

Spis treści

Słownik pojęć	3
Wstęp	4
Cel pracy	5
Zakres pracy	6
1 Studium w zakresie problematyki procesu aranżacji muzycznej	7
1.1 Definicja problematyki procesu aranżacji	7
1.2 Rys historyczny muzyki klasycznej	7
1.2.1 Rozwój technik procesu twórczego muzyki	7
1.2.2 Notacja muzyczna	9
1.2.3 Podsumowanie	10
1.3 Badanie rynku oprogramowania wspierającego pracę muzyków	11
1.3.1 Programy komputerowe	11
1.3.2 Aplikacje mobilne	12
1.3.3 Podsumowanie	12
1.4 Rozwiązania oferowane przez inne aplikacje niepowiązane z procesem aranżacji	12
2 Założenia projektowe	15
2.1 Identyfikacja aktorów	15
2.2 Poglądowe scenariusze wspierania procesu aranżacji	15
2.3 Wymagania	15
2.3.1 Wymagania jakościowe	15
2.3.2 Wymagania funkcjonalne	17
2.4 Wykaz użytych technologii	18

Część praktyczna	20
3 Projekt aplikacji wspomagającej aranżacje muzyczne	20
3.1 Architektura aplikacji	20
3.2 Warstwa dostępu do danych	20
3.2.1 Modele bazodanowe	20
3.2.2 Serwisy zarządzające persystencją	22
3.3 Warstwa logiki biznesowej	23
3.3.1 Serwisy zarządzające stanem aplikacji	23
3.4 Warstwa prezentacji	25
3.4.1 Projekt interfejsu	25
3.4.2 Implementacja widoków i komponentów głównych	26
3.4.3 Implementacja funkcjonalności wspierających aranżację	31
3.5 Continuous Integration i Continuous Delivery	35
4 Analiza otrzymanych wyników i wnioski	38
Bibliografia	39
Spis rysunków	39
Spis tabel	40

Słownik pojęć

Celem przybliżenia konceptualnego projektu aplikacji, wykorzystano szereg pojęć, odnoszących się do poszczególnych jej elementów (w nawiasach umieszczone zostały ich angielskie odpowiedniki użyte w kodzie aplikacji):

- *strona* (Page) — pojedyncza notatka w ramach zbioru
- *zeszyt* (Book) — zbiór notatek dotyczących jednego utworu, od „zeszytu do nut” (eng. „Music Book”)
- *biblioteka* (Library) — kolekcja zbiorów notatek użytkownika
- *warsztat* (Workshop) - ekran edycji notatek

Wstep

...

Cel pracy

Celem pracy jest stworzenie aplikacji mobilnej, która umożliwi zapis i organizację koncepcji utworów muzycznych podczas procesu aranżacji. Narzędzie mobilne, o prostej obsłudze, oferujące użytkownikowi dowolność w wyborze sposobu notacji muzycznej utworu. Jego zadaniem jest „cyfrowa emulacja zeszytu do nut” jako rodzaju *muzycznego notesu* oraz rozszerzenie jego możliwości: nie ograniczając się jedynie do zapisu nutowego i tekstowego, lecz wykorzystując również multimedia — jako nośniki informacji o dźwięku. Unikatowość projektu opiera się o ukierunkowanie funkcjonalności aplikacji na wspomaganie części procesów pomijanych przez współcześnie dostępne oprogramowanie.

Zakres pracy

...

1. Studium w zakresie problematyki procesu aranżacji muzycznej

1.1. Definicja problematyki procesu aranżacji

Aranżacją w ujęciu muzycznym jest „opracowanie utworu muzycznego w nowym stylu bez zasadniczych zmian linii melodycznej” [1]. Stoi on z tego względu konceptualnie pomiędzy procesami kompozycji oraz interpretacji utworu i w efekcie współdzieli częściowo problematykę obu tych etapów, jako proces techniczny oraz twórczy. Jakość aranżacji zależy od znajomości teorii muzyki, technik kompozytorskich, jak również doświadczenia w pracy z muzyką. Podczas tego procesu, muzyk nadaje utworowi swoisty kształt. Jest to efekt dynamicznej i zmiennej pracy kreatywnej, podczas której wyłania się wiele muzycznych koncepcji, wymagających uporządkowania i selekcji [2].

1.2. Rys historyczny muzyki klasycznej

Analiza historii muzyki na przestrzeni epok odsłania charakter procesu aranżacji. W kontekście omawianego zagadnienia szczególnie istotna jest ewolucja technik twórczych, jak również samej notacji muzycznej. Ukazują one zróżnicowanie podejść twórczych i sposobów pracy z muzyką.

1.2.1. Rozwój technik procesu twórczego muzyki

Rozwój technik wykorzystywanych przez kompozytorów i aranżerów tworzy krajobraz muzyczny następujących po sobie epok. Widoczne jest zróżnicowanie popularnych tendencji wśród twórców muzyki w Europie.

- **Średniowiecze:**

Proces twórczy muzyków epoki średniowiecza jest głęboko osadzony w liturgicznym kontekście religijnym. Znaczącą rolę ogdrywa chorał gregoriański jako podstawa tworzonych utworów. Kompozytorzy tego okresu opierają się na zawartych w nim melodiach, wykorzystując techniki — jak na przykład organum, melizmaty oraz schematy rytmiczne — urozmaicając ich brzmienie. Organum polega na dodawaniu nowych dźwięków do

melodii chorału, celem tworzenia wielowarstwowych melodii; melizmaty stosowane są tu jako muzyczne „ozdobniki”. Kluczową rolę w utworze odgrywa jego tekst [3].

- **Renesans:**

Odkryciem przełomowym epoki renesansu jest polifonia — nakładanie na siebie równoważnych głosów o odmiennych liniach melodycznych. Szczególną popularnością cieszy się technika imitacji — naśladownictwa. Stosowane są bardziej skomplikowane rytmy, na przykład — opierające się na trójdzielności — oraz nowe skale muzyczne [4].

- **Barok:**

Twórczość muzyków epoki baroku charakteryzuje się rozbudowaną ornamentacją. Popularne staje się basso continuo — jako metoda prowadzenia akompaniamentu — oraz technika kontrapunktu, w której kontrastujące melodie tworzą złożone struktury dźwiękowe. Kontynuowane są również eksperymenty z harmonią i dynamiką utworów [5].

- **Klasycyzm:**

W okresie klasycyzmu muzyczny proces twórczy cechuje kontrastująca z barokiem precyzja i klarowność. Stosowane są ściśle formy — jak na przykład forma sonatowa — określające strukturę, tempo, charakter i układ poszczególnych części utworów. Wykorzystywane są powtarzalne motywy melodyczne; widoczne jest dążenie do równowagi między poszczególnymi elementami składowymi utworów [3].

- **Romantyzm:**

W podobnym do epok wcześniejszych kontraście epoka romantyzmu przynosi duże oswobodzenie wyrazowe muzyki. Kluczowym elementem motywującym twórczość jest introspekcja, stąd utwory tego okresu nasycone są indywidualizmem i wyrazistością emocjonalną. Wciąż stosowane są pewne gatunki stanowiące „wzorce”, jak sonata czy fantazja, lecz nie są one już tak ściśle określone, jak w klasycyzmie. Pojawiają się stąd zróżnicowane eksperymenty kompozytorskie z nietypową harmonią, dynamicznymi kontrastami i rozbudowanymi frazami melodycznymi [5].

- **XX wiek:**

W XX wieku obserwowane jest szczególne bogactwo i różnorodność podejść do kompozycji. Widoczne jest zróżnicowanie nurtów — między innymi impresjonizmu, ekspresjo-

nizmu, neoklasycyzmu. Muzyka staje się „produktem” licznych koncepcji i metod tworzenia — jak aleatoryzm, opierający się o losowość lub serializm, kierowany przetworzeniami matematycznymi; a także idei — można tu przytoczyć minimalizm. Epoka ta przynosi jeszcze jeden przełom — komputery i ich zastosowanie w muzyce, jako narzędzia twórcze, instrumenty oraz nośniki danych [6].

1.2.2. Notacja muzyczna

Na przestrzeni epok kluczowym nośnikiem pozwalającym na utrwalenie melodii jest notacja. Ona również zmienia się i ewoluuje, dostosowując się do rozwoju muzyki oraz potrzeb artystów. Na przestrzeni epok zauważalne jest stąd zróżnicowanie konceptualne zapisu melodii.

- **Starożytność:**

Najstarsza forma notacji muzycznej — oparta o zapis klinowy — pochodzi z Mezopotamii (1400 rok p.n.e.). Podobnie późniejsze odkrycia na terenie Grecji — również opierają się o alfabet oraz symbole określające długość dźwięku [4].

- **Średniowiecze:**

Pojawia się notacja dedykowana ściśle muzyce — neumy. Określenie to odnosi się do kilku rodzajów notacji, z których pierwsza wywodzi się z Imperium Bizantyjskiego, jednak pod tym pojęciem rozumie się przede wszystkim europejską notację wykorzystywaną początkowo w chorale gregoriańskim — do określania wysokości dźwięków oraz ich czasu trwania. Epoka średniowiecza przynosi również specyficzny rodzaj nazewnictwa dźwięków — solmizację [3].

- **Renesans:**

Powstają podwaliny współczesnej ogólnej notacji nutowej: zaczynają być stosowane nuty oraz symbole — jak na przykład klucze. Na przestrzeni kolejnych epok zapis jest rozwijany, umożliwiając bardzo dokładne określanie zamierzonego przez twórcę przebiegu melodycznego. Jednocześnie pojawiają się tabulatury — zapis ukierunkowany pod konkretny instrument, dostosowany do jego charakterystyki — dla lutni, organów itp. [4].

- **Barok:**

Zaczyna być stosowany bas cyfrowany. Jest to notacja numeryczna określająca harmonię akompaniamentu utworów. Rola ta przypada zwykle konkretnym instrumentom, najczęściej — klawesynowi. Zasada działania tego rodzaju notacji opiera się o akordy i relacje interwałowe pomiędzy poszczególnymi dźwiękami.

- **Klasycyzm i romantyzm:**

Kolejne epoki przynoszą dalszy rozwój standaryzowanego zapisu nutowego, celem oznaczenia ścisłej artykulacji, dynamiki i agogiki dla wykonawców utworów [3].

- **XX wiek:**

Muzycy zaczynają eksperymentować z zapisem muzycznym, zupełnie dostosowując go do osobistych potrzeb, tworząc warstwy abstrakcji, własne „paradygmaty”, odwzorowując innowacyjność tworzonej muzyki [6].

- **Współczesność:**

Współcześnie korzysta się z wielu form zapisu muzycznego. Kluczową rolę odgrywa zapis nutowy, lecz niektórzy artyści wykorzystują także inne formy notacji, podobnie jak miało to miejsce w XX wieku. Jednocześnie w pewnych okolicznościach wciąż wykorzystywane są starsze metody zapisu — sięgające nawet do neum. Wielką popularnością cieszą się również tabulatury, zapis akordowy oraz wizualizacje komputerowe — z uwagi na ich przystępność [7].

1.2.3. Podsumowanie

Analiza rysu historycznego ukazuje szeroką gamę wykorzystywanych technik i sposobów notacji muzycznej. Dostępność edukacji muzycznej oraz instrumentów przekłada się na duże zróżnicowanie sposobów pracy artystów. W następstwie XX—wiecznych tendencji kompozytorskich oraz przemian społeczno—kulturowych osiągnięta zostaje całkowita dowolność w sposobach pracy z muzyką.

1.3. Badanie rynku oprogramowania wspierającego pracę muzyków

1.3.1. Programy komputerowe

Praca twórcza muzyków od XX wieku jest również wspierana przez programy komputerowe. Można zaobserwować dynamikę postępu w tej dziedzinie, na przykładach następujących po sobie nowatorskich rozwiązań programistycznych na przestrzeni lat:

- **1950 - początki zastosowania komputerów w muzyce:**

W 1951 roku inżynier komputerowy Max Mathews tworzy pierwszy program komputerowy do generowania dźwięku. Program, działając na komputerze IBM 704, otwiera drzwi do eksperymentów z syntezą dźwięku przy użyciu komputerów. W późniejszych latach powstaje "MUSIC I" — tego samego twórcy — umożliwiający tworzenie muzyki. Można określić ten moment jako początek muzyki komputerowej [8].

- **1980 - MIDI (Musical Instrument Digital Interface) i edycja dźwięku:**

Wprowadzenie standardu MIDI umożliwia komunikację między różnymi instrumentami muzycznymi a komputerami, co znacząco ułatwia produkcję i edycję muzyki przy użyciu oprogramowania. Pojawiają się też programy takie jak SoundEdit i Sound Forge, umożliwiające edycję dźwięku. Zyskują one popularność w dziedzinie produkcji muzycznej [9].

- **1990 - DAW (Digital Audio Workstation), syntezatory i samplowanie:**

Powstanie programów DAW, takich jak Pro Tools, Cubase, Logic Pro, Ableton Live i FL Studio, umożliwia profesjonalistom tworzenie, edycję i produkcję muzyki na komputerach osobistych. DAW stają się kluczowym narzędziem w przemyśle muzycznym. Pojawia się również oprogramowanie umożliwiające emulację syntezatorów analogowych oraz samplowanie dźwięków [9].

- **2000 — Rozszerzanie zastosowań programów komputerowych:**

Oprogramowanie takie jak Kontakt, Omnisphere czy Massive pozwala na tworzenie wirtualnych instrumentów i efektów dźwiękowych, rozszerzając możliwości produkcji muzycznej. Powstają programy automatyzujące procesy jak Ludwig 3.0 — tworzący automatyczne aranżacje, Transcribe — transkrybujący dźwięk na notację muzyczną, a także szereg innych projektów wspomagających muzyków w procesie twórczym [10].

1.3.2. Aplikacje mobilne

Współcześnie, przy wzroście możliwości smartfonów należałoby oczekiwać również wzrostu ich zastosowań w dziedzinie muzyki. Rynek jednak oferuje dość nieliczne rozwiązania — często nastawione na wykonywanie pojedynczych, prostych czynności — istnieją grupy aplikacji umożliwiających tworzenie zapisu nutowego lub służących za metronomy [11]. Znaczący potencjał aplikacji mobilnych jest za to widoczny na przykładzie GarageBand, będącego pełnym programem DAW, pozwalającym na tworzenie muzyki przy użyciu smartfona. Umożliwia korzystanie z syntezatorów, nagrywanie, edycję dźwięku, jak również możliwość nakładania efektów dźwiękowych. Mimo to, w przypadku tego rodzaju pracy, preferowane są z rozwiązania desktopowe, które — choćby z uwagi na rozmiar ekranu — oferują większy komfort [12].

1.3.3. Podsumowanie

Analiza programów i aplikacji stanowiących zestaw narzędzi muzyków na przestrzeni lat oraz współcześnie odsłania niezapełnioną niszę: wciąż brakuje rozwiązań — tak wśród aplikacji mobilnych, jak i programów komputerowych — które mogłyby wspomóc pracę twórczą w fazach powstawania koncepcji, podczas aranżacji utworów muzycznych. Dotychczasowe rozwiązania pozwalają zapisywać ułożone utwory oraz poddawać je edycji; także umożliwiają generowanie aranżacji bądź całych utworów. Jednocześnie elementy procesu aranżacji muzycznej, wiążące się z mnogością pomysłów i zmian — nieczęsto są wspierane przez rozwiązania programistyczne.

1.4. Rozwiązania oferowane przez inne aplikacje niepowiązane z procesem aranżacji

Aby odpowiedzieć na problem omawiany w pracy, konieczna jest analiza oprogramowania przynoszącego rozwiązania problemów o podobnym charakterze. Pod tym kątem, najbliższym przykładem jest oprogramowanie umożliwiające tworzenie notatek. Można zaobserwować rozwój wielu przełomowych — a współcześnie kluczowych — funkcjonalności oferowanych przez aplikacje z tej kategorii na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat:

- **2000 - EverNote:**

Evernote, założone przez Stepana Pachikova, jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych narzędzi do tworzenia notatek. Aplikacja pozwala tworzyć notatki w różnych formatach, jako tekst, obrazy, dźwięki, oraz umożliwia synchronizację ich między różnymi urządzeniami [13].

- **2003 - Microsoft OneNote:**

Microsoft OneNote (pierwornie OneNote 2003), jest początkowo narzędziem do tworzenia notatek w systemie Windows. W kolejnych edycjach umożliwia użytkownikom innowacyjne organizowanie notatek w ramach „tablicy” [14].

- **2008 - Evernote jako aplikacja mobilna:**

Zmiana kierunku rozwoju aplikacji za sprawą wejścia na rynek aplikacji mobilnych doprowadza do wzrostu popularności Evernote, co ukazuje potencjał aplikacji do notowania, będących zawsze „pod ręką” użytkowników. Inne aplikacje również podążają za tym trendem [13].

- **2013 - Notion:**

Znaczącą innowację przynosi Notion. Stanowi kolejny krok w ewolucji aplikacji do notowania, jako tzw. personalna baza wiedzy (eng. „Personal Knowledge Base”). Choć sama aplikacja charakteryzuje się stosunkową prostotą, jest jednocześnie to swoistą „piaskownicą danych”, dowolnie organizowanych przez użytkownika, przy użyciu notatników, kalendarzy i tabel [15].

- **2020 - Obsidian, Logseq:**

Kolejny przełomowy kierunek rozwoju wyznacza aplikacja Obsidian. Charakteryzuje się większą prostotą od Notion, działając w oparciu o pliki markdown, jednak użytkownik może ją dowolnie dostosować do swych potrzeb m.in. za sprawą wtyczek [16]. Podobne założenia realizowane są przez Logseq, oprogramowanie open-source, które opiera się o listy punktowane oraz grafy [17].

Na przykładzie najnowszych aplikacji, widoczna jest tendencja oddawania w ręce użytkowników prostych narzędzi, które mogą być wykorzystane na wiele sposobów — zgodnie z jego zamysłem i stylem pracy. Wyłaniają się stąd również kluczowe założenia współczesnych aplikacji do notowania: mobilność, elastyczność i organizacja. Wymienione aplikacje reprezentują

także różne podejścia do wizualizacji *notatki*. Może być to strona z tekstem (Obsidian), element na liście punktowanej (Logseq), karta w układzie kanban (Notion), element umiejscowiony w dowolnym położeniu na tablicy (Microsoft OneNote) itd. Współczesne trendy wśród aplikacji do notowania odsłaniają również szczególne znaczenie wizualnej || przestrzennej organizacji notatek.

2. Założenia projektowe

2.1. Identyfikacja aktorów

Aktorem korzystającym z zaprojektowanej aplikacji jest użytkownik. W założeniu jest to osoba zajmująca się muzyką, szczególnie: pracująca nad tworzeniem i aranżacją utworów. Nie jest tu brany pod uwagę profesjonalizm użytkownika; program ma odpowiedzieć jako podręczny notatnik przede wszystkim na potrzeby muzyków, których proces twórczy nie przebiega w sposób całkowicie usystematyzowany, bywając efektem chwili.

2.2. Poglądowe scenariusze wspierania procesu aranżacji

Poniżej przedstawiono potencjalne sytuacje problematyczne, jakie mogłaby rozwiązać projektowana aplikacja:

- Aranżer ma kilka pomysłów na pewien jego fragment, ale jeszcze nie wie, który z nich wykorzysta: może wszystkie je zapisać jako nagrania oraz opisać słowami, do późniejszej weryfikacji.
- Muzyk uczestniczy w próbie zespołu, dyrygent proponuje mu alternatywną linię melodyczną: korzystając z aplikacji, muzyk może w łatwy sposób zapisać ją w formie nutowej.
- Aranżer pracuje nad utworem, ma kilka fragmentów melodycznych, które zamierza wykorzystać: może dowolnie je zorganizować w aplikacji, ułatwiając ich lokalizację.

2.3. Wymagania

2.3.1. Wymagania jakościowe

Biorąc pod uwagę charakter problemu oraz czerpiąc inspirację z pokrewnych współczesnych rozwiązań, zdecydowano się na rozwiązanie będące aplikacją mobilną. Jest to szczególnie istotne, z uwagi na dostępność i wygodę. Telefony komórkowe stanowią współcześnie narzędzie uniwersalne, będące zawsze w zasięgu ręki, stąd są najbardziej przystępną platformą dla aplikacji, mającej odpowiadać jako notatnik na „potrzebę chwili”. Zaletę tę docenią także instrumentalisci — nie musząc odchodzić od instrumentu, by zapisać muzyczną myśl, co zwykle

ma miejsce przy pracy z programami komputerowymi bądź przy korzystaniu z nie-cyfrowych metod — na przykład zeszytów.

Kolejną cechą takiej aplikacji musi być jej niezależność od połączenia sieciowego. Aplikacja powinna móc działać w pełni lokalnie — bez dostępu do sieci. O ile rozwiązania sieciowe przynoszą wiele potencjalnie przydatnych funkcjonalności, takich jak współdzielenie danych między urządzeniami, o tyle (pomijając kwestię dodatkowego skomplikowania architektury programu) sama aplikacja nie powinna być od nich zależna, z uwagi na warunki pracy muzyków. Będąc w trasie, podczas pobytu na sali koncertowej, bądź nawet w salach prób — mogą mieć oni ograniczony dostęp do internetu, z uwagi na lokalizację, bądź architekturę budynku. Stąd, aby zapewnić niezawodność działania aplikacji bez względu na warunki — musi ona działać bez dostępu do internetu.

W kwestii zasady działania — jako notatnik — aplikacja powinna stanowić swoiste środowisko, w którym użytkownik decyduje o tym, w jaki sposób je wykorzysta. W ten sposób aplikacja może odpowiedzieć na personalne potrzeby artysty, dostosowując się do jego technik i charakteru pracy. Taki charakter przywodzi na myśl „piaskownicę”, jako środowisko pracy kreatywnej.

Idąc dalej, należałoby również określić właściwości samego interfejsu użytkownika. Aby nie stanowił przeszkody w pracy, lecz współgrał z użytkownikiem, musi cechować się przejrzystością, intuicyjnością oraz prostotą. Aby osiągnąć zamierzony cel, w procesie projektowania interfejsu przyjęto także za ideę kluczową minimalizm [18]. Oprócz intuicyjności i wygody przekłada się ona również na wysoki stopień interaktywności interfejsu — zawierając tylko to, co konieczne można pozwolić, by każdy widoczny element umożliwiał określoną funkcjonalność i odpowiadał na akcje użytkownika.

Możemy stąd wyciągnąć kluczowe wymagania jakościowe aplikacji:

- mobilność,
- niezawodność,
- niezależność od warunków użytkowania,
- prostota,
- przejrzystość,

- intuicyjność,
- interaktywność.

2.3.2. Wymagania funkcjonalne

Najszerzej rzecz ujmując, aplikacja ma umożliwić użytkownikowi notowanie muzycznych koncepcji aranżacji utworów. Należałoby tu odnieść się do wcześniejszego fragmentu pracy, ukazującego zróżnicowanie notacji muzycznej. Aby pokryć możliwie szerokie spektrum metod zapisywania muzyki, zdecydowano się wyszczególnić następujące formaty:

- Nutowy — jako podstawowa i uniwersalna forma zapisu dźwięku.
- Tekstowy — jako medium pozwalające opisywać dźwięk, jak również zapisywać teksty utworów, chwytów gitarowe.
- Dźwiękowy — jako nagranie, umożliwia przechwycenie i zapis brzmienia.
- Wizualny — jako zdjęcia, przykładowo nut, ustawienia zespołu podczas prób.

Częstą praktyką wśród muzyków jest również notowanie wskazówek wykonawczych (na przykład artykulacyjnych) na stronach z nutami. Przydatne okazałoby się zatem umożliwienie użytkownikowi tworzenie podobnych adnotacji, jako komentarzy przy nutach, bądź między liniami tekstu.

Aby umożliwić wyszukiwanie oraz lokalizację elementów, należy zapewnić możliwość ich organizacji. Biorąc przykład z przytoczonych wcześniej przykładów aplikacji do tworzenia notatek, może mieć ona charakter wizualny, opierający się na umiejscowieniu elementu na określonej przestrzeni, w odniesieniu do innych elementów. Również pomocna może okazać się możliwość wizualnej modyfikacji samego elementu — wyróżniając go. Skuteczna organizacja wymaga jednak również systematycznej struktury poza wymiarem wizualnym, która umożliwiłaby wyszukiwanie elementów według określonych przez użytkownika grup.

Na podstawie powyższych założeń, można ująć wymagania funkcjonalne aplikacji jako:

- zapisywanie i edycja notatek opisujących założenia aranżacyjne utworu jako:

nuty

tekst

nagranie

obraz

- opatrywanie komentarzami fragmentów notatek nutowych i tekstowych
- organizacja przestrzenna notatek
- organizacja zbiorów notatek poprzez nadawanie tytułów i tagów
- wizualne wyróżnianie zbiorów notatek przez dołączanie zdjęć

2.4. Wykaz użytych technologii

Celem zrealizowania projektu wykorzystano następujące kluczowe technologie:

- TypeScript (5.1.6)

Język programowania rozwijany przez Microsoft, będący nadzbiorem języka JavaScript. Dzięki systemowi typów TypeScript wspiera programistów w wykrywaniu błędów na etapie kompilacji, co zwiększa niezawodność i utrzymanie kodu w projektach. Z tego względu, jak również z uwagi na jego znajomość przez Autora pracy, został wykorzystany jako główny język projektu.

- Ionic (cli — 7.1.5)

Framework do budowy hybrydowych aplikacji mobilnych, korzystający z języków webowych takich jak HTML, CSS i JavaScript bądź TypeScript. Ionic CLI ułatwia tworzenie, testowanie i wdrażanie aplikacji mobilnych na różne platformy, na podstawie jednego, wspólnego kodu źródłowego. Wybrano tę technologię z uwagi na jej uniwersalność pomiędzy platformami, oferującą potencjalne dalsze kierunki rozwoju projektu, jak również zaznajomienie Autora pracy z podobnymi technologiami.

- Capacitor (core — 5.4.0)

Narzędzie do budowy natywnych aplikacji mobilnych, przy użyciu technologii webowych. Capacitor umożliwia dostęp do funkcji natywnych urządzeń jak na przykład aparatu czy mikrofonu. Współgra on z frameworkiem Ionic, celem dostarczania aplikacji na urządzenia z systemami Android i iOS.

- Vue.js (3.2.45)

Progresywny framework JavaScript do budowy interfejsów użytkownika. Vue.js umożliwia łatwe tworzenie interaktywnych interfejsów, dzięki deklaratywnemu podejściu do komponentów i reaktywnemu systemowi danych. Był on tworzony z myślą o przystępności i intuicyjności — i z tego względu został wybrany do wykorzystania w połączeniu z Ionic.

- Pinia (2.1.4)

Biblioteka do zarządzania stanem globalnym aplikacji. Stanowi następstwo Vuex store — jako dedykowana dla Vue.js. Umożliwia ona również korzystanie z narzędzi deweloperskich pozwalających śledzić zmiany stanu aplikacji.

- Ionic Storage (4.0.0)

Moduł do przechowywania danych w aplikacjach Ionic. Umożliwia przechowywanie i pobieranie danych w aplikacjach mobilnych, zapewniając prosty interfejs do manipulacji danymi, przy użyciu par klucz—wartość.

- Biblioteki JavaScript do obsługi notatek:

SortableJs — dla umożliwienia wygodnej organizacji przestrzennej,

Wavesurfer.js — wizualizujący przebieg nagrania w formie dźwiękowej,

ABCjs — renderujący notację nutową na podstawie tekstu.

- Środowiska i aplikacje programistyczne:

JetBrains Webstorm — główne środowisko programistyczne przygotowania projektu

GitHub oraz Git — celem realizacji kontroli wersji

Buddy CI/CD — jako narzędzie do Continuous Delivery, umożliwiające automatyczne budowanie projektu do postaci aplikacji mobilnej.

Część praktyczna

3. Projekt aplikacji wspomagającej aranżacje muzyczne

3.1. Architektura aplikacji

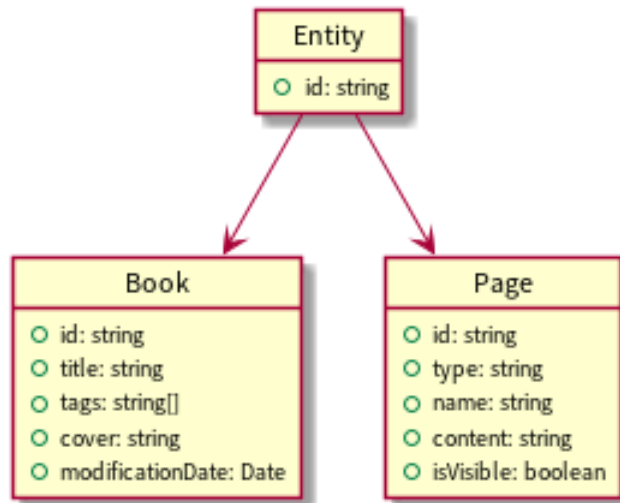
Jako model architektury aplikacji przyjęto architekturę warstwową. Pozwala ona odseparować zadania wykonywane przez poszczególne komponenty aplikacji, ułatwiając utrzymanie kodu. Jest to osiągane poprzez rozgraniczenie zadań realizowanych przez poszczególne warstwy. Architektura warstwowa charakteryzuje się hierarchicznym układem komponentów, co przekłada się na zwiększenie przejrzystości kodu. W ramach projektu zastosowano trzy warstwy podziału:

- Warstwa dostępu do danych — odpowiadająca za komunikację z bazą przy użyciu modelu encji.
- Warstwa logiki biznesowej — obejmująca szczególnie serwisy zarządzania stanem aplikacji.
- Warstwa prezentacji — realizowana przez komponenty Vue.

3.2. Warstwa dostępu do danych

3.2.1. Modele bazodanowe

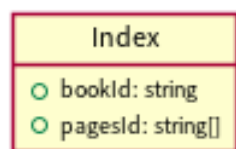
Dane użytkownika, zapisywane w aplikacji można sklasyfikować jako formę „notatek”. Zdecydowano się nadać im modułowy charakter, pozwalając w ten sposób na wykorzystywanie różnych typów notacji muzycznej w ramach określonego zbioru, który sumarycznie może opisywać aranżowany utwór. Wykorzystano stąd dwupoziomowy podział obiektów. Jako pierwszy poziom przyjęto koncepcję „zeszytu do nut”, jako zbioru notatek, co przynosi stosowną nazwę wykorzystaną w kodzie źródłowym „book” (od ang. music book — *zeszyt do nut*). Idąc dalej tym tokiem, przyjęto określenie „page” (z ang. — *textitstrona*), jako odnoszące się do poziomu drugiego — pojedynczej notatki użytkownika. Obie encje implementują prosty interfejs Entity, deklarujący pole id, ułatwiając działanie serwisów zarządzających persystencją.



Rys. 1: Modele encji implementujące interfejs Entity.

Model encji Book zawiera pola: title — zawierające tytuł zeszytu, tags — przechowujące słowa kluczowe opisujące utwór, cover — będące zapisem base64 zdjęcia, ustawionego jako okładka zeszytu, oraz automatycznie ustawiane modificationDate — wskazujące na datę ostatniej modyfikacji zeszytu. Model encji page zawiera pola: type — określające typ strony, name — zawierające jej nazwę, content — przechowujące zawartość oraz isVisible — wyznaczające stan widoczności zawartości strony. Identyfikatory encji są tworzone uniformowo, jako sygnatura czasowa systemu Unix, w momencie utworzenia obiektu. Synchroniczność realizowanych przez aplikację akcji tworzących instancje obiektów gwarantuje unikatowość identyfikatorów w bazie. Po utworzeniu obiektu jego identyfikator nie podlega modyfikacji.

Jako wyznacznik powiązań między encjami Book i Page, w bazie przechowywana jest dodatkowo tablica obiektów Index. Z uwagi na jej nadrzędny charakter, nie implementuje ona od interfejsu Entity. Występuje w bazie pojedynczo, pod ustalonym kluczem „INDEX”.



Rys. 2: Model obiektu Index.

3.2.2. Serwisy zarządzające persystencją

W aplikacji zastosowano bazę danych Ionic Storage. Jest to baza typu klucz-wartość. Aby umożliwić zarządzanie obiektami zagnieżdżonymi — jako: *zeszyt* zawierać może wiele *stron* — przy zachowaniu niezależności operacji na obiektach, zastosowano trzy serwisy:

- StorageWrapper

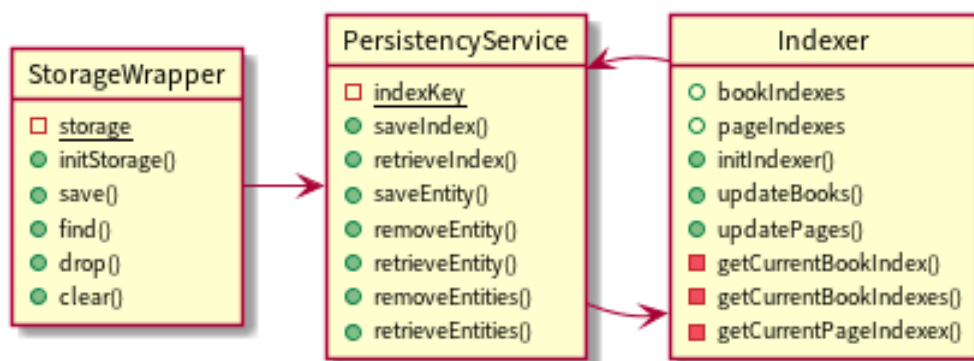
Z uwagi na charakter kluczy i wartości bazy — jako dwóch ciągów znaków — obiekty zapisywane w bazie są konwertowane do ciągów JSON. StorageWrapper *opakowuje* bibliotekę Ionic Storage, udostępniając podstawowe metody zarządzania danymi oraz konwertując przetwarzane dane na ciągi znaków JSON i odwrotnie. Jako jedyny bezpośrednio korzysta z metod oferowanych przez Ionic Storage.

- PersistencyService

Z StorageWrappera korzysta explicite PersistencyService, wykorzystujący jego metody w kontekście konkretnych obiektów. Zawiera logikę opartą o interfejs Entity, implementowany przez encje Book i Page. Odwołuje się do danych serwisu Indexer, celem identyfikacji i lokalizacji obiektów zapisanych w bazie.

- Indexer

Poza encjami Book i Page przechowywana jest również tablica obiektów Index określająca zależności między encjami. Stąd stan początkowy Indexera jest wczytywany z bazy przez PersistencyService na początku działania aplikacji. Informacje o zmianach są sygnalizowane przez serwisy zarządzania stanem aplikacji. Odpowiadając na nie, serwis Indexer zapewnia zgodność tablicy indeksów ze stanem rzeczywistym biblioteki użytkownika. W pewnym stopniu emuluje on możliwości bazy relacyjnej.



Rys. 3: Serwisy warstwy dostępu do danych.

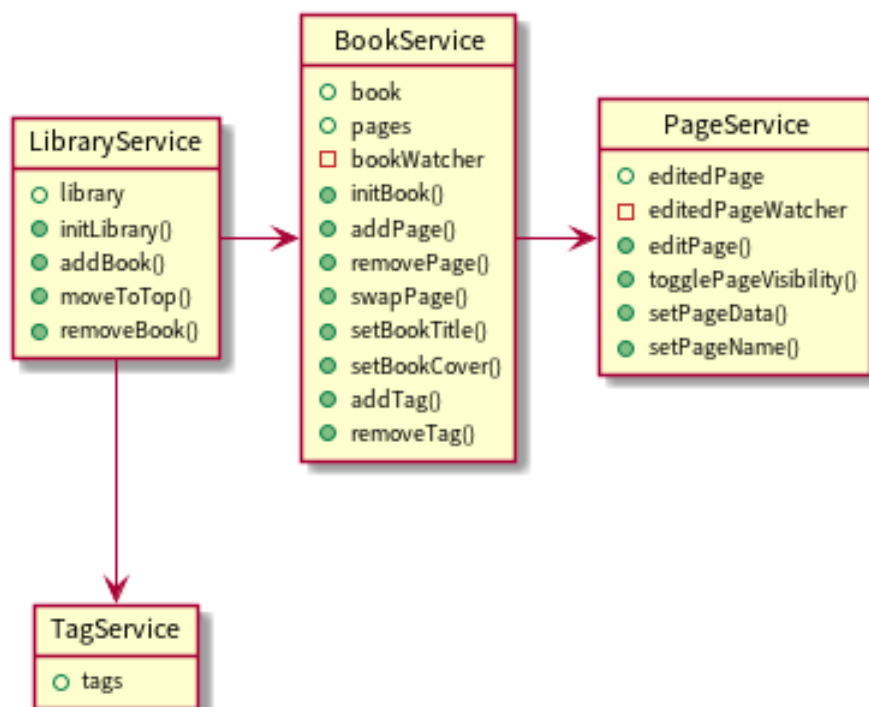
3.3. Warstwa logiki biznesowej

3.3.1. Serwisy zarządzające stanem aplikacji

Warstwę logiki biznesowej stanowią serwisy zarządzania stanem aplikacji. Wszystkie opierają się na bibliotece Pinia. Umożliwia to funkcjonowanie niezależne od komponentów Vue budujących interfejs aplikacji, udostępniając dla nich globalny stan, do którego mogą się odwoływać.

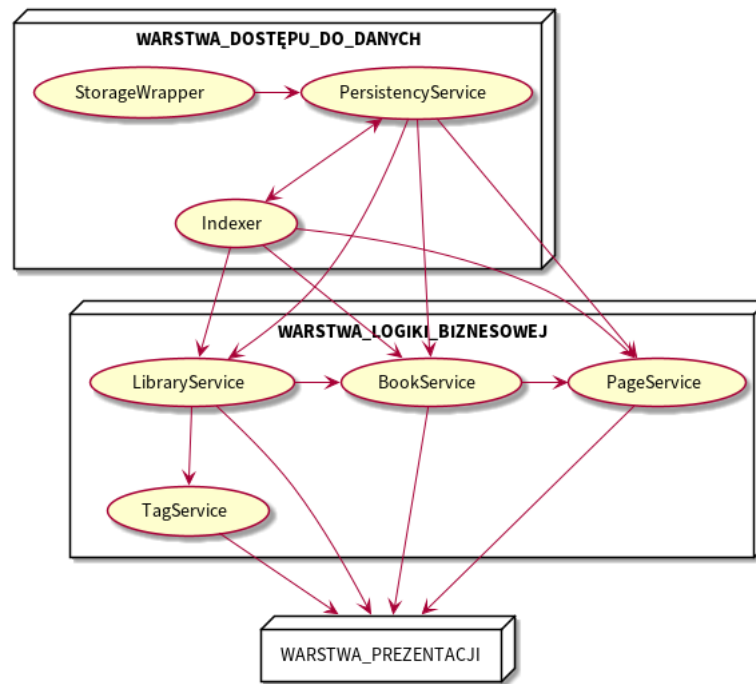
Aby rozdzielić zadania tej warstwy, serwisy zostały podzielone według domen:

- LibraryService — odpowiada za zarządzanie biblioteką zeszytów użytkownika.
- TagService — udostępnia zbiór tagów utworzonych w ramach biblioteki użytkownika, umożliwiając efektywną kategoryzację zasobów.
- BookService — odpowiada za wprowadzanie zmian w ramach wybranego zeszytu: jego danych oraz zawartości.
- PageService — odpowiada za wprowadzanie zmian w ramach stron wybranej książki.



Rys. 4: Serwisy warstwy logiki biznesowej.

Serwisy zarządzania stanem komunikują się z serwisami odpowiadającymi za persystencję danych. Umożliwia to odczyt i zapis danych w pamięci trwałej. Odczytane obiekty, dostarczane przez serwisy persystencji, są traktowane jako stan danego serwisu w ujęciu globalnym — stąd sumarycznie: stan aplikacji. Komponenty Vue mogą korzystać z tych obiektów, modyfikując je za pomocą funkcji udostępnianych przez serwisy. Taki rozdział zadań daje możliwość kontroli akcji podejmowanych przez użytkownika, co pozwala uniknąć nieoczekiwanych zdarzeń podczas działania aplikacji — mogących doprowadzić do błędów. W ramach serwisów obserwowane są zmiany globalnego stanu aplikacji, co pozwala na odzwierciedlenie ich w bazie danych. Ma to miejsce na dwóch płaszczyznach: (1) w przypadku modyfikacji danych obiektu, odpowiedzialność przekazywana jest do `PersistenceService`; (2) w przypadku modyfikacji przynależności obiektu — jako akcji tworzenia i usuwania zeszytów oraz stron, persystencja realizowana jest w koordynacji z serwisem `Indexer`. Przyjęty model działania zapewnia w ten sposób spójność danych między warstwami aplikacji.



Rys. 5: Diagram przedstawiający komunikację warstwy logiki biznesowej z warstwą dostępu do danych.

3.4. Warstwa prezentacji

3.4.1. Projekt interfejsu

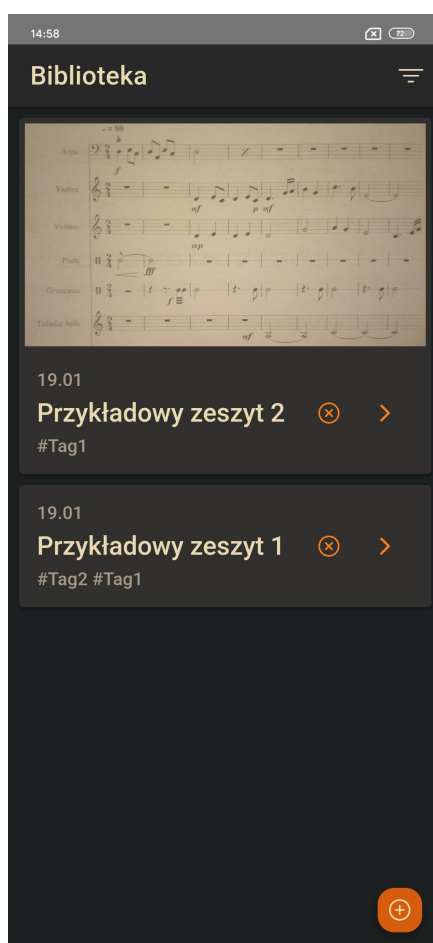
Współgrając z dwupoziomową strukturą modelu danych, projekt interfejsu obejmuje dwa widoki: widok biblioteki oraz widok zeszytu. Są one wspierane przez komponenty główne w postaci oferowanych przez framework Ionic modali oraz menu, rozszerzających funkcjonalności aplikacji. Czerpiąc inspirację ze współczesnych, popularnych koncepcji projektowania interfejsów opartych o modułowość, wizualizacja tworzonych przez użytkownika notatek realizowana jest przez komponenty kart (tu: oferowanych przez framework Ionic). Podobne rozwiązania stosowane są widoczne w przytoczonych w części teoretycznej aplikacjach — m.in. Notion. Karty szczególnie dobrze sprawdzają się enkapsulując zawartość niewielkich rozmiarów. Ich zastosowanie wizualnie oddziela od siebie poszczególne moduły. Z tych powodów przyjęto je jako kluczowe elementy kompozycji aplikacji — nadając kształt zeszytom oraz stronom.

Do edycji składu lub zawartości modułów reprezentowanych przez karty wykorzystano komponenty wysuwanych od dołu ekranu modali. Pozwalają one śledzić proces edycji na bie-

żać — zajmując jedynie część ekranu, nie przysłaniają edytowanych kart. Polepsza to również odczucie responsywności aplikacji. Zastosowano również menu, jako komponent dodatkowy, stanowiący przestrzeń edycji danych wybranego zeszytu. Proces ten zwykle nie odnosi się do innych elementów kolekcji, dlatego może być w ten sposób odseparowany od kontekstu.

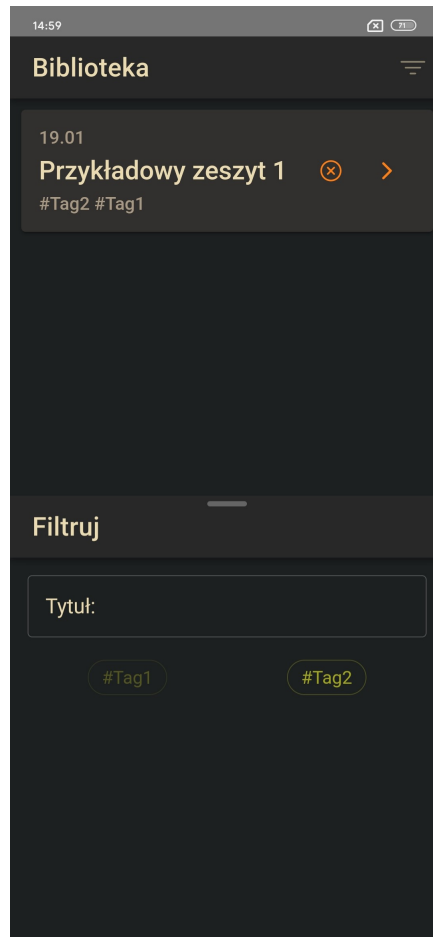
3.4.2. Implementacja widoków i komponentów głównych

Widok biblioteki umożliwia wizualizację kolekcji zeszytów użytkownika. Na kartach przedstawiających zeszyty widoczny jest tytuł, data modyfikacji oraz przypisane tagi. Jeżeli użytkownik doda do zeszytu okładkę, ułatwiającą identyfikację zeszytu w kolekcji — zostanie tu wyświetlona. Widok biblioteki umożliwia podstawowo trzy akcje: (1) Dodawanie zeszytów, realizowane przez przycisk w dolnym rogu ekranu; (2) Usuwanie zeszytów, po kliknięciu ikony usunięcia na określonej karcie; (3) Otwieranie zeszytów — przejście do widoku zeszytu, po kliknięciu dowolnego miejsca karty (symbol strzałki ma jedynie znaczenie ideowe).

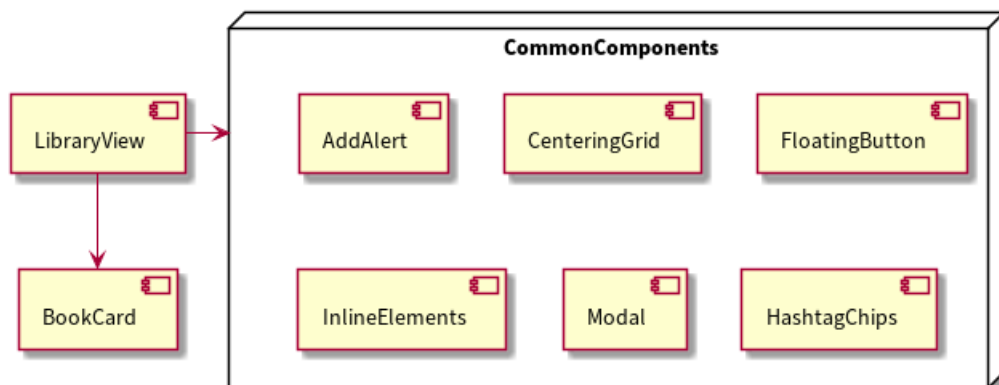


Rys. 6: Widok biblioteki.

Możliwość filtracji zeszytów realizowana jest przez modal, otwierany po kliknięciu górnego paska widoku biblioteki. Użytkownik może szukać zeszytów po ich tytułach oraz po słowach kluczowych. Wyszukiwanie po tytule jest case-insensitive.

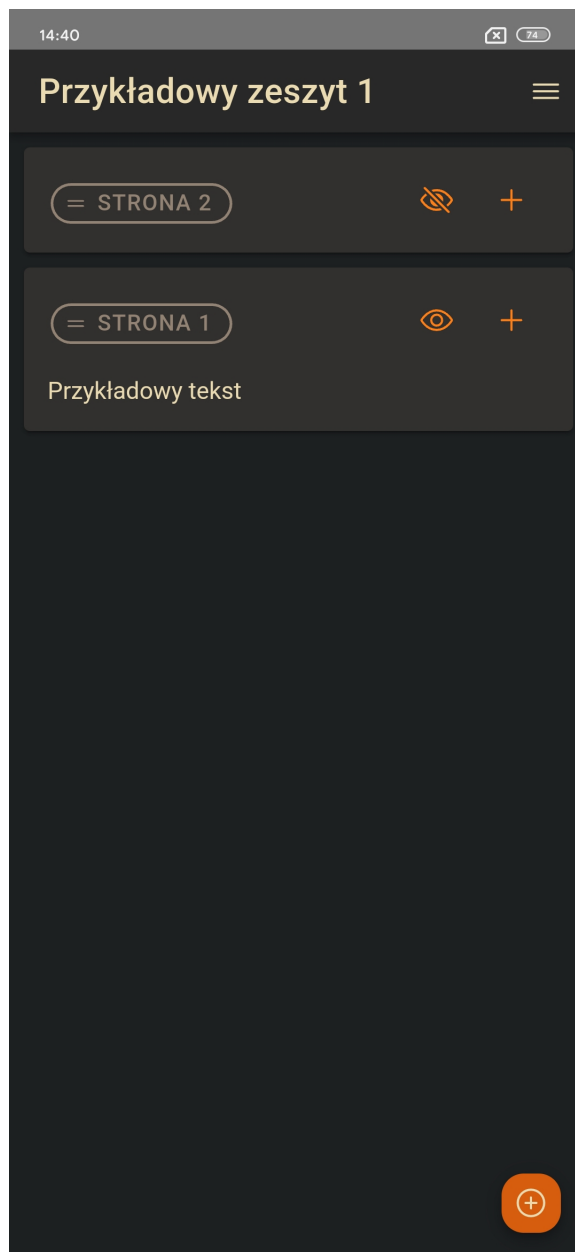


Rys. 7: Modal filtrowania.



Rys. 8: Drzewo komponentów widoku biblioteki.

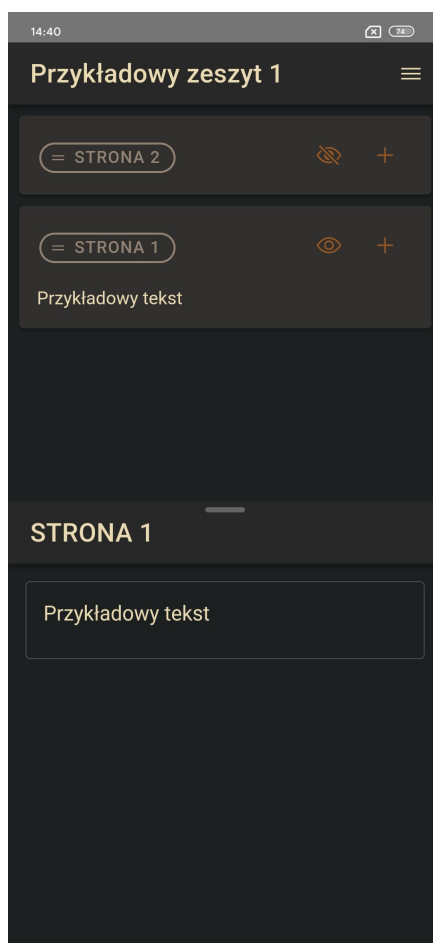
Widok zeszytu umożliwia wizualizację jego zawartości. Przycisk w rogu ekranu pozwala dodać stronę do zeszytu. Po dodaniu jest ona reprezentowana przez komponent karty. Zawartość strony może zostać ukryta, przy użyciu przycisku z symbolem oka. Przytrzymanie przycisku powoduje trwałe usunięcie strony, sygnalizowane wibracją urządzenia. Strona zawiera także przycisk umożliwiający jej przemieszczenie względem pozostałych stron. W tym miejscu wyświetla się także nazwa strony, jeżeli została nadana przez użytkownika.



Rys. 9: Widok zeszytu.

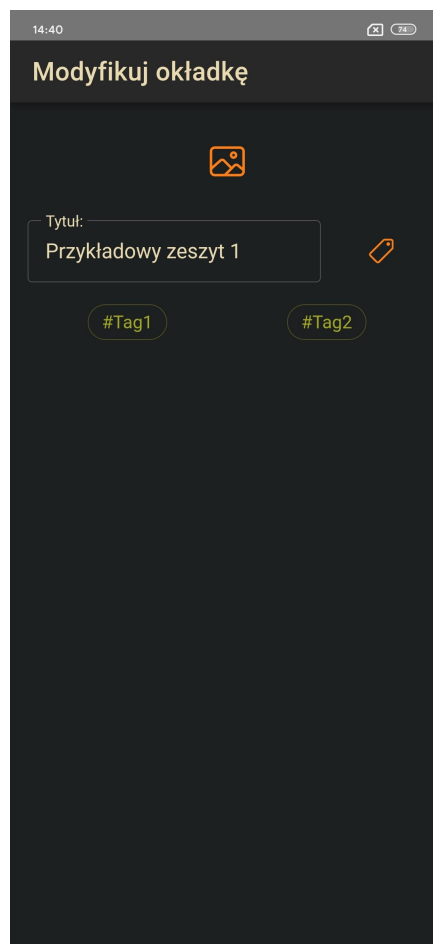
Możliwość edycji strony realizowana jest przez modal, otwierany po kliknięciu ikony

plusa. Zawartość modalu zależy od typu edytowanej strony, zawierając stosowny interfejs edycji zawartości. Każdej stronie można tu również przypisać nazwę.

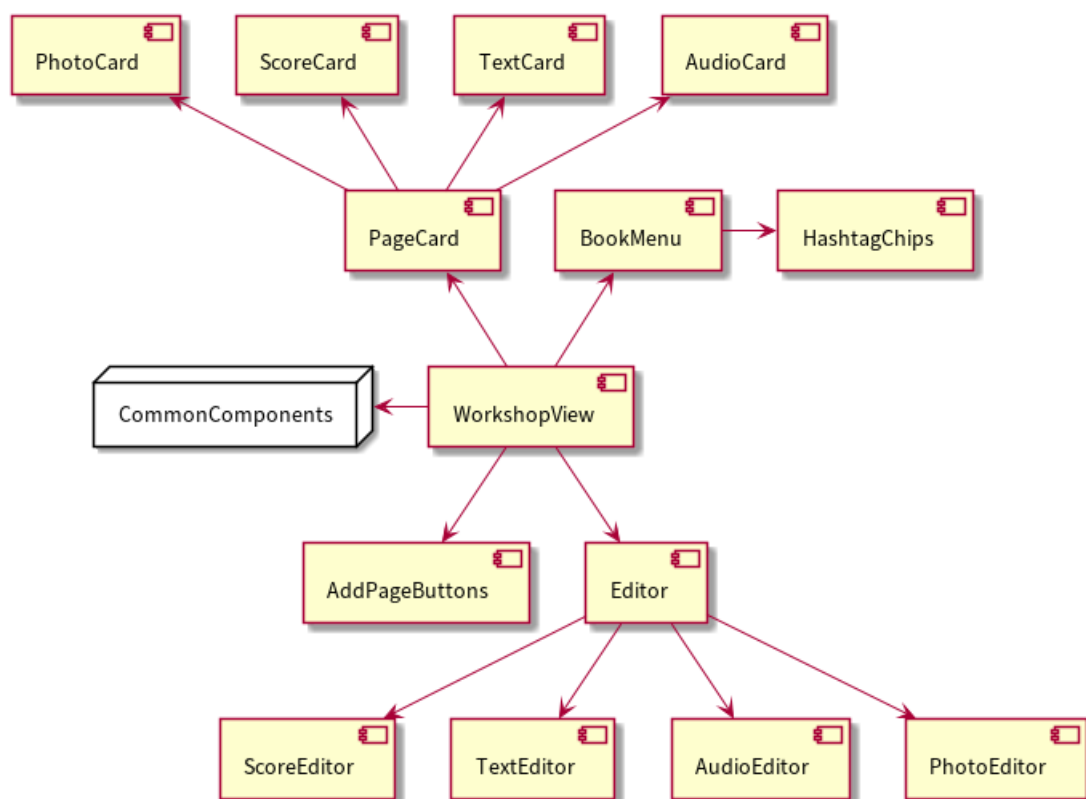


Rys. 10: Modal edycji strony.

Modyfikacja danych zeszytu umożliwiana jest przez menu, otwierane przy kliknięciu górnego paska widoku zeszytu. Przycisk z ikoną zdjęcia umożliwia dodanie okładki; kliknięcie symbolu zakładki pozwala przypisać słowo kluczowe do zeszytu. Można w tym miejscu również zmienić tytuł zeszytu.



Rys. 11: Menu edycji danych zeszytu.

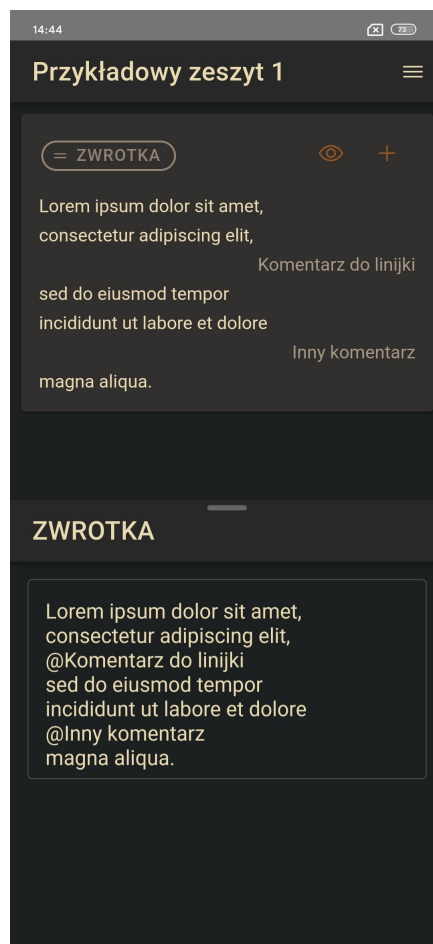


Rys. 12: Drzewo komponentów widoku zeszytu.

3.4.3. Implementacja funkcjonalności wspierających aranżację

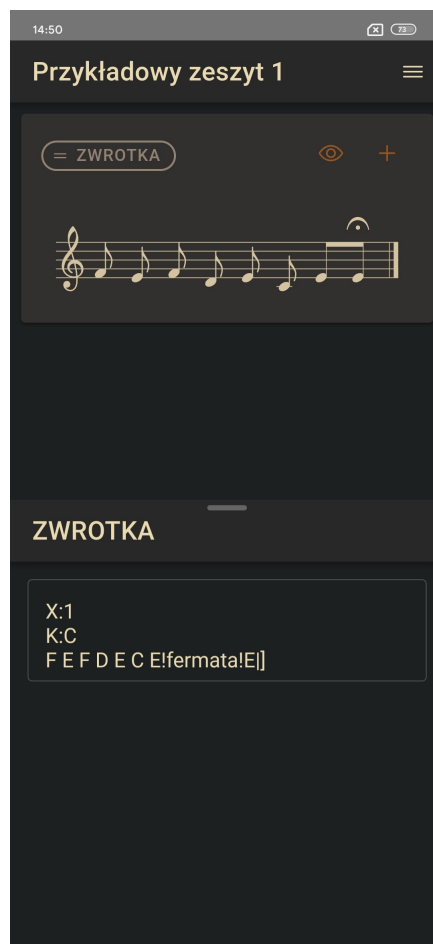
Przedstawione wcześniej komponenty stanowią „środowisko”, które umożliwia implemencję konkretnych funkcjonalności wspierających proces aranżacji muzycznej. Realizowane są one przez podział stron na cztery — zdefiniowane w wymaganiach aplikacji — typy. Charakteryzują się one odmiennym rodzajem wizualizacji oraz zróżnicowanym procesem edycji. Aby to umożliwić, komponenty główne dopasowują dynamicznie komponenty odpowiadające za wizualizację i edycję stron w zależności od ich typu. Dynamiczne dopasowanie jest realizowane dzięki zastosowaniu component-is oferowanego przez Vue.

Komponenty wizualizacji i edycji tekstu obsługują notatki tekstowe, umożliwiając dodawanie subtelnych (jako: nieodwracających uwagi) komentarzy. Podczas edycji użytkownik zapisuje notatkę w polu tekstowym. Linijka tekstu poprzedzona symbolem „@” traktowana jest jako komentarz. Aby to ułatwić, układ klawiatury przy edycji treści takiej strony ustawiony jest na tryb *e-mail*. Komentarz wyświetlany jest przy prawej krawędzi strony, mniej wyrazistą czcionką.



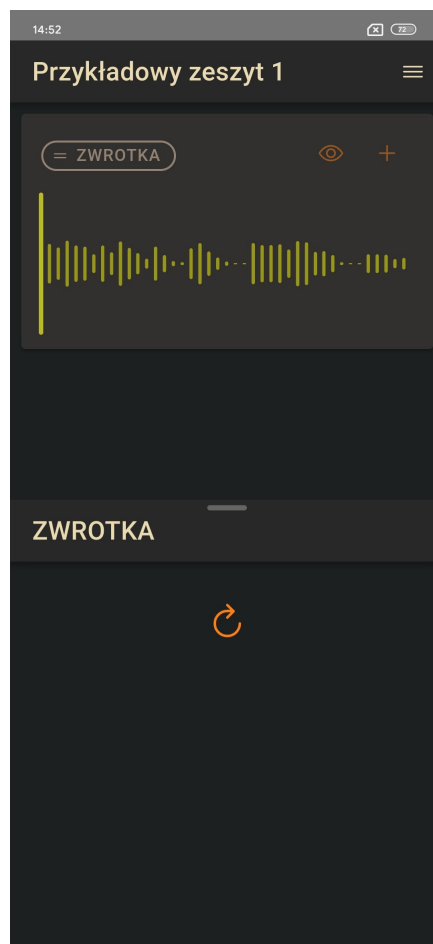
Rys. 13: Komponenty strony o typie tekstowym.

Wizualizacja zapisu nutowego realizowana jest przy użyciu biblioteki ABC.js. W ramach komponentu umożliwiającego edycję użytkownik znów zapisuje notatkę w polu tekstowym, lecz jest ona renderowana jako zapis nutowy w komponencie strony. Pomocna jest tu forma komponentu modala, jako umożliwiającego śledzenie zmian zapisu nutowego podczas jego edycji. Z uwagi na przystępną zasadę działania biblioteki ABC.js — za sprawą stosowania nazw literowych do określania nut, implementacja edytorów nut nie jest wymagana. Każda strona o tym typie jest domyślnie inicjalizowana wartościami renderującymi kluczowe elementy notacji muzycznej. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, iż użytkownik potrzebujący szerszych możliwości edytora nutowego, powinien zaznajomić się z dodatkowymi funkcjami oferowanymi przez ABC.js.



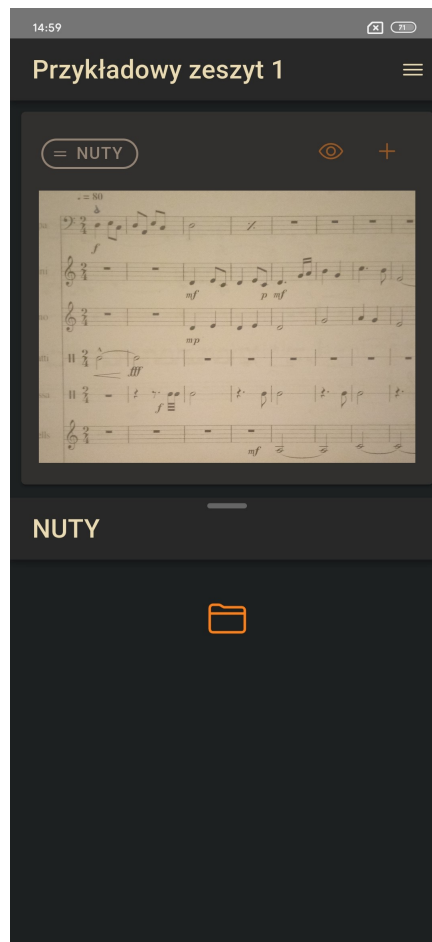
Rys. 14: Komponenty strony o typie nutowym.

Komponent edycji notatek dźwiękowych wykorzystuje do działania wtyczkę capacitor-voice-recorder. Pozwala ona nagrać dźwięk, korzystając z mikrofonu urządzenia. Po nagraniu użytkownik może ponownie edytować zawartość strony, zastępując wcześniejszy zapis dźwiękowy nowym nagraniem. Wizualizacja fali dźwiękowej, realizowana przez bibliotekę Wave-surfer.js. Umożliwia orientację w jej przebiegu oraz odtworzenie nagrania od wybranego momentu.



Rys. 15: Komponenty strony zawierającym nagranie audio.

Możliwość użycia zdjęcia jako notatki realizowana jest przez wtyczkę capacitor-file-picker, pozwalającej wybrać plik (tu: zdjęcie) z pamięci urządzenia. Wybrane zdjęcie jest wyświetlane jako zawartość strony. Edycja strony polega na możliwości zmiany wybranego zdjęcia.



Rys. 16: Komponenty strony zawierającej zdjęcie.

3.5. Continuous Integration i Continuous Delivery

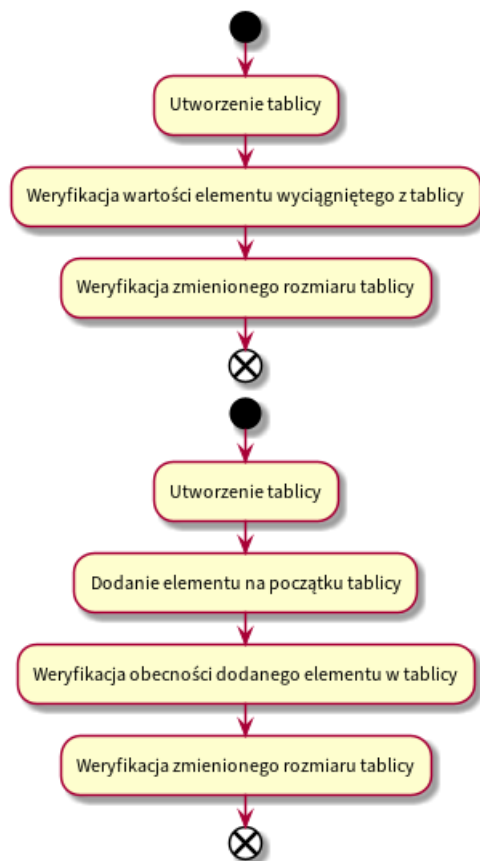
Przeprowadzenie procesu budowy aplikacji i generowania pliku APK jest realizowane przez aplikację Buddy CI/CD. Umożliwia to automatyzację tych zadań, przyspieszając proces powstawania aplikacji. W serwisie zastosowano pojedynczy pipeline, który wykonuje następujący algorytm:



Rys. 17: Algorytm Continuous Delivery realizowany przez Buddy CI/CD.

Po przygotowaniu systemu pipeline projekt jest budowany przy użyciu Ionic oraz Capacitor, do wyjściowego projektu Java. Zadeklarowane w osobnym pliku wymagane uprawnienia, pozwalające m.in. na korzystanie z mikrofonu urządzenia, są przenoszone do projektu. Wówczas ustawiana jest nazwa wyjściowego pliku APK. Za jego budowę odpowiada akcja oparta o Gradle. Plik instalacyjny aplikacji jest przenoszony do łatwo dostępnej lokalizacji, podpisywany certyfikatem oraz publikowany przez akcję push na repozytorium GitHub.

Została przygotowana także implementacja testów jednostkowych. Testowaniu podlega serwis pomocniczy ArrayHelper udostępniający metody modyfikacji tablic. Przebieg algorytmu testów można przedstawić za pomocą diagramu:



Rys. 18: Algorytm testów w ramach Continuous Integration realizowany przez Buddy CI/CD.

Algorytmy Continuous Integration i Continuous Development zostały zrealizowane w konwencji IAC, w pliku YAML.

4. Analiza otrzymanych wyników i wnioski

Bibliografia

- [1] Żmigrodzki P. (red.) *Wielki słownik języka polskiego PAN*. 2007. URL: <https://wsjp.pl>. (dostęp: 01.01.2024).
- [2] Adler S. *The Study of Orchestration*. The Study of Orchestration. W.W. Norton, 2016. ISBN: 9780393920659.
- [3] Kowalska M. *ABC historii muzyki*. Musica Iagellonica, 2005. ISBN: 8370991025.
- [4] Michels U. *Atlas Muzyki*. t. 1. Prószyński Media, 2002.
- [5] Skowron Z. Fubini E. *Historia estetyki muzycznej*. Studia et Dissertationes Instituti Musicologiae Universitatis Varsoviensis. Musica Iagellonica, 1997. ISBN: 9788370990701.
- [6] Michels U. *Atlas Muzyki*. t. 2. Prószyński Media, 2003.
- [7] Rutherford-Johnson T. *Music after the fall: Modern composition and culture since 1989*. University of California Press, 2017.
- [8] Manning P. *Electronic and Computer Music*. Oxford University Press, 2013. ISBN: 9780199746392.
- [9] Jerse T.A. Dodge C. *Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance*. Schirmer Books, 1997. ISBN: 9780028646824.
- [10] Collins N. *Introduction to Computer Music*. Wiley, 2010. ISBN: 9780470714553.
- [11] Burton S.L. Greher G.R. *Creative Music Making at Your Fingertips: A Mobile Technology Guide for Music Educators*. Oxford University Press, 2021. ISBN: 9780190078133.
- [12] Seago A. Holland S. Wilkie K. *Music and Human-Computer Interaction*. Springer London, 2015. ISBN: 9781447161271.
- [13] *Evernote*. URL: <https://evernote.com/>. (dostęp: 01.01.2024).
- [14] *OneNote*. URL: <https://www.onenote.com/>. (dostęp: 01.01.2024).
- [15] *Notion*. URL: <https://www.notion.so/>. (dostęp: 01.01.2024).
- [16] *Obsidian*. URL: <https://obsidian.md/>. (dostęp: 01.01.2024).
- [17] *Logseq*. URL: <https://docs.logseq.com/>. (dostęp: 01.01.2024).
- [18] Yiwen Li i Kun Fu. „Research on Minimalism in Interface Design Based on Gestalt Psychology”. W: *2022 International Conference on Science Education and Art Appreciation (SEAA 2022)*. Atlantis Press. 2022, s. 825–837.

Spis rysunków

1	Modele encji implementujące interfejs Entity.	21
2	Model obiektu Index.	21
3	Serwisy warstwy dostępu do danych.	23
4	Serwisy warstwy logiki biznesowej.	24
5	Diagram przedstawiający komunikację warstwy logiki biznesowej z warstwą dostępu do danych.	25
6	Widok biblioteki.	26
7	Modal filtrowania.	27
8	Drzewo komponentów widoku biblioteki.	27
9	Widok zeszytu.	28
10	Modal edycji strony.	29
11	Menu edycji danych zeszytu.	30
12	Drzewo komponentów widoku zeszytu.	31
13	Komponenty strony o typie tekstowym.	32
14	Komponenty strony o typie nutowym.	33
15	Komponenty strony zawierającym nagranie audio.	34
16	Komponenty strony zawierającej zdjęcie.	35
17	Algorytm Continous Delivery realizowany przez Buddy CI/CD.	36
18	Algorytm testów w ramach Continous Integration realizowany przez Buddy CI/CD.	37

Spis tabel