla systemów działających wewnątrz budynków.

#### Geo-opisy lokalizacyjne

Geo-opisy lokalizacyjne dostarczają informacje o aktualnym położeniu osoby korzystającej z aplikacji, dzięki czemu pozwalają zorientować się w przestrzeni i kontynuować samodzielnie drogę do wybranego celu. Założono dwa poziomy zakresu przestrzennego komunikatu i tym samym poziomu jego uogólnienia.

#### 1) Lokalizacja szczegółowa

Opis odnosi się do konkretnego punktu w budynku i zawiera szczegółowe informacje o małym obszarze, zwykle w promieniu kilku metrów. W wersji dla osób niewidzących geo-opis zawiera dodatkowe informacje o tym jak wygląda najbliższe otoczenie wybranego miejsca oraz wskazówki pozwalające zrozumieć najbliższą, otaczającą przestrzeń.

Przykład: *Znajdujesz się na początku krużganków okalających Dużą Aulę Politechniki Warszawskiej na pierwszym piętrze. Jesteś w miejscu połączenia korytarza południowego i wschodniego w narożniku Dużej Auli.*

#### 2) Lokalizacja ogólna (obszarowa)

Opis odnosi się do całego budynku, piętra lub strefy i ma charakter ogólny. W zakresie geoprzestrzennymi definiowany jest poprzez oznaczenie wybranego obszaru wielokątem. Geo-opis zawiera takie informacje jak rodzaj budynku i jego ogólna struktura (kamienica, wieżowiec, budynek wielopoziomowy), liczba pięter, nazwa budynku, funkcja budynku. W przypadku dodatkowej części geo-opisu dla osób niewidomych podawane są informacje dotyczące wyglądu budynku (np. budynek przeszklony, budynek zabytkowy w stylu neoklasycyzmu), a dla osób niepełnosprawnych ruchowo informacja o sposobie dotarcia do wejścia przystosowanego dla tych osób. Geo-opis może odnosić się także do fragmentów budynku: piętra lub strefy (skrzydła, dziedzińca, holu itp.). Geo-opis powinien umożliwić szczególnie osobom niewidomym i ociemniałym stworzenie mentalnej mapy budynku i mentalnego układu współrzędnych opartego np. o kierunki świata (przy czym północ nie musi odpowiadać rzeczywistej północy, a osi głównej budynku).

Przykład: *Jesteś na pierwszym piętrze Gmachu Głównego w strefie południowej. W tej części budynku znajdują się sale o numerach od 101 do 104 oraz od 152 do 155.*

Zadaniem geo-opisów nawigacyjnych jest w odpowiedni, zrozumiały i skuteczny sposób opisywać przejście pomiędzy kolejnymi pośrednimi punktami trasy w budynku. Opisy dla tego typu informacji wewnątrz budynku nawigują w sposób unikający stosowania słów oznaczających bezpośrednio kierunek np. w lewo, w prawo. Podczas poruszania się w budynku, lepiej odbierane przez użytkowników są komunikaty oparte o miejsca charakterystyczne w budynku lub miejsca dobrze widoczne (Li i in., 2014; Rehrl i in., 2010).

Przykład: *Wejdz schodami na półpiętro, a następnie idź wzdłuż barierki do końca korytarza.*

W części opisu przeznaczonej dla osób niewidomych dodawane są informacje, które mogą być odbierane innymi zmysłami niż wzrok – np. informacja o znajdowaniu się w pobliżu dużego otwartego dziedzińca (potencjalne echo), o trasie o dużym ruchu innych osób, o zmianie nawierzchni podłogi itp. Dodatkowo komunikaty dla osób niewidomych powinny pozwalać na odniesienie się do mentalnego układu współrzędnych stworzonego przed wejściem do budynku. Taki układ powinien być tworzony poprzez opracowanie właściwego geo-opisu obszarowego odczytywanego przed wejściem do budynku.

Przykład opisu budynku: *Budynek ma kształt nieregularny, w którym można wyróżnić część północną i południową. Główne wejście do budynku znajduje się od strony wschodniej. W części południowej znajdują się sale dydaktyczne, a w części północnej gabinety pracowników. Część południowa ma 2 piętra, a część północna 4 piętra.*

#### Geo-opisy ostrzegające

Opisy tego typu przeznaczone są głównie dla osób niewidzących, które nie mogą przy użyciu zmysłu wzroku zauważyć przeszkód utrudniających płynność przemieszczania się lub niebezpieczeństw np. schodów, progów, stopni, niskich stropów. Na podstawie tego typu geo-opisu aplikacja powinna w odpowiednim momencie, po zbliżeniu się użytkownika do określonego miejsca generować komunikat ostrzegawczy. Informacja o danej przeszkodzie powinna być często podawana przez aplikację nawigacyjną podczas dochodzenia do niej z różnych kierunków.

Przykład: *Uważaj! Wokół Ciebie są schody. Schody w tej części budynku nie posiadają poręczy, zamiast tego mają szeroki murek.*

#### Geo-opisy poznawcze

Geo-opisy poznawcze to informacje opisowe przypisane do ważniejszych pomieszczeń, szczególnych miejsc i obiektów na terenie budynku, które mogą okazać się pomocne dla użytkowników (np. dziekanat, bankomat, toaleta męska/damska, kawiarnia). Tego typu miejsca w aplikacjach nawigacyjnych nazywane są najczęściej PoI (ang. Point of Interest). Geo-opis tego typu powinien pomagać w poznaniu przestrzeni przed rozpoczęciem nawigacji, a także pomagać w identyfikacji miejsca w którym użytkownik aplikacji się znajduje. W części dla osób niepełnosprawnych powinna znaleźć się informacja dotycząca sposobu dostępu do danego obiektu i jego wyglądu (w przypadku osób niewidomych). W bardziej rozbudowanych wersjach geo-opisy mogą zawierać informacje turystyczno-krajoznawcze i ciekawostki (opis historii budynku, opis tablicy pamiątkowej, rzeźby, ciekawego miejsca itp.).

Przykład fragmentu opisu: *Stoisz przed Biurem Dziekana Wydziału Geodezji i Kartografii. Wydział w roku 2021 obchodził stulecie istnienia. 30 czerwca 1921 r. Minister Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego ówczesnego rządu Polski utworzył Wydział Mierniczy na Politechnice Warszawskiej. Na pierwszy rok studiów roku akademickiego 1921/22 przyjęto 38 kandydatów. Obecnie na Wydziale studiuje ponad 1000 studentów.*

### **Rozwiązanie technologiczne – prototyp aplikacji i dane**

W ramach prowadzonych prac badawczych i rozwojowych zdecydowano się w pierwszym etapie na stworzenie aplikacji o charakterze prototypowym, która pozwoliłaby przede wszystkim na testowanie zaproponowanej koncepcji, w tym przeprowadzenie konsultacji z osobami niewidomymi/ociemniałymi.

Od strony technologicznej przyjęto założenie, że aplikacja zostanie opracowana w tej fazie dla systemu operacyjnego Android. Ze względu na cel aplikacji (testy), uznano że nie jest to istotnym ograniczeniem. Jako bazę danych do zapisu geo-opisów wybrano niekomercyjną bazę danych *SQLite* oraz *Android Room*. Plany budynków wyeksportowano ze źródłowej geobazy ESRI do formatu JSON. Aplikację zdecydowano się napisać przy pomocy środowiska programistycznego *Android Studio*, w języku programowania *Kotlin*, ponieważ jest on obecnie rekomendowanym językiem przez developerów Androida, jak i samą firmę Google (Raj, 2021). Ponadto łatwo znaleźć dokumentacje, które pomagają w implementacji kodu.

Ze względu na prototypowy charakter aplikacji zdecydowano się skoncentrować prace na danych dla dwóch budynków w których prowadzi działalność naukowo-dydaktyczną Wydział Geodezji i Kartografii. Jako pierwszy wybrano budynek główny Ośrodka Naukowo-Dydaktycznego w Józefosławiu, ze względu na to, że budynek posiada

laboratorium i pole testowe dla aplikacji nawigacyjnych stworzone w ramach projektu CENAGIS. Jako drugi wybrano Gmach Główny Politechniki Warszawskiej jako obiekt najczęściej odwiedzany przez studentów i gości, a zarazem bardzo ciekawy architektonicznie i skomplikowany pod względem poruszania się. W pracy nad aplikacją wykorzystano modele wektorowe 2D zapisane w środowisku oprogramowania ESRI wykonane w ramach projektu „Mapy Dostępności Budynków PW”.

### Funkcjonalność

Ze względu na przyjęty cel badawczy, główną funkcją aplikacji jest generowanie we wskazanych miejscach komunikatów głosowych na podstawie stworzonej bazy geo-opisów. Drugą główną funkcją jest możliwość dodawania do danego geo-opisu komentarza testera z oceną geo-opisu, ewentualną propozycją jego zmiany opisu lub potwierdzeniem poprawności. Tekst komentarza może być wprowadzony z klawiatury lub poprzez użycie funkcji zamiany głosu na tekst. Aby kontrolować i udoskonalać geo-opisy poprzez wprowadzanie komentarzy, konieczne jest zapewnienie także funkcjonalności dla wszystkich typowych aplikacji lokalizacyjnych lub nawigacyjnych tj.

- wyświetlanie i obsługa mapy,
- uzyskanie lokalizacji i wyświetlenie położenia użytkownika,

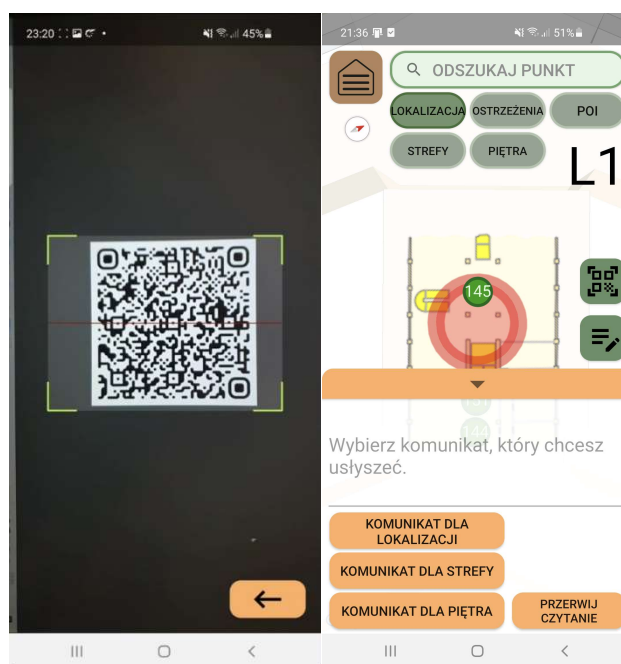
Aplikacja posiada prosty interfejs pokazany na rysunku 2.

Ze względu na złożoność problemu lokalizacji w budynkach, zdecydowano się na uproszczoną wersję określania pozycji, która jest wystarczająca przynajmniej na etapie prototypowania. Aplikacja umożliwi testerowi uzyskanie informacji o swoim położeniu dzięki kodom QR rozmieszczonym w wybranych miejscach w budynkach (np. na drzwiach). Opracowano sposób generowania kodów na potrzeby aplikacji. W QR zakodowana jest informacja o współrzędnych, nazwie budynku, numerze piętra, numerze pokoju i numerze geo-opisu przypisanego do danego miejsca. Ponadto pierwsza linijka kodu stanowi pewnego rodzaju test, czy odczytywany kod QR jest prawidłowy i przeznaczony dla projektowanej aplikacji. Użytkownik włącza skaner w aplikacji, a następnie skanuje kod QR przeznaczony dla aplikacji. System przetwarza kod oraz wydobywa z niego informacje. Ostatecznie na mapie zostaje wyświetlona pozycja w budynku oraz opcje umożliwiające wybranie geo-opisu, który chcemy odczytać (Rys.3).



Rys. 2. Główne ekrany tworzące interfejs aplikacji testowej (opracowanie własne)

Kolejną kluczową funkcją jest funkcja odczytywania geo-opisów przez syntezytor mowy. W aplikacji wykorzystano syntezytor mowy Google. W przypadku opracowanej aplikacji, zgodnie z zaproponowaną koncepcją generowany jest jeden z czterech typów komunikatów: lokalizacyjny (punktowy i obszarowy) nawigacyjny, ostrzegawczy i poznawczy (odpowiadający najczęściej punktom PoI – ang. Point of Interest). Proces odczytywania komunikatów można rozwiązać na kilka sposobów. Może to być odtwarzanie nagrań lektorskich (z pliku, bądź z linku URL) stworzonych na podstawie geo-opisów, jednak takie rozwiązanie znacząco zwiększa rozmiar aplikacji lub wymaga ciągłego dostępu do Internetu.



**Rys. 3.** Interfejs aplikacji testowej odczytujący przykładowy kod QR wraz z oznaczeniem na jego podstawie pozycji użytkownika na mapie budynku (opracowanie własne)

Drugim rozwiązaniem jest wykorzystanie syntezy mowy, który sam przetwarza tekst na mowę, wykorzystując do tego geo-opisy zapisane w bazie danych. To rozwiązanie nie wymaga dostępu do Internetu, ani nie zwiększa znacząco rozmiaru aplikacji. Jednym z minusów takiego rozwiązania jest fakt, że otwarte (open source) biblioteki na system Androida, przetwarzające tekst na mowę (Text To Speech) nie mają wbudowanego systemu odczytywania w języku polskim. Ten problem można rozwiązać korzystając z dodatkowych narzędzi w smartfonach. W zależności od modelu smartfona, urządzenia mogą mieć domyślnie ustawione czytanie tekstu przy pomocy syntezy mowy Google lub własne systemy przetwarzania tekstu na mowę (na przykład urządzenia Samsung). W przypadku urządzeń z domyślnie ustawionymi usługami głosowymi Google, nie ma problemu, ponieważ wbudowany syntezy mowy Google świetnie sobie radzi z językiem polskim. W pozostałych przypadkach niestety konieczna jest zmiana ustawień syntezy mowy, z syntezy producenta, na usługi głosowe Google i może to rodzić pewne komplikacje, które na etapie tworzenia prototypu pominięto.

Nieodłącznym elementem praktycznie każdej aplikacji lokalizacyjno-nawigacyjnej jest wyszukiwarka klasycznych adresów (różnie definiowanych) lub PoI. Tego typu funkcjonalność jest również niezbędna w opracowywanej aplikacji testowej. W przypadku

poruszania się po wnętrzu budynku, adresem jest najczęściej numer lub oznaczenie pomieszczenia oraz PoI jako miejsce posiadające najczęściej jakąś nazwę. Każdy PoI wyznaczony w budynku, opisany w bazie danych jest dostępny do wyszukania w wyszukiwarce adresów za pomocą nazwy (nie numeru), na przykład „Zakład Kartografii”, „Biuro Rektora Politechniki Warszawskiej”. W celu znalezienia poszukiwanego miejsca użytkownik przewija listę PoI (na liście są np. nazwy zakładów) i numerów sal w odpowiednim oknie dialogowym. Wpisanie częściowo nazwy PoI lub numeru sali automatycznie zawęży zakres listy do rekordów zawierających jedynie frazę wpisaną do wyszukiwarki. Po wskazaniu interesującej pozycji, system automatycznie przekierowuje do widoku mapy, gdzie zostaje zaznaczone wybrane miejsce.

W celu zapewnienia odpowiedniej dostępności cyfrowej aplikacja została przetestowana przy pomocy narzędzia *Google Accessibility Scanner*. Na rys. 4 pokazano wynik analizy jednego z ekranów (sugestia zwiększenia kontrastu przycisku do zmiany widoku pięter).

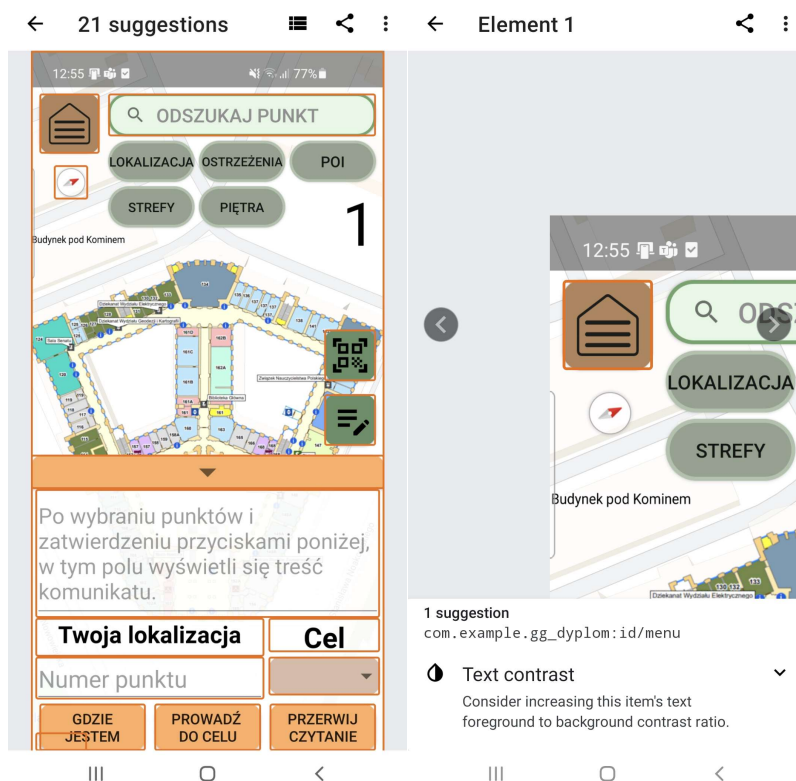
Aplikację dostosowano też do użycia narzędzia *TalkBack*. Między innymi zostały zgrupowane ze sobą obiekty na ekranie ściśle powiązane ze sobą (co ułatwia ich wyszukiwanie i wykorzystywanie) oraz została nadana odpowiednia kolejność zgodna z logicznym poruszaniem się po ekranie. Ponadto w przypadkach wymagających dodatkowej informacji zostały dodane teksty, które zostaną odczytane po wybraniu danego obiektu, np. do przycisków zawierających jedynie ikonę zostały dodane opisy, tłumaczące działanie wybranego przycisku. Każda zmiana interfejsu jak, np. wysunięcie się panelu dolnego lub otwarcie widoku komentarzy, wywołuje opis tego co dzieje się na ekranie oraz jaki widok znajduje się na interfejsie. To pozwala na odpowiednie działanie funkcji *TalkBack*.

Takie działania na rzecz dostępności są zgodne z dokumentacją systemu Android oraz artykułami dotyczącymi projektowania aplikacji dla osób niewidzących lub słabowidzących (Zafar, 2017; Android, 2023). Projektując interfejs aplikacji uwzględniono też szereg wytycznych WCAG 2.1(W3C, 2021).

## Dyskusja wyników

Opracowany prototyp został wykorzystany w pierwszym etapie prac badawczych w ramach opracowania „Map Dostępności Budynków PW”, w którym wykorzystywany był głównie przez członków zespołu projektowego. Wkrótce będzie wykorzystywana przez kolejne osoby, w tym osoby z niewidome (z pomocą asystentów). Aplikacja okazała się funkcjonalna, zgodnie z przyjętymi założeniami.





**Rys. 4.** Zrzuty ekranu z aplikacji *Scanner* przedstawiające analizę interfejsu aplikacji testowej pod kątem dostępności dla osób z niepełnosprawnościami – *Scanner* sugeruje zmianę kontrastu przycisków służącego do zmiany pięter (opracowanie własne)

Komunikaty głosowe generowały się bez problemu z użyciem syntetyzatora Google. Komentarze do opisów zapisywały się bez problemowo poprzez nagrywanie głosu i automatyczną zamianę na tekst. Edycja komunikatów przebiegała bezproblemowo. Odsłuchanie geo-opisu na urządzeniu mobilnych we właściwym miejscu daje dużo większe możliwości jego dopracowania, niż poprzez przeglądanie na komputerze stacjonarnym w oderwaniu od rzeczywistego miejsca.

Już pierwsza praca z aplikacją pozwoliła na poprawienie szeregu komunikatów (geo-opisów) i udoskonalenie sposobu opisu miejsc. Jednym z kluczowych wniosków, jest wniosek prowadzący do stwierdzenia, że aplikacja mogłaby służyć nie tylko do testów, ale do wprowadzania pierwszych wersji geo-opisów. Funkcjonalność jaką zaprojektowano dla komentarzy można zastosować do geo-opisów. Opis przestrzeni odbywałby się wtedy bezpośrednio w terenie i byłby realizowany poprzez dyktowanie. Będzie to jednak dalej

badane, ponieważ tekst generowany na podstawie zapisu głosowego ma często formę niepoprawną językowo i bez właściwej struktury. Można np. takie nagrania traktować jako wstępne notatki, a następnie je redagować po powrocie z terenu na komputerze stacjonarnym, odpowiednio klasyfikować, uzupełniać i zapisywać w bazie danych.

Obsługa mapy była bezproblemowa. Podczas testu zaobserwowano w niektórych elementach interfejsu zbyt duże uproszczenia i skróty myślowe, przez które mogłaby w wersji docelowej okazać się nieintuicyjna. Dokonano więc niezbędnych korekt.

Aplikacja testowa pozwoliła także na sprawdzenie ogólnej koncepcji wspomagania poruszania się w budynku, nie poprzez użycie klasycznej nawigacji z ciągłym pozycjonowaniem i wskazówkami nawigacyjnymi typu „zakręt po zakręcie”, ale poprzez podawanie w określonych punktach informacji wspomagającej orientację przestrzenną i symulację tworzenia w głowie użytkownika mentalnej mapy geoprzestrzeni. Funkcja ta, w połączeniu z prostotą uzyskania pozycji w oparciu o odczyt kodów QR stanowi bardzo proste, ale jak się na tym etapie wydaje skuteczne rozwiązanie. Nie wymaga ona dużych nakładów realizacyjnych i pozwolić może na uzyskanie bardzo dobrego współczynnika jakość/cena.

W opisywanej aplikacji nie zaimplementowano wielu rozwiązań niezbędnych do tego, aby aplikacja mogła być używana samodzielnie przez osoby niewidome, słabo widzące lub z wadami wzroku. Na przykład nie dostosowano sposobu prezentacji mapy dla osób słabowidzących, osób z różnymi formami daltonizmu, a przede wszystkim nie zapewniono możliwości w pełni samodzielnej obsługi interfejsu w sposób całkowicie głosowy. Zostanie to zaimplementowane w kolejnej wersji aplikacji.

Najtrudniejszym elementem okazało się dobre zredagowanie geo-opisów. W trakcie testów zwrócono m.in. uwagę na problem w stosowaniu określeń północ, południe, wschód, zachód. Z drugiej strony nie znaleziono na tym etapie innych rozwiązań pozbawionych wad. Kwestią dyskusyjną jest także rozgraniczenie pomiędzy komunikatami lokalizacyjnymi szczegółowymi i ogólnymi, hierarchizacja geo-opisów, dobór miejsc odsłuchiwania geo-opisów. Zwrócono uwagę na problem sposobu wykorzystania geo-opisów nawigacyjnych. W opracowanej aplikacji trasy w nawigacji wyznaczone są jedynie do najbliższego sąsiedniego punktu. Ich wykonanie jest bardzo pracochłonne, a przypisanie ich do każdego węzła grafu nawigacyjnego wydaje się zbyt kosztowne. Wymaga to dalszych prac badawczych.

Interfejs aplikacji nie jest jeszcze w pełni profesjonalny pod względem graficznym, podobnie jak wizualizacja kartograficzna modelu budynku. Warto jednak pamiętać, że wspomniane braki wynikają z jej prototypowego charakteru.

## Podsumowanie i kierunki rozwoju badań

Przeprowadzone badania przede wszystkim udowodniły możliwość realizacji przyjętej koncepcji i wstępnie wykazały jej użyteczność. Potrzebny jest jednak dalszych rozwój zarówno koncepcji jak i aplikacji.

W kolejnych etapach pracy nad rozwojem opisanej aplikacji niezbędne jest przeprowadzenie badań na odpowiednich, reprezentatywnych grupach odbiorców. Obecnie rozpoczęły się testy, które wykonywane są przez specjalistyczną firmę z udziałem osób z niepełnosprawnościami. Na dalszych etapach planowane jest między innymi przeprowadzenie badań metodą wywiadu zogniskowanego. Zakłada się, że wyniki badań pozwolą na udoskonalenie koncepcji geo-opisów.

W zakresie technologicznym, aplikacja będzie rozbudowana o funkcje pozwalające na jej użytkowanie w pełnym zakresie przez osoby niewidome, ociemniałym i słabowidzące. Zaproponowane zostaną także wizualizacje dostosowane do osób z różnymi wadami wzroku np. daltonizmem. Udoskonalony zostanie graficzny interfejs dla osób widzących. Planuje się również dodanie obsługi RFID w celu uzyskiwania informacji o położeniu (w analogiczny sposób jak przy użyciu kodów QR). Powiększone zostaną też pola testowe w budynkach na których będą rozmieszczone kody QR, a następnie wybrane budynki zostaną w pełni oznaczone takimi kodami, a także prawdopodobnie etykietami RFID (ang. radio-frequency identification). Geo-opisy zostaną też wykorzystane w oddzielnej aplikacji nawigacyjnej, w której pozycje wyznacza się z użyciem technologii Bluetooth Beacon.

Już pierwsze testy wykazują, że uzupełnienie przekazu graficznego przez odpowiednio zdefiniowaną i przekazaną informację głosową o przestrzeni może znacząco podnieść efektywność korzystania z aplikacji nawigacyjno-lokalizacyjnych, szczególnie w przypadku osób z niepełnosprawnościami. Potencjał zastosowań wydaje się bardzo duży. W tym kontekście konieczny jest rozwój teorii kartografii w zakresie wykorzystania dźwięku i opisu głosowego przestrzeni.

Rozwój produktów kartograficznych dla osób niewidomych i słabowidzących jest ważną kwestią dla społeczności kartografów, a świadczyć może o tym między innymi fakt, że w Międzynarodowym Stowarzyszeniu Kartograficznym (ICA) działa specjalna Komisja d.s. Map i Grafiki dla Osób Niewidomych i Słabowidzących (ICA, 2023). Spełnienie wszystkich wymagań dla aplikacji nawigacyjnych wspomagających osoby niewidome jest jednak nadal wyzwaniem i nie jest jeszcze wystarczająco opisane w artykułach, pracach naukowych, czy dokumentacjach. W szczególności bardzo trudno znaleźć wiarygodne źródła informacji w jaki sposób zaprojektować i dostosować aplikację mobilną służącą do nawigacji wewnątrz budynku dla osób niewidzących lub słabowidzących. Jest to jedynie możliwe korzystając ze strzępek informacji z artykułów lub analizując istniejące już

aplikacje dla osób niewidomych. Przeprowadzona analiza pozwoliła jednak wskazać pewne standardy i technologie z których warto skorzystać podczas projektowania tego typu systemów.

### **Podziękowania**

Badania zrealizowano w ramach zadania „Mapy Dostępności Budynków PW” w ramach projektu „Politechnika Warszawska Ambasadorem Innowacji na Rzecz Dostępności”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, Program Operacyjny Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020 (projekt NCBIR, POWR.03.05.00-00-A022/19-00). W artykule wykorzystano wyniki oraz fragmenty tekstu pracy dyplomowej inżynierskiej pt. „Prototyp mobilnej aplikacji wspomagającej orientację przestrzenną wewnątrz budynków, ze szczególnym uwzględnieniem potrzeb osób niewidomych autorstwa Huberta Świecha (promotor dr hab. inż. Dariusz Gotlib, prof. uczelni).

### **Streszczenie**

*W artykule autorzy przedstawiają wyniki badań i prac rozwojowych, których celem jest zaproponowanie nowych rozwiązań wspierających poruszanie się osób w budynkach, w oparciu o wykorzystanie tzw. geo-opisów przestrzeni. Wykorzystanie dźwięku oraz głosu nie jest jeszcze obecnie popularną metodą realizacji przekazu kartograficznego, czy szerzej geoinformacyjnego. Dostępne i wykorzystywane są coraz powszechniej natomiast aplikacje typu „Przewodnik Turystyczny”, w którym nagranie głosowe (lub syntetyzator mowy) wykorzystywane jest do przekazywania informacji turystycznych. Istnieją też inne metody przekazywania dźwiękiem informacji. Tego typu rozwiązania mogą być przydatne każdemu użytkownikowi aplikacji mobilnych lub osobom zainteresowanym poznaniem budynku przed jego odwiedzeniem. Szczególnym beneficjentem mogą być natomiast osoby z niepełnosprawnościami, a największymi osoby niewidome. Dlatego na tę grupę potencjalnych użytkowników zwrócono szczególną uwagę. O ile dla terenów otwartych, zarówno osoby widzące jak i niewidome mogą znaleźć szereg aplikacji wspomagających ich poruszanie się, o tyle w budynkach jest to nadal niezwykle rzadkie. Dlatego też autorzy jako pole testowe wybrali wnętrze budynku, tym samym starając się znaleźć rozwiązania, które dotychczas nie były dostępne. Autorzy opisują w artykule proces budowy prototypu mobilnej aplikacji geoinformacyjnej, testują wykonalność przyjętych założeń koncepcyjnych oraz oceniają uzyskane rezultaty. Zwracają uwagę na szereg technologii jakie obecnie można zastosować, aby w pełni korzystać z dźwięku i głosu zarówno do odczytu zapisanych informacji o przestrzeni, jak i sterowania aplikacją, oraz zwracają uwagę na standardy jakie stosuje się podczas projektowania aplikacji dla osób niewidomych. Praca realizowana była w dużej części w ramach projektu pt. „Politechnika Warszawska Ambasadorem Innowacji na Rzecz Dostępności”, w ramach którego powstają aplikacje nawigacyjno-lokalizacyjne dla osób z niepełnosprawnościami oraz tzw. Mapy Dostępności Budynków (w tym audio mapy i symulatory).*

## Literatura (References)

- Android, 2023: Dokumentacja systemu Android, <https://developer.android.com/docs> (dostęp: 07 stycznia 2023).
- Bauer, C., Müller, M., Ludwig, B., Zhang, C., 2018: Supporting Orientation During Indoor and Outdoor Navigation. In: Fogliaroni, P., Ballatore, A., Clementini, E. (eds) Proceedings of Workshops and Posters at the 13th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2017). COSIT 2017. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. *Springer*, DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-63946-8\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-63946-8_30).
- Dobre Programy, 2023: Aplikacja Voice Access, <https://www.dobreprogramy.pl/voice-access,program,android,662862859907969> (dostęp: 01.12.2022).
- Docplayer, 2023: GPS Wielkopolska – nawigacja satelitarna w praktyce, <https://docplayer.pl/26088326-Nawigacja-satelitarna-w-turystyce.html> (dostęp: 10.01.2022).
- Dyrektiva Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z dnia 26 października 2016 r. w sprawie dostępności stron internetowych i mobilnych aplikacji organów sektora publicznego (Dz. Urz. UE L 327 z 02.12.2016).
- EN 301 549 V2.1.2, Accessibility requirements for ICT products and services, 2018: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/301500\\_301599/301549/02.01.02\\_60/en\\_301549v020102p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/301500_301599/301549/02.01.02_60/en_301549v020102p.pdf) (dostęp: 01.12.2022)
- Google Play, 2023. <https://play.google.com/store/search?q=totupoint&c=apps&gl=PL> (dostęp: 07.01.2023)
- Gotlib D., Gnat M., 2018: Koncepcja i prototyp wielofunkcyjnego systemu informacji przestrzennej wspomagającego zarządzanie i użytkowanie nieruchomości Politechniki Warszawskiej. *Roczniki Geomatyki*, vol. XVI, nr 4 (83), s. 299-318.
- Gotlib D., Młotkowski W., 2009: Inteligentne przewodniki turystyczne - przegląd trendów i tendencji, *IX Międzynarodowe Forum Gospodarcze Gdynia 2009*, [http://2009.forum.gdynia.pl/download/B3\\_2\\_Navigo\\_Tour\\_Inteligentne\\_przewodniki\\_turystyczne.pdf](http://2009.forum.gdynia.pl/download/B3_2_Navigo_Tour_Inteligentne_przewodniki_turystyczne.pdf) (dostęp: 10.01.2023).
- Gotlib D., 2022: Koncepcja użycia geo-opisów w aplikacjach LBS, *Zakład Kartografii, Wydział Geodezji i Kartografii - Politechnika Warszawska* (materiały niepublikowane).
- ICA, 2023: Strona internetowa Komisji „Maps and Graphics for Blind and Partially Sighted People, International Cartographic Association”, <https://icaci.org/category/commission-news/commission-on-maps-and-graphics-for-blind-and-partially-sighted-people/> (dostęp: 10.01.2022).
- Mendruń J., 2009: Sprawozdanie Zarządu Fundacji Polskich Niewidomych i Słabowidzących „Trakt” z działalności w 2009 roku, *Fundacja Polskich Niewidomych i Słabowidzących „Trakt”*, [http://www.trakt.org.pl/wp-content/uploads/sprawozdania/sprawozdanie\\_merytoryczne\\_trakt\\_2009.pdf](http://www.trakt.org.pl/wp-content/uploads/sprawozdania/sprawozdanie_merytoryczne_trakt_2009.pdf) (dostęp: 10.01.2022)
- Raj D., 2021: Kotlin vs Java for Android Development, <https://medium.com/codex/kotlin-vs-java-for-android-development-7cce3e90ed08> (dostęp: 12.12.2022).

- Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, 2023: WCAG 2.1 w skrócie. Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, <https://www.gov.pl/web/dostepnosc-cyfrowa/wcag-21-w-skrocie> (dostęp: 07.01.2023).
- Tröger, J., Schnebelt, S., Alexandersson, J., 2020: Modelling the Creation of Verbal Indoor Route Descriptions for Visually Impaired Travellers. In: Paiva, S. (eds) Technological Trends in Improved Mobility of the Visually Impaired. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*. Springer, DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16450-8\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16450-8_15).
- Tyfloświat, 2010: Navigo – komputerowe mapy przystosowane dla niewidomych, Tyfloświat - Portal Fundacji Instytut Rozwoju Regionalnego, *Fundacja Instytut Rozwoju Regionalnego*, <https://tyfloswiat.pl/navigo-komputerowe-mapy-przystosowane-dla-niewidomych/> (dostęp: 07.01.2023).
- Ustawa z dnia 4 kwietnia 2019 r. o Dostępności Cyfrowej stron internetowych i aplikacji mobilnych podmiotów publicznych (Dz. U. 2019 poz. 848).
- W3C, 2021: Mobile accessibility at W3C, <https://www.w3.org/WAI/standards-guidelines/mobile/> (dostęp: 07.01.2023).
- Zafar A., 2017: How to design accessible mobile experiences for the blind, *Willowtree*, <https://www.willowtreeapps.com/craft/how-to-design-accessible-mobile-experiences-for-the-blind> (dostęp: 07.01.2023).
- Zeng L., Weber G. , 2011: Accessible Maps for the Visually Impaired, *Technische Universität Dresden, Institut für Angewandte Informatik*, [https://www.researchgate.net/publication/262008695\\_Accessible\\_Maps\\_for\\_the\\_Visually\\_Impaired](https://www.researchgate.net/publication/262008695_Accessible_Maps_for_the_Visually_Impaired) (dostęp: 07.01.2023).

Dane autorów / Authors details:

dr hab. inż. Dariusz Gotlib

ORCID 0000-0001-7532-4497

[dariusz.gotlib@pw.edu.pl](mailto:dariusz.gotlib@pw.edu.pl)

inż. Hubert Świech

[hubert.swiech.stud@pw.edu.pl](mailto:hubert.swiech.stud@pw.edu.pl)

---

Przesłano / Received	28.02 2023
Zaakceptowano / Accepted	17.04.2023
Opublikowano / Published	12.05.2023



© Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

