

# Spis treści

<b>Słownik pojęć</b>	<b>3</b>
<b>Wstęp</b>	<b>4</b>
<b>Cel pracy</b>	<b>5</b>
<b>Zakres pracy</b>	<b>6</b>
<b>1 Studium w zakresie problematyki procesu aranżacji muzycznej</b>	<b>7</b>
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	13
<b>2 Założenia projektowe</b>	<b>15</b>
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

<b>Część praktyczna</b>	<b>20</b>
<b>3 Projekt aplikacji wspomagającej aranżacje muzyczne</b>	<b>20</b>
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
<b>4 Analiza otrzymanych wyników i wnioski</b>	<b>37</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>38</b>
<b>Spis rysunków</b>	<b>38</b>
<b>Spis tabel</b>	<b>38</b>

## Słownik pojęć

Celem przybliżenia konceptualnego projektu aplikacji, wykorzystano szereg pojęć, odnoszących się do poszczególnych jej elementów (w nawiasach umieszczone 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

**Wstep**

...

## Cel pracy

Celem pracy jest stworzenie aplikacji mobilnej, która umożliwi zapis i organizację koncepcji utworów muzycznych podczas procesu aranżacji. W założeniach jako narzędzie mobilne, proste i oferujące użytkownikowi dowolność w wyborze sposobu notacji muzycznej utworu. Jego zadaniem jest „cyfrowa emulacja zeszytu do nut” jako rodzaju muzycznego notesu, rozszerzając jego możliwości: nie ograniczając się jedynie do zapisu nutowego oraz tekstowego, lecz wykorzystując również multimedia — jako nośniki informacji o dźwięku. Unikatowość projektu opiera się o ukierunkowanie funkcjonalności aplikacji na procesy pomijane przez współczesne oprogramowanie wspierające pracę muzyków.

## **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”. 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.

## **1.2. Rys historyczny muzyki klasycznej**

Aby zrozumieć charakter procesu aranżacji, należy przyjrzeć się rozwojowi muzyki na przestrzeni epok. Szczególnie ważne w kontekście omawianego zagadnienia jest tu ewolucja technik twórczych, jak również samej notacji muzycznej. Ukazują one ogromne zróżnicowanie podejść i sposobów pracy z muzyką.

### **1.2.1. Rozwój technik procesu twórczego muzyki**

Na początku należałoby przytoczyć charakterystykę epok w historii muzyki, z naciskiem na charakter krajobrazu muzycznego poszczególnych epok i tendencji popularnych wśród twórców.

- **Średniowiecze:**

Proces twórczy muzyków epoki średniowiecza był głęboko osadzony w liturgicznym kontekście religijnym. Znaczącą rolę ogdyrywał chorał gregoriański jako podstawa tworzonego utworów. Kompozytorzy tego okresu opierali się na zawartych w nim melodiach, wykorzystując techniki takie jak organum, melizmaty oraz schematy rytmiczne, urozmaicając ich brzmienie. Organum polegało na dodawaniu nowych dźwięków do melodii

chorału, co pozwalało tworzyć wielowarstwowe melodie; melizmaty stosowane były jako melodyczne ozdobniki. Kluczową rolę odgrywał tekst utworów.

- **Renesans:**

Punktem przełomowym dla epoki renesansu była polifonia — czyli nakładanie na siebie równoważnych głosów o odmiennych liniach melodycznych. Szczególną popularnością cieszyła się wówczas technika imitacji — naśladownictwa. Zaczęto wówczas stosować także bardziej skomplikowane rytmy, na przykład — opierające się na trójdzielności oraz nowe skale muzyczne.

- **Barok:**

Twórczość muzyków epoki baroku charakteryzowała się rozbudowaną ornamentacją. Popularne stało się basso continuo, jako metoda prowadzenia akompaniamentu, oraz technika kontrapunktu, w której kontrastujące melodie tworzyły złożone struktury dźwiękowe. Kontynuowano również eksperymenty z harmonią i dynamiką.

- **Klasycyzm:**

W okresie klasycyzmu muzyczny proces twórczy cechowała kontrastująca z barokiem precyzja i klarowność. Zaczęto stosować ścisłe formy — jak forma sonatowa — określające strukturę, tempo, charakter i układ poszczególnych części utworów. Wykorzystywane były powtarzalne motywy melodyczne; dążono do równowagi między poszczególnymi elementami składowymi utworów.

- **Romantyzm:**

W podobnym kontraście epoka romantyzmu przynosi duże oswobodzenie wyrazowe muzyki. Kluczowym elementem motywującym twórczość staje się introspekcja, stąd utwory tego okresu nasycone są indywidualizmem i wyrazistością emocjonalną. Wciąż stosowane są pewne wzorce — gatunki, jak sonata czy fantazja, ale nie są one już tak ściśle określone, stąd pojawiają się zróżnicowane eksperymenty kompozytorskie z nietypową harmonią, dynamicznymi kontrastami i rozbudowanymi frazami melodycznymi.

- **XX wiek:**

W XX wieku obserwowane jest szczególne bogactwo i różnorodność podejść do kompozycji. Pojawiają się tu zróżnicowane nurty, 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 — tu możnaby przytoczyć minimalizm. Epoka ta przynosi jeszcze jeden przełom — komputery i ich zastosowanie w muzyce, jako narzędzia twórcze, nośniki i instrumenty.

### 1.2.2. Notacja muzyczna

Na przestrzeni epok kluczowym nośnikiem pozwalającym na utrwalenie melodii była notacja. Ona również ewoluowała i zmieniała się, dostosowując się do zaawansowania rozwoju muzyki oraz potrzeb artystów. Zauważalne jest tu zróżnicowanie konceptualne zapisu melodii.

- **Starożytność:**

Najstarsza forma notacji muzycznej przypisywana jest Babilończykom (1400 rok p.n.e.), opiera się o zapis klinowy. Podobnie późniejsze odkrycia — pochodzące ze Starożytnej Grecji — również opierają się o alfabet, a także symbole określające długość dźwięku.

- **Średniowiecze:**

Pojawia się wówczas notacja dedykowana stricte muzyce — neumy. Pierwsza notacja tego typu 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 ta przynosi również specyficzny rodzaj nazewnictwa dźwięków — solmizację.

- **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 pod jego charakterystykę — przykładowo organy, lutnie itd.

- **Barok:**

Zaczyna być stosowany bas cyfrowany. Jest to notacja numeryczna określająca harmonię akompaniamentu utworów. Rola ta przypadała zwykle konkretnym instrumentom — jak na przykład klawesynowi. Zasada działania tego rodzaju notacji opierała się o akordy i relacje interwałowe pomiędzy poszczególnymi dźwiękami.

- **Klasycyzm i romantyzm:**

Epoki przynoszą dalszy rozwój standaryzowanego zapisu nutowego, celem oznaczenia ścisłej artykulacji, dynamiki i agogiki dla wykonawców utworów.

- **XX wiek:**

Muzycy zaczynają eksperymentować z zapisem muzycznym, zupełnie dostosowując go do swoich potrzeb, tworząc warstwy abstrakcji, własne „paradygmaty”, odwzorowujące eksperymentalność tworzonej przez nich muzyki.

- **Współczesność:**

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

### 1.2.3. Podsumowanie

Jak więc widać, współcześnie wykorzystuje się szeroką gamę technik i sposobów notacji muzycznej. Dostępność edukacji muzycznej oraz instrumentów przekłada się na duże zróżnicowanie „warsztatów” 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, analizując następujące po sobie nowatorskie rozwiązania programistyczne na przestrzeni lat:

- **1951 - początki zastosowania komputerów w muzyce:**

W 1951 roku inżynier komputerowy Max Mathews stworzył pierwszy program komputerowy do generowania dźwięku. Program ten działał na komputerze IBM 704 i otworzył 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.

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

Wprowadzenie standardu MIDI umożliwiło komunikację między różnymi instrumentami muzycznymi a komputerami, co znacząco ułatwiło produkcję i edycję muzyki przy użyciu oprogramowania. W latach 80' pojawiły się też programy takie jak SoundEdit i Sound Forge, umożliwiające edycję dźwięku. Zyskały one popularność w dziedzinie produkcji muzycznej.

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

Powstanie programów DAW, takich jak Pro Tools, Cubase, Logic Pro, Ableton Live i FL Studio, umożliwiło profesjonalistom tworzenie, edycję i produkcję muzyki na komputerach osobistych. DAW stały się kluczowym narzędziem w przemyśle muzycznym. Pojawiło się również oprogramowanie, które umożliwia emulację syntezatorów analogowych oraz samplowanie dźwięków.

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

Oprogramowanie takie jak Kontakt, Omnisphere czy Massive pozwoliło na tworzenie wirtualnych instrumentów i efektów dźwiękowych, co znacząco rozszerzyło możliwości produkcji muzycznej. Powstają programy automatyzujące procesy: Ludwig 3.0 —

tworzący automatyczne aranżacje, Transcribe — transkrybujący dźwięk na notację muzyczną, jak również cała gama mniejszych i większych projektów wspomagających muzyków w procesie twórczym.

### **1.3.2. Aplikacje mobilne**

Współcześnie, przy wzroście możliwości smartfonów należałoby oczekiwać również wzrostu ich zastosowań w dziedzinie muzyki. Rynek jednak oferuje dość nieliczne takie rozwiązania — często nastawione na wykonywanie pojedynczych, prostych czynności. Za przykład może posłużyć tu Maestro — umożliwiający tworzenie zapisu nutowego lub aplikacje służące za metronomy.

Znaczący potencjał aplikacji mobilnych jest jednak widoczny na przykładzie Garage-Band. Jest to w zasadzie pełne DAW, pozwalające 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.

### **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. Jednak elementy procesu aranżacji dokonywanej przez muzyków, wiążące się z mnogością pomysłów i licznych zmian — nieczęsto są wspierane przez rozwiązania programistyczne.

## **1.4. Rozwiązania oferowane przez inne aplikacje niepowiązane z procesem aranżacji**

Aby odpowiedzieć na poruszony wyżej problem, konieczna jest analiza oprogramowania przynoszącego rozwiązania problemów o podobnym charakterze. Najbliższym przykładem będzie tu oprogramowanie umożliwiające tworzenie notatek. Na poniższych przykładach, można zaobserwować rozwój przełomowych — a współcześnie kluczowych — funkcjonalności oferowanych przez aplikacje z tej kategorii:

- **1987 - Lotus Agenda:**

Lotus Agenda, stworzony przez firmę Lotus Development Corporation oparty, był jednym z pierwszych programów do zarządzania notatkami. Umożliwiał użytkownikom tworzenie notatek, organizowanie ich w kategorie i przeszukiwanie.

- **2000 - EverNote:**

Evernote, założone przez Stepana Pachikova, stało się jednym z najbardziej rozpoznawalnych narzędzi do tworzenia notatek. Aplikacja pozwala na tworzenie notatek w różnych formatach, w tym tekst, obrazy, dźwięki, oraz synchronizację ich między różnymi urządzeniami.

- **2003 - Microsoft OneNote:**

Microsoft OneNote (pierwotnie OneNote 2003), zyskał popularność jako narzędzie do tworzenia notatek w systemie Windows. W kolejnych edycjach umożliwiał użytkownikom innowacyjne organizowanie notatek w ramach „tablicy”.

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

Zmiana kierunku rozwoju aplikacji, wejście na rynek aplikacji mobilnych doprowadziła do ogromnego wzrostu popularności Evernote, co ukazało duży potencjał aplikacji do notowania, będących zawsze „pod ręką” użytkowników. Inne aplikacje również podążają za tym trendem.

- **2013 - Notion:**

Znaczącą innowację przynosi Notion, oferując dotąd niespotykany wachlarz możliwości. Stanowi kolejny krok w ewolucji aplikacji do notowania — jako tzw. personalna baza

wiedzy (eng. „Personal Knowledge Base”) O ile sama aplikacja charakteryzuje się stosunkową prostotą, o tyle — jest to swoista „piaskownica danych”, dowolnie organizowanych i personalizowanych przez użytkownika, przy użyciu notatników, kalendarzy i tabel.

- **2020 - Obsidian, Logseq:**

Kolejnym przełomowym krokiem rozwoju jest Obsidian. Charakteryzuje się większą prostotą od Notion, gdyż działa w oparciu o pliki markdown, jednak użytkownik może go dowolnie dostosować do swych potrzeb m.in. za sprawą wtyczek. W ślad za nim podąża Logseq, oprogramowanie Open-Source, które opiera się grafy i listy punktowane.

Na przykładzie najnowszych aplikacji, widoczna jest tendencja, oddawania w ręce użytkowników prostych narzędzi, które mogą być w możliwie szeroki sposób wykorzystane przez użytkownika — zgodnie z jego zamysłem i stylem pracy. Należałoby w tym miejscu odnotować także kluczowe cechy współczesnych aplikacji do notowania: mobilność, elastyczność i możliwość organizacji. 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. Warto tu jednak zwrócić uwagę, że znacząca część współczesnych rozwiązań umożliwia również wizualną || przestrzenną organizację 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 [1]. 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

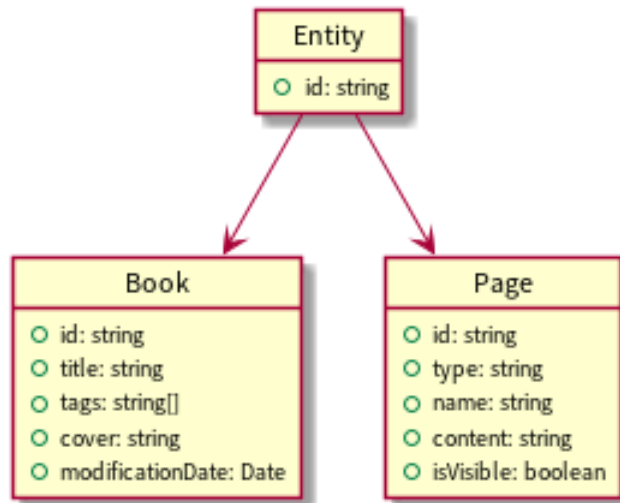
Jako model architektury aplikacji przyjęto architekturę warstwową. Pozwala ona odseparować zadania wykonywane przez poszczególne komponenty aplikacji, ułatwiając utrzymanie kodu. Jest to osiągane poprzez rozgraniczenie zadań realizowanych przez poszczególne warstwy. Architektura warstwowa charakteryzuje 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

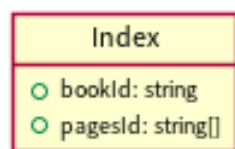
Dane użytkownika, zapisywane w aplikacji można sklasyfikować jako formę „notatek”. Zdecydowano się nadać im modułowy charakter, pozwalając w ten sposób na wykorzystywanie różnych typów notacji muzycznej w ramach określonego zbioru, który sumarycznie może opisywać aranżowany utwór. Wykorzystano stąd dwupoziomowy 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

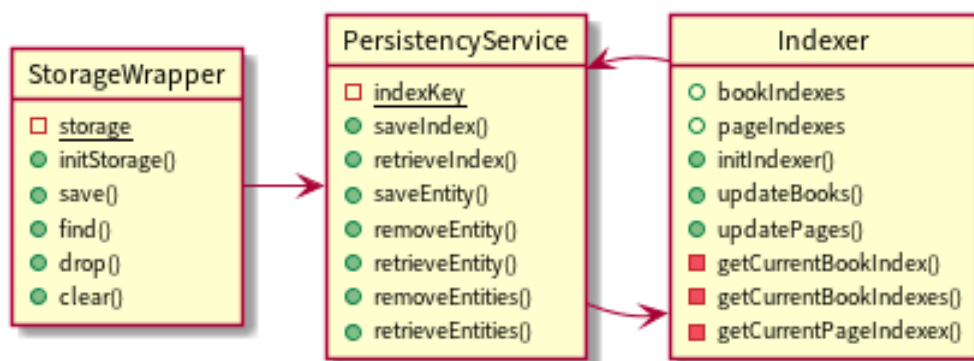
Z uwagi na charakter kluczy i wartości bazy — jako dwóch ciągów znaków — obiekty zapisywane w bazie są konwertowane do ciągów JSON. StorageWrapper *opakowuje* bibliotekę Ionic Storage, udostępniając podstawowe metody zarządzania danymi oraz konwertując przetwarzane dane na ciągi znaków JSON i odwrotnie.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

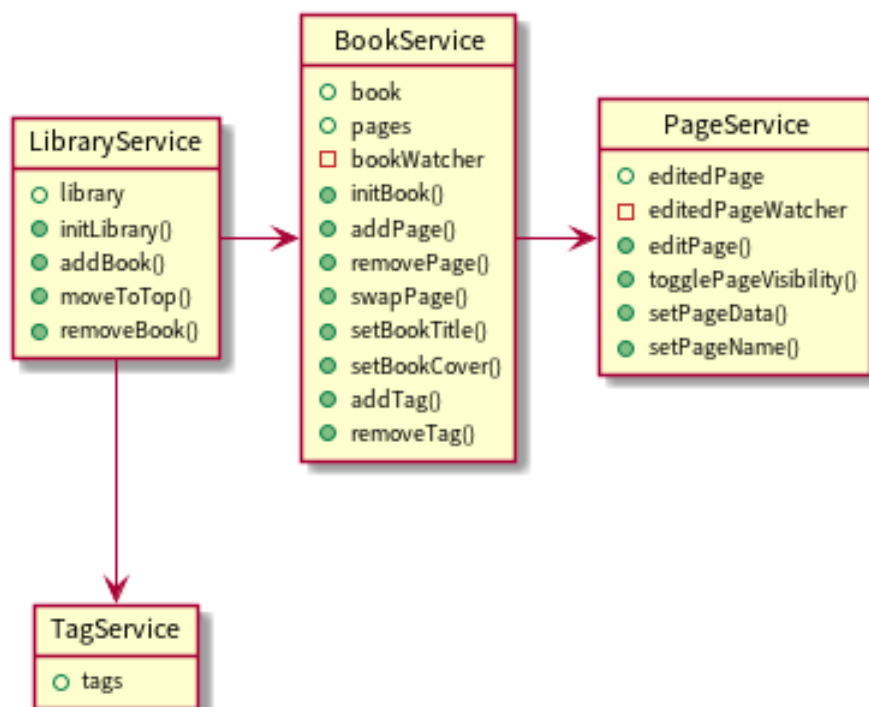
### 3.3. Warstwa logiki biznesowej

#### 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:

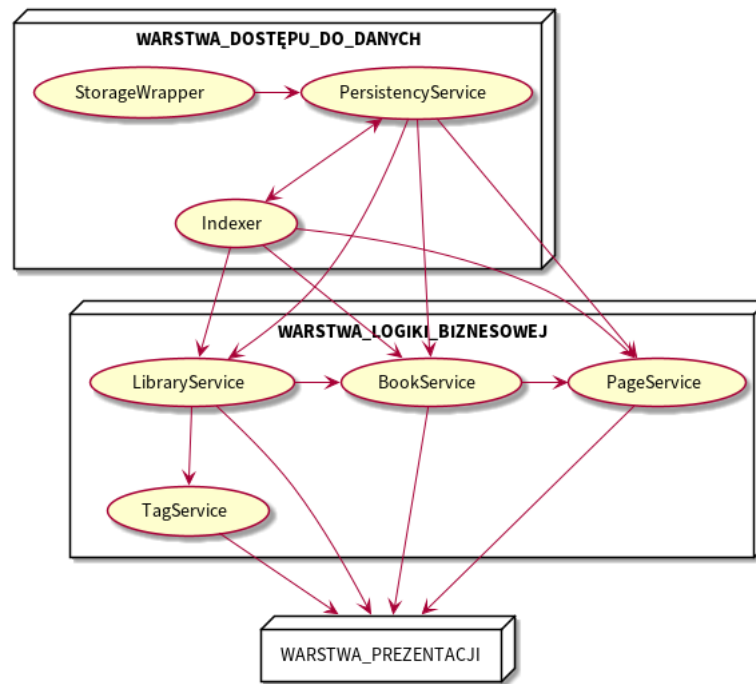
- LibraryService — odpowiada za zarządzanie biblioteką zeszytów użytkownika.
- TagService — udostępnia zbiór tagów utworzonych w ramach biblioteki użytkownika, umożliwiając efektywną kategoryzację zasobów.
- BookService — odpowiada za wprowadzanie zmian w ramach wybranego zeszytu: jego danych oraz zawartości.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

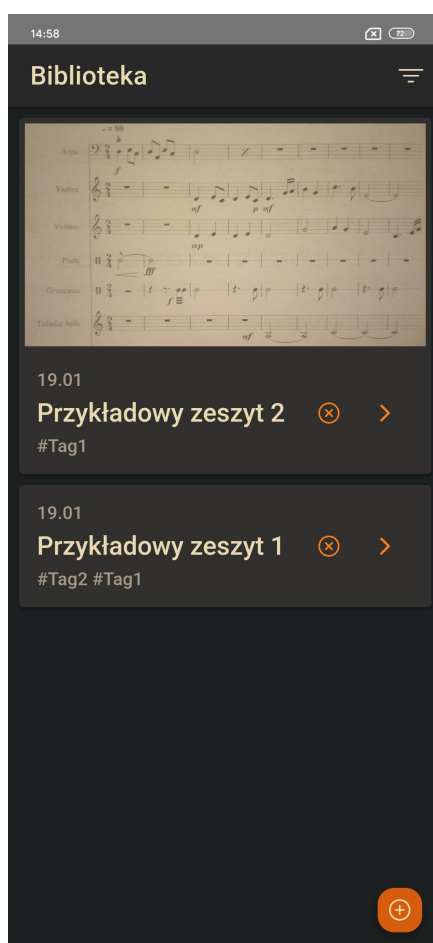
Współgrając z dwupoziomową strukturą modelu danych, projekt interfejsu obejmuje dwa widoki: widok biblioteki oraz widok zeszytu. Są one wspierane przez komponenty główne w postaci oferowanych przez framework Ionic modali oraz menu, rozszerzających funkcjonalności aplikacji. Czerpiąc inspirację ze współczesnych, 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 — nadające 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-

żaćo — zajmując jedynie część ekranu, nie przysyłają 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.

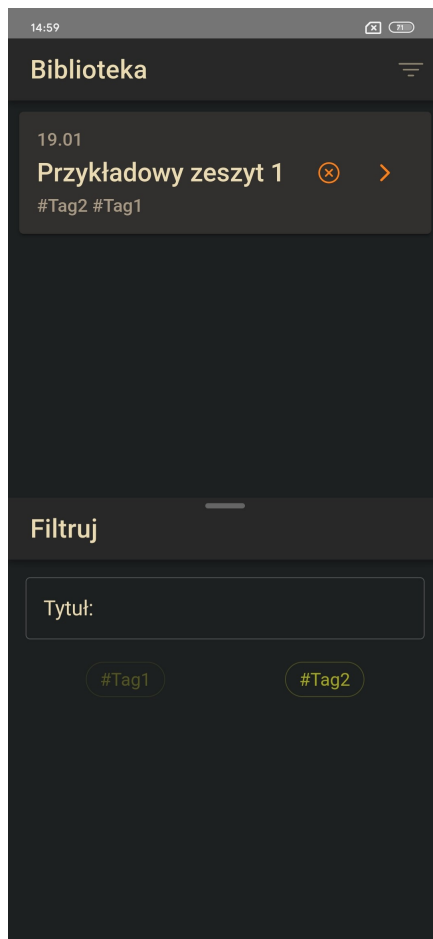
### 3.4.2. Implementacja widoków i komponentów głównych

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).

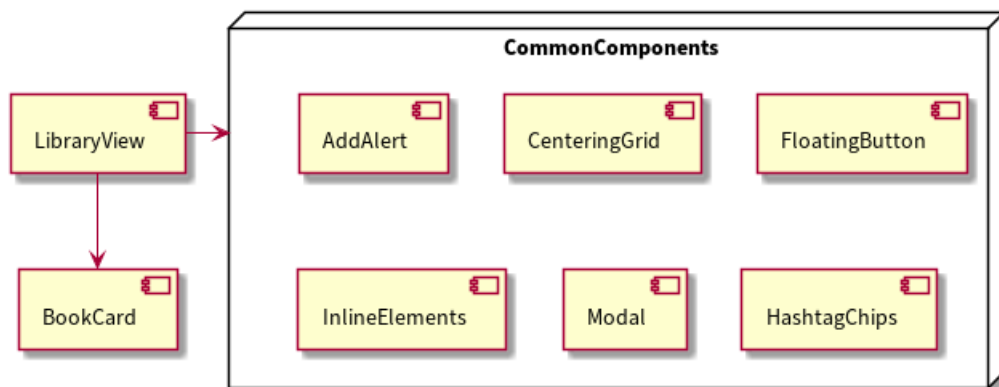


Rys. 6: Widok biblioteki.

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.

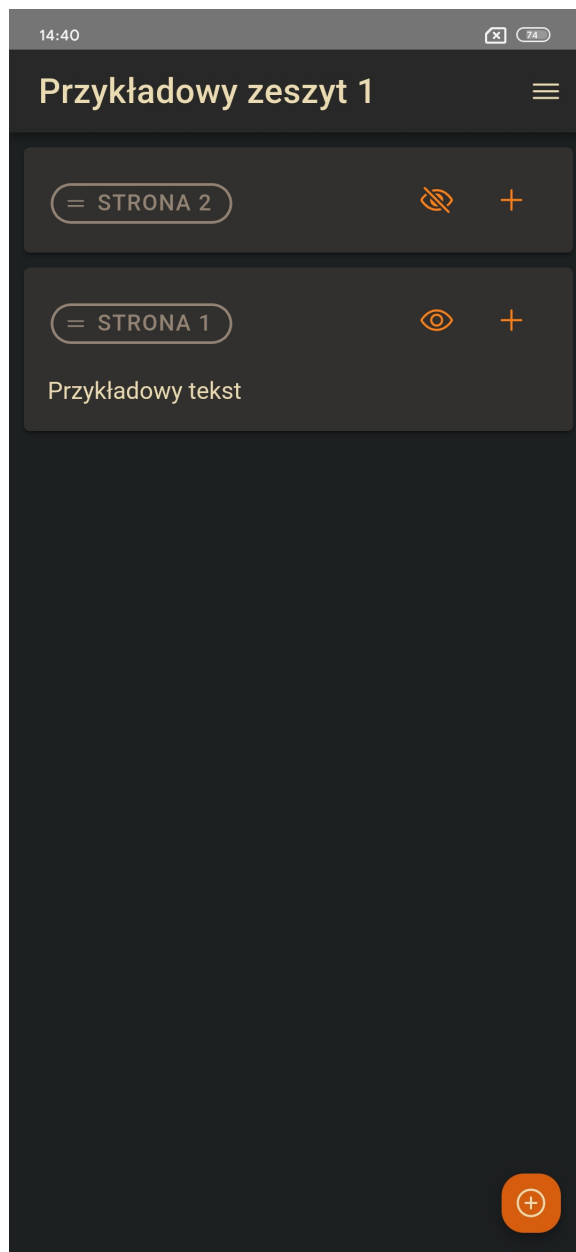


Rys. 7: Modal filtrowania.



Rys. 8: Drzewo komponentów widoku biblioteki.

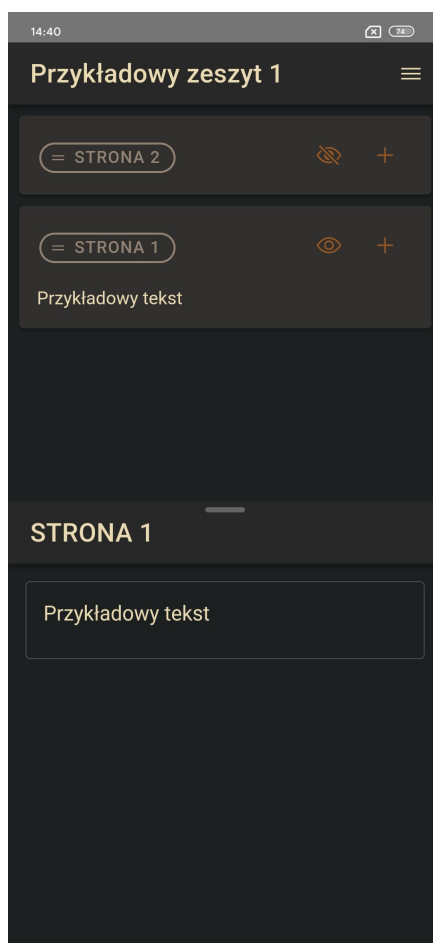
Widok zeszytu umożliwia wizualizację jego zawartości. Przycisk w rogu ekranu pozwala dodać stronę do zeszytu. Po dodaniu jest ona reprezentowana przez komponent karty. Zawartość strony może zostać ukryta, przy użyciu przycisku z symbolem oka. Przytrzymanie przycisku powoduje trwałe usunięcie strony, 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.

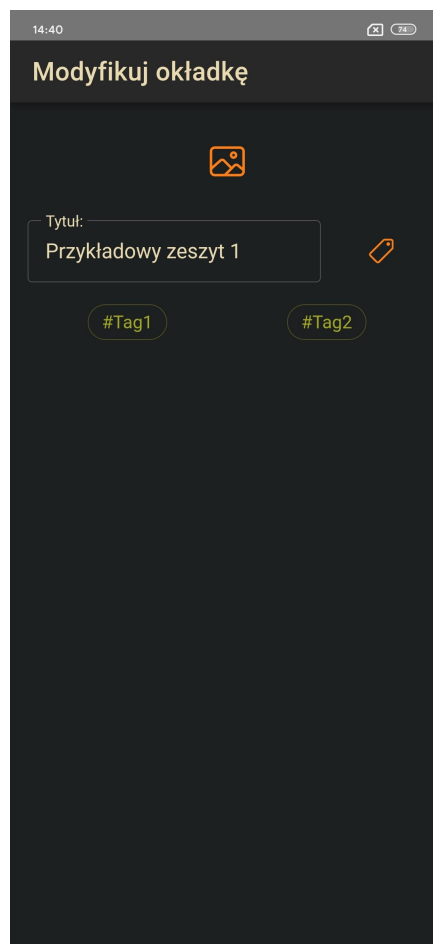
Możliwość edycji strony realizowana jest przez modal, otwierany po kliknięciu ikony

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

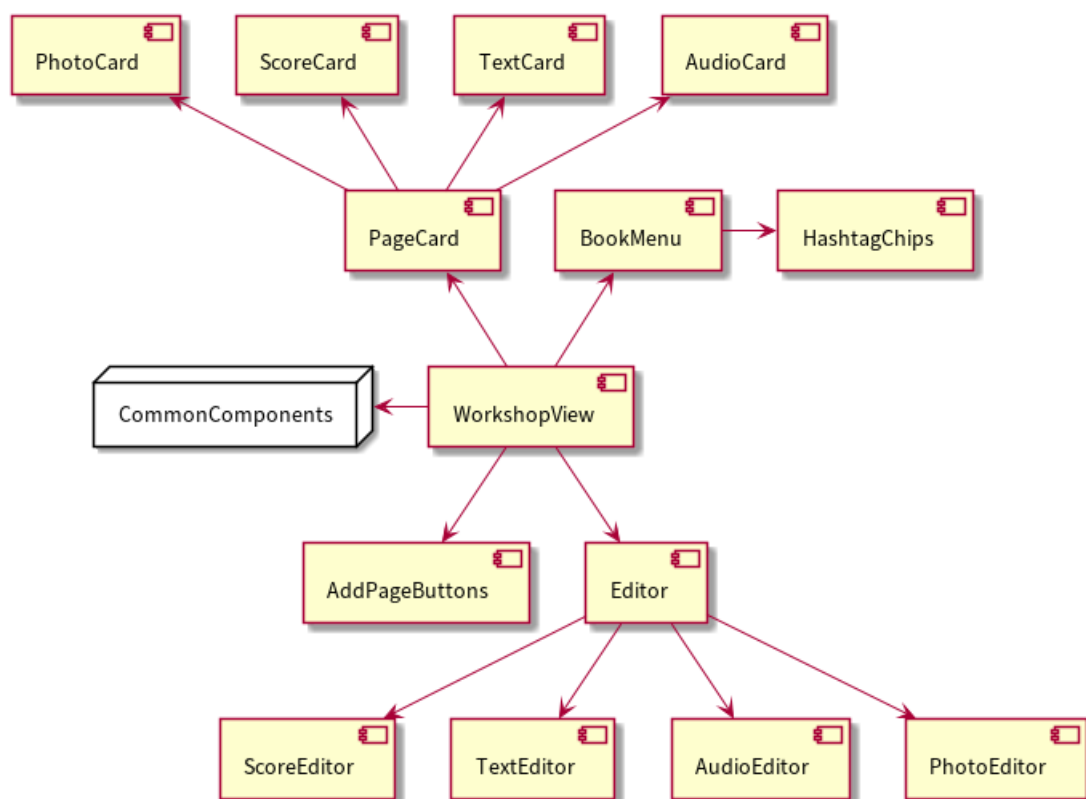


Rys. 10: Modal edycji strony.

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.

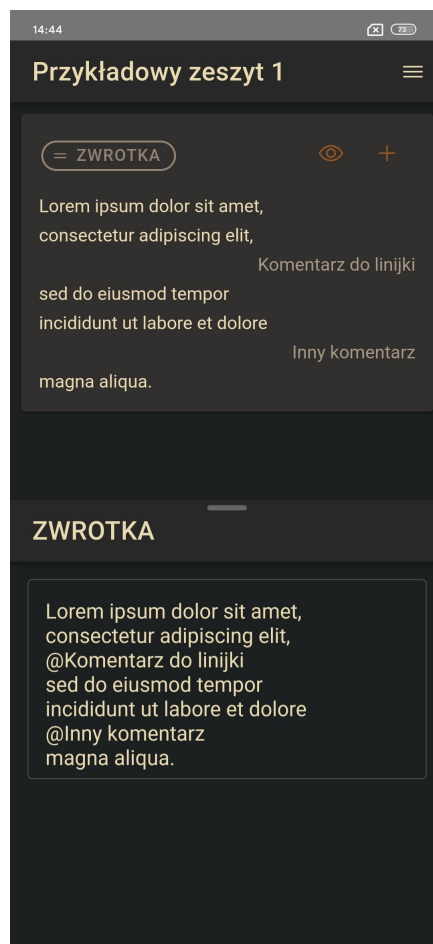


Rys. 12: Drzewo komponentów widoku zeszytu.

### 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.

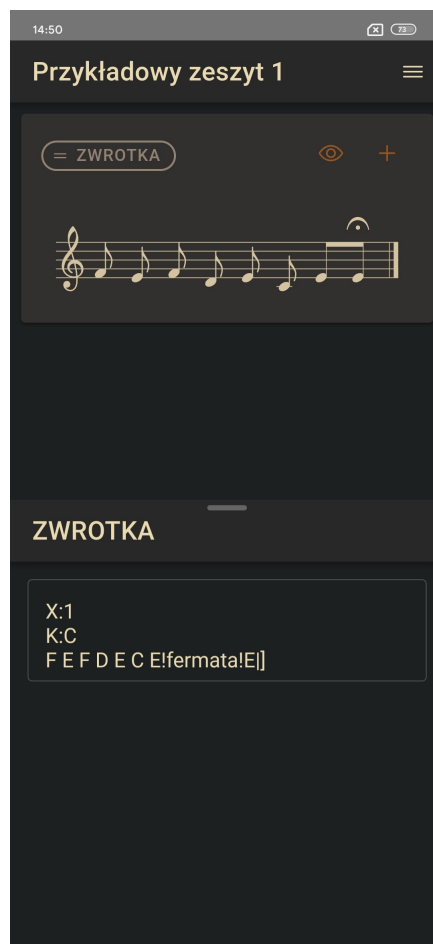
Komponenty wizualizacji i edycji tekstu obsługują notatki tekstowe, umożliwiając dodawanie subtelnych (jako: nieodwracających uwagi) komentarzy. Podczas edycji użytkownik zapisuje notatkę w polu tekstowym. Linijka tekstu poprzedzona symbolem „@” traktowana jest jako komentarz. Aby to ułatwić, układ klawiatury 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.

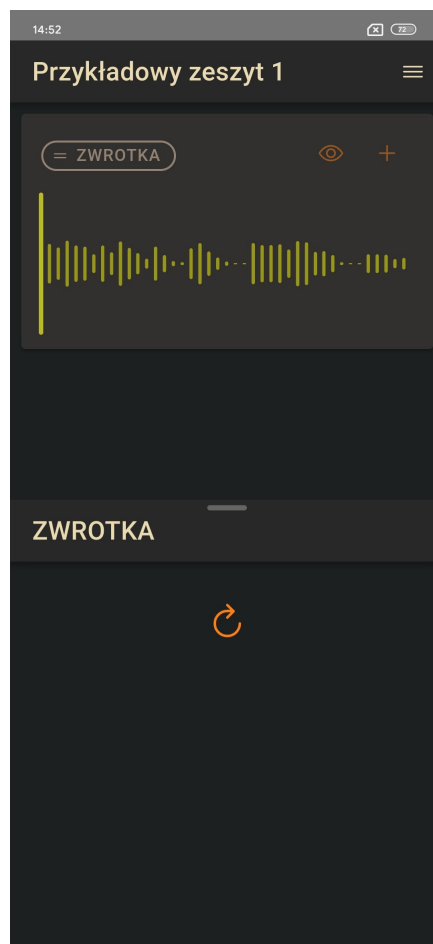
Wizualizacja zapisu nutowego realizowana jest przy użyciu biblioteki ABC.js. W ramach komponentu umożliwiającego edycję użytkownik znów zapisuje notatkę w polu tekstowym, lecz jest ona renderowana jako zapis nutowy w komponencie strony. Pomocna jest tu forma komponentu modala, jako umożliwiającego śledzenie 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.





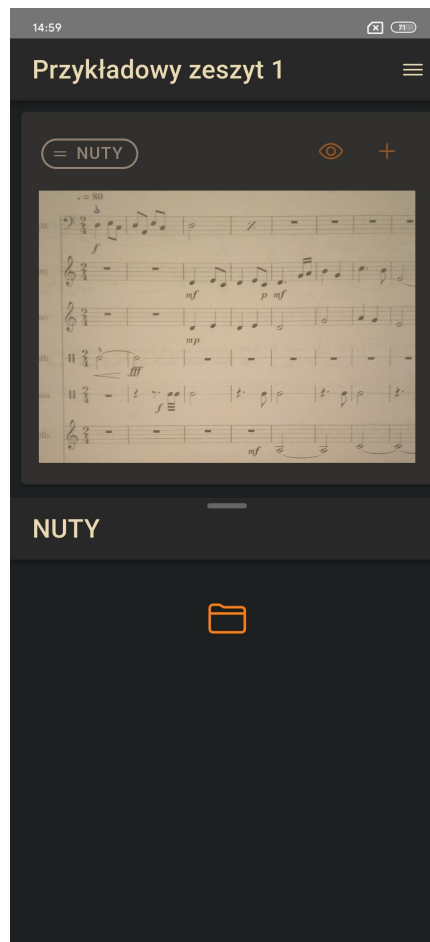
Rys. 14: Komponenty strony o typie nutowym.

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 Continous 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.

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

#### **4. Analiza otrzymanych wyników i wnioski**

## Bibliografia

- [1] 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 Continuous Delivery realizowany przez Buddy CI/CD. . . . .	36

## **Spis tabel**