

Jakub JANIK¹, Paweł FAŁAT² Marta POMIETLORZ-LOSKA³

Opiekun naukowy: Robert DROBINA⁴

DOI: <https://doi.org/10.53052/9788366249868.09>

APLIKACJA MOBILNA MIERZĄCA PARAMETRY MEDYCZNE DLA EPILEPTYKÓW

Streszczenie: Praca przedstawia projekt aplikacji mobilnej z wykorzystaniem smartwatcha oraz ekosystemu firmy Apple Inc. do pomiaru parametrów zdrowotnych i podstawowych aktywności sportowych. W części teoretycznej zawarta została historia rozwoju danych urządzeń z zakresu branży telekomunikacyjnej oraz inteligentnych zegarków wraz z użytymi w projekcie technologiami. Część praktyczna zawiera projekt oraz wykonanie aplikacji uwzględniając odpowiednie funkcjonalności dla przyszłych użytkowników.

Słowa kluczowe: aplikacja mobilna, parametry medyczne, badanie EKG

MOBILE APPLICATION MEASURING MEDICAL PARAMETERS FOR EPILEPTICS

Summary: The work shows the design of a mobile application using a smartwatch and the Apple Inc. ecosystem for measuring health parameters and basic sports activities. The theoretical part includes the history of development of the given devices in the field of telecommunication industry and smart watches along with the technologies used in the project. The practical part includes the design and implementation of the application taking into account the relevant functionalities for future users.

Keywords: mobile application, medical parameters, EKG test

Wprowadzenie

Wraz z ciągłym rozwojem technologicznym zwiększają się horyzonty w dziedzinie medycyny. Wykorzystując odpowiednią technologię w obecnych czasach istnieje możliwość wspomagania ludzi mierzących się z różnorodnymi dolegliwościami oraz

¹ Uniwersytet Jagielloński: janik1jakub@gmail.com

² Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej: pfalat@ath.bielsko.pl,

³ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej: mpomietlorz@ath.bielsko.pl

⁴ Prof. ATH dr hab. inż., Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej: rdrobina@ath.bielsko.pl

chorobami przewlekłymi. Jednym z przykładów jest stworzona dedykowana aplikacja mobilna wykorzystująca funkcjonalność inteligentnego zegarka – smartwatcha. Dobierają odpowiednie oprogramowanie oraz można stworzyć prostą oraz czytelną aplikację dla użytkownika, która wspomogła adaptację w przebiegu danej choroby. Korzystając z urządzeń zawartych w ekosystemie firmy Apple Inc. praca rozwiązuje problem małej dostępności medycznych aplikacji dla osób chorych oraz aktywnych fizycznie.

1. Urządzenia mobilne

Technologie mobilne wraz z dostosowanymi akcesoriami to obecnie najszybciej rozwijająca się gałąź przemysłu. Zawdzięcza się to rewolucji informacyjnej, która poszerzyła przepływ wiedzy i przyspieszyła zdobywanie informacji. Pierwszą rewolucją na rynku urządzeń mobilnych w dziedzinie smartfonów był iPhone zaprezentowany w 2007 roku przez Steve'a Jobsa. Jako pierwsze urządzenie łączył w sobie wszystkie dotychczasowe dostępne funkcjonalności technologii mobilnych takie jak: przeglądarka Safari, Zdjęcia, Aparat, Notatki, Mail, Telefon oraz iPod. Stworzony przez firmę Apple Inc. system operacyjny iOS dla smartfonów jest obecnie najbezpieczniejszym i najbardziej intuicyjnym dla użytkowników systemem operacyjnym stosowanych w urządzeniach mobilnych. Posiada on zamknięty kod źródłowy, co zwiększa bezpieczeństwo oraz zmniejsza możliwości jego modyfikacji. Korzystając z dedykowanych akcesoriów działających w jednym ekosystemie użytkownik otrzymuje wysoką optymalizację oraz intuicyjność w zakresie monitorowania parametrów zdrowotnych oraz funkcji sportowych [1], [2] [3].

2. Smartwatch

Historia smartwatchy sięga aż lat 40 XX wieku. Po raz pierwszy można ujrzyć smartwatcha na nadgarstku głównego bohatera komiksu detektywa Dicka Tracy w 1946 roku. Twórcą komiksu jest Chester Gould. W powieści zegarek wyposażony został w dwukierunkowe radio. Po kilkunastu latach tytułowy bohater posługiwał się już smartwatchem, który umożliwiał wideo rozmowy. W latach sześćdziesiątych XX wieku na stałe urządzenia zadomowiły się w telewizji, które były używane przez bohaterów kreskówek oraz w wielkich produkcjach filmowych. Pierwszy model zegarka elektronicznego stworzyła firma Hamilton Watch Company w 1972 roku. Model Pulsar P1 Limited Edition jest obecnie nazywany ojcem inteligentnych zegarków. Charakteryzował go wyświetlacz w technologii LED zawarty w kopercie z 18-karatowego złota oraz syntetyczny kryształ rubinu użyty jako materiał do stworzenia szyby chroniącej panel ekranu. Czynnikiem, dzięki któremu urządzenie to nazywa się pierwszym smartwatchem była funkcja regulacji jasności wyświetlacza, która dostosowywała się do poziomu oświetlenia wokół użytkownika. Czas niesamowitych rewolucji wśród smart zegarków wrócił w połowie lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. W roku 1985 miał bowiem premierę pierwszy zegarek z dotykowym ekranem. Model RC-20 wyprodukowany przez firmę Epson przy współpracy z japońską firmą Seiko. Posiadał on 8-bitowy procesor oraz pamięć 4 kilobity pamięci ROM. Jego konkurent model JP-100W marki Casio posiadał

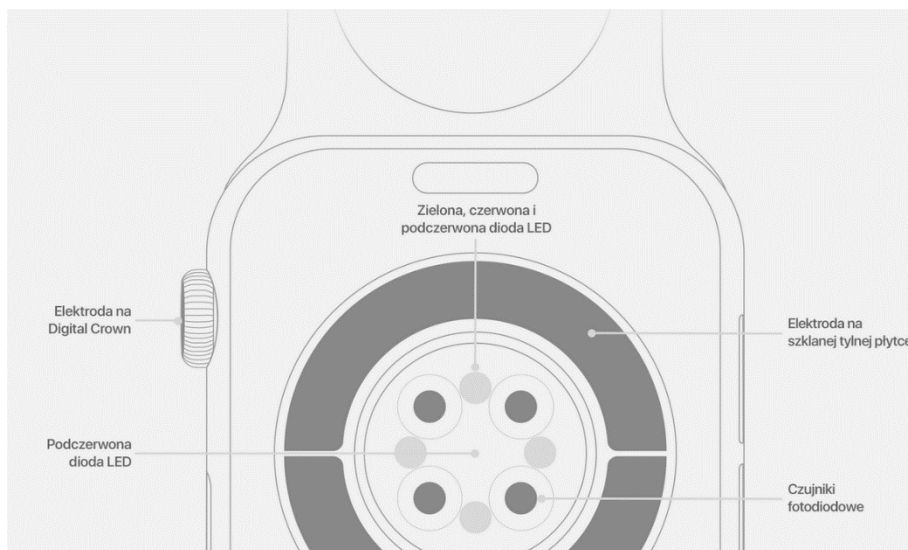
już wbudowany pulsometr. Użytkownik poprzez przyłożenie palca do specjalnego czujnika znajdującego się na obudowie mógł zmierzyć tętno. Fotosensor obliczał puls na podstawie zmian w emisji światła podczas przepływu hemoglobiny w naczyniach krwionośnych znajdujących się na opuszku palca. Rozwiązanie to zostanie w późniejszym czasie zastosowane przez firmę Apple Inc. w jej inteligentnym zegarku Apple Watch. Kolejnym przełomem był pierwszy smartwatch zaprezentowany przez firmę Samsung w 1999 roku jako odpowiedź na zegarki firm konkurencyjnych. Model SPH-WP10 był najlżejszym i najmniejszym zegarkiem z pełną funkcjonalnością telefonu komórkowego. Umożliwiał prowadzenie rozmów do 90 minut oraz 60 godzin pozostawienia w trybie czuwania. Obecnie inteligentne zegarki posiadają niemalże całą funkcjonalność technologii mobilnych oraz służą jako dopełnienie telefonu komórkowego [4], [5], [6].

2.1. Apple Watch

Projekt Apple Watch – inteligentnego zegarka firmy Apple Inc. początkowo miał na celu wzmocnić pozycję smartfonów tejże firmy na rynku. Pierwsza generacja wydana w 2014r. na nowo zdefiniowała rolę smartwatchy skupiając się na aspektach zdrowotnych. Apple Watch pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Watch OS, który jest w pełni kompatybilny i stworzony na bazie iOS. Interfejs stworzony z okrągłych ikon jest kontrolowany przy pomocy dotykowego ekranu oraz fizycznego pokrętła z boku zegarka. Dzięki wszystkim urządzeniom działającym we wspólnym ekosystemie zegarek obsługuje wszystkie aplikacje, które są dostępne na iPhone [7].

3. Badanie EKG z wykorzystaniem Apple Watch Series 6

Wprowadzenie funkcjonalności EKG do zegarków Apple Watch wymagało od firmy Apple Inc. przeprojektowania i zmodernizowania całego urządzenia. Elektrody musiały zostać wkomponowane w kopertę w miejscach, gdzie wcześniej znajdowały się inne moduły. Dzięki umieszczeniu elektrody z tyłu urządzenia oraz dedykowanym pokrętle z boku urządzenia (Digital Crown) udało się wykonać pomiary z różnicą potencjału. Smartwatch Apple Watch podczas pomiaru generuje elektrokardiogram, który jest podobny do 1 – odprowadzeniowego zapisu EKG. W porównaniu do klasycznego badania, gdzie wykorzystuje się 12-odprowadzeniowy zapis EKG zegarek rejestruje jedną z owych krzywych. Sposób ten dostarczy informacji o tętnie, rytmie serca oraz umożliwi klasyfikację w razie wystąpienia migotania przedsionków. Należy wziąć pod uwagę, że takowy zapis nie pozwala wykryć dodatkowych schorzeń kardiologicznych oraz ataku serca. W celu wykonania pomiaru EKG użytkownik umieszcza palec wskazujący na pokrętle Digital Crown, który znajduje się w prawym górnym rogu urządzenia tworząc w ten sposób obwód zamknięty między sercem, a ramionami. Umożliwia to rejestrację impulsów elektrycznych w obrębie klatki piersiowej.



Rysunek 1. Umieszczenie czujników w Apple Watch Series 6 [8]

Podczas pomiaru zaleca się oparcie przedramion na stole lub kolanie oraz pozostanie w nieruchomej pozycji. Pasek powinien dobrze przylegać do nadgarstka tak, aby czujniki znajdujące się od spodniej strony zegarka stykały się ze skórą nadgarstka. Należy pamiętać, że funkcja ta ma jedynie wspomóc użytkownika, a pojedynczy poprawny pomiar nie świadczy o dobrym stanie zdrowia. W przypadku zegarka Apple Watch Series 6 mamy możliwość otrzymania jednego z pięciu różnych wyników:

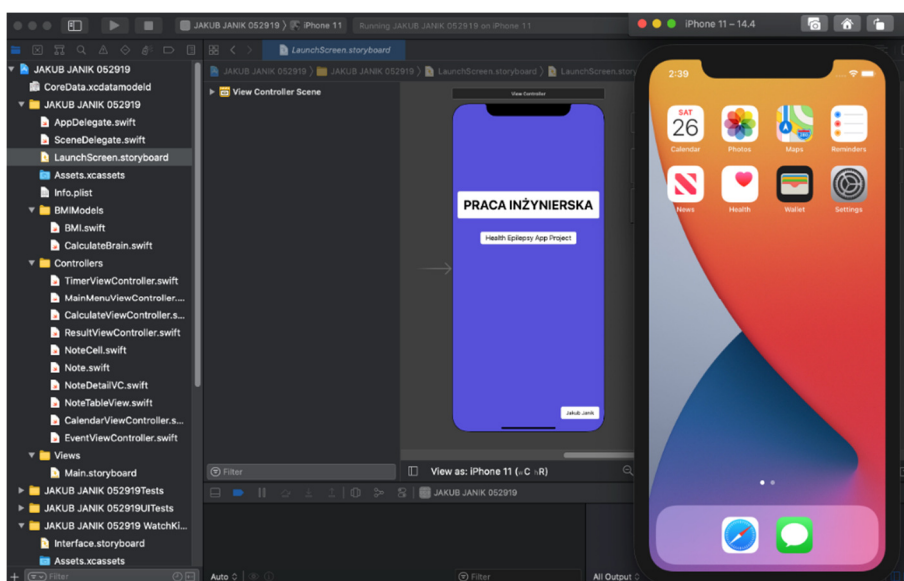
- Rytm zatokowy – serce bije miarowo z częstotliwością od 50 do 100 uderzeń na minutę;
- Migotanie przedsionków – oznacza, iż serce bije w sposób nieregularny. Świadczyć to może o arytmii serca;
- Wysokie lub niskie tętno – zmieniające się tętno może wpływać na wynik pomiaru EKG. Niskie może być spowodowane między innymi zażywaniem niektórych leków oraz nieprawidłowym przepływem impulsów elektrycznych przez serce podczas pomiaru. Wysokie natomiast może zależeć od odbytego wysiłku fizycznego, stresu, migotania przedsionków lub innego zaburzenia;
- Diagnoza niejednoznaczna – oznacza, że zapis nie może zostać sklasyfikowany. Może wpływać na to na przykład rozrusznik serca lub zapis wykazuje anomalie, których aplikacja nie jest w stanie wykryć;
- Niewyraźny odczyt – powiadomienie to wskazuje, że któraś z poprzedzających czynności do wykonania pomiaru została źle wykonana. Zaleca się powtórzenie ich oraz ponowne wykonanie EKG.

Czujniki monitorujące stan zdrowia nawet podczas wykazywania pozytywnych wyników nie stanowią podstawy do rozpoczęcia lub zaprzestania leczenia. Ich dokładność jest o wiele niższa od standardowych urządzeń, aczkolwiek rejestrowane wyniki mogą pomóc w diagnostyce [9], [10], [11].

4. Projekt systemu wraz z zawartą w projekcie technologią

4.1. Xcode

Głównym narzędziem służącym do stworzenia aplikacji było środowisko programistyczne Xcode. Służy ono do tworzenia aplikacji na ekosystem firmy Apple Inc. Zostało wydane w 2003 roku i jest darmowy dla wszystkich użytkowników. Dzięki wbudowanemu symulatorowi umożliwia testowanie na bieżąco aplikacji, stosując połączenie kontrolki z zaimplementowanym kodem, użytkownik otrzymuje możliwość podglądu graficznego tego, co zostało utworzone w projekcie.



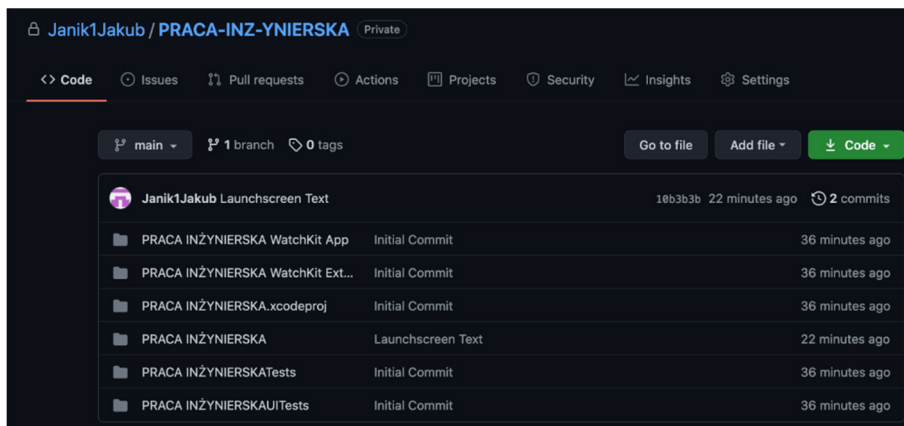
Rysunek 2. Przykładowy wygląd projektu w środowisku Xcode [12]

Aplikacji została stworzona w języku programowania Swift. Jest on wykorzystywany na urządzeniach z systemem macOS, iOS, iPadOS, watchOS, tvOS, Linux oraz Windows (wersja 5.3). Został stworzony przez firmę Apple Inc. i zaprezentowany w 2014 roku. Jego założeniem jest zastąpienie języków C, C++, Objective – C oraz ułatwienie pracy programistom. Cechuje go wszechstronność, dzięki czemu można go używać to tworzenia aplikacji desktopowych, mobilnych oraz tych korzystających z chmury internetowej. Od daty zaprezentowania język Swift jest zintegrowany ze środowiskiem programistycznym Xcode.

4.2. Kontrola wersji - Git

Do kontroli wersji projektu aplikacji został użyty Git. Jest to narzędzie umożliwiające śledzenie zmian zachodzących w plikach oraz posiada możliwość powrotu do wcześniejszych zmian w oprogramowaniu. Umożliwia to wspólną pracę wielu programistów przy jednym projekcie. Obecnie w celu zabezpieczenia projektu przed jego utratą wykorzystuje się serwisy internetowe takie jak GitHub, które umożliwiają

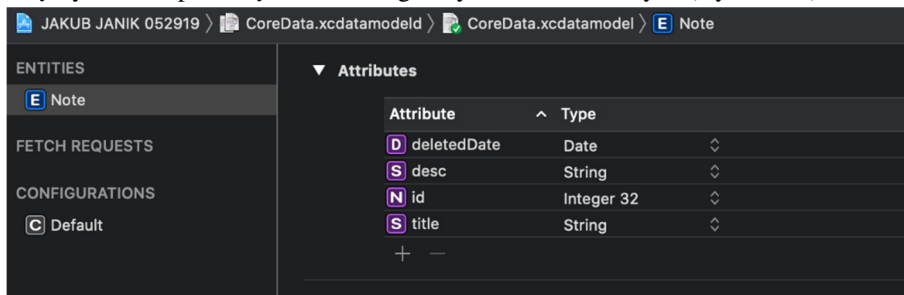
hostowanie plików. Xcode posiada możliwość bezpośredniego połączenia z kontem GitHub oraz wyeksportowanie go do odpowiedniego miejsca w serwisie. Dzięki czemu logując się na swoje konto z poziomu przeglądarki użytkownik posiada pełen dostęp do swojego projektu. Kod źródłowy programu dostępny jest pod adresem: <https://github.com/Janik1Jakub/EpilepsyApp>.



Rysunek 3. Wygląd projektu w serwisie GitHub [12]

4.3. Baza danych - Core Data

W celu przechowywania danych użytkowników wraz z ich notatkami została do projektu podpięta baza danych przy użyciu frameworku Core Data. Umożliwia on zapisywanie stałych danych w trybie offline oraz definiowanie typu danych i relacji między nimi za pomocą wbudowanego edytora modelu danych (Rysunek 4).



Rysunek 4. Baza danych w Core Data dla notatnika [12]

4.4. HealthKit

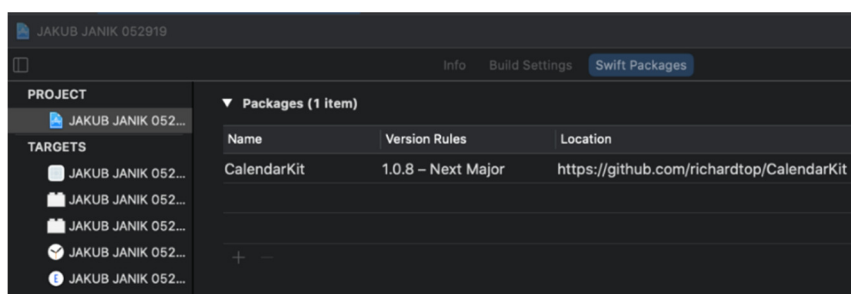
W celu przechowywania, zarządzania oraz udostępniania między urządzeniami danych zdrowotnych w projekcie został użyty framework HealthKit. Jego ramy są bardzo rygorystyczne, dzięki czemu po starcie aplikacji to użytkownik decyduje jakie dane chce udostępnić (Rysunek 38). Zebrane dane są przechowywane tylko lokalnie i nie zezwala się na ich przechowywanie w chmurze iCloud. W niniejszym projekcie framework ten stanowi podstawę możliwości pomiaru EKG [13].

4.5. UIKit

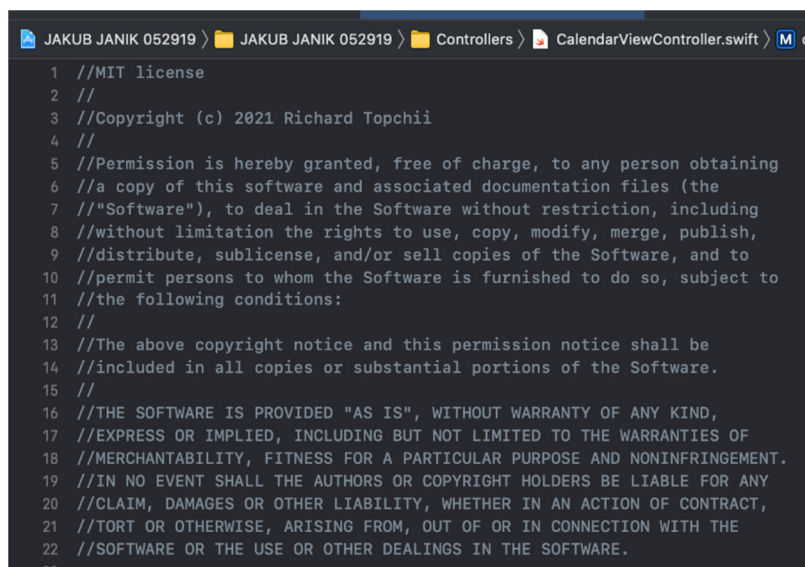
Szkieletem infrastruktury tworząc aplikację na system iOS jest framework UIKit. Umożliwia on konstruowanie oraz graficzne zarządzanie interfejsem użytkownika. Zapewnia infrastrukturę graficzną okien i widoków oraz danych wejściowych do aplikacji. W projekcie został użyty w każdym kontrolerze oraz głównym menu interfejsu użytkownika, zapewniając zarządzanie tekstem oraz obsługę animacji czy przejść między widokami [14].

4.6. CalendarKit

Do stworzenia kalendarza z w pełni edytowalnymi wydarzeniami została użyta biblioteki CalendarKit. Jej autorem jest Richard Topchii i działa ona na licencji MIT. Pozwala to na pełne komercyjne oraz niekomercyjne korzystanie z oprogramowania w przypadku niniejszej biblioteki, aczkolwiek opis licencji oraz autor muszą być zawarte w kodzie źródłowym [15].



Rysunek 5. Instalacja CalendarKit w projekcie [12]



Rysunek 6. Licencja MIT dla CalendarKit [12]

4.7. EventKit

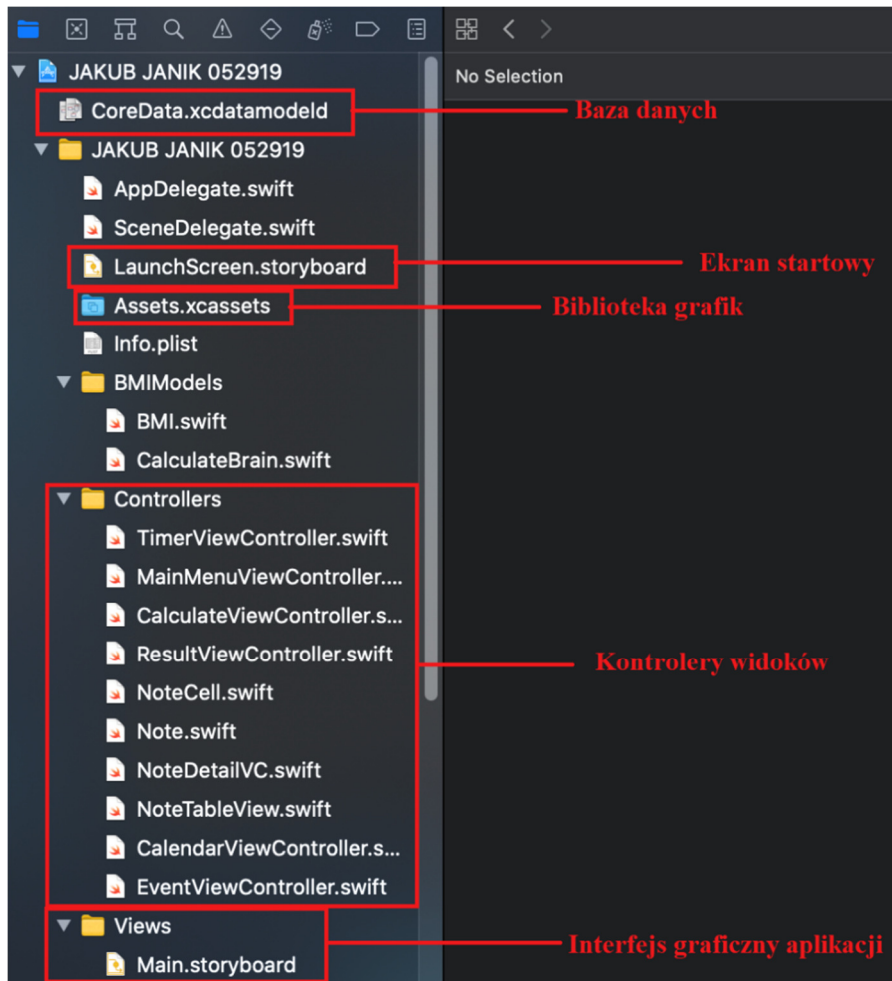
Do otrzymywania powiadomień z poziomu kalendarza został wykorzystany framework EventKit. Dzięki czemu użytkownik może tworzyć, pobierać oraz edytować elementy kalendarza w aplikacji. EventKit UI udostępnia w iOS interfejsy użytkownika w celu implementacji alarmów lub powtarzających się wydarzeń [16].

4.8. WatchKit

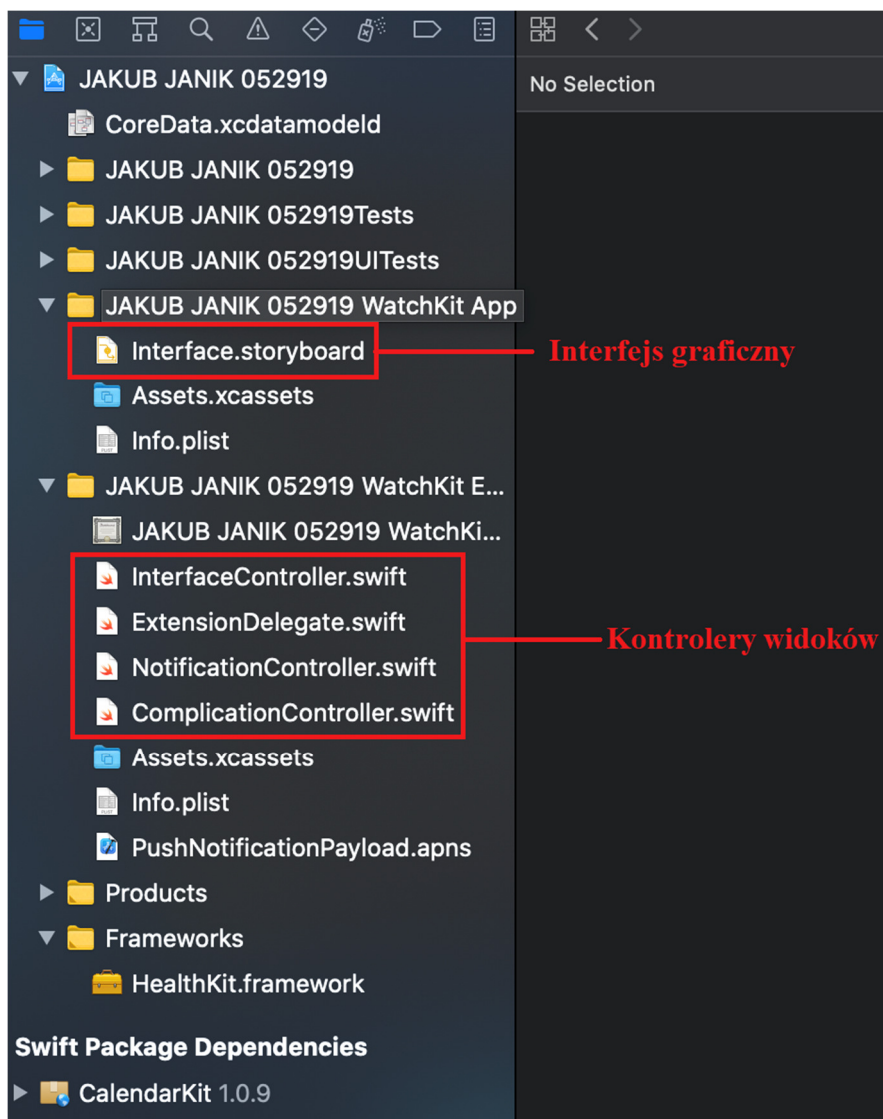
Do zaprojektowania funkcjonalności aplikacji na zegarku Apple Watch Series 6 został użyty framework WatchKit. Zapewnia dostęp do wszelkich funkcjonalności zegarka oraz infrastrukturę służącą tworzeniu użytecznych zadań z wykorzystaniem krótkich interakcji w zegarku Apple Watch. Delegat rozszerzeń zawarty w frameworku zarządza zadaniami w tle, integracją z asystentem głosowym Siri oraz trybami sportowymi. W przypadku tworzenia aplikacji na watchOS należy większą uwagę skupić na dopasowaniu wygodniejszego interfejsu dla użytkownika, niż na kod źródłowy [17].

4.9. Projekt systemu wraz z implementacją

Projekt systemu w środowisku Xcode pozwala na stworzenie aplikacji jednocześnie działającej na smartfonie (Rysunek 7) oraz na smartwatchu (Rysunek 8). Dzięki wydzieleniu plików jest możliwość testowania osobno obu aplikacji bez zapotrzebowania na łączność między nimi.



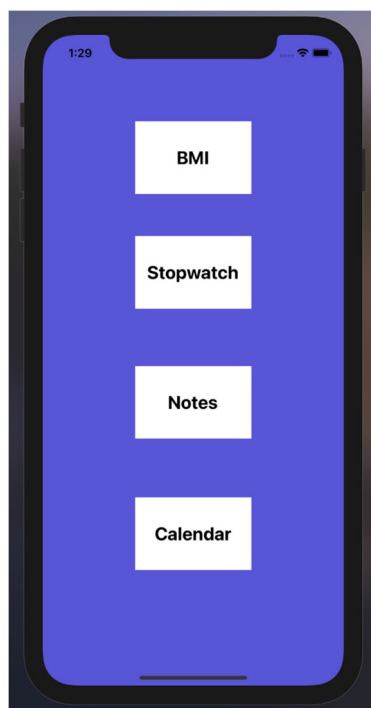
Rysunek 7. Schemat projektu aplikacji na Apple Watch [12]



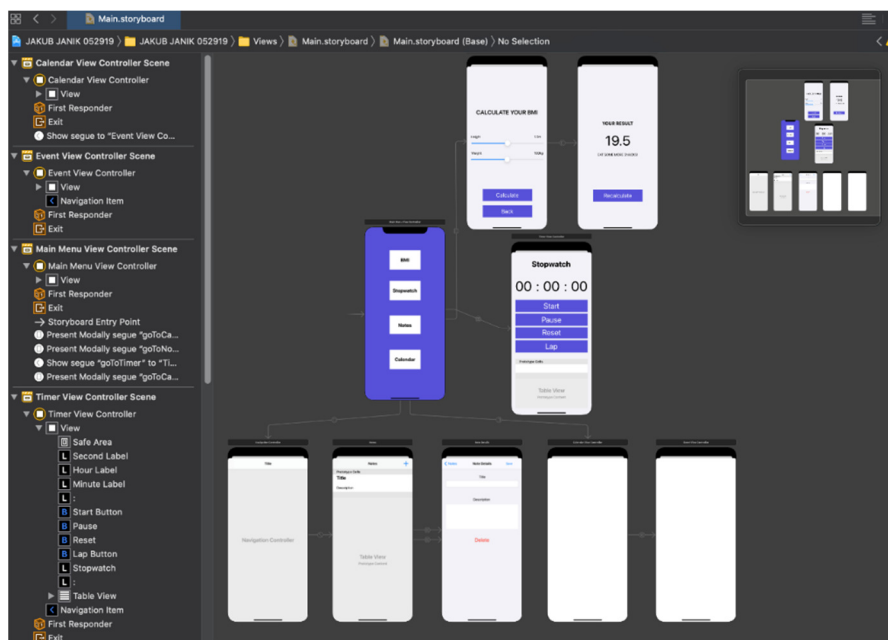
Rysunek 8. Schemat projektu aplikacji na Apple Watch [12]

4.9.1. Aplikacja mobilna

Projekt aplikacji mobilnej zakładał stworzenie menu głównego z czterema przyciskami odpowiadającymi danym funkcjonalnościom zawartych w aplikacji (Rysunek 9). Po kliknięciu potrzebnej funkcji użytkownik zostaje przeniesiony do kolejnych widoków. Cały interfejs graficzny jest ze sobą połączony, aczkolwiek każdy z osobna posiada własny kontroler, w którym zadeklarowane jest odpowiednie działanie (Rysunek 10).



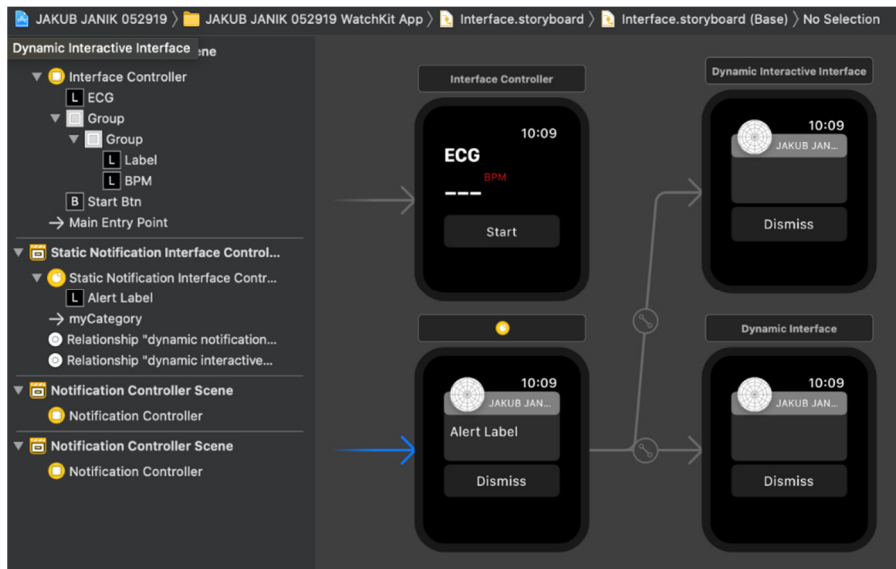
Rysunek 9. Główne menu aplikacji [12]



Rysunek 10. Interfejs graficzny aplikacji [12]

4.9.1. Aplikacja na Apple Watch Series 6

Do pomiaru EKG w projekcie wystarczył zdefiniowany jeden widok z zastosowaniem przycisku UIButton oraz etykiety UILabel (Rysunek 11).

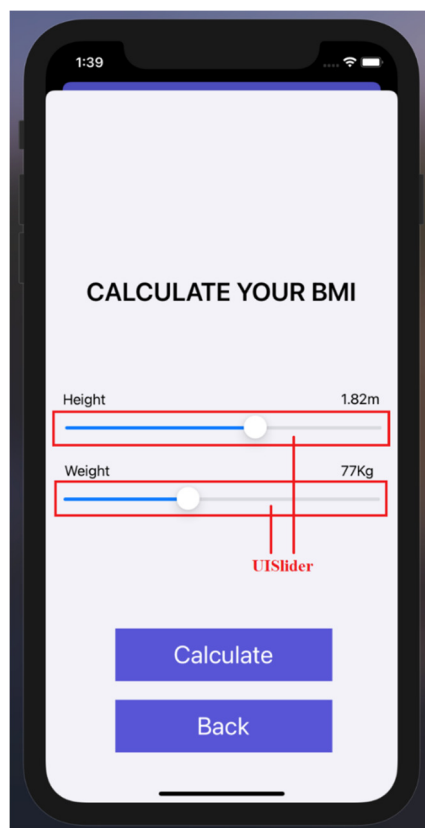


Rysunek 11. Interfejs graficzny aplikacji na Apple Watch [12]

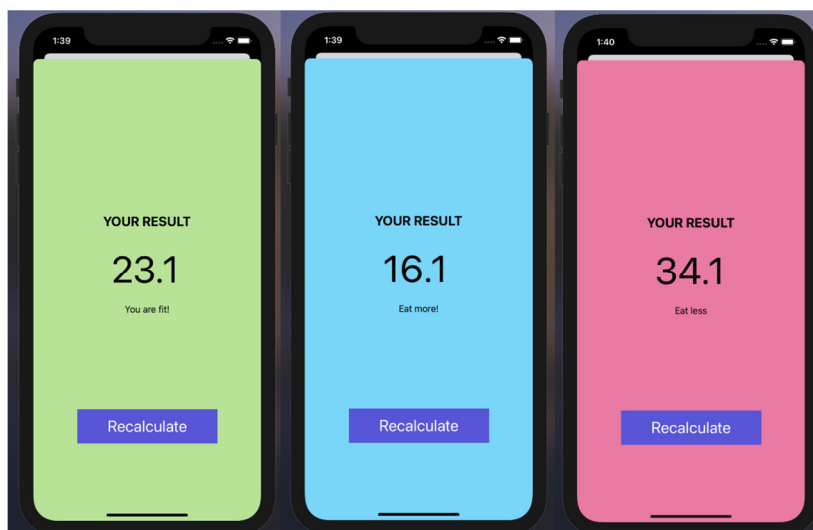
5. Funkcjonalności zawarte w aplikacji

5.1. BMI

Pierwszą funkcjonalnością aplikacji mobilnej jest pomiar BMI (ang. Body Mass Index). Jest to metoda służąca do obliczenia wskaźnika własnej masy ciała. Normy wynikowe ustaliła i zatwierdziła Światowa Organizacja Zdrowia. Współczynnik ten wykorzystuje się do określenia stopnia otyłości. Dla epileptyków owa funkcjonalność jest niezwykle ważna z racji szybkiej zmiany masy ciała podczas stosowania leków, co skutkuje dużymi wahaniami nasycenia organizmu daną substancją. Spadek natężenia danego leku we krwi poniżej normy może skutkować napadem padaczkowym. Korzystając z UISlider (Rysunek 12) użytkownik podaje wzrost oraz wagę, a po kliknięciu przycisku ukazuje nam się jeden z trzech wyników wraz z krótką poradą zależnie od otrzymanego efektu końcowego (Rysunek 13).



Rysunek 12. Interfejs graficzny wyliczenia wskaźnika BMI [12]



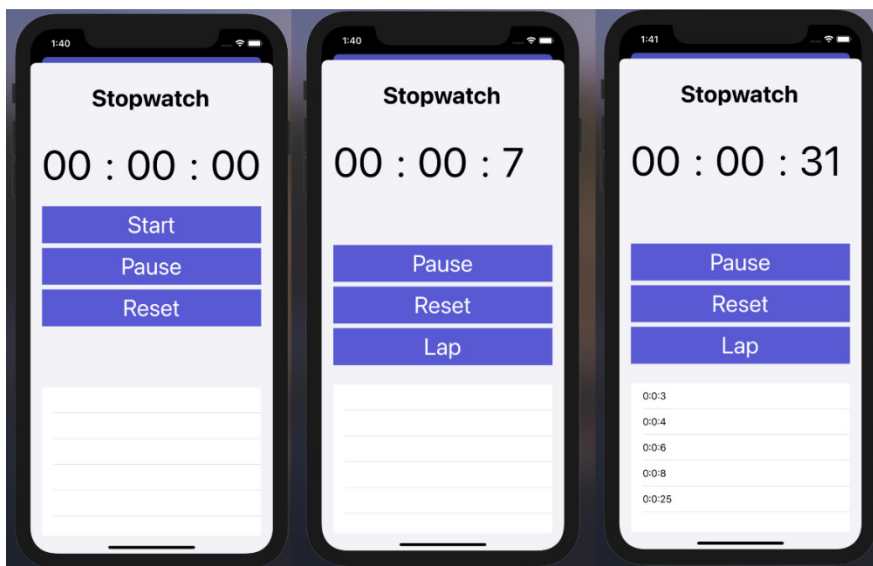
Rysunek 13. Interfejs otrzymanego wyniku wskaźnika BMI [12]

5.2. Stoper sportowy

Drugą funkcjonalnością jest stoper sportowy. Posiada on cztery główne przyciski oraz tablicę widoku (Rysunek 35):

- Start – rozpoczęcie pomiaru;
- Pause – wstrzymanie pomiaru;
- Reset – wyzerowanie pomiaru;
- Lap – zapisanie pomiarów w tablicy widoku.

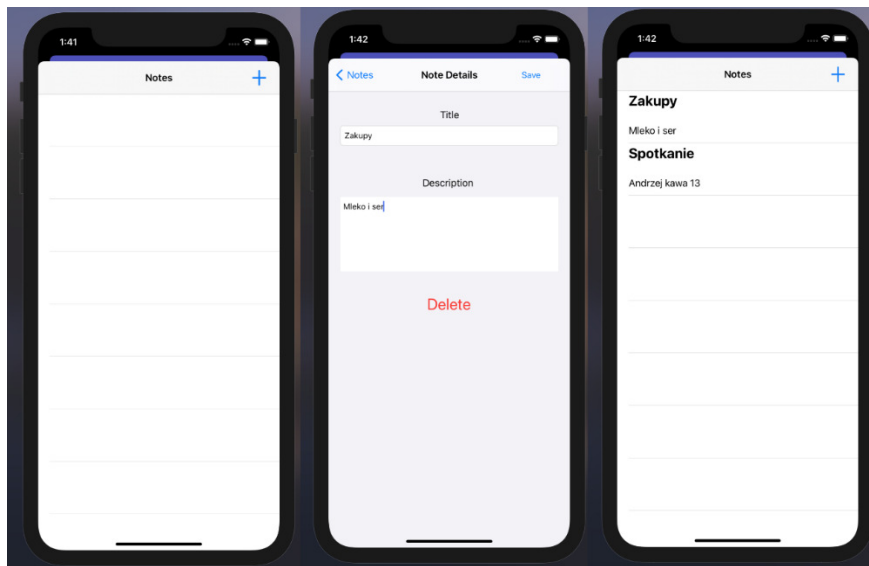
Stoper może zostać wykorzystany zarówno przez osoby z chorobami przewlekłymi, jak również przez osoby chcące dbać o swoje zdrowie i kondycję fizyczną. Wydolność organizmu oraz dobre samopoczucie wpływa na częstotliwość występowania napadów padaczkowych [18]. Wykorzystując stoper użytkownik ma możliwość mierzenia długości ćwiczeń oraz zapisywanie na bieżąco otrzymywanych wyników.



Rysunek 14. Interfejs graficzny - stoper [12]

5.3. Notatnik

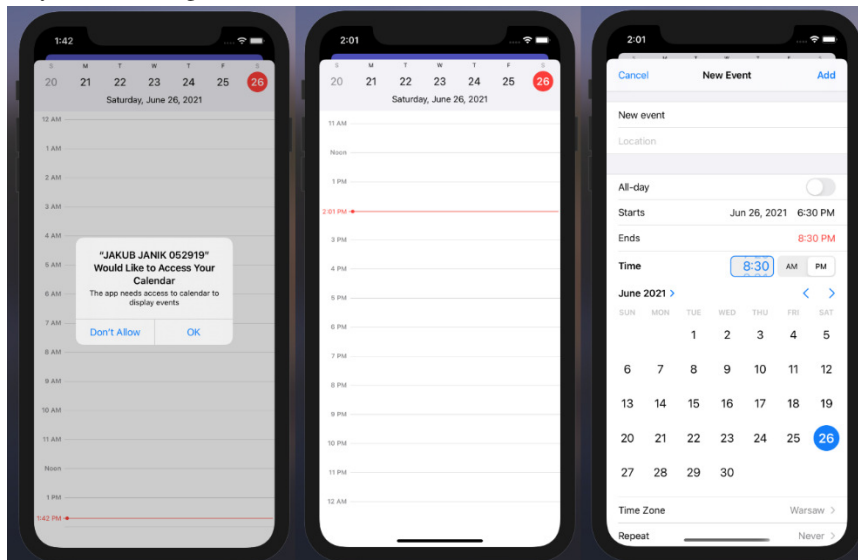
Kolejną funkcjonalnością jest możliwość tworzenia listy tekstowej z tytułem oraz opisem. Listę notatek można w pełni edytować oraz usuwać. Użytkownik posiada możliwość zapisania potrzebnych informacji, które są przechowywane w bazie danych.



Rysunek 15. Interfejs graficzny - notatnik [12]

5.4. Kalendarz

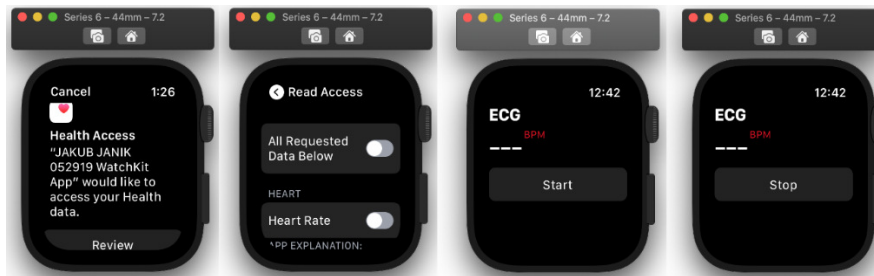
Ostatnią funkcjonalnością jest kalendarz stworzony na bazie biblioteki CalendarKit. Posiada on wyświetlanie aktualnej godziny oraz możliwość dodawania i edycji wydarzeń. Dzięki temu użytkownik może stworzyć codziennie powiadomienie o wzięciu lekarstw. Stworzone alerty są w pełni edytowalne w przypadku nazwy, daty oraz ich długości.



Rysunek 16. Interfejs graficzny - kalendarz [12]

5.5. EKG

Wykorzystując Apple Watch Series 6 aplikacja umożliwia na zegarku wykonanie pomiaru EKG. Jest to pojedynczy interfejs z dedykowanym przyciskiem służącym rozpoczęciu oraz zakończeniu pomiaru. Przy uruchomieniu aplikacji użytkownik powinien zezwolić aplikacji na dostęp do czytania oraz wykorzystania danych medycznych oraz EKG, inaczej nie będzie możliwości wykonania pomiaru.



Rysunek 17. Interfejs graficzny - EKG [12]

Podsumowanie

Celem projektu było utworzenie prostej w obsłudze dla użytkowników aplikacji mobilnej korzystającej z połączenia ze smartwatchem. Zawarta w niej funkcjonalność ma wspomóc aktywność fizyczną oraz diagnostykę osób chorych z chorobami przewlekłymi. Czujniki zawarte w inteligentnych zegarkach umożliwiają pomiar m.in. natlenienia krwi oraz wykonać elektrokardiografię serca. W odpowiedzi na zapotrzebowanie użytkowników aplikacja posiada cztery główne funkcjonalności: obliczanie wskaźnika BMI, stoper sportowy, możliwość tworzenia notatek wraz z ich edycją oraz kalendarz z tworzeniem własnych wydarzeń, który współpracuje z systemową aplikacją na iOS. Powyższe funkcje spełniają podstawowe zapotrzebowanie dla epileptyków oraz osób chorych przewlekle w celach diagnostycznych oraz poprawy stanu zdrowia. Stworzone notatki są lokalnie przechowywane w bazie danych, a otrzymany wynik wskaźnika BMI pozwoli lekarzowi podczas wizyty dobrać odpowiednią dawkę leku do wagi i organizmu pacjenta. Kalendarz oferuje możliwość tworzenia edytowalnych wydarzeń, które mogą służyć w celu przypomnienia o wzięciu leków lub odbyciu danej aktywności fizycznej. Stoper sportowy pozwala użytkownikom na pomiar długości ćwiczeń lub czasu od wzięcia ostatniej dawki lekarstw, jeśli należy je brać w równych odstępach. Aplikacja na zegarek Apple Watch Series 6 umożliwia przeprowadzenie jedno-odprowadzeniowego pomiaru EKG. Przyszłościowo projekt może zostać rozbudowany i większą implementacją funkcji na zegarek, możliwość rejestracji i panelu logowania oraz zwiększenie funkcjonalności dla innych chorób przewlekłych.

LITERATURA

1. STEINBECK D.: Mobile Revolution: The Making of Worldwide Mobile Markets, Kogan Page Limited 2005.
2. GRANTHAM A., TSEKOURAS G.: Diffusing Wireless Applications in a Mobile World, „Technology in Society” 2005, s. 85-104.
3. LING R.: The Mobile Connection: The Cell Phone’s Impact on Society, Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco 2004, s. 9.
4. JACKSON W.: SmartWatch Design Fundamentals: WatchFace Design for Samsung Galaxy SmartWatches, Wallace Jackson, 2019.
5. BUTOW E.: Samsung Gear S2 for dummies, Wiley, 2016.
6. RUIZ D. C., GORANSSON A.: Professional Android Wearables, John Wiley & Sons, Inc., Indianapolis, Indiana, 2015.
7. SALTZMAN M.: Apple Watch For Dummies, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015.
8. Serwis internetowy: <https://support.apple.com/pl-pl/HT204666#sensors>.
9. DESAI A.: Restart Your heart: The Playbook for Thriving With Afib, Greenleaf Book Group, September 2020.
10. HOUGHTON A. R.: Making Sense of the ECG: A Hands-On Guide, Fifth Edition, Taylor & Francis Group, LLC, 2020.
11. PILLAY R.: Healthcare 3.0: How Technology Is Driving the Transition to Prosumers, Platforms and Outsurance, Rubin Pillay, 2018.
12. JANIK J.: Aplikacja mobilna mierząca parametry medyczne dla epileptyków, Akademia Techniczno-Humanistyczna, inż., Praca inżynierska numer 659/KliA, Bielsko-Biała, 2021.
13. Serwis internetowy: <https://developer.apple.com/documentation/healthkit>, data dostępu: 26.06.2021.
14. Serwis internetowy: <https://developer.apple.com/documentation/uikitdata> data dostępu: 26.06.2021.
15. Serwis internetowy: <https://github.com/richardtop/CalendarKit>, data dostępu: 26.06.2021.
16. Serwis internetowy: <https://developer.apple.com/documentation/eventkit>, data dostępu: 26.06.2021.
17. Serwis internetowy: <https://developer.apple.com/documentation/watchkit>, data dostępu: 26.06.2021.
18. LOUIS E. K. ST., FICKER D. M., O’BRIEN T. J.: Epilepsy and the Interictal State: Co-morbidities and Quality of Life, John Wiley & Sons Ltd, 2015.

