



Politechnika Łódzka

Instytut Informatyki

INŻYNIERSKA PRACA DYPLOMOWA

MAPOWANIE OBIEKTOWO-RELACYJNE W JĘZYKU C++

Wydział: Fizyki Technicznej, Informatyki i Matematyki Stosowanej
Promotor: dr inż. Arkadiusz Tomczyk
Dyplomant: Marcin Maciaszczyk
Nr albumu: 165466
Kierunek: Informatyka
Specjalność: Inżynieria Oprogramowania i Analiza Danych

Łódź, 10 maja 2014r.

Instytut Informatyki

90-924 Łódź, ul. Wólczańska 215, **budynek B9**
tel. 042 631 27 97, 042 632 97 57, fax 042 630 34 14 email: office@ics.p.lodz.pl

Spis treści

1	Wstęp	4
1.1	Uzasadnienie wyboru tematu	4
1.2	Problematyka i zakres pracy	6
1.3	Cele pracy	7
1.4	Metoda badawcza	8
1.4.1	Studia literaturowe	8
1.4.2	Analiza istniejących rozwiązań	9
1.4.3	Stworzenie własnej aplikacji szkieletowej	9
1.4.4	Analiza porównawcza oraz testy	9
1.5	Przegląd literatury w dziedzinie	9
1.5.1	Literatura dotycząca języka C++ oraz Qt	9
1.5.2	Literatura dotycząca języka SQL	10
1.5.3	Literatura dotycząca mapowania obiektowo-relacyjnego	10
1.6	Układ pracy	10
2	Zagadnienia teoretyczne	11
2.1	Programowanie obiektowe	11
2.2	Relacyjne bazy danych	11
2.3	Mapowanie obiektowo-relacyjne	11
3	Analiza istniejących rozwiązań	12
3.1	Przegląd istniejących rozwiązań	12
3.2	Porównanie istniejących rozwiązań	12
4	Aplikacja szkieletowa Qubic	13
4.1	Moduły tworzonej aplikacji	13
4.2	Analiza wymagań	14
4.2.1	Wymagania funkcjonalne	14
4.2.2	Wymagania нефункционалне	14

4.3	Projekt	15
4.3.1	Rodzaj aplikacji	15
4.3.2	Diagram klas	15
4.3.3	Wzorce projektowe	17
4.3.4	Środowisko programistyczne	17
4.4	Implementacja	17
4.4.1	Interfejs CRUD	17
4.5	Konserwacja i inżynieria wtórna	23
4.6	Dokumentacja użytkownika	23
4.7	Przykładowa aplikacja wykorzystująca Qubica	23
4.8	Testy oraz ich wyniki	23
4.9	Perspektywy rozwoju Qubica	23
5	Podsumowanie	25
5.1	Dyskusja wyników	25
5.2	Perspektywy rozwoju pracy	25
	Bibliografia	25
	Spis rysunków	26
	Spis tabel	27
	Załączniki	28

Rozdział 1

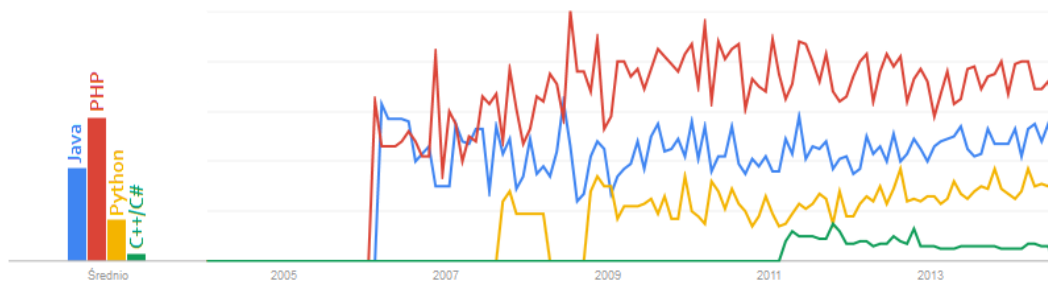
Wstęp

1.1 Uzasadnienie wyboru tematu

Wraz z rozwojem informatyki proces tworzenia oprogramowania wymaga od informatyków co raz większej wiedzy w poszczególnych dziedzinach takich jak na przykład bazy danych czy sieci komputerowe. Ciężko jest być specjalistą w każdej z nich, dlatego też podczas tworzenia oprogramowania programiści co raz częściej sięgają po różnego rodzaju narzędzia programistyczne, które mają za zadanie ułatwić im pracę wykonując jej część za nich.

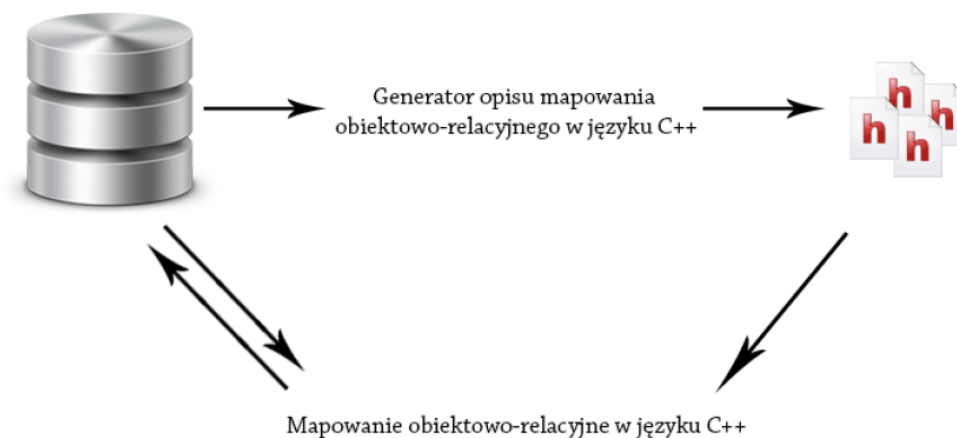
Przykładem takich narzędzi są aplikacje szkieletowe wykorzystywane jako fundamenty dla tworzonych aplikacji czy też biblioteki programistyczne udostępniające zestawy określonych funkcji. Oczywiście nie zawsze mamy możliwość skorzystania z wspomnianych narzędzi, jednak jeśli taka istnieje warto wziąć to pod uwagę podczas fazy planowania tworzenia oprogramowania, ponieważ decydując się na korzystanie z nich jesteśmy w stanie zaoszczędzić sporo czasu, a także uniknąć wielu błędów związanych z niezajomością danej dziedziny.

Wraz z kolegą z tego samego roku studiów – Sebastianem Florkiem, zdecydowaliśmy się w ramach pisania pracy dyplomowej na wspólne stworzenie aplikacji szkieletowej, która będzie realizowała mapowanie obiektowo-relacyjne w języku C++. Wybór C++ jako języka programowania tłumaczymy dość dobrą jego znajomością, a także pewnym doświadczeniem w programowaniu w tym języku nabytym w trakcie studiów. Mapowanie obiektowo-relacyjne jest to obecnie zagadnienie co raz bardziej powszechne, szczególnie w językach programowania takich jak PHP czy Java. Programiści C++ nie mają już tak dużego wyboru wśród dostępnych narzędzi służących do mapowania obiektowo-relacyjnego, co także braliśmy pod uwagę ustalając temat nad jakim będziemy pracować.



Rys. 1.1: Wykres przedstawiający popularność mapowania obiektowo-relacyjnego na przestrzeni czasu w wybranych językach programowania [1]

Podział naszej pracy zostanie opisany na początku rozdziału 4, jednak na wstępie warto zaznaczyć, że tematem pracy Sebastiana jest generator opisu mapowania obiektowo-relacyjnego, który jest wstępnym etapem pracy naszej aplikacji szkieletowej. Celem wspomnianego generatora jest wygenerowanie pliku projektu, a także plików nagłówkowych oraz klas na podstawie istniejącej już bazy danych. Moim zadaniem będzie samo mapowanie obiektowo-relacyjne, które będzie się opierało na wcześniej wygenerowanych plikach.



Rys. 1.2: Schemat współpracy modułów tworzonej aplikacji szkieletowej, dalej występującej też pod nazwą Qubic

1.2 Problematyka i zakres pracy

Programowanie obiektowe jest obecnie jednym z najpopularniejszych paradygmatów programowania, a pojęcia takie jak klasa czy obiekt znane są wszystkim programistom. Podobnie jest z relacyjnym modelem organizacji baz danych i terminami takimi jak relacja czy krotka. Chcąc wykorzystać oba te podejścia w jednej aplikacji musimy zadbać o obustronną konwersję pomiędzy danymi z tabel relacyjnej bazy danych a obiektami aplikacji. Tym właśnie zajmuje się mapowanie obiektowo-relacyjne, które wraz z tworzeniem aplikacji szkieletowych w języku C++ jest główną problematyką niniejszej pracy.

Tutaj powstaje pytanie czy na prawdę warto korzystać z bibliotek i aplikacji szkieletowych służących do mapowania obiektowo relacyjnego? Odpowiedź nie jest jednoznaczna w wszystkich przypadkach, ale warto wymienić jego podstawowe wady i zalety, których dokładniejsza analiza znajduje się w dalszej części pracy. Zaczniemy od zalet wykorzystania narzędzi ORM¹:

- Znacznie zredukowana ilość pracy wymagana na oprogramowanie dostępu do bazy danych.
- Nieobowiązkowa znajomość języka SQL². W celu tworzenia zapytań do bazy danych korzystamy z interfejsu udostępnianego przez daną bibliotekę czy też aplikację szkieletową.
- Uniezależnienie się od rodzaju systemu zarządzania bazą danych, możemy korzystać równie dobrze z MySQL, Oracle, PostgreSQL czy też Microsoft SQL Server niekoniecznie posiadając o nich rozbudowaną wiedzę.
- Aby skorzystać z transakcji, połączenia z bazą danych a także wielu innych funkcjonalności baz danych wystarczy zazwyczaj wywołać pojedynczą metodę.
- Cały model danych przechowywany jest w jednym miejscu oraz nie jest ściśle związany z wykorzystywanym systemem zarządzania bazą danych dzięki czemu łatwiej jest nam wprowadzać kolejne modyfikacje w kodzie oraz nawet zmieniać system zarządzania bazą danych na inny.

Wszędzie gdzie pojawiają się zalety mamy też do czynienia z wadami, nie inaczej jest w tym przypadku:

¹mapowanie obiektowo-relacyjne (ang. Object-Relational Mapping)

²strukturalny język zapytań (ang. Structured Query Language)

- Konfiguracja jest najczęściej skomplikowana i wymaga sporo czasu.
- Aby efektywnie korzystać z narzędzi do mapowania obiektowo-relacyjnego wymagana jest od nas ich dobra znajomość.
- Proste zapytania są obsługiwane bardzo sprawnie, jednak gdy przetwarzamy duże ilości złożonych zapytań wydajność nie dorówna nigdy zapytaniom napisanym przez specjalistę znającego język SQL.
- Abstrakcja wprowadzona przez narzędzia ORM może okazać się uciążliwa, ponieważ nie zawsze zdajemy sobie sprawę z tego co dzieje się za kulisami w trakcie wykonywania poszczególnych operacji.

Naszym głównym celem jest uczynienie Qubica dobrą alternatywą dla nielicznych, ale istniejących już bibliotek oraz aplikacji szkieletowych realizujących mapowanie obiektowo-relacyjne w języku C++. Wszystkie nam obecnie znane rozwiązania są dostępne za darmo, jednak nie udostępniają one generatora opisu będącego w stanie wygenerować cały projekt aplikacji a ich interfejsy nie należą do intuicyjnych. Wprowadzenie generatora oraz intuicyjnego interfejsu użytkownika powinno uczynić Qubica istotną alternatywą dla istniejących już narzędzi zakładając, że pozostała funkcjonalność mapowania obiektowo-relacyjnego zostanie zrealizowana poprawnie.

Analizę istniejących rozwiązań przedstawia kolejny rozdział a zestawienie z rezultatami naszej pracy znajduje się natomiast w końcowej części pracy, gdzie zostaną przedstawione uzyskane przez nas wyniki oraz podsumowanie wykonanej przez nas pracy.

1.3 Cele pracy

Do najważniejszych celów niniejszej pracy dyplomowej należą:

- Analiza istniejących bibliotek oraz aplikacji szkieletowych realizujących mapowanie obiektowo-relacyjne w języku C++ – przeanalizowanie istniejących już narzędzi umożliwi dokładniejsze zapoznanie się z tematyką mapowania obiektowo-relacyjnego a także ze sposobem działania istniejących już rozwiązań, co umożliwi zaczerpnięcie najciekawszych pomysłów dla Qubica a także wskaże elementy, które mogą ulec w nim poprawie.

- Stworzenie własnej aplikacji szkieletowej realizującej mapowanie obiektowo-relacyjne w języku C++ – ułatwi dokładniejsze poznanie mechanizmów działających podczas mapowania obiektowo-relacyjnego oraz sposobów rozwiązywania pojawiających się problemów.
- Porównanie szybkości działania oraz ilości kodu wymaganego do stworzenia przykładowej aplikacji stworzonej w oparciu o Qubic a o inne istniejące narzędzia – przeprowadzenie testów pozwoli stwierdzić czy przyjęte założenia i zastosowane rozwiązania wpłynęły na stworzenie wartej uwagi aplikacji szkieletowej realizującej mapowanie obiektowo-relacyjne.

Do celów części praktycznej należą:

- Stworzenie intuicyjnego interfejsu użytkownika – aby sprawdzić w jakim stopniu udało się zrealizować założenia zostanie przeprowadzony test polegający na napisaniu tej samej aplikacji wykorzystującej Qubica oraz inne aplikacje szkieletowe i biblioteki, a następnie porównaniu ilości linii kodu stworzonych aplikacji.
- Stworzenie generatora opisu mapowania obiektowo-relacyjnego – jest to przedmiotem pracy Sebastiana, naszym wspólnym celem jest integracja obu modułów.
- Poprawne zrealizowanie założeń mapowania obiektowo-relacyjnego, a także jak najlepsza optymalizacja zapytań – aby sprawdzić w jakim stopniu udało się zrealizować założenia zostanie przeprowadzony test polegający na napisaniu tej samej aplikacji wykorzystującej Qubica oraz inne aplikacje szkieletowe i biblioteki, a następnie porównaniu ich wydajności.
- Uczynienie konfiguracji Qubica jak najprostsza.

1.4 Metoda badawcza

1.4.1 Studia literaturowe

Literatura wykorzystana podczas pisania niniejszej pracy dotyczy głównie czterech zagadnień, czyli tworzenia aplikacji szkieletowych w języku C++, tworzenia zapytań w języku SQL, aplikacji szkieletowej Qt oraz mapowania obiektowo-relacyjnego. Pierwsze dwa należą są dość popularne, dlatego też wybór pozycji książkowych jest dość spory. Na temat mapowania obiektowo-relacyjnego trudniej jednak znaleźć

podobną ilość książek, jednak istnieje spora ilość artykułów w wersji elektronicznej. Najczęściej są one napisane w języku angielskim. Tytuły wykorzystanych pozycji bibliograficznych wraz z ich krótkimi opisami znajdują się w kolejnym rozdziale.

1.4.2 Analiza istniejących rozwiązań

Poza podstawowym źródłem informacji jakim są studia literaturowe podczas pisania tej pracy przeprowadzona została analiza istniejących już narzędzi realizujących mapowanie obiektowo-relacyjne. Analiza taka umożliwia poznanie praktycznych rozwiązań problemów pojawiających się podczas prac badawczych nad daną tematyką.

1.4.3 Stworzenie własnej aplikacji szkieletowej

Praktyka jest najczęściej najlepszą z dostępnych metod nauki i to właśnie podczas tworzenia własnej aplikacji szkieletowej realizującej mapowanie obiektowo-relacyjne można się najbardziej z danym tematem zapoznać. Wszystkie problemy, które pojawiały się podczas pisania Qubica musiały zostać w pewien sposób rozwiązane i to właśnie analiza tych problemów i ich rozwiązywanie było główną metodą badawczą użytą podczas pisania niniejszej pracy.

1.4.4 Analiza porównawcza oraz testy

Analizując wcześniej istniejące już rozwiązania i porównując je z własnym można dojść do najtrafniejszych wniosków. To właśnie na tym etapie często dowiadujemy się czy przyjęte przez nas założenia i zaproponowane rozwiązania były lepsze niż te z istniejących już rozwiązań.

1.5 Przegląd literatury w dziedzinie

1.5.1 Literatura dotycząca języka C++ oraz Qt

W celu zasięgnięcia informacji na temat języka C++ i zagadnień z nim związanych najczęściej wykorzystywaną pozycją książkową była „Symfonia” Jerzego Grębosza [2]. Najlepszym jej określeniem jest „kurs programowania w języku C++”, opisane zostały w niej jednak zagadnienia dotyczące nie tylko języka C++, a także co istotne dla autora niniejszej pracy zagadnienia dotyczące obiektowości.

Poza tym wartościowym źródłem wiedzy podczas tworzenia Qubica była specyfikacja języka C++ [3] oraz dokumentacja aplikacji szkieletowej Qt [4].

1.5.2 Literatura dotycząca języka SQL

Kluczowym zadaniem Qubica jest tworzenie jak najefektywniejszych zapytań w języku SQL, wiedza autora na ten temat pochodzi w głównej mierze z książki Johna Viescasa o tytule „SQL Queries for Mere Mortals” [5]. Wyjaśnione zostały w niej zagadnienia dotyczące tworzenia zapytań w języku SQL oraz podstawy związane z bazami danych.

W tym przypadku także wartościowe okazały się specyfikacje na przykład języka MySQL [6].

1.5.3 Literatura dotycząca mapowania obiektowo-relacyjnego

1.6 Układ pracy

Tematem niniejszej pracy jest mapowanie obiektowo-relacyjne w języku C++, zaś za jej główny cel przyjęto przeanalizowanie istniejących bibliotek oraz aplikacji szkieletowych realizujących mapowanie obiektowo-relacyjne oraz stworzenie własnej aplikacji szkieletowej.

Najważniejszym celem pracy jest przeanalizowanie istniejących narzędzi służących do mapowania obiektowo-relacyjnego w języku C++ oraz stworzenie na podstawie tej analizy własnej aplikacji szkieletowej realizującej to samo zagadnienie.

Rozdział 1 otwiera uzasadnienie wyboru tematu pracy, opisane zostały w nim także cele pracy, jej problematyka, zakres, wykorzystane metody badawcze, przegląd literatury oraz jej układ.

Rozdział 2 zawiera objaśnienia podstawowych zagadnień teoretycznych związanych z mapowaniem obiektowo-relacyjnym oraz tworzeniem aplikacji szkieletowych w języku C++.

Rozdział 3 przedstawia analizę istniejących już narzędzi służących do mapowania obiektowo-relacyjnego napisanych w języku C++.

Rozdział 4 przedstawia projekt aplikacji szkieletowej Qubic, postawione wymagania, opis jego implementacji, wyniki testów oraz końcowe porównanie z wcześniej analizowanymi narzędziami w rozdziale 3.

Rozdział 5 zawiera podsumowanie niniejszej pracy inżynierskiej, biorąc pod szczególną uwagę dyskusję wyników oraz dalsze perspektywy rozwoju pracy.

Rozdział 2

Zagadnienia teoretyczne dotyczące mapowania obiektowo-relacyjnego oraz aplikacji szkieletowych

2.1 Programowanie obiektowe

2.2 Relacyjne bazy danych

2.3 Mapowanie obiektowo-relacyjne

Rozdział 3

Analiza istniejących rozwiązań mapowania obiektowo-relacyjnego w języku C++

3.1 Przegląd istniejących rozwiązań

3.2 Porównanie istniejących rozwiązań

Rozdział 4

Aplikacja szkieletowa Qubic

4.1 Moduły tworzonej aplikacji

W rozdziale pierwszym w skrócie został przedstawiony schemat współpracy modułu tworzonego przez autora tej pracy a autora pracy, której tematem jest „Generator opis mapowania obiektowo-relacyjnego w języku C++”. W tym podrozdziale opis ten zostanie rozwinięty.

Chcąc w jak największym stopniu zautomatyzować obsługę połączenia z bazą oraz zminimalizować czas jaki programista będzie musiał poświęcić na oprogramowywanie komunikacji pomiędzy programem a bazą danych zdecydowaliśmy się na wprowadzenie generatora opisu, który tę część pracy wykona za użytkownika Qubica.

Zadaniem generatora jest wygenerowanie plików klas, plików nagłówkowych oraz pliku projektu Qt w oparciu o istniejącą bazę danych. Moduł tworzony przez autora niniejszej pracy będzie wykorzystywany w wygenerowanym kodzie, a także w kodzie napisanym przez użytkownika Qubica. W momencie zakończenia pracy generatora wygenerowana aplikacja będzie w pełni gotowa do przechowywania danych z bazy bez konieczności tworzenia zapytań. W celu przechowania obiektów aplikacji, ich modyfikacji, załadowania czy usunięcia z bazy danych wystarczy uruchomienie odpowiednich metod Qubica.

Dalsza część tego rozdziału została poświęcona w zdecydowanej większości modułowi Qubica zajmującego się mapowaniem obiektowo-relacyjnym.

4.2 Analiza wymagań

4.2.1 Wymagania funkcjonalne

Podczas projektowania Qubica przyjęto następujące założenia w celu jak najlepszego odwzorowania cech mapowania obiektowo-relacyjnego:

- Aplikacja musi umożliwiać podstawowe operacje mapowania obiektowo-relacyjnego, a więc zapisywanie obiektów do bazy danych, ich odczyt, aktualizowanie obiektów już zapisanych w bazie oraz ich usuwanie.
- Aplikacja musi udostępniać interfejs do tworzenia zapytań z poziomu kodu, dzięki temu jej użytkownik nie musi znać języka SQL.
- Aplikacja musi udostępniać funkcje dostępu do powiązanych danych w przypadku wystąpienia relacji różnych od jeden do jednego. Użytkownik powinien mieć możliwość uzyskania dostępu do obiektów powiązanych z wybranym obiektem bez konieczności własnoręcznego konstruowania zapytań.
- Aplikacja powinna posiadać wsparcie dla wielu rodzajów baz danych, ewentualnie musi być ona łatwo rozszerzalna.
- Aplikacja musi posiadać możliwość wykorzystania transakcji.
- Aplikacja musi posiadać możliwość konfiguracji.

4.2.2 Wymagania niefunkcjonalne

Do wymagań niefunkcjonalnych postawionych projektowanej aplikacji należą:

- Użytkowanie aplikacji powinno być jak najbardziej intuicyjne, co za tym idzie kod użytkownika mający za zadanie wykonywać podstawowe operacje powinien zajmować jak najmniej linii.
- Aplikacja musi działać możliwie szybko, czas podstawowych operacji nie powinien znacząco odbiegać od tego w przypadku gdy użytkownik sam tworzyłby zapytania do bazy.
- Aplikacja musi rozpoznawać relacje jeden do jednego, jeden do wielu oraz wiele do wielu i odpowiednio je obsługiwać.
- Pamięć w trakcie działania aplikacji musi być odpowiednio zarządzana, niedopuszczalne są żadne wycieki pamięci czy też zapętlenia się programu.

- Błędy pojawiające się w trakcie działania aplikacji powinny być prawidłowo obsługiwane i sygnalizowane użytkownikowi.

4.3 Projekt

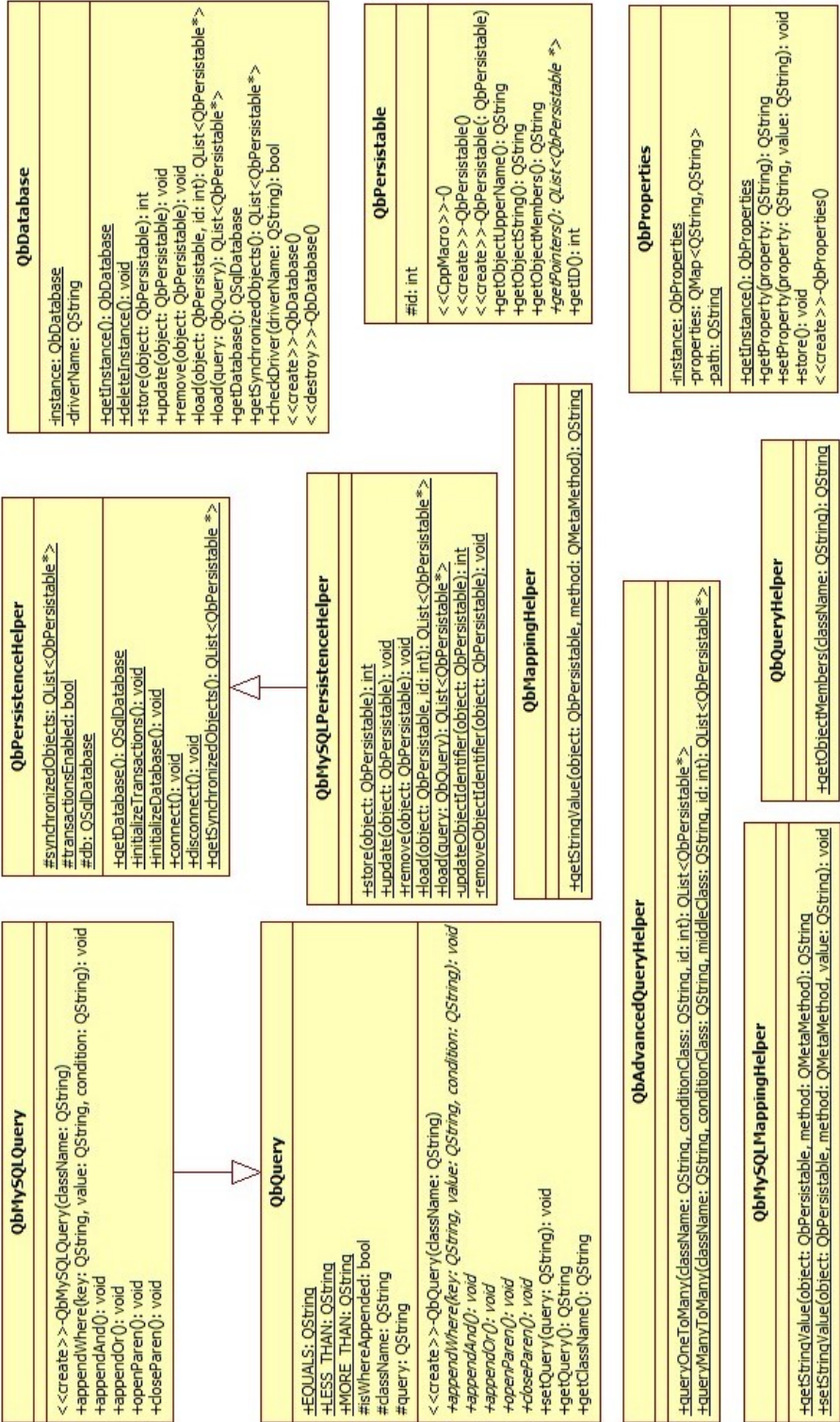
4.3.1 Rodzaj aplikacji

Qubic jest aplikacją szkieletową, czyli strukturą do wykorzystywaną do budowy innych aplikacji. Jego podstawowym zadaniem jest realizacja mapowania obiektowo-relacyjnego, czyli udostępnienie funkcjonalności pozwalającej na przechowywanie obiektów w bazie danych.

W celu stworzenia aplikacji w oparciu o Qubica użytkownik musi przygotować bazę danych na podstawie której wygenerowany zostanie plik projektu Qt wraz z plikami nagłówkowymi oraz plikami klas. W tym momencie aplikacja posiada już oprogramowany dostęp do danych i użytkownik może zająć się implementowaniem własnej logiki czy też warstwy widoku.

4.3.2 Diagram klas

Diagram klas Qubica przedstawia rysunek 4.1:



Rys. 4.1: Diagram klas

4.3.3 Wzorce projektowe

Jednym z wzorców projektowych, które znalazły zastosowanie w Qubicu jest Singleton. Do jego największych zalet należy fakt, że klasa go wykorzystująca może posiadać co najwyżej jedną instancję do której istnieje globalny dostęp. Singleton swoje zastosowanie znajduje w przypadku gdy programista chce ograniczyć liczbę instancji dla wybranych klas a także samemu odpowiadać za ich tworzenie. W przypadku Qubica został on wykorzystany w klasach `QbDatabase` oraz `QbProperties`. Tworzenie więcej niż jednej instancji tych klas nie ma sensu biorąc pod uwagę specyfikę projektu, więc najlepszym rozwiązaniem wydaje się być zablokowanie tej możliwości użytkownikowi.

4.3.4 Środowisko programistyczne

Qubic został napisany w języku C++ w oparciu o aplikację szkieletową Qt, co za tym idzie wybór platformy należy do użytkownika i równie dobrze może to być Windows jak i Linux. Zarówno wybór bazy danych nie został narzucony z góry, co prawda na potrzeby projektu zaimplementowana została obsługa tylko dla bazy MySQL jednak zapewniona została łatwa rozszerzalność i dodanie obsługi dla innych rodzajów baz danych nie powinna być problemem.

Jedyną biblioteką wykorzystywaną przez Qubica jest `QsLogger` odpowiedzialny za logowanie. Jest to bardzo przydatna funkcja, która umożliwia szybkie zlokalizowanie pojawiających się problemów.

4.4 Implementacja

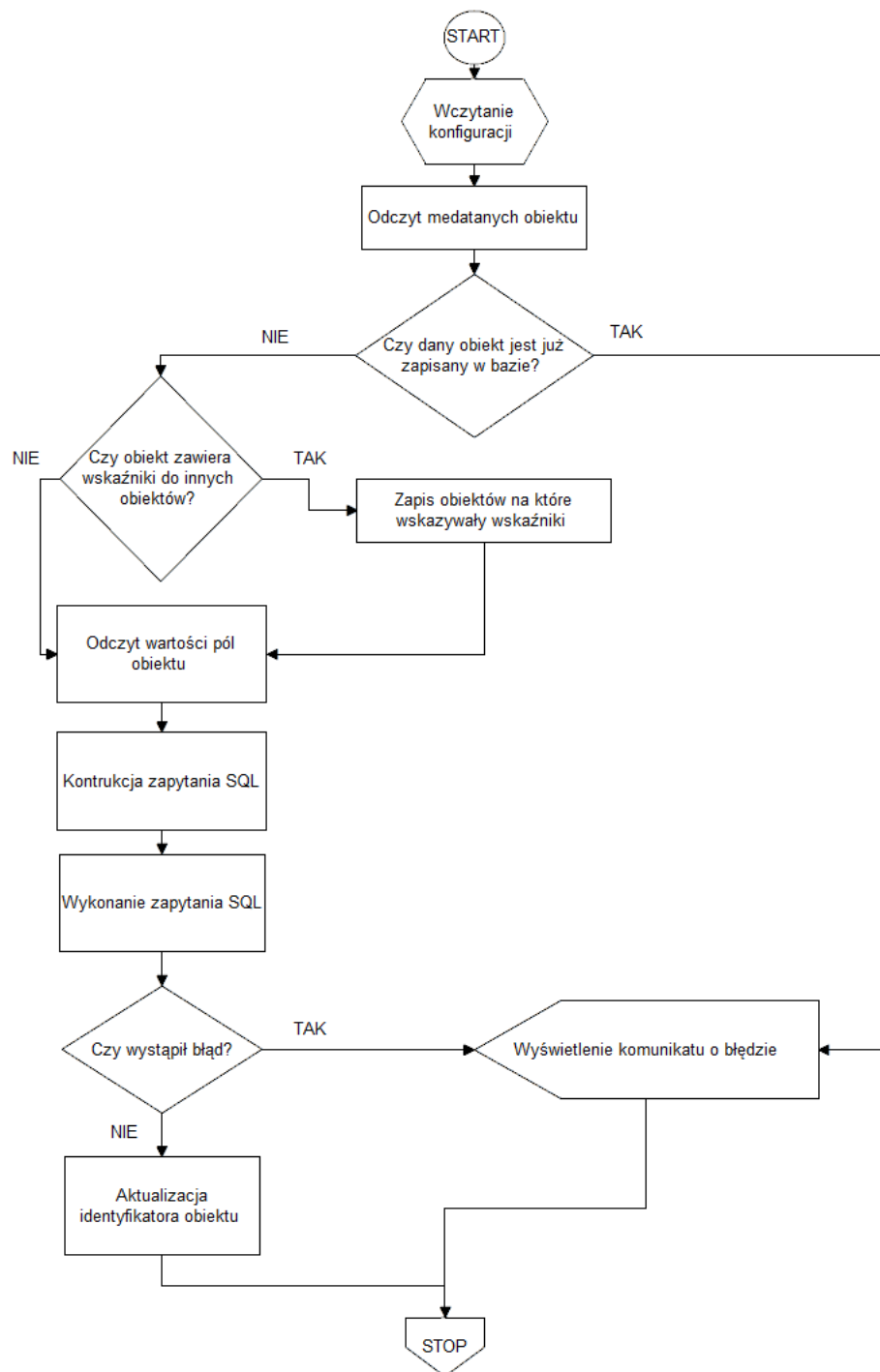
4.4.1 Interfejs CRUD

Kluczowym modułem narzędzi programistycznych realizujących mapowanie obiektowo-relacyjne jest interfejs CRUD umożliwiający manipulowanie danymi w bazie danych z poziomu kodu. Interfejs ten dostępny jest w postaci co najmniej czterech metod, które jako argumenty przyjmują obiekty dziedziczące po jednej z klas Qubica – `QbPersistable`. Umożliwia to wykorzystanie polimorfizmu, a przecież podczas operacji na obiektach od samego początku nie znany jest dokładny typ obiektu.

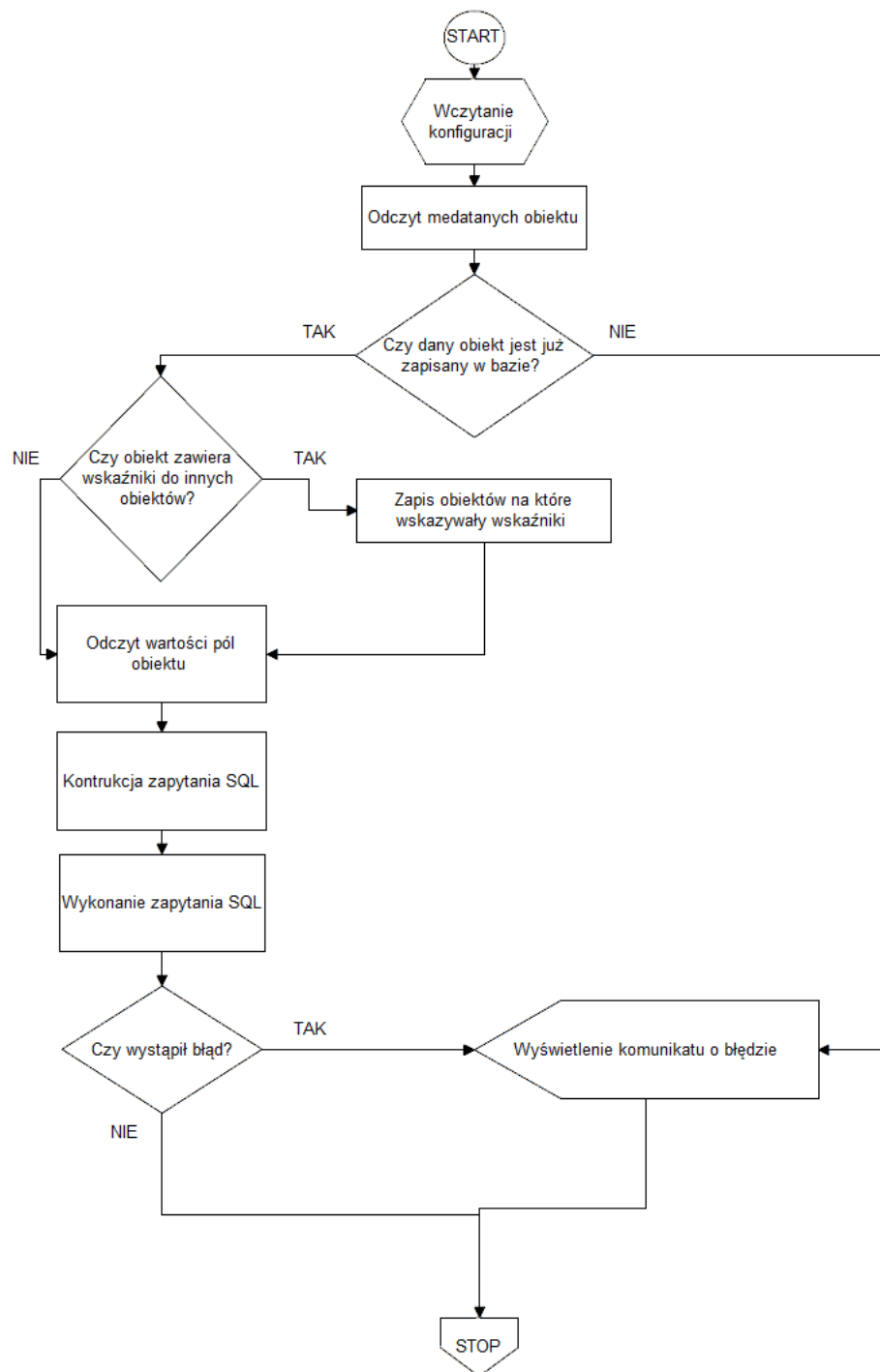
Aby mapowanie mogło skutecznie działać potrzebny jest jego jednoznaczny opis, część narzędzi je realizujących korzysta z adnotacji, które określają mapowanie pomiędzy konkretnymi polami klas a konkretnymi tabelami w bazie danych. W Qubicu problem ten został rozwiązany w trochę inny sposób, który umożliwia stworzony generator opisu mapowania obiektowo-relacyjnego. Generowane pliki

klas są tworzone według ściśle określonych zasad, co oznacza, że nazwy metod dostępowych odpowiadają w pewien sposób nazwom tabel i ich kolumn. Przykładowo dla kolumny o nazwie `NAME` w tabeli `EMPLOYEE` w pliku klasy `Employee` zostaną wygenerowane metody `getName()` oraz `setName(QString name)`. Wiedza ta została wykorzystana w trakcie korzystania z mechanizmu refleksji. Konfiguracja samego mapowania nazw została zapisana w pliku konfiguracyjnym `Qubica`.

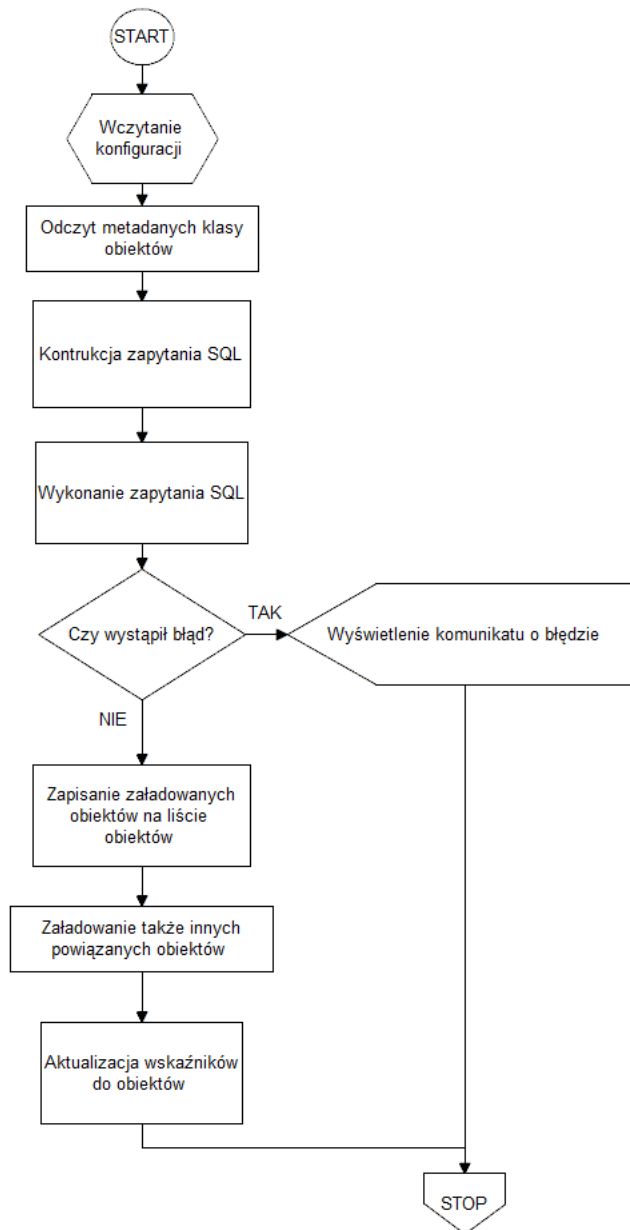
Schematy działania czterech podstawowych metod dostępu przedstawiają poniższe schematy blokowe:



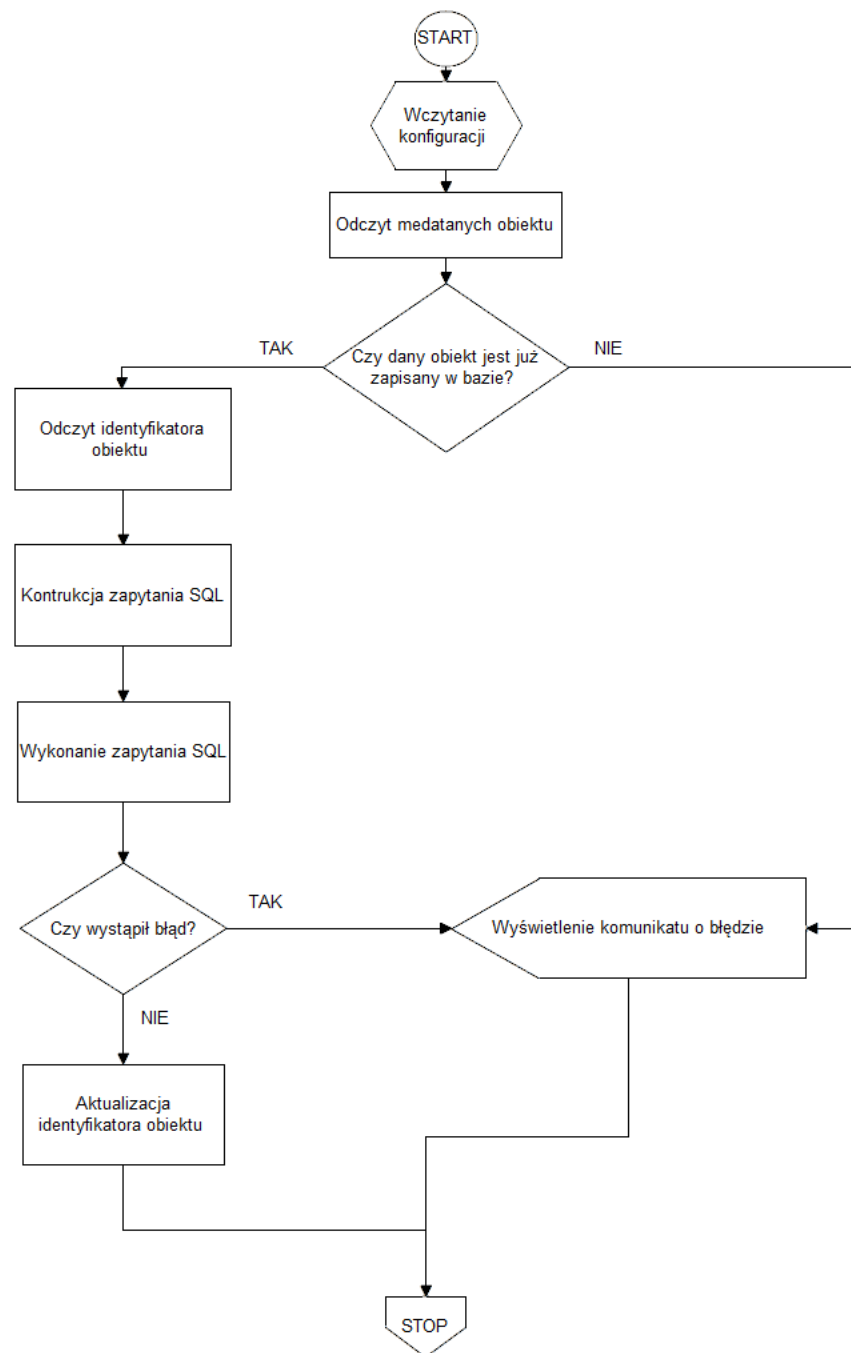
Rys. 4.2: Schemat blokowy metody zapisującej obiekty w bazie danych



Rys. 4.3: Schemat blokowy metody aktualizującej obiekty w bazie danych



Rys. 4.4: Schemat blokowy metody ładującej obiekty z bazy danych



Rys. 4.5: Schemat blokowy metody usuwającej obiekty z bazy danych

4.5 Konserwacja i inżynieria wtórna

4.6 Dokumentacja użytkownika

4.7 Przykładowa aplikacja wykorzystująca Qubica

4.8 Testy oraz ich wyniki

4.9 Perspektywy rozwoju Qubica

W celu dalszego rozwoju stworzonej aplikacji szkieletowej warto rozważyć wprowadzenie następujących usprawnień:

- System adnotacji – obecnie na opis mapowania składają się odpowiednie nazwy funkcji oraz makra Qt. Istnieje jednak możliwość wprowadzenia własnych makr, które miałyby opisywać mapowanie pomiędzy nazwami tabel z baz danych a odpowiednimi polami klas napisanych z języku C++. Dzięki temu zaistniałaby możliwość uniezależnienia nazw pól klas od nazw tabel w bazie danych.
- Interfejs zapytań – choć jest już zaimplementowany, nadal nie udostępnia on wszystkich możliwych funkcjonalności języka SQL. Implementacja obsługi takich poleceń jak JOIN czy UNION z pewnością byłaby dodatkowym atutem.
- Identyfikacja tabel także za pomocą kluczy złożonych – w tej chwili tabele identyfikowane są za pomocą kluczy głównych, co z kolei wymusza ich nadawanie w każdej z tabel.
- Pamięć podręczna – wprowadzenie pamięci podręcznej może znacznie polepszyć wydajność w przypadku ciągłych operacji na tych samych danych.
- Konfiguracja z poziomu kodu – obecnie większość konfiguracji jest zapisana w plikach konfiguracyjnych i tylko tam może być zmieniana, w celu rozwoju wprowadzenie dodatkowej możliwości jego konfiguracji wydaje się być dobrym pomysłem.
- Wsparcie dla różnych rodzajów baz danych – wprowadzenie tego usprawnienia ogranicza się do implementacji kilku interfejsów dla innych niż MySQL rodza-

jów baz danych. Biorąc pod uwagę możliwość wzorowania się na zaimplementowanej już logice nie powinno to stworzyć problemu gdy zaistnieje taka konieczność.

- Serializacja danych – dodanie możliwości serializacji może okazać się użyteczne w przypadku pracy z dużymi ilościami danych, w tym celu można skorzystać z wielu istniejących już bibliotek udostępniających tę możliwość.
- Internacjonalizacja – w tej chwili wszystkie logi zlokalizowane są w języku angielskim, istnieje jednak możliwość zmiany obecnego stanu poprzez wykorzystanie modułu translacji udostępnianego przez Qt.
- Wielowątkowość – wykorzystanie wielowątkowości w przypadku mapowania-objektowo relacyjnego z pewnością nie należy do najłatwiejszych zadań, jednak znacznie może to usprawnić wykonywanie bardziej wymagających operacji.

Rozdział 5

Podsumowanie

5.1 Dyskusja wyników

5.2 Perspektywy rozwoju pracy

Bibliografia

- [1] Trendy Google. <https://www.google.pl/trends/explore#q=orm%20-java%2C%20orm%20php%2C%20orm%20python%2C%20orm%20c&cmp=q>
- [2] Grębosz, Jerzy. Symfonia C++. Standard. Wyd. 3. Kraków, 2013. ISBN 978-83-7366-134-4.
- [3] C++ Language Tutorial. <http://www.cplusplus.com/doc/>.
- [4] Qt Project Documentation. <http://qt-project.org/doc/>.
- [5] Viescas, John. SQL Queries for Mere Mortals. 2001. ISBN 83-7279-152-X.
- [6] MySQL Documentation. <http://dev.mysql.com/doc/>
- [7] Barnes, Jeffrey. Object-Relational Mapping as a Persistence Mechanism for Object-Oriented Applications. Saint Paul, 2007.
- [8] Ezust, Alan and Paul. Introduction to Design Patterns in C++ with Qt4. Wyd. 1. Soughton, 2006. ISBN 978-0-13-282645-7.
- [9] Bauer, Christian, King, David. Hibernate w akcji. Wyd. 1. Gliwice, 2007. ISBN 978-83-246-0527-9.

Spis rysunków

1.1	Wykres przedstawiający popularność mapowania obiektowo-relacyjnego na przestrzeni czasu w wybranych językach programowania	5
1.2	Schemat współpracy modułów tworzonej aplikacji szkieletowej . .	5
4.1	Diagram klas	16
4.2	Schemat blokowy metody zapisującej obiekty w bazie danych . . .	19
4.3	Schemat blokowy metody aktualizującej obiekty w bazie danych . .	20
4.4	Schemat blokowy metody ładującej obiekty z bazy danych	21
4.5	Schemat blokowy metody usuwającej obiekty z bazy danych	22

Spis tabel

Załączniki

1. Qubic oraz aplikacja przykładowa – w wersji elektronicznej.