

WYDZIAŁ PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TECHNIKI
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

FRAMEWORK E-COMMERCE

PRZEMYSŁAW MAGIERA
NR INDEKSU: 229773

Praca inżynierska napisana
pod kierunkiem
dr inż. Wojciecha Macyny



Politechnika
Wrocławska
WROCŁAW 2018

Spis treści

1	Wstęp	1
1.1	Słowniczek	2
2	Analiza problemu	3
2.1	Charakterystyka problemu	3
2.2	Proponowane rozwiązania - wymagania funkcjonalne	4
3	Projekt systemu	7
3.1	Grupy użytkowników	7
3.2	Przypadki użycia	8
3.2.1	Dynamiczna tabela encyjna	12
3.2.2	Dynamiczny formularz encyjny	12
3.2.3	Manipulacja produktem	12
3.3	Diagramy aktywności	13
3.3.1	Wyszukiwanie cech produktu	13
3.3.2	Konstrukcja zapytania dynamicznego Apache Solr	14
3.3.3	Konstrukcja dynamicznej tabeli encyjnej	14
3.3.4	Konstrukcja dynamicznego formularza encyjnego	16
3.3.5	Podsumowanie diagramów aktywności	19
3.4	Diagramy sekwencji	21
3.4.1	Zmiana właściwości dowolnej encji	21
3.4.2	Modyfikacja dowolnej relacji encji	21
3.4.3	Dodanie dowolnej encji na przykładzie atrybutu klasyfikacyjnego	23
3.4.4	Wyszukiwanie produktu	23
3.4.5	Proces zakupowy	23
3.5	Diagramy klas	25
3.5.1	Konfigurowalne menu	25
3.5.2	Dynamiczna tabela encyjna	26
3.5.3	Dynamiczny formularz encyjny	27
3.5.4	Model systemu klasyfikacyjnego	29
3.5.5	Warstwa serwisowa systemu klasyfikacyjnego	29
3.5.6	Warstwa kontrolerów systemu klasyfikacyjnego	30
3.5.7	Struktura uprawnień w panelu administracyjnym	30
3.5.8	Indeksacja i wyszukiwanie produktów	32
3.5.9	Proces zamówienia	33
3.6	Projekt bazy danych	34
3.6.1	Menu w panelu administracyjnym	34
3.6.2	System klasyfikacyjny	35

3.6.3	Mechanizm uprawnień	35
3.6.4	Proces zakupowy	36
3.6.5	Połączenie bazy relacyjnej z płaską strukturą noSQL Apache Solr	38
3.6.6	System utrzymania bazy danych	38
3.6.7	Normalizacja bazy danych	38
4	Implementacja systemu	41
4.1	Opis technologii	41
4.1.1	Spring Framework/Spring Boot	41
4.1.2	Hibernate/JPA 2.1	41
4.1.3	Spring Data	41
4.1.4	Apache Solr	41
4.2	Omówienie kodów źródłowych	42
5	Wdrożenie i prezentacja działania	45
5.1	Konfiguracja i instalacja aplikacji	45
5.2	Prezentacja działania	46
6	Podsumowanie	53
	Bibliografia	55
A	Zawartość płyty CD	57

Wstęp

Celem niniejszej pracy dyplomowej jest zaprojektowanie i zaimplementowanie frameworku służącego do usprawnienia implementacji systemów e-commerce. Istnieje wiele rozwiązań tego typu, jednak bardzo duża część z nich nie oferuje satysfakcjonujących parametrów wydajnościowych, przez co platformy oparte o takie frameworki są często bardzo powolne, do tego rozwijane od wielu lat wykorzystują stare rozwiązania i technologie. Prowadzi to często do niepotrzebnego skalowania pionowego aplikacji, czyli zwiększania mocy obliczeniowej. Proces ten wiąże się z bardzo dużymi kosztami, szczególnie w przypadku platform handlowych typu B2B. Zdecydowanie lepszym wyjściem okazuje się w takim przypadku jeden z dzisiejszych trendów budowania aplikacji, czyli skalowanie poziome, polegające na dzieleniu aplikacji według zastosowania poszczególnych komponentów, umieszczając niezależne jej części na serwerach dziedzinowych (architektura mikroserwisowa). Taka architektura pozwala na skalowanie tylko konkretnych, najbardziej narażonych na wzmożony ruch, elementów infrastruktury, co skutkuje bardzo dużą oszczędnością w stosunku do aplikacji monolitycznych. Budowa mikroserwisowa nie jest jednak cudownym środkiem na każdego rodzaju problemy dzisiejszych aplikacji internetowych, wiąże się z nią bowiem wiele problemów, jak chociażby integracja i synchronizacja między komponentami lub konieczność administracji bardzo złożonego środowiska. Właśnie ze względu na to ostatnie widzimy dziś tak wiele ofert pracy na stanowisko DevOps (development and operations). Wydaje się dlatego, że architektura monolityczna takiego sklepu z oddzielną warstwą przeznaczoną do obsługi katalogu produktowego (tej najbardziej obciążonej przez użytkowników) jest optymalnym rozwiązaniem problemu implementacji sklepów internetowych. Takie rozwiązanie zostało zaproponowane w niniejszej pracy.

Często dewelopment aplikacji idzie w parze z presją czasu, przez co zapomina się o jakości kodu i rozwiązaniach, które poprawiłyby wydajność i ograniczyły konieczność skalowania. Z zamkniętymi oczami podąża się za schematami i szablonami, aby dostarczyć rozwiązanie jak najszybciej, a nie jak najlepiej. Dlatego właśnie założeniem projektu w ramach pracy jest zaprojektowanie i implementacja frameworku e-commerce, który zawiera funkcjonalności wspólne dla wielu sklepów internetowych.

Praca składa się z czterech rozdziałów. Pierwszy rozdział poświęcony został na wstęp i wprowadzenie do tematu. W rozdziale drugim poddano analizie sklepy internetowe, aby zdefiniować problemy, z którymi na co dzień się spotykają. W dalszej części zaproponowano rozwiązania znalezionych problemów i zdefiniowano wymagania funkcjonalne, które zostały skojarzone z problemami. Trzeci rozdział dotyczy projektu systemu, zidentyfikowano w nim grupy użytkowników oraz przypadki użycia. W dalszej części rozdziału zaproponowano ich realizację na podstawie diagramów aktywności oraz sekwencji. Następnie implementację opisanych funkcjonalności opisano na diagramach klas oraz schemacie bazy danych. Czwarty i ostatni rozdział dotyczy implementacji systemu i użytych technologii. Pod koniec omówiono konkretny wycinek kodu źródłowego na podstawie jednej z kluczowych funkcjonalności systemu.



Słowniczek

indeksacja — proces synchronizacji pomiędzy relacyjną bazą danych, a szybką bazą noSQL, używany w systemie do encji najbardziej narzuconych na duże wykorzystanie. Dotyczy budowania indeksu w wyszukiwarce. W skrócie:

*By adding content to an **index**, we make it searchable by Solr.* [1]

facet — jest to atrybut danej encji, zazwyczaj wyszukiwalny. Używa się ich do implementacji filtrów używanych podczas wyszukiwania. Z dokumentacji Solra:

Searchers are presented with the indexed terms, along with numerical counts of how many matching documents were found were each term. Faceting makes it easy for users to explore search results, narrowing in on exactly the results they are looking for. [1]

reflection — nieskopoziomowe udogodnienie w języku Java, pozwalające na operacje i wyświetlanie właściwości klasy Javowej.

Reflection is a feature in the Java programming language. It allows an executing Java program to examine or "introspect" upon itself, and manipulate internal properties of the program. For example, it's possible for a Java class to obtain the names of all its members and display them. [8]

Analiza problemu

W tym rozdziale została przedstawiona analiza zagadnienia. Nakreślono problemy i omówiono proponowane przez system rozwiązania. Omówiono założenia funkcjonalne i нефункционалне samego systemu jak i jego podsystemów.

Charakterystyka problemu

Aplikacje webowe, a w szczególności systemy e-commerce, są często wolne. Jak więc powinny być napisane? W pierwszej kolejności muszą być dobrze przemyślane, a co za tym idzie, ich architektura powinna być przygotowana na rozszerzenia i modyfikacje. Powiedzmy, że mamy sklep internetowy, na którego bazie chcielibyśmy stworzyć jakiś inny sklep. Często jest to niemożliwe ze względu na budowę i obsługę komponentów. Dobrym przykładem problemu jest indeksowanie produktów przez mechanizm wyszukiwający.

Przykład 2.1 *W systemie istnieje klasa Product z zadeklarowanymi polami biznesowymi. Powiedzmy, że klient zażyczył sobie nowe pole o nazwie myCustomField, oczywiście ma być ono wyszukiwalne. Rozszerzamy więc klasę Produkt do MyProdukt i dodajemy pole myCustomField. Mechanizm indeksacji nie ma możliwości wyciągnąć z Produktu pola dotyczącego klasy MyProdukt, ponieważ zaprzeczałoby to zasadom polimorfizmu.*

To tylko konkretny przykład, ale warto zwrócić uwagę, że dotyczy on nie tylko produktów, ale i również jakichkolwiek encji, którymi chcemy zarządzać w systemie. To pierwszy problem rozwiązań e-commerce, które nie są oparte o elastyczne frameworki.

Kolejną problemem są tak zwane bottlenecki¹, które blokują szybkie działanie aplikacji. Przykład z życia:

Przykład 2.2 *Nasza platforma jest oparta o framework stworzony parę lat temu, do tego taki, który nie jest open-source, ma architekturę monolityczną. Nasz sklep zyskał na popularności i coraz częściej zdarzają nam się awarie związane z ograniczoną wydajnością. Najszybszą i naturalną reakcją jest dokupienie nowego serwera do obsługi większej liczby klientów, jednak wiąże się to z bardzo dużymi kosztami.*

W tym przykładzie warto zwrócić uwagę na zamknięty charakter frameworku. Brak licencji open-source często skutkuje tym, że projekt jest skazany na zamknięty cykl rozwoju (o ile w ogóle jest dalej rozwijany), ewentualne błędy nie mogą być naprawione *od ręki*. Raz napisana platforma komercyjna nie będzie po 5 latach wcale aktualna. Inaczej sprawy się mają w przypadku open-source'owych frameworków, gdzie istnieje możliwość zmiany technologii, a aktualizacje są dostępne praktycznie zawsze. To dzięki zasadzie *inversion of control*², kiedy to programista decyduje się na oddanie

¹bottleneck — wspólny punkt dla aplikacji, przez który muszą przejść użytkownicy korzystający z różnych funkcjonalności

²inversion of control – zasada odwrócenia sterowania



kontroli nad częścią swojej funkcjonalności w ręce używanego przez siebie frameworku, aktualizacja do nowszych wersji używanych technologii jest zwykle bezbolesna i opiera się głównie na zmianie wersji w pliku konfiguracyjnym.

Następny problem związany ze środowiskiem e-commerce to brak dobrych wyszukiwarek produktów na stronach. Często zdarza się, że wyszukiwarki przeszukują relacyjne bazy danych, zamiast korzystać z płaskich struktur, jakie oferują nam rozwiązania typu noSQL. Do tego nie obsługują facetów³, co sprawia trudności z wyszukaniem produktu i dopasowaniem go pod klienta, a przecież to jest główne założenie tego biznesu. Jasne i wiadome jest, że istnieją sklepy z dobrymi wyszukiwarkami, do tego mogące pochwalić się wysokim miernikiem TPS⁴. Jednakże są to rozwiązania bardzo drogie i niedostępne dla małych przedsiębiorstw. Z drugiej strony implementowanie takich funkcjonalności na własną rękę jest również bardzo drogie, a do tego skomplikowane. W tym momencie z pomocą przychodzą właśnie darmowe frameworki, jednak nie wszystkie mają pełną obsługę mechanizmu indeksującego.

Istotną sprawą w opisywanych systemach jest archiwizacja produktu bądź jej zupełny brak. Problem został opisany w poniższym przykładzie:

Przykład 2.3 Klient zakupił produkt *A* o atrybutach (*a*, *b*, *c*, *d*) w sierpniu. W październiku manager sklepu zmienił atrybuty produktu *A* na (*e*, *f*, *g*), co wpłynęło również na cenę. W listopadzie klient zdecydował się na reklamację produktu. Obsługa sklepu otrzymała zgłoszenie z *id* produktu, jednak będzie to bez sensu, gdyż atrybuty i cena uległy zmianie.

Ostatnią, nie mniej jednak ważną rzeczą, która warta jest opisanie to sposób, w jaki charakteryzuje się produkty⁵ w sklepach internetowych. Produkty należy opisywać w konsekwentny i najbardziej jednoznaczny sposób, jednak nie da się tego osiągnąć, bazując tylko na polach ewentualnej klasy Produkt, ponieważ jest to wybitnie nieelastyczne, każda zmiana wymaga wtedy trwałej ingerencji w kod i ponowny release⁶.

Powyższe problemy niektórych systemów e-commerce można sprowadzić do następujących stwierdzeń:

- architektura nieprzygotowana pod nagłe modyfikacje i rozszerzenia
- najczęściej używane punkty aplikacji nie są odseparowane od reszty
- brak dobrych wyszukiwarek i mechanizmów filtrujących
- niekonkretny i mało abstrakcyjny sposób opisu encji biznesowych
- użycie zamkniętych technologii, niekorzystanie z open-source, brak zastosowania *odwórcenia sterowania*
- brak archiwizacji produktów

Proponowane rozwiązania - wymagania funkcjonalne

Jasno zdefiniowane problemy same nasuwają pewne rozwiązania, dlatego poniżej określono listę następujących wymagań funkcjonalnych:

³wyjaśnienie terminu dostępne w sekcji **Słowniczek**

⁴TPS — *transaction per second*, ilość pełnych requestów wraz z odpowiedzią, jaką może obsłużyć serwer na sekundę.

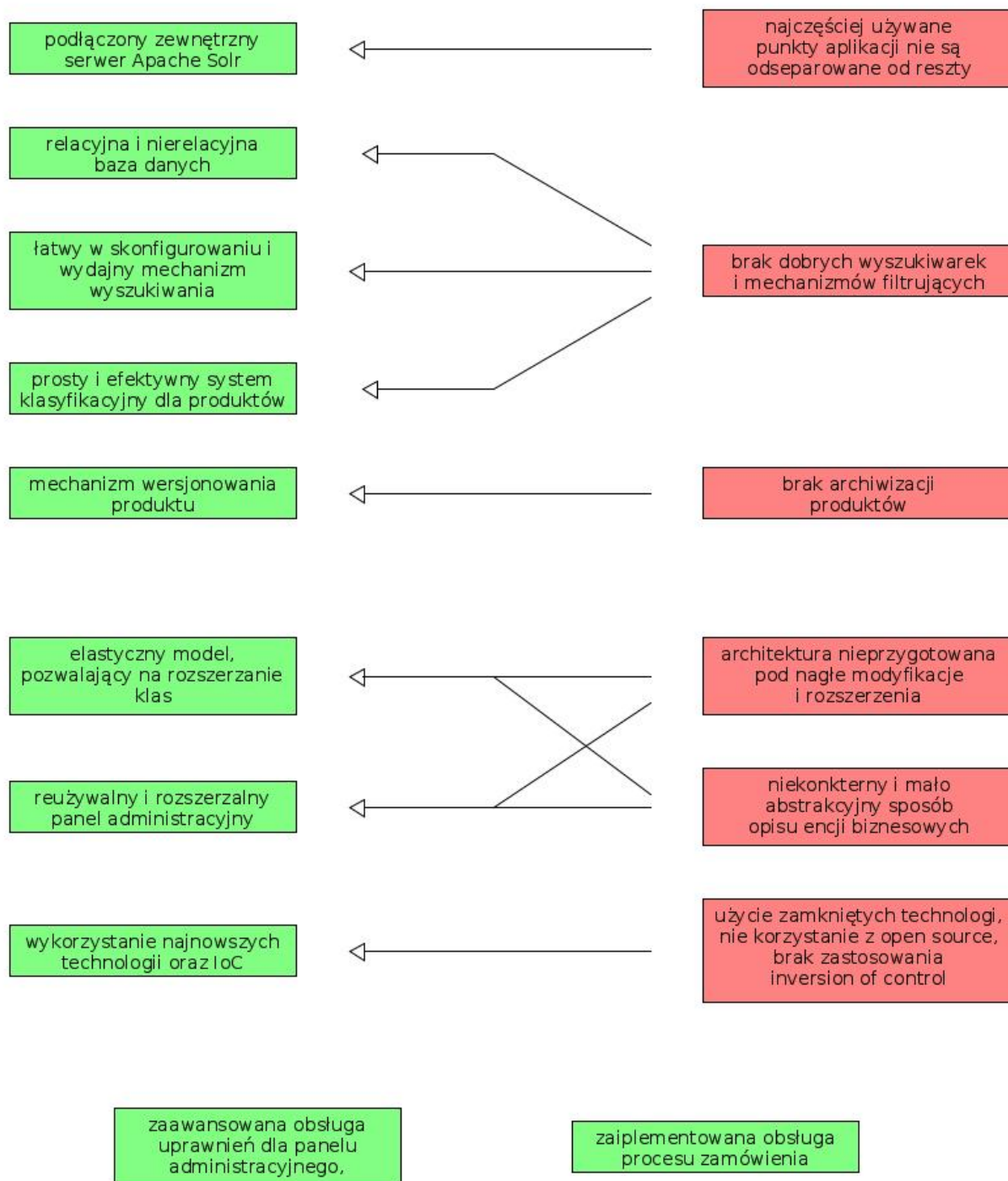
⁵lub cokolwiek innego podlegającego klasyfikacji

⁶release — wypuszczenie nowej wersji aplikacji i ponowne umieszczenie jej na serwerze

- wykorzystanie najnowszych technologii oraz IoC⁷
- podłączony zewnętrzny serwer Apache Solr, służący do bardzo szybkiej obsługi zapytań związanych z katalogiem produktowym,
- prosty i efektywny system klasyfikacyjny dla produktów,
- reużywalny i rozszerzalny panel administracyjny
- obsługa uprawnień dla panelu administracyjnego,
- elastyczny model, pozwalający na rozszerzanie klas bez konieczności ingerowania w strukturę systemu
- łatwy w skonfigurowaniu i wydajny mechanizm wyszukiwania,
- relacyjna i nierelacyjna baza danych,
- zaimplementowana obsługa procesu zamówienia,
- mechanizm archiwizacji produktu.

Rysunek 2.1 ilustruje pokrycie znalezionych problemów wymaganiami funkcjonalnymi opisywanego frameworka. Wynika z niego, że *bez pokrycia* zostają dwa wymagania, nie oznacza to, że są to niepotrzebne funkcjonalności. Są jednak powszechnie spotykane w frameworkach e-commerce, można nazwać je standardem.

⁷IoC – Inversion of Control



Rysunek 2.1: Połączenie wymagań funkcjonalnych ze znalezionymi problemami.

Projekt systemu

W tym rozdziale został przedstawiony dokładny projekt systemu, jest on podzielony na kilka podrozdziałów. **Grupy użytkowników** oraz **Przypadki użycia** opisują szczegółowo, do czego i przez kogo będzie mogła zostać użyta implementowana platforma. Sekcje **Diagramy aktywności** i **Diagramy sekwencji** pokazują, w jaki sposób udało się osiągnąć bardziej skomplikowane cele określone za pomocą przypadków użycia. Niektóre funkcjonalności w zależności od ich charakterystyki zostaną przedstawione na diagramach aktywności — te dotyczące programisty ze względu na bardziej skomplikowane algorytmy, natomiast na diagramach sekwencji — te nastawione na funkcjonalności biznesowe.

W kolejnych sekcjach znajdują się **Diagramy klas** oraz **Projekt bazy danych**. W pierwszej opisane zostaną klasy, które musiały zostać stworzone do implementacji procesów zdefiniowanych we wcześniejszych podrozdziałach, odpowiednio w drugiej znajdują się schematy bazy danych podzielone ze względu na funkcjonalności.

Do implementacji frameworku oraz funkcjonalności wbudowanych użyto wzorca architektonicznego *model-view-controller*. Polega on na następującym podziale aplikacji: **model**, odpowiedzialny za reprezentację problemu i logikę, **view** (widok) opisujący interfejs użytkownika oraz **controller**, który przyjmuje polecenia użytkownika i odpowiada na jego żądania za pomocą modelu i widoku. Składa się on z trzech wzorców projektowych:

- kompozyt — sposób tworzenia widoków, możliwość zagnieżdżania ich w sobie
- obserwator — model może zmienić stan, o czym musi zostać powiadomiony widok (aktualizacja informacji)
- strategia — wybranie strategii obsługi zapytania w kontrolerze na podstawie samego żądania

W projekcie użyto również wzorec projektowy *inversion of control* (*odwórcenie sterowania*). Tworzenie egzemplarzy większości encji i serwisów obsługuje Spring Framework, o który oparty jest projekt. Wspomniane *IoC* zostało zrealizowane poprzez wstrzykiwanie zależności.

Grupy użytkowników

We frameworku możemy zdefiniować 3 grupy użytkowników, którzy będą korzystać z jego udogodnień. **Programista** jest to użytkownik frameworka, który implementuje swój sklep z pomocą narzędzi dostarczonych przez opisywany system. **Administrator** to ktoś, zajmujący się backoffice¹ obsługą sklepu — obsługą zamówień. **Klient** jest to końcowy aktor, który przegląda katalog i dokonuje zakupów.

Warto zaznaczyć w tym momencie, że tematem pracy jest zaimplementowanie frameworka, co wskazuje na to, że funkcjonalności będą skupione głównie na programiście i administratorze. Przypadki użycia powiązane z klientem są zmienną w implementowanym systemie. Oznacza to nic

¹backoffice — w systemach e-commerce panel do obsługi i utrzymania sklepu



innego, że rola klienta jest uzależniona od konfiguracji i dodatków systemu. Głównym celem jest to, aby stworzyć narzędzie, dzięki któremu możliwości administratora systemu i klienta są ograniczone jedynie *fantazją* programisty. Założenie to bardzo dobrze ilustruje następujący przykład:

Przykład 3.1 *Załóżmy, że implementujemy sklep internetowy, korzystając z opisywanego frameworka. Nasz pracodawca życzy sobie, aby w sklepie pojawił się również blog z artykułami, którymi będzie można zarządzać w panelu administracyjnym. Normalnie proces implementacji takiej funkcjonalności wiązałby się z przygotowaniem modelu w bazie danych i pełnej jego obsługi, również ze strony front-endowej. Z użyciem frameworka proces można skrócić do zaimplementowania modelu i paru prostych komend, aby wygenerować mechanizm do manipulacji stworzonym modelem, czyli możliwość dodania, usunięcia i edycji dowolnego blogu w panelu administracyjnym.*

Przypadki użycia

Jak zostało zdefiniowane w poprzednim punkcie, w pracy przewidziano 3 grupy użytkowników. W zamyśle framework jest narzędziem dla programisty, jednak w systemie zostało zaimplementowanych szereg rozwiązań gotowych do wykorzystania dla końcowych użytkowników, dlatego diagramy przypadków użycia zostały podzielone na trzy klasy:

- przypadki użycia Programisty
- przypadki użycia Użytkownika Administracyjnego potencjalnego serwisu e-commerce, opartego na opisywanym Frameworku
- przypadki użycia użytkownika końcowego, czyli Klienta

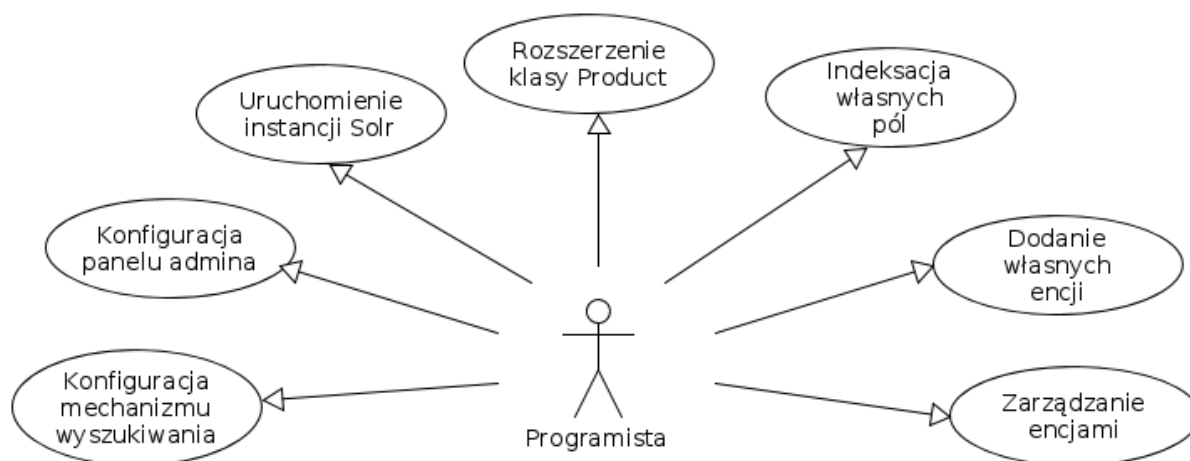
Na rysunku 3.1 zostały przedstawione najważniejsze przypadki użycia frameworku. Programista ma swobodny dostęp do rozszerzania encji, w szczególności klasy Produkt, która ma wyjątkowo strategiczne znaczenie w systemach e-commerce. Dodatkowo ma możliwość uczynienia niestandardowych pól wyszukiwalnymi przez klienta. Sytuacja została zobrazowana na poniższym przykładzie.

Przykład 3.2 *Załóżmy, że mamy niestandardowe pole proste (String) w encji klasyfikowanej przez twórców ewentualnego sklepu związanego z opisywanym frameworkiem jako finalna encja nadająca się do sprzedaży. Niech ta encja nazywa się `MyProduct` *extends* `Product` z polem `myCustomField`. Jedyne co w tej sytuacji musimy zrobić, aby system mógł wyciągnąć wartość tego pola i uczynić je wyszukiwalnym, to wpisać do tabeli zawierającej indeksowane cechy produktu nazwę danego pola. System za pomocą refleksji² wyekstrahuje wartość pola z encji i umożliwi wyszukanie produktu w sklepie.*

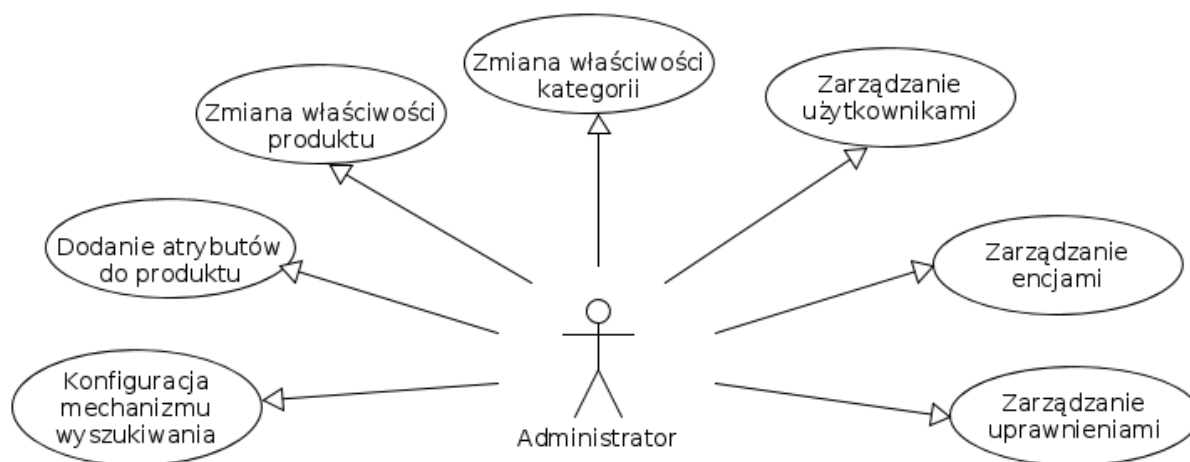
Dodane przez Programistę encje są obsługiwane przez framework, dodatkowo po dodaniu specjalnej adnotacji³ nad deklaracją jej klasy w kodzie, może być zarządzana w uniwersalnym panelu administracyjnym. Osoba zajmująca się implementacją sklepu opartego o opisywaną platformę może również uruchomić dowolną (*skończoną*) liczbę instancji Apache Solr, czyli bazy danych noSQL, służącej do obsługi zapytań związanych z katalogiem produktowym (skalowalność pionowa tylko tej części aplikacji, która tego potrzebuje). W odniesieniu do przypadku użycia *Nadpisanie mechanizmu wyszukiwania* z rysunku 3.1 serwisy są oparte na interfejsach, zapewniając Programiście możliwość nadpisanego jego logiki zgodnie z zasadami polimorfizmu.

²refleksja (eng. reflection) – udogodnienie w języku Java, pozwalające na wyświetlenie i manipulację właściwościami klasy. Więcej w sekcji **słowniczek**.

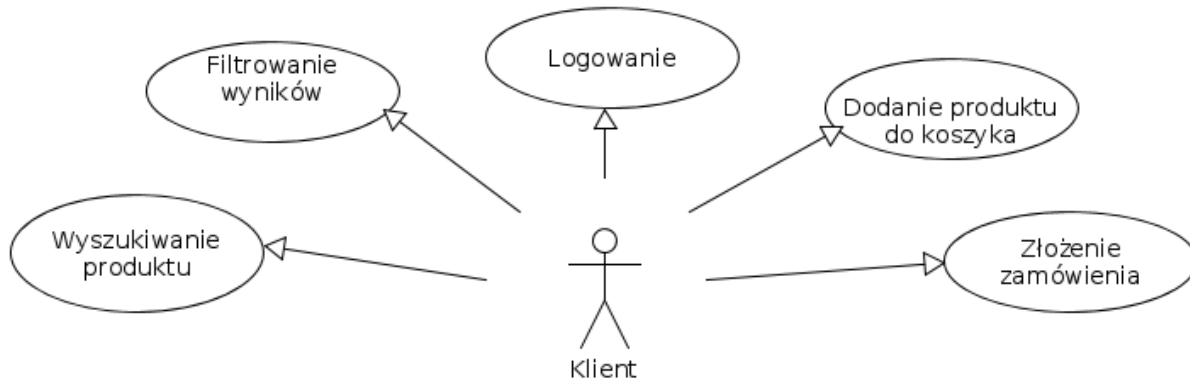
³adnotacja — używane w języku Java od wersji 1.7, najczęściej służą do określania dodatkowych właściwości pól bądź klas



Rysunek 3.1: Diagram przypadków użycia związany z Programistą.



Rysunek 3.2: Diagram przypadków użycia związany z Administratorem ewentualnego systemu.



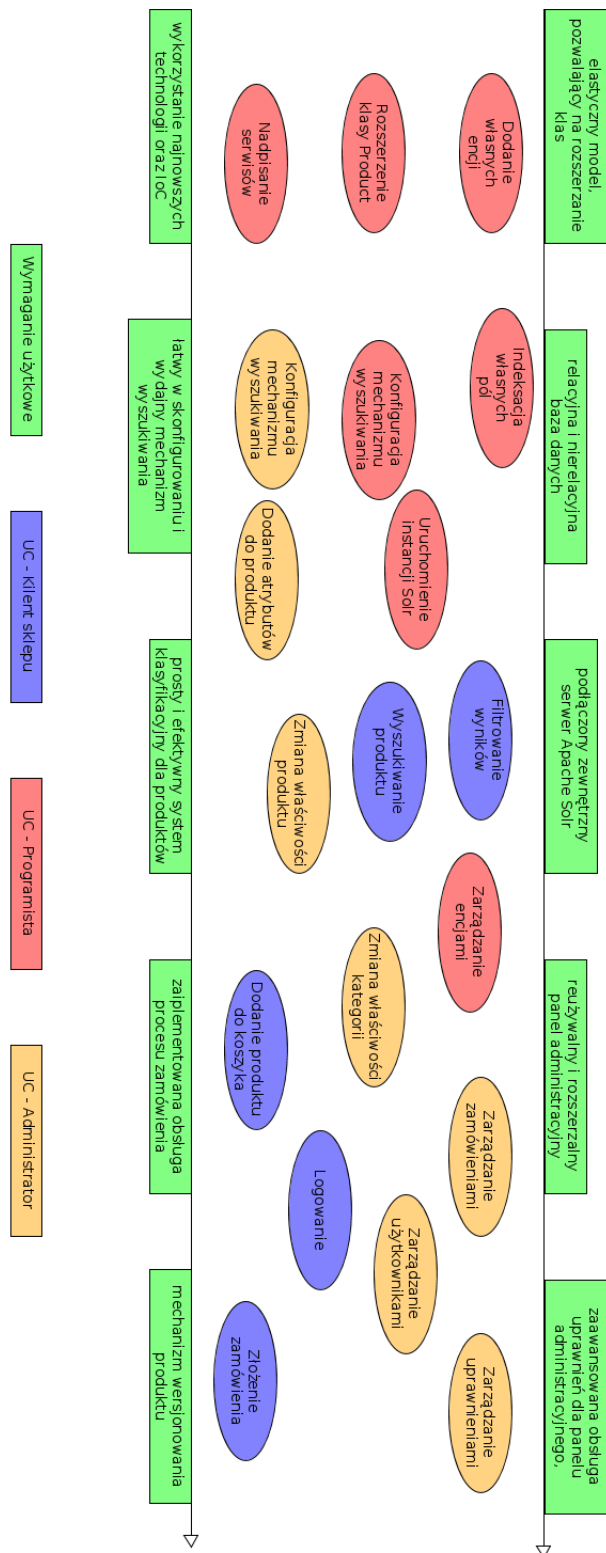
Rysunek 3.3: Diagram przypadków użycia związany z Klientem końcowym ewentualnego systemu.

Rysunek 3.2 przedstawia przypadki użycia z punktu widzenia Administratora potencjalnego systemu. Od strony platformy jest to również klient, gdyż framework zakłada, że nie ma on wiedzy technicznej i nie potrafi programować. Podobnie jak programista, może konfigurować mechanizm wyszukiwania, jednak bardziej wysokopoziomowo, np. deklaracja używanych facetów. Panel administracyjny zakłada zarządzanie najważniejszymi encjami: produkt, kategoria, użytkownik, zamówienie, uprawnienie i parę innych.

Diagram na rysunku 3.3 dotyczy przypadków użycia elementów frameworku przez końcowego użytkownika. Są to klasyczne funkcjonalności tradycyjnego sklepu internetowego. *Wyszukiwanie produktu* zostało zaprojektowane tak, aby możliwy był również do zaimplementowania mechanizm podpowiedzi i podświetlania. Apache Solr udostępnia taką funkcjonalność. *Złożenie zamówienia* dotyczy opisanego w rozdziale **Analiza problemu** kłopotu z archiwizacją produktu, został on rozwiązany prostym mechanizmem wersjonowania.

Diagramy typu *use-case* ściśle wiążą się z wymaganiami funkcjonalnymi systemu. Jest wiadome, że można je również sklasyfikować pod względem aktorów występujących w systemie, dlatego też powiązania przypadków użycia z wymaganiami funkcjonalnymi zostały umieszczone na diagramie z rysunku 3.4. Na diagram należy patrzeć poziomo, po zapoznaniu się z legendą. Wymagania są w nieprzypadkowej kolejności, są ustawione od lewej do prawej. Im bardziej na prawo, tym wymaganie jest bardziej biznesowe, im bardziej na lewo — dotyczą rdzeniowych elementów platformy. Warto zauważyć zależność, że im dalej na prawo patrzymy, tym więcej niebieskich i żółtych *use case'ów* — tych zarezerwowanych dla Administracji i Klientów rozwiązania e-commerce. Natomiast im bardziej na lewo, tym więcej czerwonego, czyli przypadków przemyślanych dla Programisty.

Jak zostało wspomniane wcześniej w sekcji **Grupy użytkowników i założenia**, framework jest narzędziem głównie dla programisty, to on zdecyduje, co ma się znajdować w finalnym systemie, dlatego w niniejszym podrozdziale zostaną rozwinięte przypadki użycia dla programisty związane z obsługą i oprogramowywaniem dynamicznych elementów platformy. Jest to odpowiedź na najtrudniejsze z wymagań, czyli **elastyczny model, pozwalający na rozszerzenie klas oraz reużywalny i rozszerzalny panel administracyjny**.

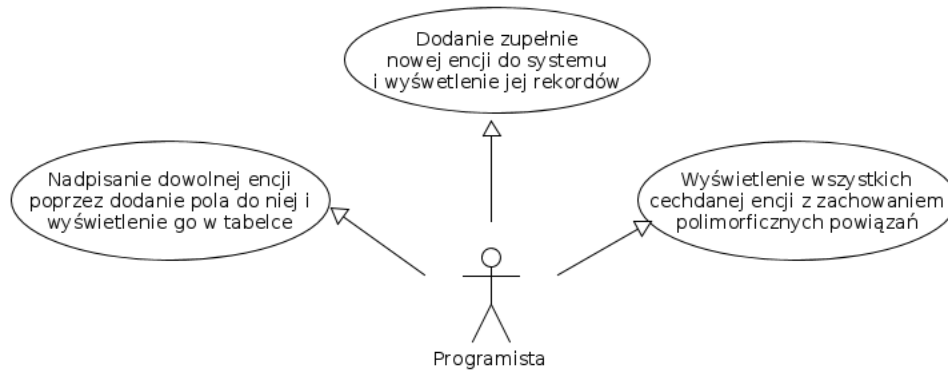


Rysunek 3.4: Diagram przypadków użycia związany z wymaganiami funkcjonalnymi



Dynamiczna tabela encyjna

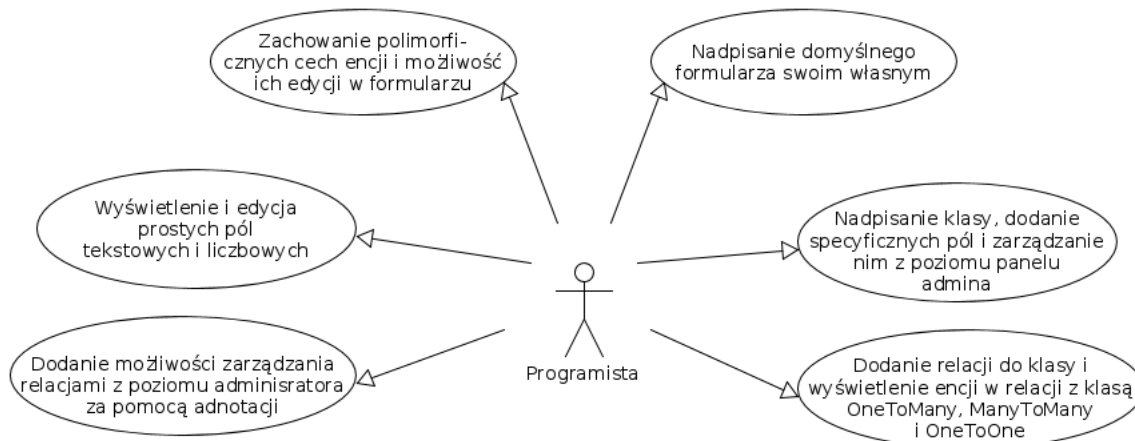
Dynamiczna tabela encyjna jest autorskim rozwiązaniem, służącym do listowania dowolnych encji związanych z systemem w panelu administracyjnym, wiąże się z nim przypadki użycia z rysunku 3.5



Rysunek 3.5: Diagram przypadków użycia związany z dynamiczną tabelą encyjną

Dynamiczny formularz encyjny

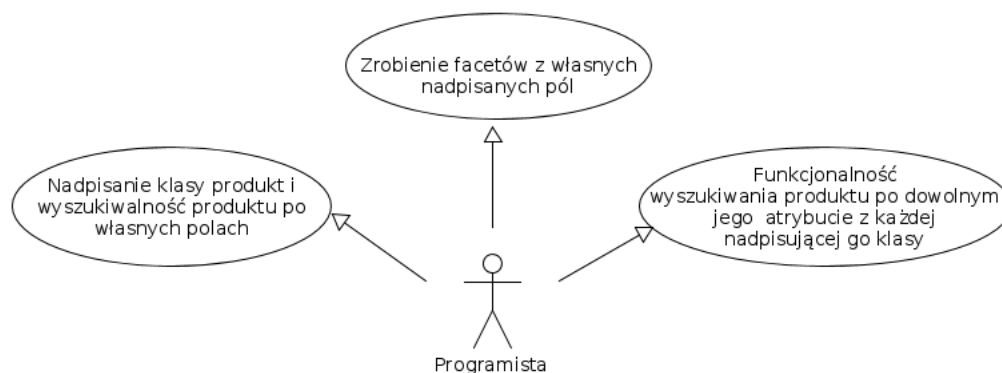
Dynamiczny formularz encyjny to kolejne autorskie rozwiązanie, służące do dodawania edycji i wyświetlania szczegółów encji związanych z systemem w panelu administracyjnym, wiąże się z nim przypadki użycia z rysunku 3.6



Rysunek 3.6: Diagram przypadków użycia związany z dynamicznym formularzem encyjnym

Manipulacja produktem

Produkt w implementowanym systemie jest to encja bardzo dynamiczna, łatwo konfigurowalna. Wiąże się z nim przypadki użycia znajdujące się na rysunku 3.7



Rysunek 3.7: Diagram przypadków użycia związany z manipulacją produktem

Diagramy aktywności

W tej sekcji zostały przedstawione diagramy aktywności dla najbardziej skomplikowanych logicznie elementów systemu. Dynamiczna tabela i formularz opisany w poprzednim podrozdziale wymagają skomplikowanych operacji, aby mogły pozostać ogólne i elastyczne na tyle ile być powinny. Oznacza to, że muszą obsługiwać zmiany w modelu wywołane przez osoby trzecie — programistów. W niniejszym podrozdziale przedstawiono działanie algorytmów stojących za dynamicznymi elementami platformy.

Wyszukiwanie cech produktu

Ta sekcja odnosi się do przypadków użycia związanych z podrozdziałem **Manipulacja produktem**. Wyłuszczone tutaj, jak osiągnięto założoną elastyczność przy konfigurowaniu encji reprezentującej produkt w sklepie.

Każdy Produkt w systemie jest indeksowany, oznacza to, że z relacyjnej bazy danych, wraz ze swoimi wszystkimi atrybutami trafia do nierelacyjnych dokumentów wyszukiwarki Solr na osobnym serwerze, aby odciążyć aplikację w razie dużego ruchu. Zebranie wszystkich atrybutów produktów to skomplikowane zadanie, gdyż jego cechy mogą być ukryte w następujących miejscach:

- atrybuty dziedziczone po atrybutach klasyfikacyjnych kategorii, w której się znajduje
- atrybuty dziedziczone po wszystkich przodkach swojej kategorii
- własne pola i pola wszystkich klas, które nadpisały Produkt

Zadanie to wymaga zejścia do poziomu refleksji w Javie, jednak ten temat zostanie poruszony później. Wyszukiwanie wszystkich atrybutów obsługuje algorytm, którego diagram aktywności został umieszczony na rysunku 3.8.

Pierwszym krokiem jest znalezienie wszystkich produktów, co nie jest również oczywistym zadaniem, gdyż nie jest wiadome, jaką klasę ma finalny produkt. Mógł zostać nadpisany przez programistę, który w swojej klasie zdefiniował pewne pola, które również muszą zostać uwzględnione przy indeksacji produktów. Po znalezieniu *klasy sufitowej* (czyli najwyższej w abstrakcji) mamy pewność, że wszystkie niestandardowe pola znajdują się w obiekcie pobranym przez nas z bazy danych. Muszą



zostać z niej również pobrane pola zadeklarowane jako te, które są wyszukiwalne w sklepie (oczywiście jest, że powinno się mieć wybór, które pola z produktu trafiają do sklepu, a które nie). Mając te dwie rzeczy, jest możliwe wyciągnięcie z obiektu, którego klasa nie jest znana, wszystkich interesujących nas pól. Wszystkie wyciągnięte wartości następnie trafiają do dokumentu wyszukiwarki. Nie jest to jeszcze koniec, gdyż zostają wciąż do wyciągnięcia cechy produktu z systemu klasyfikacyjnego, co zostało zrealizowane algorytmem przejścia po drzewie. Wszystkie cechy produktu są dodawane do listy dokumentów (jeden dokument — jeden produkt) i są wysyłane na serwer Apache Solr. Przykład skąd mogą pochodzić cechy produktu, został umieszczony na rysunku 3.9.

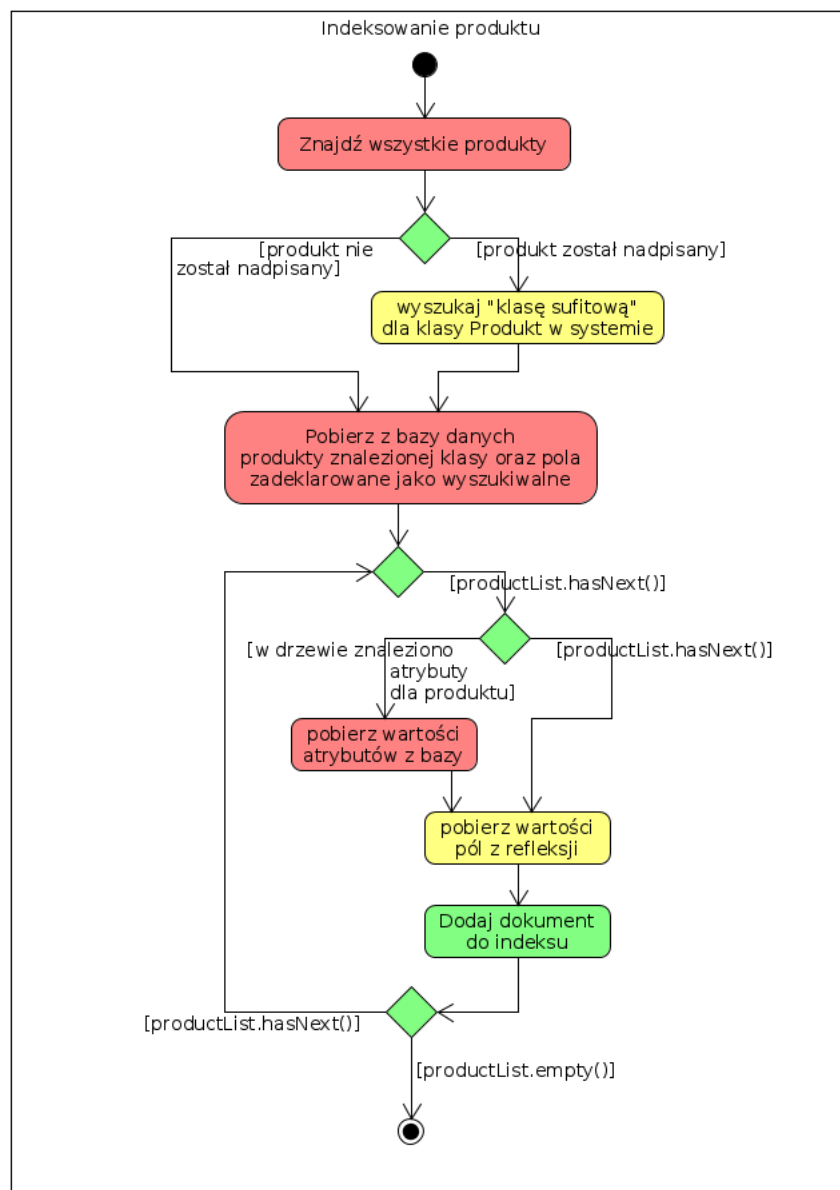
Konstrukcja zapytania dynamicznego Apache Solr

Na diagramach use case zostały opisane możliwości konfiguracji mechanizmu wyszukiującego. Zdefiniowane wymagania zrealizowano za pomocą konstrukcji dynamicznego zapytania. W prostych słowach chodzi tu o kwerendę zwracającą produkty przy wyszukiwaniu. Diagram na rysunku 3.10 przedstawia algorytm tworzący te zapytania. Pierwszy etap nasuwa podejrzenie, że w bazie danych musi istnieć tabela z polami, które będą wyszukiwalne w sklepie. Jest to jak najbardziej trafne przypuszczenie. Dodatkowo w tabeli zostały umieszczone dodatkowe ustawienia dla pól wyszukiwania, aby mechanizm mógł być w pełni konfigurowalny.

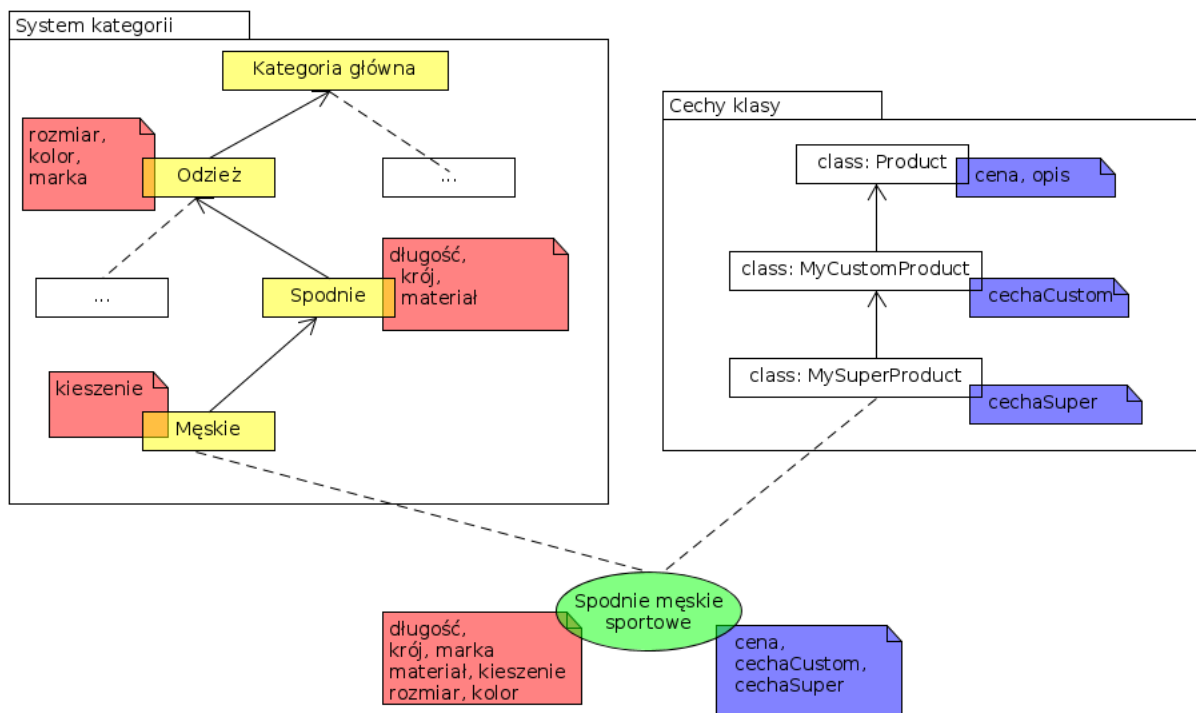
Konstrukcja dynamicznej tabeli encyjnej

Dynamiczna tabela encyjna, której przypadki użycia opisano w poprzednim podrozdziale, jest wbrew pozorom zadaniem analogicznym do wyciągania cech z produktu. Ułatwieniem jest to, że w tabeli nie uwzględnia się atrybutów z systemu klasyfikacyjnego, gdyż dotyczy on tylko produktów, niestety utrudnieniem pozostaje fakt, że nie jest wiadome, jakie klasy dokładnie powinny być wyświetlone w tabelach. Jedyne, na czym polega system to tabela konfiguracyjna z kodami klas, które mają zostać wyświetlone w panelu administracyjnym. Proces został opisany na diagramie z rysunku 3.11.

Najpierw szukane są encje z rodzaju podanego we wspomnianej tabeli, następnie refleksją wyciąga się jej pola zaznaczone przez programistę jako te, które chce wyświetlić w tabeli jako nagłówki. Ze znalezionej listy obiektów pobiera się wartości pól, które znajdują się w nagłówkach.



Rysunek 3.8: Diagram aktywności opisujący algorytm znajdowania wszystkich atrybutów produktu



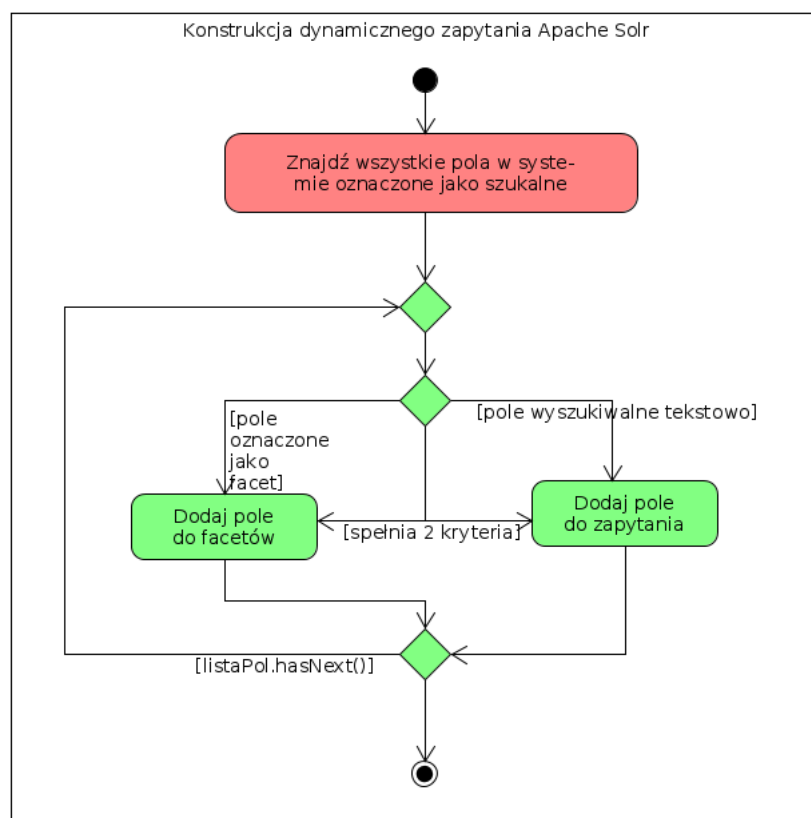
Rysunek 3.9: Diagram przykładowy skąd mogą pochodzić cechy produktu

Konstrukcja dynamicznego formularza encyjnego

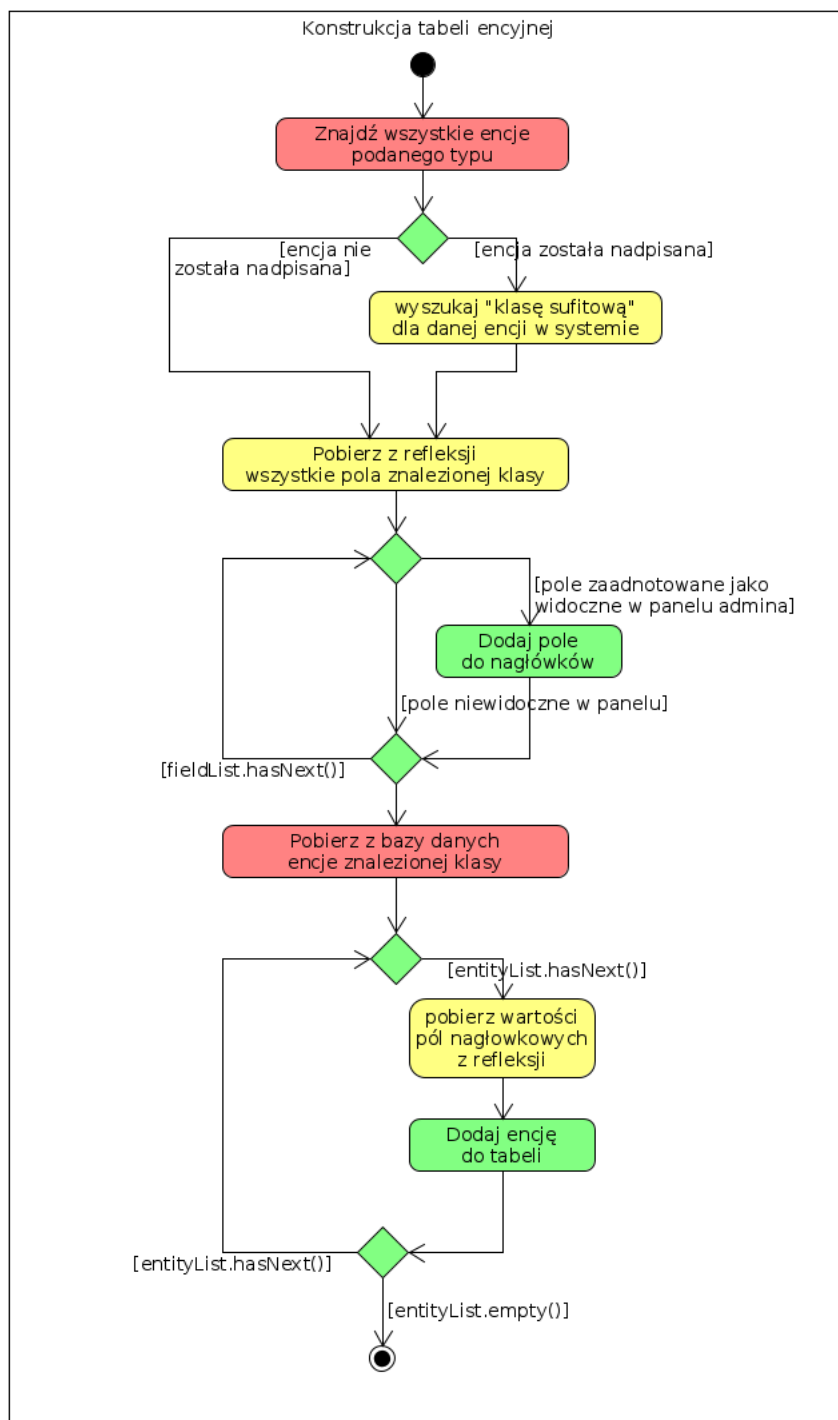
Odbywa się to na bardzo podobnej zasadzie jak konstrukcja tabeli. Jednak poza polami prostymi zaznaczonymi jako widzialne w panelu administracyjnym, problem stanowią relacje, które trzeba wyświetlić. Aby zachować rozszerzalność, w platformie zostały zastosowane mechanizmy z dwóch poprzednich przykładów. Po znalezieniu listy pól danej klasy następuje tu jeszcze sklasyfikowanie ich względem tego, czy są to pola z relacjami (np. lista cen w produkcie), czy nie. Wiadome jest, że relacji nie można przedstawić w postaci pola tekstowego, dlatego potrzebujemy wtedy ręcznie doczytać kolekcję w relacji z encją, której detale są wyświetlane. Wszystkie kolekcje w systemie są leniwe (ze względu na performance), dlatego przy manipulacji encją jej duże elementy takie jak listy czy zbiory są doczytywane dopiero w momencie ich użycia⁴. W zwykłej sytuacji framework Hibernate⁵ sam doczytałby tę kolekcję, jednak przy tak dużej ogólności rozwiązania nie jest to możliwe, gdyż na poziomie dynamicznego formularza nie ma on wystarczających informacji do wykonania tej operacji. Schemat algorytmu konstruującego formularz edycji encji został umieszczony na rysunku 3.12.

⁴ponieważ wymagają joinów, a wiadome jest, że join często sprowadza się do iloczynu kartezjańskiego, oczywiście odpowiednio napisany nie będzie dokładnie tym samym, jednak w każdym wypadku jest to duże obciążenie

⁵Hibernate — framework używany do komunikacji aplikacji z bazą danych



Rysunek 3.10: Diagram przedstawiający algorytm konstrukcji dynamicznego zapytania Apache Solr



Rysunek 3.11: Diagram aktywności opisujący algorytm wyszukiujący cechy encji uwzględnianych w tabeli.

Podsumowanie diagramów aktywności

Diagramy aktywności i zaprezentowane rozwiązania w nich pokrywają pewne przypadki użycia, w tej sekcji zostanie podkreślone, jak przedstawione algorytmy spełniają zdefiniowane use case'y.

Patrząc na sekcję **Wyszukiwanie cech produktu i Konstrukcja zapytania dynamicznego Apache Solr** zostały zrealizowane następujące przypadki użycia:

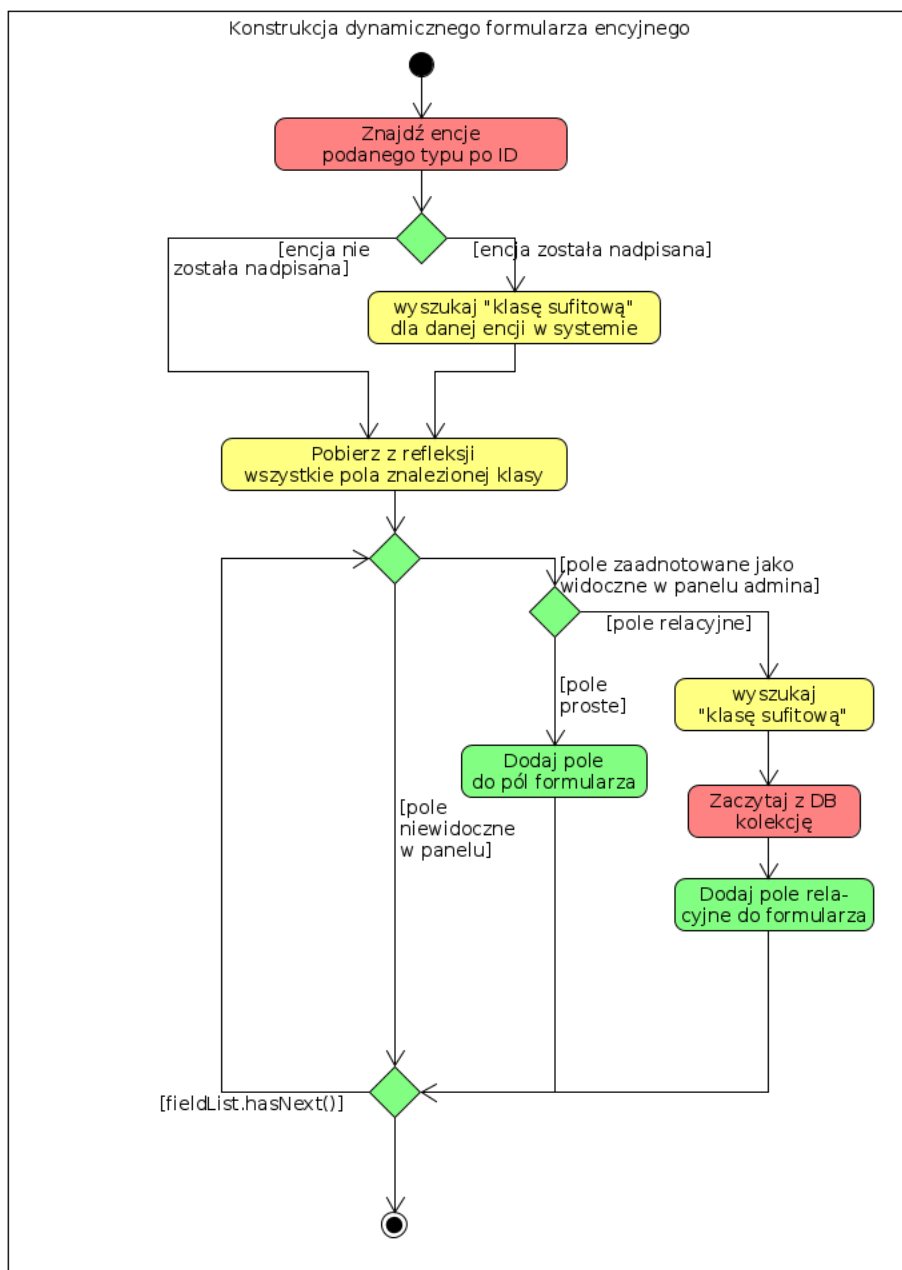
- Programisty:
 - Rozszerzenie klasy produkt
 - Konfiguracja mechanizmu wyszukiwania
 - Indeksacja własnych pól
- Administratora:
 - Konfiguracja mechanizmu wyszukiwania
 - Dodanie atrybutów do produktu
 - Zmiana właściwości produktu
- Klienta sklepu
 - Wyszukiwanie produktu
 - Filtrowanie wyników

Sekcja **Konstrukcja dynamicznej tabeli encyjnej i Konstrukcja dynamicznego formularza encyjnego** pokryły następujące przypadki użycia:

- Programisty:
 - Konfiguracja panelu administracyjnego
 - Dodanie własnych encji
 - Zarządzanie encjami
- Administratora:
 - Zmiana właściwości kategorii
 - Zarządzanie użytkownikami
 - Zarządzanie zamówieniami
 - Zarządzanie uprawnieniami

W podrozdziale opisującym przypadki użycia opisano również przypadki w sekcjach o dynamicznym formularzu, tabeli i manipulacji produktem, oczywiste jest, że wspomniane użycia bezpośrednio wiążą się z opisanymi komponentami.

Realizacja przypadków użycia, których nie mogły pokryć algorytmy opisane w niniejszym podrozdziale ze względu na swoje biznesowe pochodzenie, zostaną opisane na diagramach sekwencji.



Rysunek 3.12: Diagram aktywności opisujący algorytm wyszukiujący cechy encji uwzględniane formularzu.

Diagramy sekwencji

W tej sekcji zostały przedstawione diagramy sekwencji dla poszczególnych elementów systemu, mają one razem z diagramami aktywności zrealizować wszystkie przypadki użycia. Diagramy sekwencji dobrze oddają sens funkcjonalności biznesowych i właśnie ich dotyczy ta sekcja.

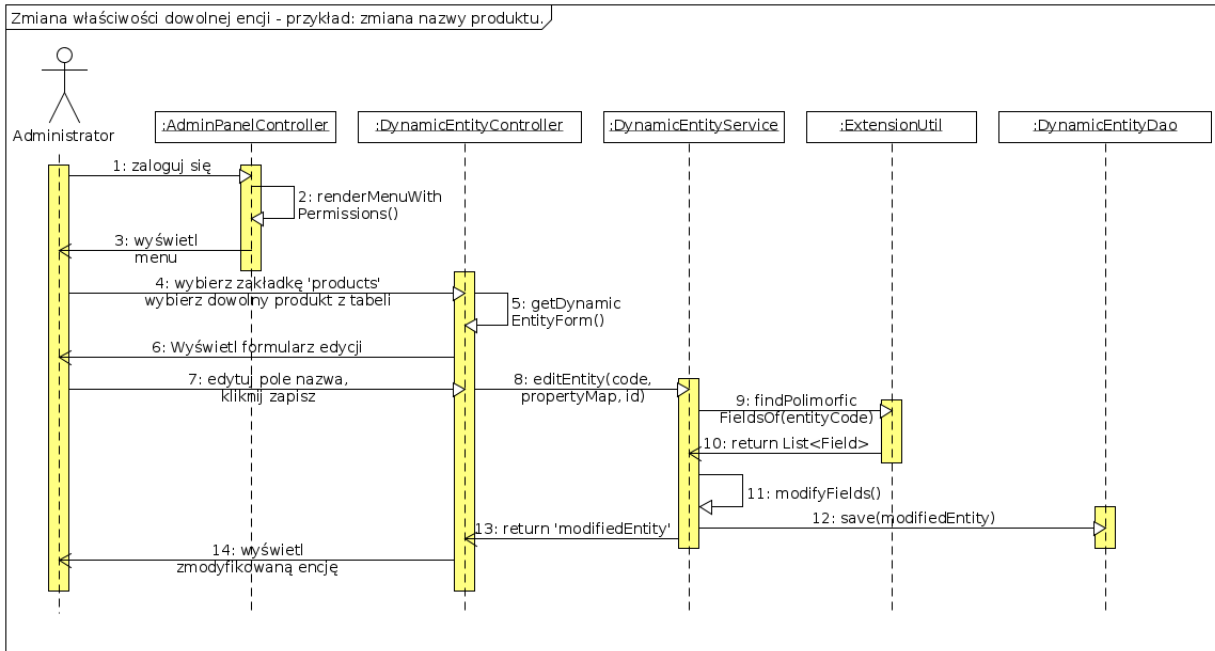
Zmiana właściwości dowolnej encji

W każdym systemie bazodanowym konieczna jest manipulacja encjami. We wcześniejszych rozdziałach zostało wprowadzone pojęcie dynamicznych tabel i formularzy edycyjnych. Z punktu widzenia bazy danych, nie ma dużego znaczenia, jaka encja jest edytowana, zarówno Produkt, jak i Kategoria to jedynie zbiór krotek w tabeli relacyjnej, dlatego właśnie zdecydowano się na generyczny mechanizm modyfikacji encji. W prostych słowach, w systemie nie ma osobnych formularzy edycyjnych dla poszczególnych encji, są one generowane na podstawie kodu Javowego.

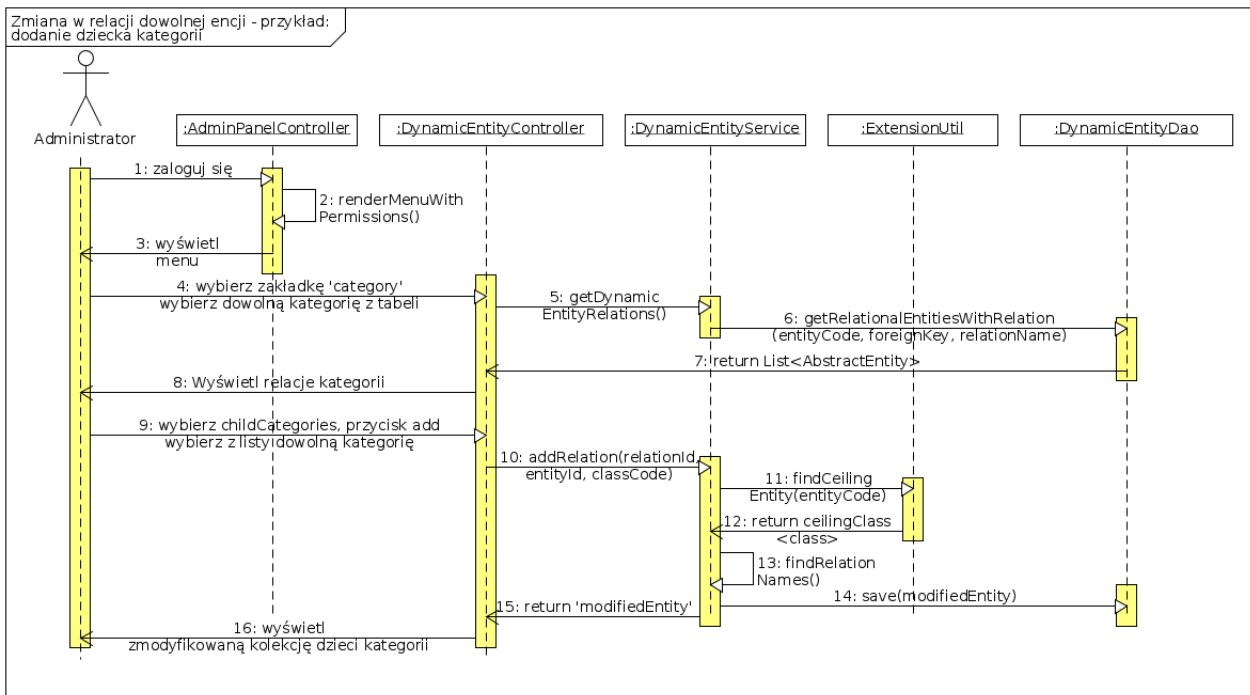
Funkcjonalność zmiany właściwości dowolnej encji zostanie omówiona na przykładzie nazwy produktu, ale jak już wyżej zostało wspomniane, ten sam mechanizm działa dla dowolnej encji, która może być modyfikowana przez framework. Po zalogowaniu się i wyświetleniu menu, administrator wybiera dowolny produkt, po czym zmienia dane pole w formularzu edycji i następnie zapisuje produkt. Diagram 3.13 przedstawia cały proces. Najważniejsze etapy to 5 oraz od 8 do 13. To one odpowiedzialne są za elastyczność systemu — każda encja jest modyfikowana w ten sam sposób — generycznie, przez refleksję. W tym miejscu widać główny cel i zamysł pracy: system jest świadom tego, jaki obiekt edytuje, dlatego może mieć dostęp do jego właściwości (9. `findPolimorphicFieldsOf`) - metoda ta zwraca wszystkie możliwe pola dla danego obiektu, właśnie dlatego, gdy programista nadpisze jakąś klasę, która jest używana w systemie, funkcjonalności modyfikacji encji zostaną zachowane, gdyż framework będzie w stanie wyciągnąć z obiektu każde nowe pole. Mechanizm ten zastosowany jest również we wszystkich kluczowych funkcjonalnościach, co skutkuje bardzo elastycznym modelem.

Modyfikacja dowolnej relacji encji

Dynamiczny formularz encyjny omówiony na diagramach aktywności zawiera również pola relacyjne, rysunek 3.14 przedstawia diagram sekwencji zmiany w relacji dowolnej encji na przykładzie dodania dziecka do kategorii. Okazuje się to być dużym problemem dla frameworka, gdyż modyfikowany jest obiekt klasy kategoria (`Category`) i tylko na tej podstawie potrzeba określić, jakie ma relacje i co więcej, wyciągnąć je z bazy danych. Problem został rozwiązany poprzez wprowadzenie do systemu dodatkowych parametrów adnotacji `@AdminVisible`, która jest odpowiedzialna za oznaczanie w kodzie Javowym pól klas, które zostaną wyświetlone w tabeli i formularzu edycyjnym. Za etap wyciągnięcia relacji, które pojawią się w formularzu edycji, odpowiada punkt 5 na rysunku 3.14. Następnie dla wszystkich encji relacyjnych (np. produkty powiązane z kategorią) zostaje zbudowana dynamiczna tabela — tylko że wewnątrz formularza edycyjnego (pkt. 6 do 8). Następnie po kliknięciu `add` przy tabelce z relacją, pobierana jest lista możliwych do przypisania encji. Kliknięcie danego rekord spowoduje, że zostanie on wprowadzony w relację z edytowaną encją. Kolejne punkty odpowiadają za elastyczność rozwiązania, czyli ponownie (jak w poprzednich funkcjonalnościach), dla każdej znalezionej encji należy znaleźć klasę sufitową i to na niej tworzyć powiązania. Formularz edycyjny jest przedstawiony w formie pól tekstowych, checkboxów i tabel z relacjami.



Rysunek 3.13: Diagram sekwencji opisujący zmianę właściwości dowolnej encji na przykładzie produktu.



Rysunek 3.14: Diagram sekwencji opisujący zmianę właściwości dowolnej relacji encji na przykładzie dodania dziecka kategorii.

Dodanie dowolnej encji na przykładzie atrybutu klasyfikacyjnego

Ta ważna część frameworku zostanie przedstawiona na podstawie dodawania facetu — czyli atrybutu, po którym można filtrować produkt. Tak jak w powyższych sekcjach, nie ma dużego znaczenia, jaką encję dodajemy — generyczny formularz i mechanizm uzupełniania pól w obiekcie danej klasy jest taki sam dla wszystkich encji w systemie. Dzięki diagramowi sekwencji z rysunku 3.15 można zobaczyć jak dodać atrybut do produktu, który będzie możliwy do wyszukania w sklepie, a zarazem zobaczyć jak w systemie utrwalane są nowe obiekty. Tym razem refleksja została użyta do przepisania wartości z formularza do obiektu (punkty 8 do 12) oraz do znalezienia najwyższej w hierarchii klasy modyfikowanej encji (punkt 5).

Jak zostało już wspomniane, każdy atrybut może mieć wartości, które powinien przyjmować, np. *rodzaj podszewki: skórzana/gumowa/materialowa*. Dlatego do atrybutu klasyfikacyjnego możliwe jest zdefiniowanie jego przyjmowanych wartości, dzieje się to w dokładnie ten sam sposób, jak na rysunku 3.15, jedynie encja `CategoryFeature` (atrybut klasyfikacyjny) zmienia się na `CategoryFeatureValue`. Po dodaniu możliwych wartości dla stworzonego atrybutu należy je do niego przypisać w sposób opisany na diagramie z rysunku 3.14. Tak samo przypiszemy również stworzony atrybut do kategorii. Zostanie on uwzględniony w wynikach wyszukiwania opisanych w podrozdziale **Wyszukiwanie produktu**. Aby rozjaśnić rozważania, został przytoczony przykład 3.3.

Przykład 3.3 *Załóżmy, że mamy w sklepie kategorię obuwie i chcielibyśmy, aby każdy produkt w wynikach wyszukiwania w sklepie był możliwy do odfiltrowania na podstawie rodzaju podszewki. W tym celu dodajemy atrybut klasyfikacyjny Podszewka z zaznaczeniem, że ma być to facet (filtr). Dodajemy 3 wartości: skórzana/gumowa/materialowa. Przypisujemy możliwe wartości do atrybutu, sam atrybut do kategorii obuwie, od tej pory w formularzu edycyjnym produktu, który znajdzie się w kategorii obuwie, znajdziemy pole rodzaj podszewki. Co więcej, gdy ponad jeden znaleziony przy wyszukiwaniu w sklepie produkt będzie miał zdefiniowany dla siebie ten atrybut, to pojawi się on (atrybut) jako przycisk do odfiltrowania wyników wyszukiwania.*

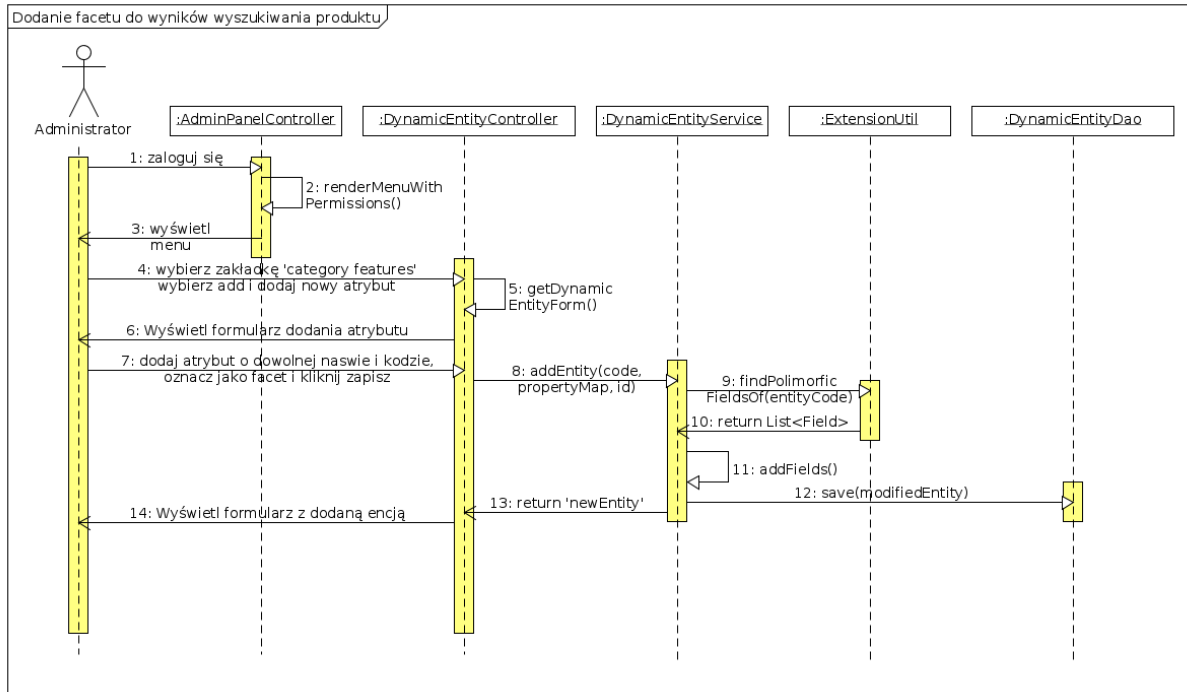
Wyszukiwanie produktu

Proces wyszukiwania produktu został ujęty na diagramie z rysunku 3.16. Aby przedstawić to jak najbardziej obrazowo, w procesie uczestniczą trzy komponenty: frameworkowy kontroler wyszukiwania, serwer Solr, który przechowuje produkty w płaskiej strukturze i baza danych relacyjna, która przechowuje pola i właściwości produktu podlegające mechanizmowi wyszukiwania. Na początku z bazy danych wciągane są właściwości i wszystkie zmienne, czyli to czy dane pole ma być wyszukiwane tekstowo, czy ma być filtrem (facetem). Następnie budowana jest dynamiczna kwerenda i wysyłana na serwer Apache Solr, który zwraca wyniki przetwarzane w punktach 10 do 12. Tworzone są wtedy reprezentacje filtrów, jak i samych wyników wyszukiwania, czyli produktów.

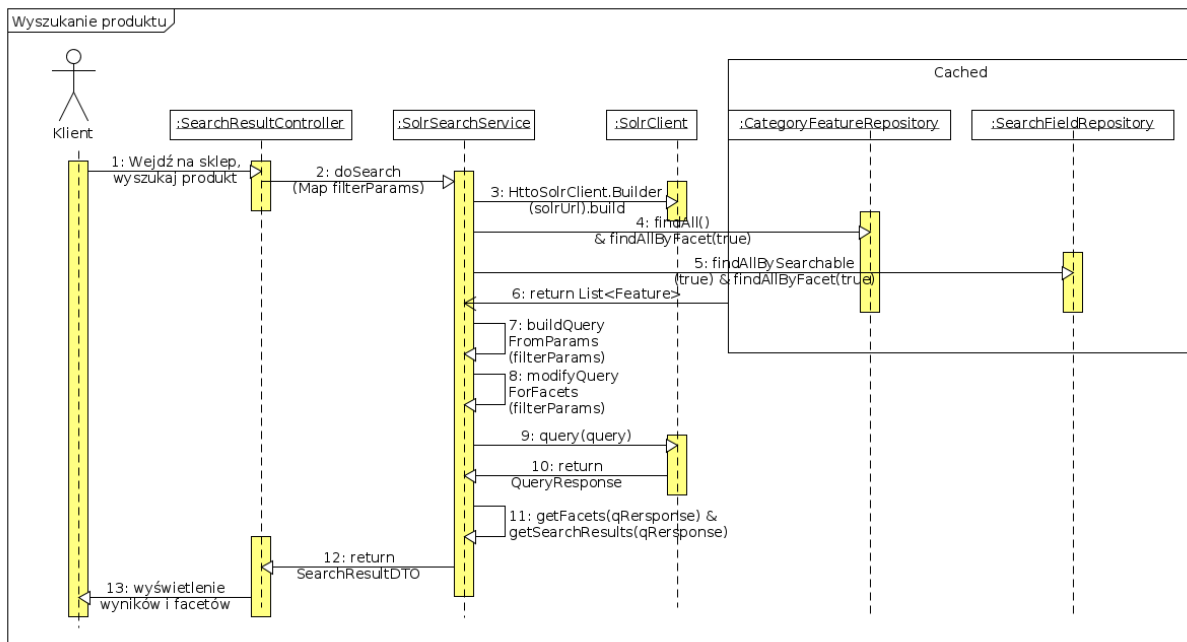
Wart zauważenia jest region *cached* w ramce, otóż jednym z postulatów frameworku było niekorzystanie z bazy danych relacyjnej przy wyszukiwaniu w katalogu produktowym (najbardziej obciążony fragment systemu), dlatego właściwości potrzebne do stworzenia kwerendy są pobierane raz, a później trzymane w pamięci cache (jest to mechanizm domyślnie dostarczany przez Hibernate, nie wymagał on implementacji).

Proces zakupowy

Proces zakupowy jest standardowym mechanizmem koniecznym do przeprowadzenia transakcji, nie wymaga on szczególnej optymalizacji, ze względu na to, że nie jest to obciążona część platformy.



Rysunek 3.15: Diagram sekwencji opisujący dodanie dowolnej encji na przykładzie atrybutu klasyfikacyjnego.



Rysunek 3.16: Diagram sekwencji opisujący proces wyszukiwania produktu.

Klient końcowy, po wejściu na sklep może wyszukać produkt oraz zdefiniować kryteria wyszukiwania. Po znalezieniu szukanych produktów może umieścić je w koszyku, a następnie zamówić elementy dodane do koszyka. Szczególnym rozwiązaniem dla frameworka jest tworzenie kopii produktu w momencie składania zamówienia, aby klient w razie reklamacji miał się do czego odwołać. Ta funkcjonalność jest umotywowana tym, że cechy produktu w systemie są bardzo dynamiczne i mogą być dowolnie zmieniane, więc produkt sprzedany w danym miesiącu może być niemożliwy do odnalezienia po pewnym czasie.

Diagramy klas

Na podstawie wcześniejszych rozważań możliwe jest zdefiniowanie następujących części frameworku:

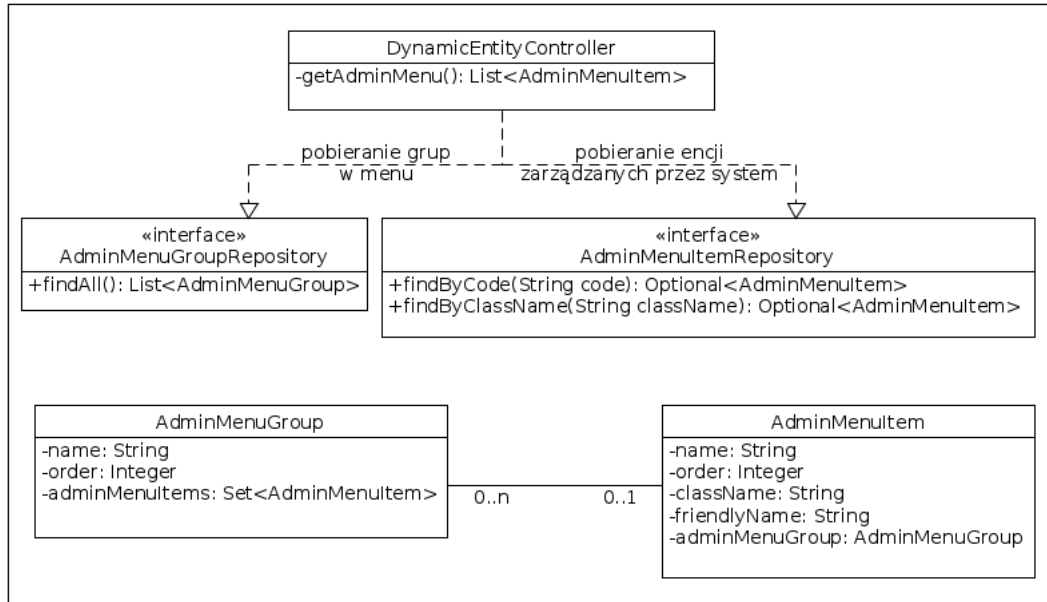
- części przewidziane dla programisty i administratora sklepu
 - konfigurowalne menu w panelu administracyjnym
 - dynamiczny formularz encyjny
 - dynamiczna tabela encyjna
- części przewidziane dla administratora sklepu
 - system klasyfikacyjny
 - struktura uprawnień w panelu administracyjnym
 - mechanizm indeksacji i wyszukiwania produktów
- część przewidziana dla użytkownika końcowego — klienta sklepu
 - mechanizm wyszukiwania produktów
 - proces zamówienia i archiwizacji produktu

Diagramy klas zostaną podzielone ze względu na pochodzenie funkcjonalności zdefiniowane wyżej.

Konfigurowalne menu

Na diagramie 3.17 został przedstawiony diagram klas dla menu panelu administracyjnego. Aby zapewnić możliwość obsługi dowolnej encji w panelu administracyjnym, które zostały zaimplementowane na potrzeby sklepu, np. Order (zamówienie), zostało stworzone menu, które jest oparte na klasie AdminMenuItem. Klasa ta bezpośrednio odpowiada dowolnej encji. Oznacza to, że jeśli encja powinna być obsługiwana z panelu administracyjnego, to musi w systemie (jego bazie danych) istnieć jej odpowiednik w postaci rekordu AdminMenuItem z nazwą jej klasy (`className`). W systemie została przewidziana możliwość grupowania poszczególnych zakładek za pomocą klasy AdminMenuGroup. Budowanie menu odbywa się w klasie DynamicEntityController, która korzysta z klas połączonych z bazą danych, tak aby móc zaczytywać kolejne encje (AdminMenuGroupRepository i AdminMenuItemRepository). Dla lepszego zrozumienia został podany przykład 3.4.

Przykład 3.4 W systemie istnieje encja Order, chcielibyśmy mieć możliwość zarządzania tą encją z poziomu panelu administracyjnego. W tym celu na poziomie bazy danych powinien być zapisany egzemplarz AdminMenuItem z nazwą klasy (`className`): `com.example.model.Order` (nazwa pakietu została podana tylko dla przykładu). System w tym momencie rozpozna encję Order, wyświetli ją w menu oraz będzie w stanie stworzyć dla niej tabelę encyjną ze wszystkimi rekordami oraz formularz edycji.



Rysunek 3.17: Diagram klas dla menu w panelu administracyjnym

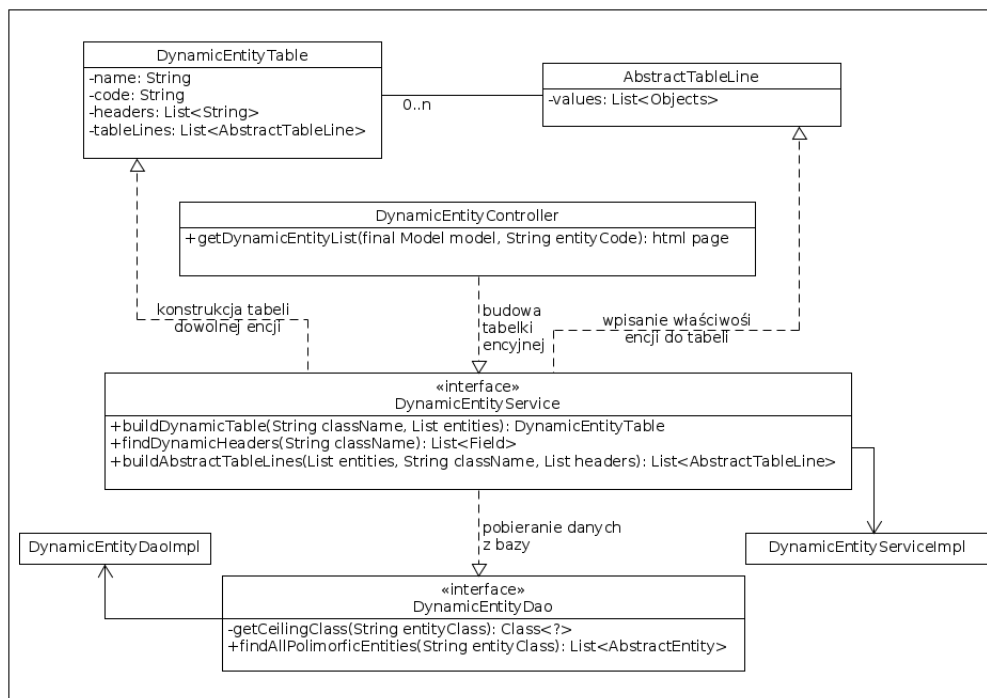
Dynamiczna tabela encyjna

Na rysunku 3.18 został umieszczony diagram klas dla dynamicznej tabeli encyjnej, o której była mowa w poprzedniej podsekcji. Tabela ta służy do wyświetlania wszystkich egzemplarzy danej encji w systemie, np. wszystkie produkty lub kategorie. Aby zamodelować tabelę zostały zaimplementowane dwie klasy: `DynamicEntityTable` i `AbstractTableLine`. Odpowiednio odpowiadają one całej strukturze tabeli oraz pojedynczemu wierszowi. Oczywisty jest fakt, że tabela musi posiadać wiele wierszy. `DynamicEntityService` używa tych klas do konstrukcji tabelki. Serwis musi mieć możliwość pobierania danych z bazy, jednak jest to utrudnione zadanie ze względu na to, że nie jest z góry określone, że akurat ten serwis zawsze konstruuje tabelkę klasy, np. `Product`. W tym celu została zaimplementowana klasa `DynamicEntityDao`. Jest to obiekt typu DAO⁶, którego zadaniem jest wyciągać z bazy danych encje zdefiniowane w systemie (te obecne w bazie danych jako egzemplarze klasy `AdminMenuItem`), niezależnie od tego, jakiej klasy są i czy nie zostały nadpisane. Stąd metoda `getCeilingClass(className)`, która odpowiada za znalezienie *najmłodszej* klasy w abstrakcji. Aby rozjaśnić ten mechanizm, został podany przykład 3.5.

Przykład 3.5 W systemie istnieje wiele encji, np. `Customer`, `Order`, `Product`. W przypadku generowania dla nich tabeli należy pamiętać o tym, że każda z nich może zostać nadpisana przez programistów budujących rozwiązania oparte o implementowany framework. Powiedzmy, że dodano klasę `MyProduct` *extends* `Product`. Abyśmy otrzymali dostęp do pól z tej nowej, nieznanego systemu klasy potrzebujemy właśnie metody, która znajdzie za pomocą refleksji klasę `MyProduct`, dzięki której system automatycznie, bez wkładu programisty będzie mógł uwzględnić w tabeli encyjnej pola, które zostały dopisane do produktu. To jest właśnie zadanie metody `getCeilingClass`.

Kontroler `DynamicEntityController` korzysta z serwisu, aby umieścić tabelę z encjami na stronie panelu administracyjnego pod konkretnym mapowaniem, np. `/admin/entity/product/table`.

⁶DAO - Data Access Object — obiekt dostępu do bazy danych



Rysunek 3.18: Diagram klas dla tabeli encyjnej w panelu administracyjnym

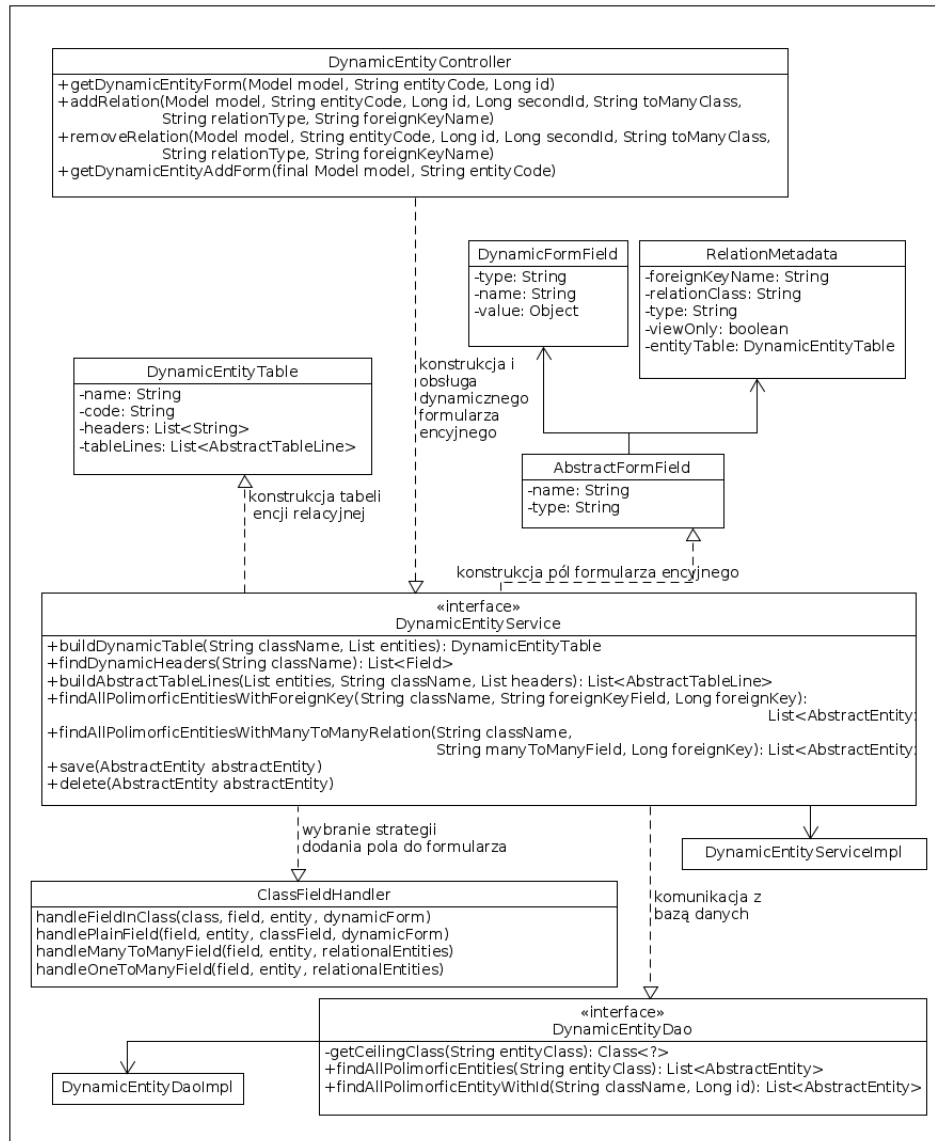
Dynamiczny formularz encyjny

Na rysunku 3.19 został umieszczony diagram klas dla dynamicznego formularza edycji encji. Zdefiniowano dla niego dwa rodzaje pól: `DynamicFormField` i `RelationMetadata`. Odpowiadają one odpowiednio polom prostym oraz relacyjnym. Każde pole relacyjne ma tabelkę z encjami (`DynamicEntityTable` — modelowo jest to ta sama tabelka co w poprzedniej podsekcji) będącymi w relacji z encją, dla której generowany jest formularz, np. kolekcja cen w każdym produkcie. Dynamiczny serwis encyjny podobnie jak w przypadku tabeli konstruuje formularz, korzystając z opisanych wyżej modelowych klas. Posiada zestaw metod, które:

- wyciągają wartości pól z encji za pomocą refleksji (tak, aby wpisać je do formularza edycji)
- znajdują za pomocą refleksji relacje encji, dla której budowany jest formularz, z uwzględnieniem problemu nadpisanej klasy opisanego w przykładzie 3.5
- obsługują CRUD edytowanej encji oraz jej relacji

`DynamicEntityController` w przypadku tej funkcjonalności obsługuje zapytania z serwera związane z wyświetleniem formularza encji, przetwarzaniem edycji oraz obsługą relacji encji (CRUD⁷). Klasa `DynamicEntityDao` spełnia takie samo zadanie jak w przypadku tabeli — wyciąga z bazy danych egzemplarze encji z uwzględnieniem możliwej abstrakcji.

⁷CRUD — CreateReadUpdateDelete - zestaw podstawowych operacji na encji, w przypadku tej funkcjonalności odnosi się do obsługi pól relacyjnych w encji, np. dodawania, usuwania, czytania i edytowania zdjęć do produktu



Rysunek 3.19: Diagram klas dla formularza encyjnego w panelu administracyjnym

Model systemu klasyfikacyjnego

System klasyfikacyjny jest powiązany z drzewem kategorii. Pozwala na zdefiniowanie dziedzicznych cech dla każdej z nich, które pojawiają się w końcowym produkcie przypisanym do kategorii. Poniżej znajduje się opis słowny poszczególnych klas ujętych na diagramie 3.20.

Cechy kategorii (`com.tinecommerce.core.catalog.model::Category`):

- dowolną ilość dzieci i rodziców
- lista asocjacji do zdefiniowanych jej cech
- przypisane do niej produkty

Cechy produktu (`com.tinecommerce.core.catalog.model::Product`):

- lista cen
- lista przypisanych kategorii
- lista cech (`ProductFeature`)

Product Feature jest to klasa pośrednicząca pomiędzy strukturą drzewiastą systemu klasyfikacyjnego a samym produktem, dlatego jej cechy to: produkt, cecha kategorii oraz jej wartość. Warto zauważyć, że z punktu widzenia modelu jest możliwe, aby każdy produkt miał dowolną cechę wynikającą z klasyfikacji, ponieważ `Product` i `CategoryFeature` są *de facto* w relacji many to many. Jednak warstwa serwisowa (opisana w dalszej sekcji) jest odpowiedzialna za ograniczenie tych cech tylko do takich, które wynikają ze ścieżki w drzewie kategorii, która prowadzi od korzenia do samego produktu. Aby jaśniej nakreślić udział modelu w systemie klasyfikacyjnym, podano przykład 3.6.

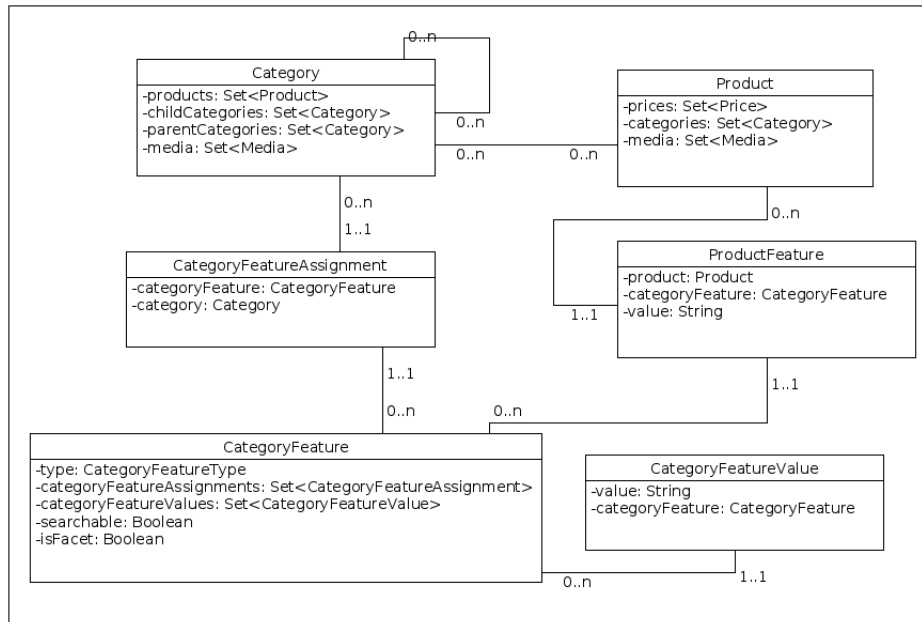
Przykład 3.6 *Kategoria (`Category`) **sport** posiada atrybut klasyfikacyjny (`Category Feature`) **waga sprzętu**, ich powiązanie definiuje się encją `Category Feature Assignment`. Atrybut klasyfikacyjny może mieć zdefiniowane wiele możliwych dla siebie wartości (`Category Feature Value`), np. **5KG**, **2KG**, **1KG**. Jeżeli jakiś produkt będzie należał do kategorii **sport**, to w jego formularzu edycji pojawi się możliwe do zdefiniowania pole (`Product Feature`) **waga sprzętu**, której będziemy mogli nadać wartość **5KG**, **2KG**, **1KG**.*

Warstwa serwisowa systemu klasyfikacyjnego

Na rysunku 3.21 został umieszczony diagram klas warstwy serwisowej systemu klasyfikacyjnego. W opisie modelu zostało wspomniane, że warstwa serwisowa zajmuje się ograniczeniem atrybutów klasyfikacyjnych i przypisywaniem ich produktom. Ponadto zapewnia walidację drzewa kategorii (aby nie powstawały cykle).

Serwis kategorii (`CategoryService`) jest interfejsem, który waliduje strukturę drzewa kategorii, dodaje kategorie do drzewa (tworzy powiązania) oraz umożliwia wydobycie wszystkich przodków i potomków węzła. Serwis w przypadku znalezienia cyklu w drzewie kategorii rzuca wyjątek informujący o cyklicznym połączeniu między kategoriami (`CircularEntityConnectionException`). Interfejs posiada podstawową implementację w postaci klasy `CategoryServiceImpl`.

Serwis atrybutów klasyfikacyjnych (`CategoryFeatureService`) został zaimplementowany po to aby umożliwić pobranie wszystkich możliwych atrybutów klasyfikacyjnych dla dowolnego Produktu. To właśnie ten serwis jest odpowiedzialny za ograniczenie tych cech tylko do takich, które wynikają ze ścieżki w drzewie kategorii, która prowadzi od korzenia do samego produktu. Sytuacja ta została opisana na diagramach aktywności w sekcji **Wyszukiwanie cech produktu**.



Rysunek 3.20: Diagram klas systemu klasyfikacyjnego — model

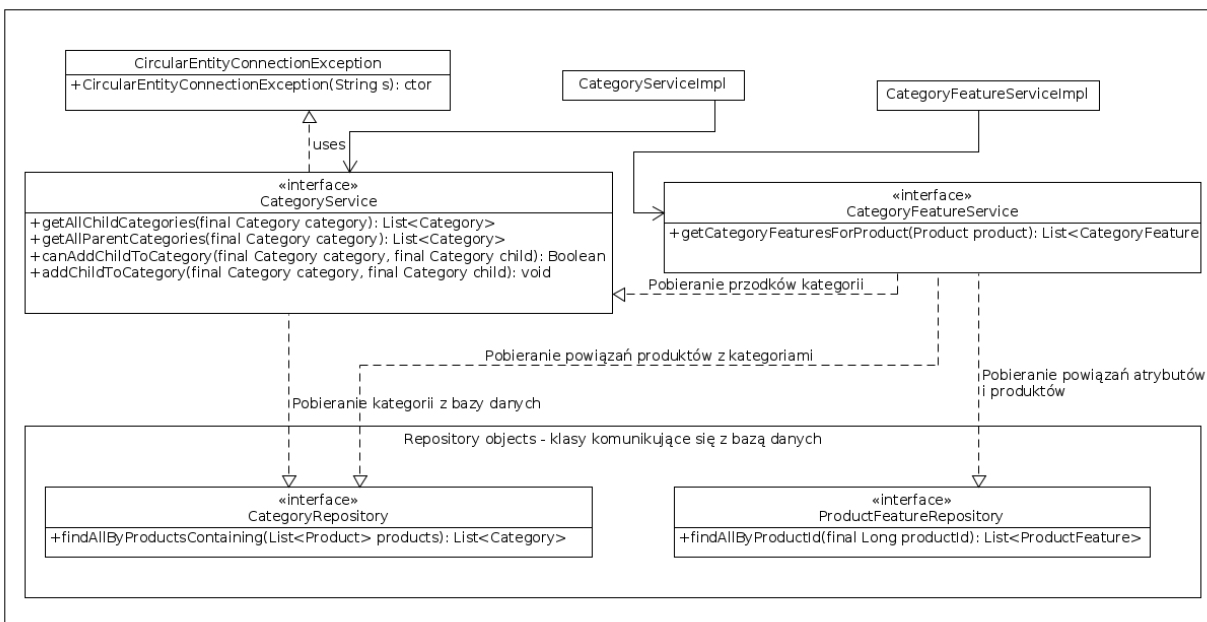
Serwisy mają również połączenie z bazą danych za pomocą obiektów *repository*. W tych klasach są konkretne metody pobierające encje z bazy danych. Każda metoda odpowiada kwerendzie bazodanowej, która została wygenerowana przez framework Hibernate na podstawie nazwy metody.

Warstwa kontrolerów systemu klasyfikacyjnego

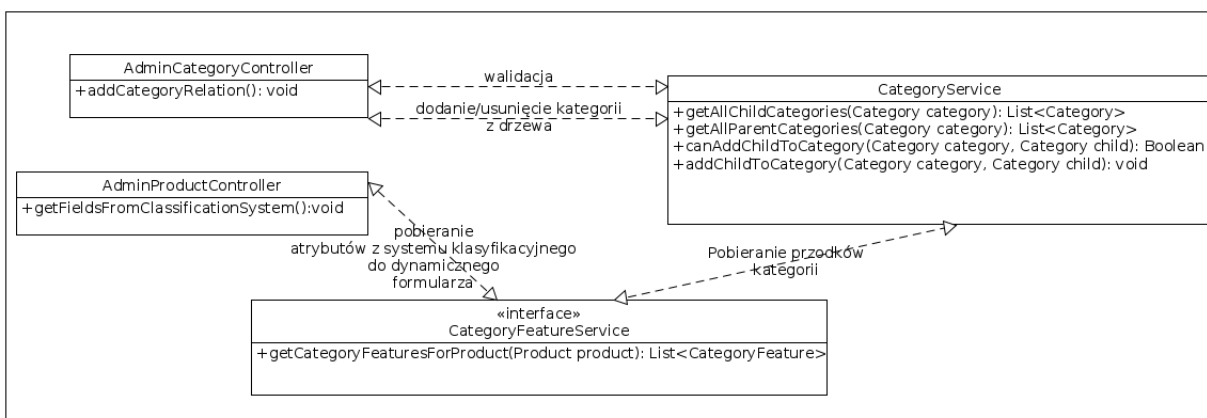
Rysunek 3.22 przedstawia diagram klas warstwy kontrolerów systemu klasyfikacyjnego. Panel administracyjny i edycja encji w systemie jest oparta na refleksji (czyli wyciąganiu wartości pól z klas), jednak w przypadku atrybutów klasyfikacyjnych nie mamy do czynienia z fizycznymi polami, dlatego potrzebujemy mechanizmu, który obsłuży przypisywanie im wartości, dodawanie ich lub usuwanie. Kontrolery związane z systemem klasyfikacyjnym są rozszerzeniem ogólnego **DynamicEntityController** (omówionego w poprzednich sekcjach), który zapewnia właśnie domyślne rozwiązanie oparte na refleksji. Więc powstały one ze względu na konieczność obsługi nietypowych pól w formularzu edycji produktu, jak i kategorii. W przypadku produktu są to pola, które nie należą bezpośrednio do klasy Product, jednak mogą mieć zdefiniowaną wartość — czyli wartości atrybutów klasyfikacyjnych. Natomiast w przypadku kategorii wiąże się to z koniecznością walidacji dodawania kolejnych powiązań w drzewie kategorii.

Struktura uprawnień w panelu administracyjnym

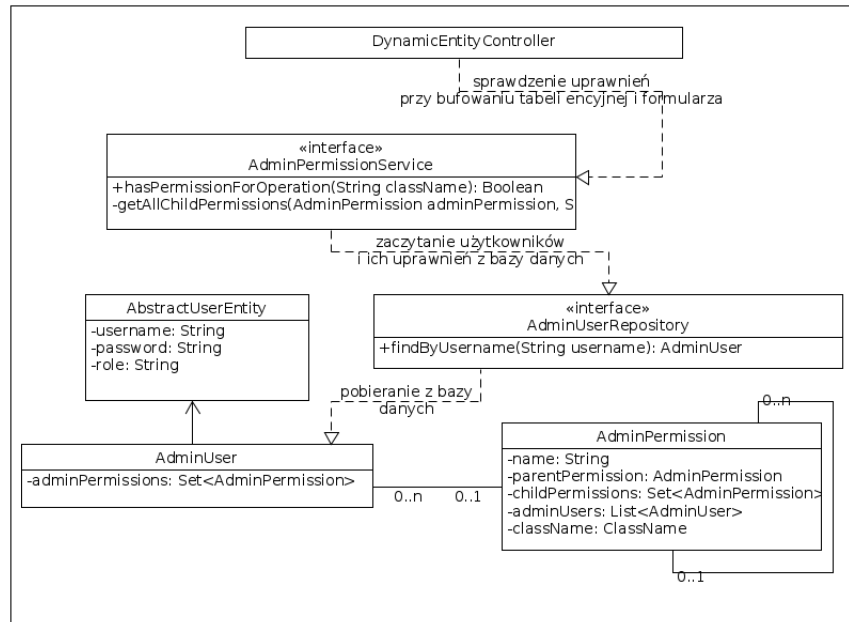
Panel administracyjny wyposażony jest w drzewiasty system uprawnień, który zapewnia kontrole dostępu do encji dla różnych użytkowników. Diagram klas użytych w tym rozwiązaniu został przedstawiony na rysunku 3.23. **DynamicEntityController** w przypadku tej funkcjonalności sprawdza w swoich metodach CRUD dotyczących encji, czy zalogowany użytkownik ma prawo do wyświetlenia i edycji encji, którą chce wyświetlić. Dzieje się to za sprawą metody `hasPermissionForOperation`



Rysunek 3.21: Diagram klas systemu klasyfikacyjnego — serwisy



Rysunek 3.22: Diagram klas systemu klasyfikacyjnego — kontrolery



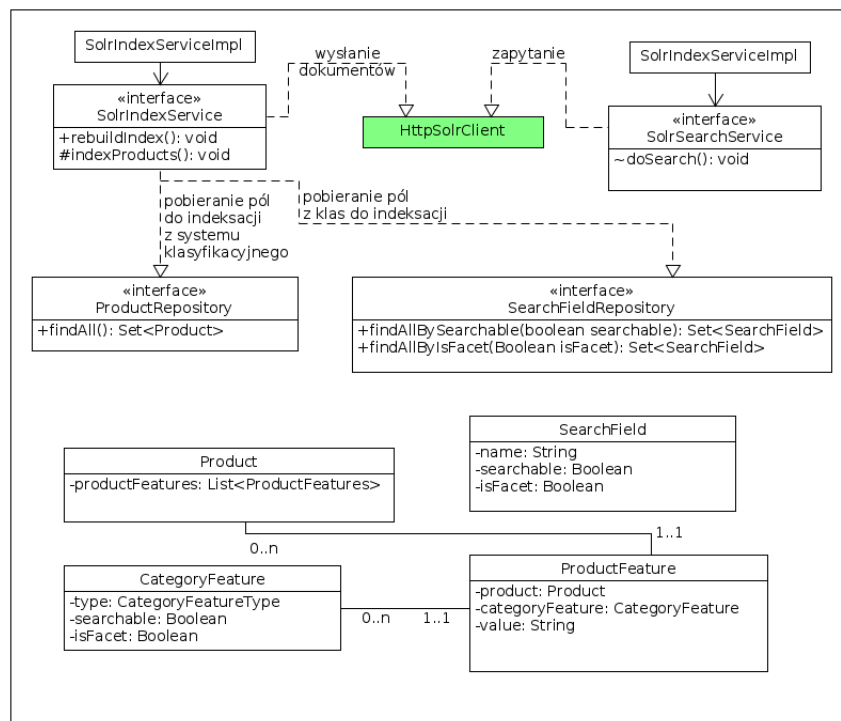
Rysunek 3.23: Diagram klas systemu uprawnień

(`className`) w klasie `AdminPermissionService`, która wędrując po drzewie uprawnień, sprawdza, czy dany użytkownik ma powiązanie z uprawnieniem potrzebnym do wyświetlenia danej encji. Obiekty z bazy danych są pobierane za pomocą klasy `AdminUserRepository`. System skonfigurowany jest domyślnie na to, aby jeden egzemplarz klasy `AdminPermission` odpowiadał jednej klasie encyjnej (np. cenie — `Price`). Uprawnienia mają również listę dzieci, dlatego można je układać w drzewiaste struktury. Jej działanie objaśni przykład 3.7.

Przykład 3.7 *Gdy użytkownik administracyjny `AdminUser` otrzymuje dane uprawnienie `A`, jest w stanie wyświetlić i edytować encję, której dotyczy to uprawnienie `A`, jak i również wszystkie inne encje, których dotyczą uprawnienia, dla których `A` jest rodzicem.*

Indeksacja i wyszukiwanie produktów

W systemie zostały zaimplementowane dwa główne serwisy obsługujące zapytania związane z wyszukiwaniem i widzialnością produktów w sklepie. Pierwszy z nich to `SolrIndexService`, którego zadaniem jest wydobywanie atrybutów produktu z systemu klasyfikacyjnego oraz z pól jego klasy jak zostało to przedstawione na rysunku 3.9. Potrzebuje on w tym celu dwóch obiektów dostępnych do bazy danych. `ProductRepository` wyciągnie produkty (`Product`) wraz z kolekcjami ich dynamicznych cech z systemu klasyfikacyjnego (`ProductFeature/CategoryFeature`). Natomiast `SearchFieldRepository` wyciągnie nazwy pól, które zostały zdefiniowane w systemie jako potrzebne do indeksacji (np. nazwa, opis lub cena). Każdy egzemplarz klasy `SearchField` odpowiada więc pewnej cesze produktu, która ma być wyszukiwalna. Cechy te zostaną wyciągnięte z klasy `Product` i jego ewentualnych nadklas (np. opisywany wielokrotnie hipotetyczny `MyProduct`). Wszystkie atrybuty produktu są pakowane w tak zwane *dokumenty* (jeden dokument odpowiada jednemu produktowi) i wysyłane na serwer Apache Solr. Zaindeksowany Solr jest wtedy gotowy

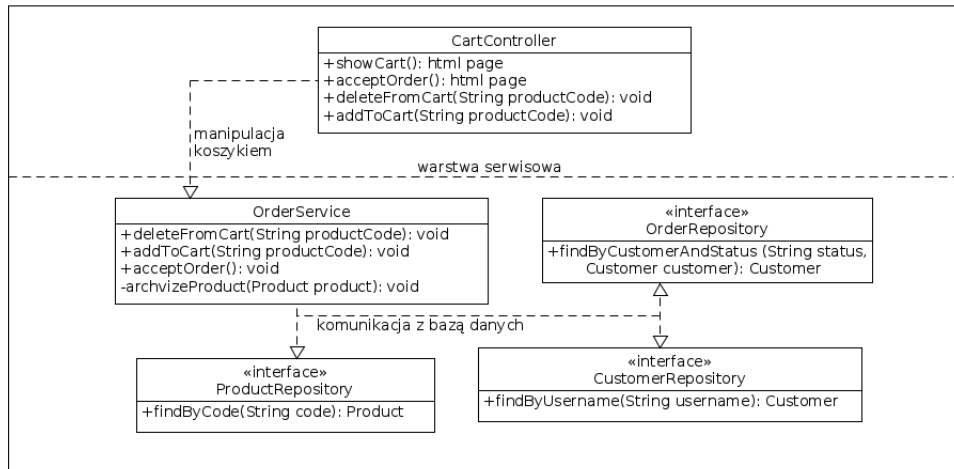


Rysunek 3.24: Diagram klas mechanizmu indeksująco-wyszukującego

do przyjmowania zapytań dotyczących wyszukiwania. **SolrSearchService** jest odpowiedzialny za konstruowanie kwerend Solrowych i interpretację wyników wyszukiwania.

Proces zamówienia

Jeden z najbardziej charakterystycznych procesów we frameworku e-commerce to proces zamówienia, diagram klas użytych do implementacji tego procesu został umieszczony na rysunku 3.25. **CartController** odpowiada za obsługę zapytań związanych z operacjami na koszyku takimi jak dodawanie, usuwanie, złożenie zamówienia, wyświetlenie koszyka. Serwis zamówień **OrderService** obsługuje logikę tych zapytań wraz z funkcjonalnością archiwizacji cech produktu (metoda `archiveProduct(Product product)`). Serwis używa singletonów Repository, aby znajdować w bazie danych zamówienia rozpoczęte przez zalogowanych użytkowników, produkty i szczegóły kupujących.



Rysunek 3.25: Diagram klas procesu zamówienia

Projekt bazy danych

W tej sekcji został przedstawiony projekt bazy danych. Dla zachowania ciągłości i przejrzystości rozważań diagramy zostały podzielone ze względu na funkcjonalności, podobnie jak na diagramach klas:

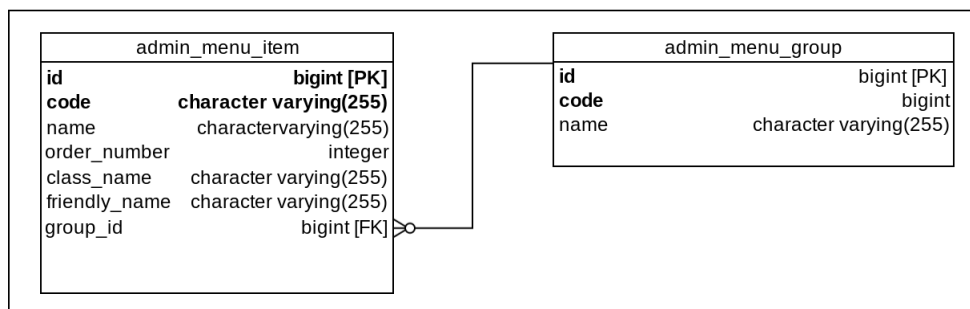
- menu w panelu administracyjnym
- system klasyfikacyjny
- struktura uprawnień
- proces zamówienia i archiwizacji produktu

Następnie w podsekcji **Mechanizm wyszukiwania** została opisana nierelacyjna baza Apache Solr i jej korelacje z relacyjną bazą danych. Na samym końcu została omówiona platforma DBMS i normalizacja relacyjnej części bazy danych.

Warto zaznaczyć w tym miejscu, że większość tabel ma kod (`code`), który jest unikalnym kluczem, po którym (zaraz obok `id`) można wyciągać encje z tabeli. Takie rozwiązanie zwiększa bezpieczeństwo aplikacji webowej, gdyż na stronie sklepu dostępnej dla osób trzecich nie są ujawniane klucze główne, tylko kody, które jednoznacznie określają encję w tabeli. Pogrubione kolumny w tabelach oznaczają unikalność wartości.

Menu w panelu administracyjnym

Na rysunku 3.26 został umieszczony diagram fragmentu bazy danych odpowiadający za menu w panelu. Zostało ono oparte na dwóch tabelach relacyjnych `admin_menu_item` (zakładka w menu) oraz `admin_menu_group` (grupa zakładek). Do pierwszej z nich składa się z `id`, unikalnego kodu, nazwy klasy, jaką ma reprezentować dana zakładka, kolejności wyświetlania, nazwy i nazwy wyświetlanej (`friendly_name`) oraz `group_id`, czyli klucza obcy grupy, w której się znajduje. Te dwie tabele łączy relacja one to many, w której rodzicem jest `admin_menu_group`. Nie jest konieczne, aby grupa musiała zawierać jakiejkolwiek elementy, podobnie nie jest obligatoryjne, aby element musiał być przypisany do konkretnej grupy.



Rysunek 3.26: Diagram fragmentu bazy danych odpowiadającego za menu

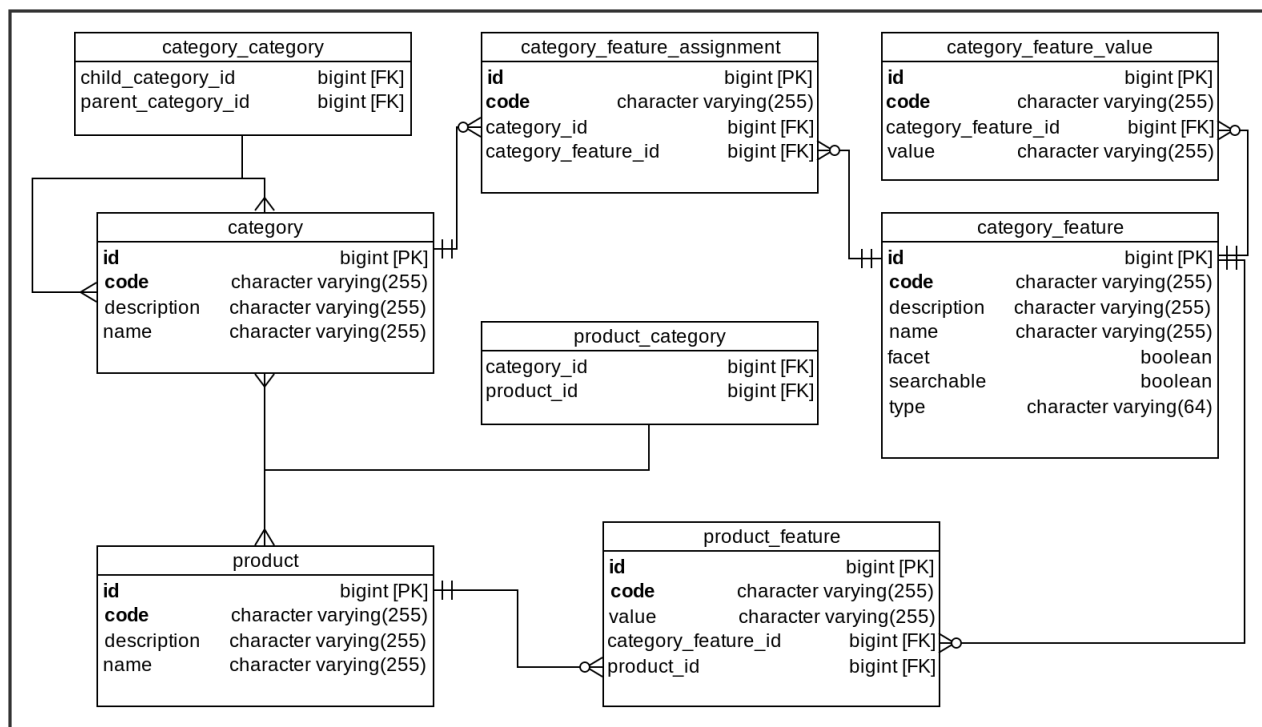
System klasyfikacyjny

Diagram na rysunku 3.27 przedstawia część bazy danych odpowiadającą za system klasyfikacyjny. Ze względu na obszerność diagramu, tabele zostaną omówione jedna po drugiej.

- **category** — główna tabela zawierająca kategorię produktów dostępnych w systemie, kategorie mogą przyjmować strukturę drzewa, w którym każdy węzeł ma dowolną liczbę dzieci i rodziców, dlatego tabela jest w relacji many to many ze samą sobą.
- **product** — tabela przechowująca produkty dostępne w systemie, powiązana relacją many to many z kategoriami, tym sposobem każdy produkt może być w dowolnie wielu kategoriach oraz każda kategoria może być przypisana do wielu produktów.
- **category_feature** — w tej tabeli przechowuje się atrybuty klasyfikacyjne, które mogą zostać przypisane do kategorii, oprócz standardowych kolumn takich jak nazwa lub opis, są również flagi, które informują system o tym, czy dany atrybut ma być wyszukiwalny pełnotekstowo w sklepie (**searchable**) lub czy ma być filtrem ograniczającym wyniki wyszukiwania (**is_facet**). Tabela ta jest w relacji many to many z tabelą **category**, co umożliwia kategorii mieć wiele atrybutów i atrybutowi znaleźć się w wielu kategoriach.
- **category_feature_assignment** — jest to tabela asocjacyjna pomiędzy kategorią, a atrybutem klasyfikacyjnym. Posiada ona własne id i kod, gdyż jest również systemową encją.
- **category_feature_value** — każdy atrybut klasyfikacyjny może mieć predefiniowane wartości, które składowane są w tej tabeli. **category_feature_value** jest powiązane relacją one to many z **category_feature** z kluczem obcym **category_feature_id**.
- **product_feature** — jest to tabela, która pozwala na powiązanie produktu atrybutami klasyfikacyjnymi, jest w relacji one to many z tabelą **product** i **category_feature**, ma w tym celu dwa klucze obce **category_feature_id** i **product_id**. Pozwala również przypisać wartość atrybutowi w produkcie. Dla uproszczenia można powiedzieć, że to kolekcja cech produktu.

Mechanizm uprawnień

Rysunek 3.28 przedstawia fragment bazy danych odpowiedzialny za obsługę uprawnień w panelu administracyjnym. Tabela **admin.user** zawiera rekordy z użytkownikami administracyjnymi, którzy

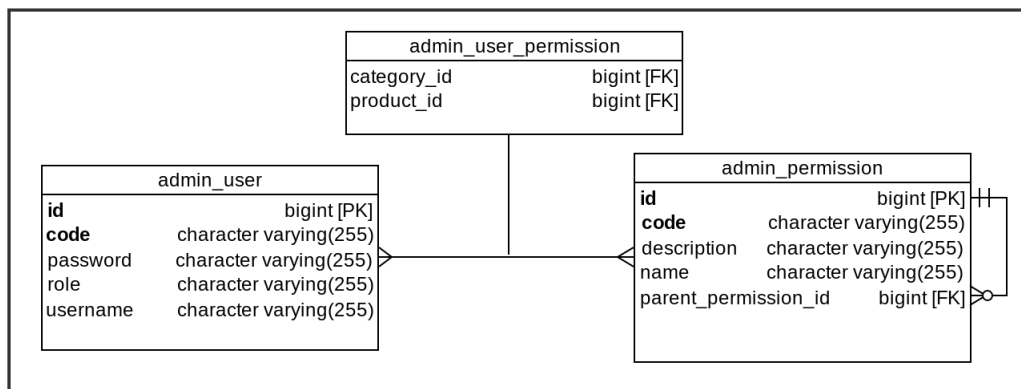


Rysunek 3.27: Diagram fragmentu bazy danych odpowiadającego za system klasyfikacyjny

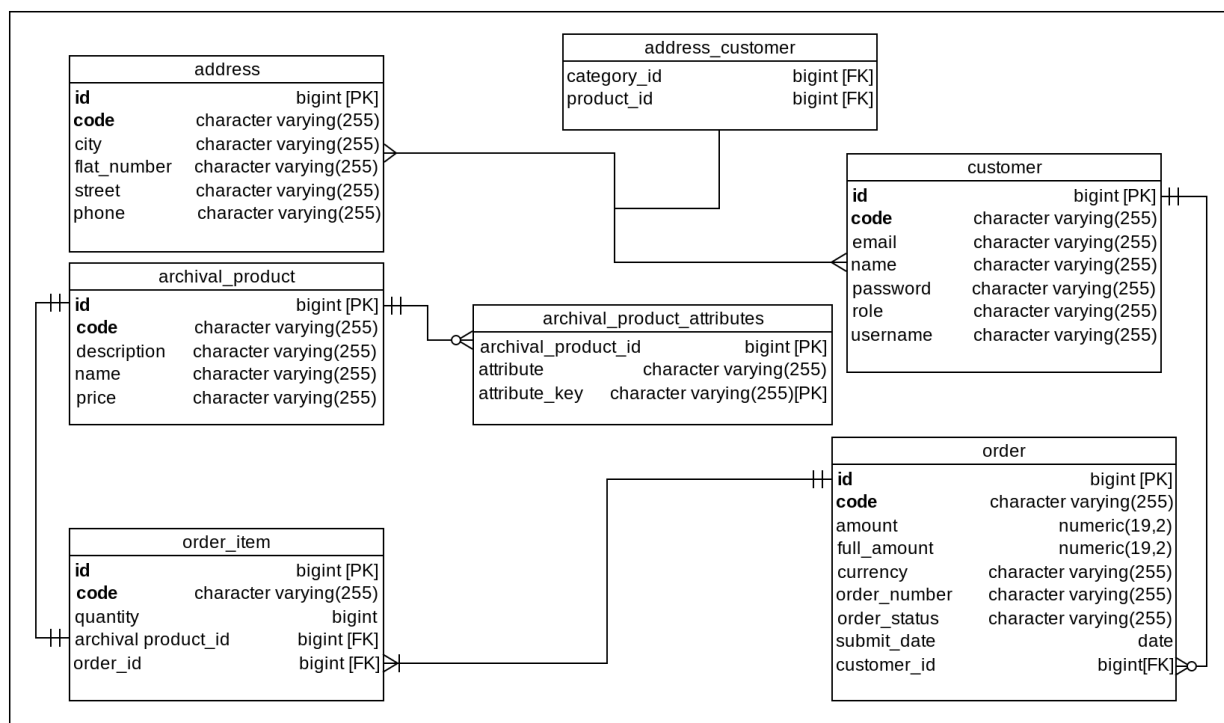
mogą zalogować się do systemu. Jest ona w relacji many to many z `admin.permission`, co oznacza, że użytkownik administracyjny może mieć wiele uprawnień, jak i jedno uprawnienie może być przypisane do wielu użytkowników. Dodatkowo `admin.permission` posiada kolumnę `class_name` z nazwą klasy w systemie, której dotyczy uprawnienie. Aby stworzyć możliwość dziedziczenia uprawnień i układania ich w grupy, dodano klucz obcy `parent.permission_id`, tworząc relację one to many do samego siebie. W ten sposób można tworzyć z uprawnień drzewiaste struktury — oczywiście przy założeniu niewystępowania cykli.

Proces zakupowy

Diagram na rysunku 3.29 przedstawia tabele bazodanowe, które biorą udział w procesie składania zamówienia. Oczywistymi elementami są tabele `customer` i `address`, powiązane relacją many to many. Zawierają one niezbędne szczegóły, które potrzebne są przy składaniu zamówień. Tabela `order` natomiast odpowiada systemowemu koszykowi, posiada klucz obcy `customer_id`, co oznacza, że jest w relacji one to many z klientem. Daje to klientowi możliwość składania wielu zamówień. Jest ona również w relacji one to many (tym razem jako rodzic) z tabelą `order_item`. Ta reprezentuje jeden produkt dodany do koszyka w dowolnej ilości (za sprawą kolumny `quantity`). `order_item` posiada również relację one to one do tabeli `archival_product`, które pełni w systemie rolę archiwum produktowego, tak aby przy hipotetycznym usunięciu produktu ze sklepu zamówienie, które zostało już złożone, nie zmieniło się. W celu utrzymania największej elastyczności, w opisie archiwalnego produktu, stworzono dla niego w relacji one to many tabelę `archival_product_attributes`, do której jest możliwość zapisania prawie wszystkich cech oryginalnego produktu. Te dwie tabele to przykład na to, jak może zostać zapisana w bazie danych mapa klucz-wartość.



Rysunek 3.28: Diagram fragmentu bazy danych odpowiadającego za uprawnienia w panelu administracyjnym



Rysunek 3.29: Diagram fragmentu bazy danych odpowiadającego za proces zakupowy



Połączenie bazy relacyjnej z płaską strukturą noSQL Apache Solr

W tym podrozdziale został opisany mechanizm wyszukiwania od strony bazodanowej. Na diagramie 3.30 znajduje się diagram fragmentu relacyjnej bazy danych, w których znajdują się atrybuty produktowe, biorące udział w procesie wyszukiwania. Tabele na tym diagramie zostały opisane już w poprzednich podrozdziałach, jednak celem tego diagramu jest pokazanie, z jak wielu tabel pochodzą atrybuty produktowe i jak skomplikowane są połączenia między nimi. Niemożliwe jest aby system był w stanie za każdym wyszukaniem przez klienta wyciągać z relacyjnej bazy taką ilość danych. Byłoby to bardzo obciążające dla serwera. Dlatego podczas opisanego w poprzednich rozdziałach procesu indeksacji, który odbywa się w systemie raz na 15 minut, dane te są zbierane i produkty wraz ze wszystkimi ich atrybutami są wysyłane do nierelacyjnej bazy danych Apache Solr. Każdy produkt odpowiada jednemu dokumentowi w strukturze Solra. Takie rozwiązanie jest istotnie szybsze dlatego, że:

- unikamy klasycznych połączeń bazodanowych, które są zwykle transakcyjne, co jest kosztowne czasowo
- unikamy kwerend z JOIN'ami, które często sprowadzają się do iloczynu kartezjańskiego, który również jest bardzo kosztowny
- Solr korzysta z silnika Lucene, który indeksuje każde słowo w każdym dokumencie, dlatego kwerenda jednosłowna z jednym dokumentem daje złożoność $O(1)$. W miarę wzrostu danych złożoność wyszukiwania jest liniowa, gdyż przy każdym wyszukaniu skanowany jest każdy dokument. W przypadku relacyjnej bazy danych przy wzroście liczby rekordów drastycznie spada wydajność ze względu na konieczność użycia JOIN'ów.

System utrzymania bazy danych

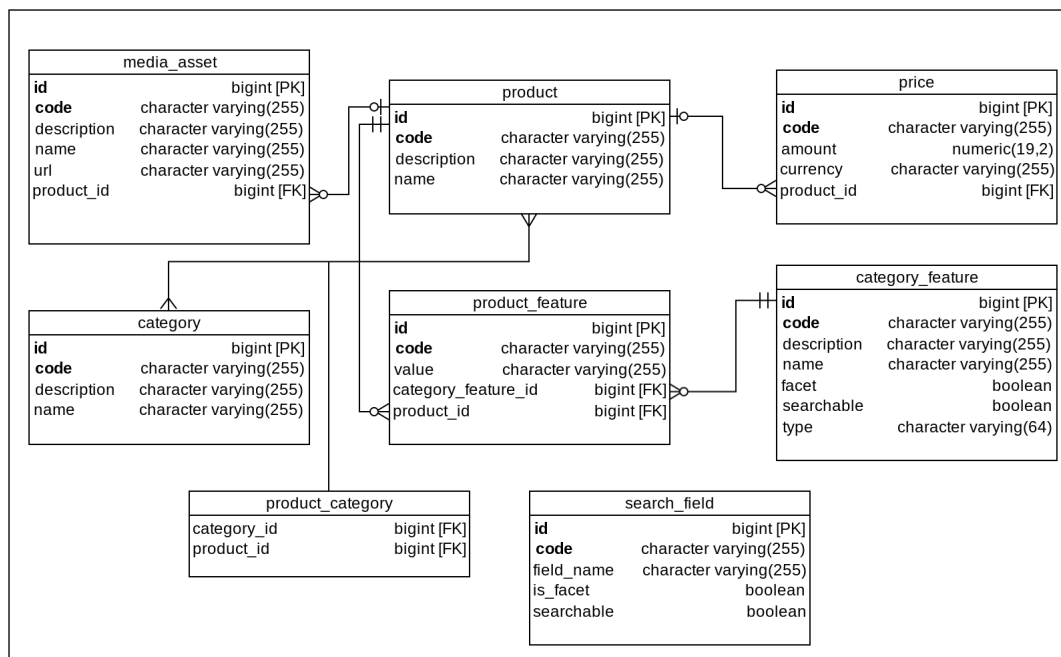
Jako system utrzymania bazy danych został wybrany PostgreSQL. Głównym powodem jest to, że uchodzi on za lepiej spisujący się do dużych baz danych (które mogą pojawić się w platformie e-commerce). Bywa używany w projektach zawierających hurtownie danych, i które są nastawione na bardzo szybki zapis i odczyt. Dodatkowo Hibernate⁸ jest łatwo konfigurowalny dla baz opartych o PostgreSQL. Ważną zaletą tego systemu jest także spełnienie właściwości transakcji według ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability). Spełnienie tych właściwości gwarantuje brak zagubionych lub błędnych danych w razie awarii systemu.

Normalizacja bazy danych

Tabele zawarte w systemie są w trzeciej postaci normalnej. Wynika to z tego, że do tworzenia schematu bazy danych zostało wykorzystane mapowanie relacyjno-obiektowe, które same w sobie nie zapewnia 3NF⁹, jednak sposób implementowania encji w standardzie JPA narzuca ją domyślnie. Każda tabela ma swój klucz główny oraz jest odzwierciedleniem pól w danej klasie — spełnienie 1NF, każda kolumna powinna być atomowa, przechowywać tylko jedną informację. Dodatkowo jedna encja w systemie oznacza jedną tabelę w bazie danych, co jest zgodne z 2NF, czyli wszystkie niekluczowe kolumny w tabeli muszą dotyczyć konkretnej klasy. 3NF jest również spełniona, ponieważ w żadnej z tabel nie ma niekluczowych informacji, które zależałyby od innych niekluczowych informacji. Wprowadzająca zamieszanie może być w tym przypadku tabela `order` z kolumną `full_amount`,

⁸Hibernate — framework w Javie do komunikacji z bazą danych

⁹NF - postać normalna



Rysunek 3.30: Diagram fragmentu bazy danych ukazujący z jakich tabel zbierane są atrybuty produktowe

która zależy od liczby i ceny produktów, jednak te informacje znajdują się w innych tabelach, przez co 3NF jest zachowana.



Implementacja systemu

Opis technologii

W projekcie użyto wielu technologii oraz frameworków. Wszystkie oparte są o język Java, dokumentację można znaleźć w [3]. Interfejs użytkownika zaprojektowano przy użyciu szablonów opartych o projekt Start Bootstrap, którego opis można znaleźć na stronie [6].

Spring Framework/Spring Boot

Główną technologią jest framework Spring. Ułatwia pisanie aplikacji w Javie, w szczególności webowych, ze względu na dużą elastyczność i wzorzec projektowy Model-View-Controller, singleton oraz spełnia zasadę *Inversion of Control*. Aplikacja jest oparta o platformę Spring Boot. Jest to nakładka na framework Spring, który przy obecnych standardach stał się skomplikowany w konfiguracji. Spring Boot zapewnia autokonfigurację wielu komponentów systemu, łatwe dodawanie modułów Springowych (np. security lub web). Co najważniejsze posiada wbudowany kontener na aplikację internetową, przez co nie ma potrzeby konfigurowania osobnego kontenera (np. Tomcat) i umieszczania tam aplikacji. Znacznie przyspiesza to dewelopment. Więcej informacji znajduje się w dokumentacji [5] oraz w książce [10].

Hibernate/JPA 2.1

Java Persistence API jest interfejsem służącym do komunikacji aplikacji z bazą danych. Jego implementacją jest framework Hibernate. Korzystanie z tych standardów ułatwia komunikację z bazą danych i zapewnia wiele przydatnych funkcjonalności. Między innymi zapewnia również obsługę transakcji. W połączeniu ze Spring Data to potężne narzędzie, a jednocześnie proste w użytku. Więcej informacji o frameworku Hibernate i JPA w książce [7].

Spring Data

Spring Data ułatwia konfigurację połączeń między bazą danych a serwerem. Do tego zapewnia automatyczne generowanie prostych kwerend bazodanowych, korzystając z zasady *query by convention*¹. Jest to sposób pisania nazw metod w interfejsach, które framework jest w stanie zaimplementować. Całość powoduje odejście od tradycyjnej warstwy DataAccessObject. Framework pozwala na samodzielne implementowanie trudniejszych kwerend w spersonalizowany sposób.

Apache Solr

Oparta na silniku Lucene i uruchomiona na osobnym serwerze wyszukiwarka zapewnia odseparowanie najbardziej obciążonej części sklepu. Dzięki Solrowi w implementowanym frameworku

¹query by convention — sposób generowania kwerend bazodanowych na podstawie nazw metod w interfejsach



jest obecna bardzo szybka wyszukiwarka z możliwością wyszukiwania pełnotekstowego, filtrowania, sortowania i zawężania wyników względem różnych pól produktu. Książka [9] i dokumentacja [1] opisują działanie i możliwości Solra. Do integracji serwera Apache Solr z implementowanym frameworkiem użyto biblioteki SolrJ [4].

Omówienie kodów źródłowych

Projekt składa się z 3986 linii kodu w języku Java, dlatego aby zachować zwięzłość i zrozumiałość w ramach omówienia kodów źródłowych zostanie przedstawiona tylko jedna funkcjonalność odnosząca się do konkretnych przypadków użycia zdefiniowanych w sekcji **Przypadki użycia** rozdziału **Projekt systemu**. Większość funkcjonalności jest napisana w analogiczny sposób ze względu na wzorzec architektoniczny model-view-controller, dlatego dokładna analiza jednej funkcjonalności wystarczy do zrozumienia metodologii wytwarzania kodu w projekcie.

Na rysunku 3.1 znajduje się use-case: *Zarządzanie encjami*. Związany jest przypadek z diagramu 3.6 *Wyświetlenie i manipulacja relacjami encji*. Te dwa przypadki wiążą się z konstrukcją dynamicznego formularza edycji dla danej encji. Dla lepszego zrozumienia warto przypomnieć diagramy związane z implementacją tej funkcjonalności. Na rysunku 3.12 przedstawiono diagram aktywności, zaś rysunek 3.19 przedstawia klasy użyte do implementacji. Dla przykładu działania kodu źródłowego zostanie przeanalizowana budowa formularza dla dowolnej encji.

Kod źródłowy 4.1: Przetworzenie zapytania żądania edycji encji `DynamicEntityController.java`.

```
@GetMapping("/entities/{entityCode}/{id}/edit")
public String getDynamicEntityForm(final Model model,
    @PathVariable(name = "entityCode") String entityCode,
    @PathVariable(name = "id") Long id) {
    model.addAttribute(ATTR_MENU_ITEMS, adminMenuGroupRepository.findAll());

    String className = resolveEntityCode(entityCode);
    if(permissionService.hasPermissionForOperation(className)) {
        DynamicForm dynamicForm = new DynamicForm();
        dynamicForm.setEntityClass(entityCode);
        List<RelationMetadata> relationalEntities = new ArrayList<>();

        dynamicEntityService.constructDynamicEntityForm(className, id,
            dynamicForm, relationalEntities);

        model.addAttribute("relationalEntities", relationalEntities);
        model.addAttribute("dynamicForm", dynamicForm);
        model.addAttribute("entityName", entityCode);
        model.addAttribute("id", id);
    } else {
        model.addAttribute("authError", true);
    }
    return "dynamicEntityForm";
}
```

Kod źródłowy 4.1 przedstawia kontroler odpowiadający za przetworzenie żądania konstrukcji formularza edycji. Na przykład w przypadku produktu o `id = -105` mapowanie (url) będzie wyglądało następująco: `/entities/product/-105/edit`, gdzie `product` to kod encji `entityCode`. Na początku metody następuje dodanie do modelu menu, które jest widoczne na każdej stronie administracyjnej. Następnie w metodzie `resolveEntityCode`, kod encji produkt zostaje przetłumaczony

na pełną nazwę klasy z której pochodzi. W tym celu system sprawdza, czy w bazie danych encja o takim kodzie należy do tych zdefiniowanych jako możliwe do obsłużenia w panelu administracyjnym. Kod źródłowy tej metody znajduje się na listingu 4.2.

Kod źródłowy 4.2: Zamiana kodu encji na nazwę klasy: `DynamicEntityController.java`.

```
private String resolveEntityCode(String entityCode){
    return adminMenuItemRepository.findByCode(entityCode)
        .map(AdminMenuItem::getClassName)
        .orElse("");
}
```

Mając nazwę klasy, sprawdzane jest, czy zalogowany użytkownik posiada prawa do edycji i wyświetlania danej klasy. Dzieje się to w metodzie `hasPermissionForOperation`. Zalogowany użytkownik pobierany jest z bazy danych, po czym jego wszystkie uprawnienia zostają zebrane w metodach `getAllChildrenPermissions` za pomocą rekurencyjnego przejścia po drzewie uprawnień, które należą do użytkownika administracyjnego. W tym przypadku każde uprawnienie, które jest mu przypisane, odgrywa rolę korzenia (przechodzimy po wielu drzewach). Każde uprawnienie będące potomkiem korzenia, jest brane pod uwagę.

Kod źródłowy 4.3: Sprawdzenie uprawnień i algorytm przeszukiwania drzewa: `PermissionService.java`.

```
public boolean hasPermissionForOperation(String checkedClassName){
    AdminUser adminUser = adminUserRepository
        .findByUsername(getLoggedInUsername()).get();
    return getAllChildPermissions(adminUser.getAdminPermissions())
        .stream()
        .map(AdminPermission::getClassName)
        .anyMatch(checkedClassName::equals);
}

private Set<AdminPermission> getAllChildPermissions(
    Set<AdminPermission> adminPermissions) {
    final Set<AdminPermission> result = new HashSet<>();
    adminPermissions.forEach(adminPermission ->
        getAllChildPermissions(adminPermission, result));
    return result;
}

private void getAllChildPermissions(AdminPermission adminPermission,
    Set<AdminPermission> result) {
    adminPermission.getChildPermissions().forEach(child ->
        this.getAllChildPermissions(child, result));
    result.add(adminPermission);
}
```

Jeżeli algorytm przeszukiwania drzewa znajdzie nazwę klasy w finalnej kolekcji uprawnień administratora, kontroler z listingu 4.1 rozpoczyna budowę formularza. Formularz konstruowany jest w metodzie `constructDynamicEntityForm` przedstawionej na listingu 4.4. Korzystając z metody `getAllFieldsFromClass` wyciąga z klasy (i wszystkich możliwych nadklas) wszystkie pola, które są objęte interfejsem `@AdminVisible`, następnie dla każdego pola metoda `handleFieldInClass` wybiera strategię jak skonstruować fragment formularza dla konkretnego pola.



Kod źródłowy 4.4: Konstrukcja formularza: `DynamicEntityService.java`.

```

public void constructDynamicEntityForm(String className, Long id,
    DynamicForm dynamicForm,
    List<RelationMetadata> relationalEntities) {
    List<Field> fields = getAllFieldsFromClass(className);
    AbstractEntity entity = dynamicEntityDao
        .findAllPolimorphicEntityWithId(className, id);
    for (Field field : fields) {
        for (Class<?> cls : ExtensionUtil.getSubclassesOf(className)) {
            handleFieldInClass(cls, field, entity, dynamicForm,
                relationalEntities);
        }
    }
}

private List<Field> getAllFieldsFromClass(String className) {
    return ExtensionUtil.getPolymorphicFieldsOf(className)
        .stream()
        .filter(field -> field.isAnnotationPresent(AdminVisible.class))
        .sorted(Comparator.comparingInt(field ->
            field.getAnnotation(AdminVisible.class).order()))
        .collect(Collectors.toList());
}

```

Kod źródłowy 4.5 z metodą `handleClassField` przedstawia pracę mechanizmu determinującego strategię konstrukcji pola w formularzu. System rozpoznaje 3 typy pól: kolekcje jeden-do-wielu, kolekcje wiele-do-wielu oraz pola proste (string, bool, int). Dla każdego z nich zaimplementowano osobną metodę, która dodaje do formularza edycji aktualnie obsługiwane pole.

Kod źródłowy 4.5: Konstrukcja formularza: `ClassFieldHandler.java`.

```

private void handleFieldInClass(Class cls, Field field,
    AbstractEntity entity, DynamicForm dynamicForm,
    List<RelationMetadata> relationalEntities){
    Field classField = cls.getDeclaredField(field.getName());
    classField.setAccessible(true);

    if (Collection.class.isAssignableFrom(classField.getType()) &&
        classField.getAnnotation(OneToMany.class) != null) {
        handleOneToManyField(field, entity, relationalEntities);
    } else if (Collection.class.isAssignableFrom(classField.getType())
        && classField.getAnnotation(ManyToMany.class) != null) {
        handleManyToManyField(field, entity, relationalEntities);
    } else {
        handlePlainField(field, entity, classField, dynamicForm);
    }
}

```

Po zakończeniu budowy formularza kontroler z listingu 4.1 skonstruowany formularz oraz dodatkowe informacje do modelu (`model.addAttribute`). Następnie zwraca nazwę widoku (pliku HTML) z szablonem formularza encyjnego. W przypadku braku znalezienia odpowiedniego uprawnienia, użytkownikowi wyświetlany jest widok z brakiem uprawnień.

Wdrożenie i prezentacja działania

W tym rozdziale została przedstawiona instrukcja obsługi niniejszej platformy. W pierwszej części omówiono wymagania, które muszą zostać spełnione, aby framework z przykładowymi danymi był gotów do pracy, następnie opisano czynności instalacyjne. W dalszej części rozdziału umieszczono prezentację działania aplikacji.

Konfiguracja i instalacja aplikacji

Aplikację można uruchomić na każdym systemie, na którym jest możliwa instalacja bazy danych PostgreSQL. Najprościej pobrać jej obraz z repozytorium Docker-Hub i uruchomić aplikację Docker. Instalacja odbędzie się na przykładzie komputera z systemem Ubuntu 16.04.

Instalacja Javy

Jawę na Ubuntu 16.04 wystarczy zainstalować za pomocą polecenia:

```
$ sudo apt-get install default-jdk
```

Na nowszych wersjach Ubuntu należy zainstalować Javę 8, ponieważ pakiet `default-jdk` zawiera Javę 10. W tym celu należy pobrać ze strony [3] paczkę z Javą 8 i ustawić zmienną środowiskową `JAVA_HOME` na miejsce wypakowania paczki.

Instalacja Dockera

Docker na Ubuntu jest bardzo prosty w instalacji, pełny (pięciominutowy) poradnik znajduje się pod adresem [2].

Instalacja bazy danych PSQl

Obraz bazy danych zostanie pobrany przez aplikację Docker po wpisaniu poniższej komendy:

```
$ sudo docker run --name postgres -e POSTGRES_PASSWORD=postgres -d postgres
```

Skrypty tworzące użytkownika i bazę danych

W głównym folderze pakietu instalacyjnego należy odszukać katalog `sql` i uruchomić skrypty `1.sql`, `2.sql`, `3.sql`, `4.sql` na postawionej w poprzednim kroku bazie danych.

Serwer Apache Solr

Serwer Apache Solr również zostanie pobrany z obrazu Docker'owego. Aby uruchomić instancję Apache Solr na komputerze należy wpisać polecenie:

```
$ sudo docker run --name my_solr -d -p 8983:8983 -t solr
```

Następnie należy utworzyć bazę danych w Solarze poleceniem:

```
$ sudo docker exec -it --user=solr my_solr bin/solr create_core -c tinecommerce
```



ADD C

Table of price B

Show 10 entries Search:

Id	code	currency	amount
D -105	kod6	PLN	179.90
-104	kod5	PLN	299.90
-103	kod4	PLN	349.90
-102	kod3	PLN	149.00
-101	kod2	PLN	229.90
-100	kod1	PLN	249.90

Showing 1 to 6 of 6 entries Previous 1 Next

Rysunek 5.1: Widok panelu administracyjnego

Instalacja aplikacji testowej

W głównym folderze pakietu instalacyjnego znajdują się dwie paczki: `admin.jar` oraz `shop.jar`. Obydwie należy uruchomić za pomocą polecenia:

```
$ java -jar nazwa.jar
```

gdzie *nazwa* to *admin* lub *shop*. Sklep z wszystkimi produktami będzie dostępny pod adresem `http://localhost:9001/search?query=*`, natomiast panel administracyjny z wylistowanymi kategoriami pod adresem `http://localhost:9000/entities/category`. System administracyjny będzie wymagał zalogowania. Dane do logowania: `login: admin`, `hasło: test`. Aby zakupić przedmiot w sklepie, również są potrzebne dane do logowania: `login: test`, `hasło: test`. W razie problemów z aplikacją administracyjną, można uruchomić ją poprzez program Maven poleceniem:

```
$ mvn spring-boot:run
```

Prezentacja działania

W ramach tej sekcji zostaną przedstawione kluczowe elementy systemu, które pojawiły się w rozdziale **Projekt systemu**.

Widok panelu administracyjnego

Na rysunku 5.1 został przedstawiony panel administracyjny. Literkami A, B, C i D oznaczono ważne elementy. **A** – konfigurowalne menu, **B** – dynamiczna tabela encyjna ze wszystkim encjami rodzaju `price` (tabela cen). **C** przycisk dodania nowego egzemplarza encji, **D** – linki z ID przekierowujące do dynamicznego formularza edycji encji.

Widok formularza edycji encji

Na rysunku 5.1 został przedstawiony dynamiczny formularz encyjny. Literkami A, B i C oznaczono ważne elementy. **A** – sekcja formularza z generowanymi polami prostymi, **B** – sekcja komponentów edycji relacji, dla każdej jeden komponent, **C** przyciski zatwierdzenia lub usunięcia encji.

Details of category

id

-113

code

sportSprzNar

name

Narty

description

Submit

Delete

Relations of category

parentCategories

Add

Id	code	name	description
-110	spSprzet	Sprzet	X

childCategories

Add

Id	code	name	description
----	------	------	-------------

products

Add

Id	code	name	description
-98	nartyMale	Male Narty	Narty dla początkujących X

Rysunek 5.2: Widok formularza edycji encji

47



Relations of product

prices

Add

id	code	currency	amount	
-103	kod4	PLN	349.90	X



```
public class Product extends AbstractNameableEntity {
    @Setter(AccessLevel.NONE)
    @OneToMany(cascade = CascadeType.ALL,
        orphanRemoval = true, mappedBy = "product")
    @AdminVisible(tableVisible = false,
        className = "com.tinecommerce.core.catalog.model.Price")
    private Set<Price> prices;
```

Rysunek 5.3: Dodanie do formularza edycji pola relacyjnego

Dodanie pola relacyjnego do formularza edycji encji

Na rysunku 5.3 przedstawiono fragment klasy `Product`, nad polem relacyjnym (zbiór cen w produkcie) umieszczono adnotację `@AdminVisible`, która powoduje wyświetlenie w formularzu edycji produktu zbioru cen.

Zmiana właściwości encji

Zmiana właściwości dowolnej encji zostanie przedstawiona na podstawie produktu.

Scenariusz: zmiana ceny. **Rysunek:** 5.4

- wybierz z tabeli encyjnej dowolny produkt i wejdź w szczegóły (1)
- w dynamicznym formularzu spośród relacji produktu wybierz cenę (price) i wejdź w szczegóły (2)
- w formularzu edycji ceny zmień jej wartość i naciśnij *submit*(3)
- po powrocie do edycji produktu zostanie wyświetlona zmieniona cena (4)

Działanie systemu klasyfikacyjnego

Rysunek 5.5 przedstawia proces dodania nowego filtra do wyszukiwania w sklepie internetowym. Zdefiniowanie atrybutu klasyfikacyjnego odbywa się w panelu administracyjnym, następnie należy przypisać go do kategorii. System każdemu powiązanemu produktowi przypisze ten atrybut i da administratorowi możliwość zdefiniowania jego wartości. Po określeniu atrybutu produktu (marka – nike), pojawi się w sklepie nowy filtr *marka*.

Nadpisanie klasy i dodanie do niej niestandardowego pola

Ważną cechą systemu jest elastyczność panelu administracyjnego. Każda klasa, która jest w nim widoczna (np. Zamówienie, Produkt), może zostać nadpisana w kodzie i mogą zostać do niej dodane niestandardowe pola. Na rysunku 5.6 przedstawiono fragment klasy `MyOrder` rozszerzającą standardową klasę `Order`. Do klasy Zamówienie dodano pole *status*, pole to zostało oznaczone adnotacją `@AdminVisible`. Spowodowało to wyświetlenie się nowego pola *orderStatus* w tabelce encji Zamówienie (A) oraz jej formularzu edycyjnym(B).

ADD

Table of product

1

Show 10 entries

id	code	name	description
-105	48051878	Trampki vans classic	Buty cichobiegł, je

Details of price

Id

-103

code

kod4

currency

PLN

amount

349.90

Submit

3

Details of product

id

-105

code

48051878

name

Trampki vans classic

description

Buty cichobiegł, jest idealną propozycją dla mężczyzn ceniących sobie elegancję a zarazem wygodę i styl.

Submit

Delete

Relations of product

prices

Add

id	code	currency	amount
-103	kod4	PLN	349.90

categories

Add

id	code	name	description
-105	obuwieTramp	Trampki	

Relations of product

prices

Add

id	code	currency	amount
-101	kod2	PLN	229.90

4

Rysunek 5.4: Zmiana ceny w produkcie

ADD

Zdefiniowanie nowego atrybutu:

Table of categoryFeature

Show 10 entries

Search: marka

id	code	name	description	type	searchable	isFacet
-104	marka_t	Marka		STRING	true	true

Przypisanie go do kategorii root:

categoryFeatureAssignments

Add

id	code	categoryFeature	category
-100	rootMarka	Marka - marka_t	Main category [root]-code:root

System doda atrybut do każdego produktu będącego potomkiem kategorii root. Administrator definiuje jego wartość (value):

productFeatures

Add

id	code	value
-93	43546576:marka_t	Nike

Po zaindeksowaniu nowych atrybutów, pojawia się jako wyszukiwalne lub zawężające wyniki:

Filtry

Cena

100.0 - 150.0(1)

200.0 - 250.0(2)

Rozmiar

s(1)

xl(1)

Kategoria

koszulki(3)

Marka

nike(1)

Wyszukaj

koszulka

700 x 400

Koszulka polo Lacoste

229.9zł

Koszulka polo Lacoste, jest idealną propozycją dla mężczyzn ceniących sobie elegancję a zarazem wygodę i styl.

Dodaj

700 x 400

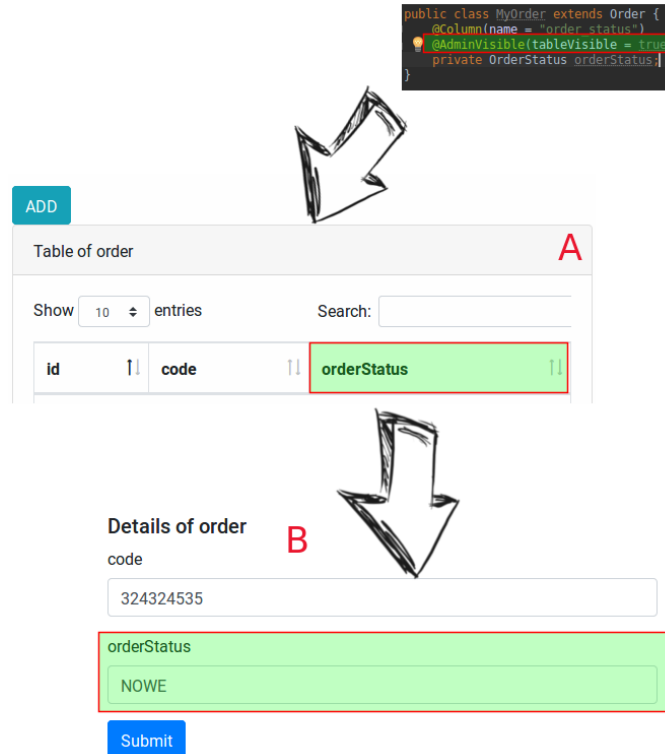
Koszulka polo wyjściowa

149.0zł

Koszulka polo Nike, jest idealną propozycją dla mężczyzn ceniących sobie elegancję a zarazem wygodę i styl.

Dodaj

Rysunek 5.5: Działanie systemu klasyfikacyjnego



Rysunek 5.6: Nadpisanie klasy i dodanie do niej niestandardowego pola

Działanie mechanizmu uprawnień

Uprawnienia w panelu administracyjnym określają, które encje mogą zostać edytowane i wyświetlone przez danego administratora. Na rysunku 5.7 przedstawiono proces przypisania uprawnienia *catalogPermission*(A), które dotyczy encji *product*, *category* i *price* (B). Możemy je przypisać administratorowi w jego formularzu edycji (C). Dzięki temu użytkownik, któremu nadaliśmy to uprawnienie, będzie mógł wyświetlić i edytować wspomniane trzy encje (D).

Proces zakupowy

Na rysunkach 5.8 i 5.9 przedstawiono przykładowy sklep internetowy, który korzysta z platformy. Na rysunku 5.8 widoczny jest widok wyszukiwania produktów z sekcją filtrów (A), wyszukiwarką pełnotekstową (B) oraz kafelkami z produktami (C). Rysunek 5.9 przedstawia widok koszyka.

Tabela uprawnień: **A**

Do użytkownika administracyjnego przypisujemy uprawnienie sekcji katalogu:

Relations of adminUser **C**

Fragment formularza edycji uprawnienia catalogPermission:

Użytkownik do którego zostało przypisane uprawnienie sekcji katalog, może zarządzać następującą sekcją w panelu administracyjnym:

B

D

id	code	name	description	className
2	catalogPermission	Catalog Permission	catalog section permission	
8	category	Category		com.tinecommerce.core.catalog.model.Category

id	code	name	description	className
2	catalogPermission	Catalog Permission	catalog section permission	X

id	code	name	description	className
7	product	Product		com.tinecommerce.core.catalog.model.Product X
8	category	Category		com.tinecommerce.core.catalog.model.Category X
9	price	Price		com.tinecommerce.core.catalog.model.Price X

Catalog

- Products
- Categories
- Prices

Rysunek 5.7: Proces nadawania uprawnień

Tine-commerce: przykładowy sklep

Home Zamówienia Koszyk Zalogowany: test

Filtry **A**

Cena

- 100.0 - 150.0(1)
- 150.0 - 200.0(1)
- 200.0 - 250.0(2)
- 750.0 - 800.0(1)

Rozmiar

- s (2)
- l (1)
- xl (1)

Kategoria

- koszulki (3)
- spodnie (2)
- hantle (1)

Wyszukaj **B**

np. koszulka polo

C

700 x 400

Małe Narty

759.9zł

Narty dla początkujących

Dodaj do koszyka

700 x 400

Koszulka polo Hilfiger slim

249.9zł

Koszulka polo Tommy Hilfiger, jest idealną propozycją dla mężczyzn ceniących sobie elegancję a zarazem wygodę i styl.

Dodaj do koszyka

700 x 400

Trampki vans classic

229.9zł

Buty cichobieg, jest idealną propozycją dla mężczyzn ceniących sobie elegancję a zarazem wygodę i styl.

Dodaj do koszyka

Rysunek 5.8: Widok wyszukiwarki



Twój koszyk



QTY	Photo	Name	Price	Action
1		Koszulka polo Hilfiger slim	249.9 PLN	X
1		Spodnie krótkie classic Levis	179.9 PLN	X
1		Małe Narty	759.9 PLN	X

Cena całkowita: 1189.70 PLN

ZAMÓW

Rysunek 5.9: Widok koszyka

Podsumowanie

Na podstawie niniejszej pracy został zaimplementowany szablonowy system, który pozwala na stworzenie sklepu internetowego opierającego się na gotowych rozwiązaniach. Wraz z platformą przychodzi szereg funkcjonalności, które są kluczowe dla każdego sklepu internetowego.

Proces implementacji wiązał się z wieloma wyzwaniami. Najtrudniejszym z nich było stworzenie **elastycznego modelu**¹ oraz **reużywalnego i rozszerzalnego panelu administracyjnego**. Jest to jedno z ciekawszych rozwiązań, które pozwala na dowolną modyfikację modelu oraz wprowadzanie nowych funkcjonalności. Do systemu **podłączono zewnętrzny mechanizm indeksujący oraz relacyjną i nierelacyjną bazę danych**. Wraz z platformą użytkownicy mają do dyspozycji **zaawansowaną wyszukiwarkę Apache Solr**.

Do panelu administracyjnego dodano **funkcjonalność obsługi uprawnień** w obrębie użytkowników administracyjnych. Stworzono również **system klasyfikacyjny**, który umożliwia nadawanie dowolnych cech produktowi w zależności od kategorii, z której pochodzi. We frameworku został zaimplementowany także **pełny proces zakupowy**.

Wszystkie wymagania funkcjonalne określone we wstępie zostały spełnione, jednak biorąc pod uwagę charakter projektu, część z nich wymaga ciągłego udoskonalania. Platformy e-commerce są tworzone latami przez duże zespoły programistów, niemniej jednak projekt ten po dwumiesięcznym okresie implementacji można określić mianem konkretnego *proof of concept*, który jest dobrym fundamentem do stworzenia bardzo dużego i jeszcze bardziej ogólnego rozwiązania. Warte przemyślenia byłby bardziej szczegółowy opis procesu zamówienia oraz, co byłoby bardzo praktyczne, to CMS, czyli system zarządzania treścią w sklepie, aby zapewnić możliwość edycji widoku sklepu z poziomu panelu administracyjnego. Interesującym pomysłem upraszczającym proces wdrożenia byłoby także zrobienie inicjalizera do projektów opartych na opisywanym frameworku, podobnego jak np. na stronie Spring Boot.

Łącząc wszystkie zaimplementowane funkcjonalności w całość, otrzymamy system, który umożliwi nam szybką implementację sklepu internetowego. Dzięki tej pracy zaoszczędzony czas i pieniądze mogą zostać spożytkowane na lepszy marketing lub design.

¹spełnione wymagania funkcjonalne zdefiniowane w rozdziale **Analiza problemu** zostały wytłuszczone



Bibliografia

- [1] Apache solr technology. Web pages: <https://lucene.apache.org/solr/guide/>.
- [2] Instalacja aplikacji docker. Web pages: <https://docs.docker.com/install/linux/docker-ce/ubuntu/#install-using-the-repository>.
- [3] Java technology. Web pages: <http://www.oracle.com/technetwork/java/>.
- [4] Solrj guide. Web pages: <https://lucene.apache.org/solr/guide/7.5/using-solrj.html>.
- [5] Spring boot documentation. Web pages: <https://docs.spring.io/>.
- [6] Start bootstrap project. Web pages: <https://startbootstrap.com/>.
- [7] G. G. G. K. Christian Bauer. *Java Persistence with Hibernate, Second Edition*. Manning, 2015.
- [8] G. McCluskey. Using java reflection. Web pages: <https://www.oracle.com/technetwork/articles/java/javareflection-1536171.html>.
- [9] T. G. T. Potter. *Solr in Action*. Manning, 2014.
- [10] C. Walls. *Spring Boot in Action*. Manning, 2016.

Zawartość płyty CD

Płyta CD zawiera pakiet instalacyjny dla testowej aplikacji. Główny katalog ma w sobie dwa podkatalogi `sql` i `tine-commerce`, ten pierwszy zawiera pliki `sql` z poleceniami tworzącymi bazę danych oraz testowe dane. Folder `tine-commerce` zawiera kod źródłowy platformy. W głównym katalogu są również dwa pliki `.jar`: `admin.jar` i `shop.jar`, które składają się na przykładową aplikację (sklep internetowy wraz z panelem administracyjnym). Na płycie CD znajduje się także niniejsza praca w pliku o nazwie `W11_229773_2019_praca_inzynierska.pdf`.

