Akademia Górniczo-Hutnicza
im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki

KATEDRA INFORMATYKI STOSOWANEJ

PRACA MAGISTERSKA

PAWEŁ ENGLERT

REPOZYTORIUM TESTÓW OPROGRAMOWANIA DLA PRODUKTÓW WIELOWYDANIOWYCH DEDYKOWANYCH NA WIELE URZĄDZEŃ

PROMOTOR:
dr inż. Paweł Skrzyński

Kraków 11 lipca 2013

OŚWIADCZENIE AUTORA PRACY

OŚWIADCZAM, ŚWIADOMY ODPOWIEDZIALNOŚCI KARNEJ ZA POŚWIADCZENIE NIEPRAWDY, ŻE NINIEJSZĄ PRACĘ DYPLOMOWĄ WYKONAŁEM OSOBIŚCIE I SAMODZIELNIE, I NIE KORZYSTAŁEM ZE ŹRÓDEŁ INNYCH NIŻ WYMIENIONE W PRACY.

. . . . . .

PODPIS

AGH

University of Science and Technology in Krakow

Faculty of Electrical Engineering, Automatics, Computer Science and Electronics

DEPARTMENT OF APPLIED COMPUTER SCIENCE

MASTER OF SCIENCE THESIS

PAWEŁ ENGLERT

TEST MANAGEMENT REPOSITORY FOR MULTI-DEVICES AND MULTI-RELEASES PRODUCTS

SUPERVISOR:
Paweł Skrzyński Ph.D

Krakow 11 lipca 2013

TODO

Spis treści

1. Wstęp ... 9

1.1. Podział pracy ... 10

2. Wprowadzenie ... 11

2.1. Testowanie w procesie tworzenia oprogramowania ... 11

2.2. Modele tradycyjne wytwarzania oprogramowania ... 11

2.2.1. Model Kaskadowy ... 11

2.2.2. Model V ... 13

2.3. Modele iteracyjne wytwarzania oprogramowania ... 14

2.3.1. RAD ... 14

2.3.2. Techniki zwinne ... 15

2.4. Strategie testowania oprogramowania ... 16

2.4.1. Typy strategii ... 16

2.5. Typy testów ... 19

2.5.1. Podział ze względu na obszar zastosowania ... 19

2.5.2. Podział ze względu na typ walidacji ... 21

3. Określenie problemu ... 23

3.1. Definicja problemu ... 23

3.2. Rodzaje narzędzi wspomagających proces testowania ... 24

3.3. Potrzeba integracji z innymi narzędziami ... 26

4. Projekt ... 27

4.1. Architektura ... 27

4.2. Warstwy ... 28

4.2.1. Warstwa aplikacji internetowej ... 28

4.2.2. Warstwa usługi internetowej ... 29

4.3. Moduły aplikacji ... 29

4.3.1. Moduł administracji ... 30

4.3.2. Moduł definicji ... 31

4.3.3. Moduł danych uzupełniających ... 32

4.3.4. Moduł wykonania 33
4.3.5. Moduł hurtowni danych 35
5. Implementacja 36
5.1. Struktura projektu 36
5.2. Model bazy danych 37
5.2.1. Administracja 38
5.2.2. Definicja danych dodatkowych 39
5.2.3. Definicja testów 40
5.2.4. Wykonanie testów 40
5.3. Komponenty aplikacji internetowej 42
5.4. Implementacja REST 44
6. Przypadki użycia aplikacji 46
6.1. Specyfikacja systemu poddanego testom 46
6.2. Scenariusz 1: tworzenie bazy testów 47
6.3. Scenariusz 2: tworzenie planu testów 48
6.4. Scenariusz 3: wykonanie testu z pozytywnym rezultatem 49
6.5. Scenariusz 4: wykonanie testu z negatywnym rezultatem 50
6.6. Scenariusz 5: Analiza wariacji przypadku testowego 51
6.7. Scenariusz 6: integracja z zewnętrznym oprogramowaniem 52
7. Wnioski i możliwości rozwoju aplikacji 54

Spis rysunków

2.1 Model kaskadowy 12
2.2 Model kaskadowy, podział na części [10] 12
2.3 Model V [17] 13
2.4 Model W [6] 13
2.5 Model "butterfly"[11] 14

4.1 Architektura systemu 27
4.2 Moduły systemu 30
4.3 Algorytm doboru stanów produktu do przypadku testowego 34

5.1 Organizacja plików projektu 37
5.2 Baza danych, część odpowiedzialna za administracje użytkownikami 39
5.3 Baza danych, część odpowiedzialna za definicje danych dodatkowych 40
5.4 Baza danych, część odpowiedzialna za definicje testów 41
5.5 Baza danych, część odpowiedzialna za wykonanie testów 41
5.6 Strona główna aplikacji internetowej 43

6.1 Stan produktu ze zdefiniowanym warunkiem 47
6.2 Podsumowanie definicji testu 48
6.3 Wybór urządzeń końcowych dla planu testowego 49
6.4 Ekran prezentujący wykonanie testu 50
6.5 Prezentacja zmiany stanu testu 51
6.6 Permutacja dla testu. 52

Spis tablic

3.1 Podział narzędzi wspomagających proces testowania oprogramowania według ISTQB (na podstawie [7]) 25

4.1 Metody HTTP/1.1 [16] 29
4.2 Składowe przypadku testowego 32
4.3 Składowe grupy testów 32
4.4 Składowe planu testów 34

1. Wstęp

Testowanie oprogramowania ma za zadanie wykrycie i poprawienie istniejących błędów w oprogramowaniu, tak by nie występowały one w produkcie końcowym. Celem testowania jest też sprawdzenie czy produkt zachowuje się w sposób oczekiwany przez klienta i spełnia jego scenariusze biznesowe. Założeniem testowania oprogramowania nie jest natomiast przedstawienie dowodu iż oprogramowanie jest pozbawione błędów. Dowiedzenie bezbłędności oprogramowania jest niewykonalne dla dużych systemów, teoretycznie istnieje taka możliwość dla pewnej ilości małych, nieskomplikowanych systemów jednak nakład pracy potrzebny dla wykonania wszystkich możliwych kombinacji jest na tyle duży iż nie jest on opłacalny ekonomicznie.

Kluczowym zagadnieniem podczas testowania oprogramowania jest więc wykonanie odpowiednich przypadków testowych tak by przy określonym czasie i wielkości zespołu testerskiego zapewnić możliwie największą jakość oprogramowania poprzez wykrycie kluczowych błędów z perspektywy użycia produktu końcowego.

Cykl testowania oprogramowania można podzielić na kilka faz: analiza wymagań, dokumentacji i innych artefaktów oprogramowania w celu zebrania istotnych informacji o oczekiwanym zachowaniu, projektowanie przypadków testowych na podstawie informacji dostarczanych przez analizę, dobór odpowiednich przypadków testowych do planu testów, wykonanie przypadków testowych przypisanych w planie testów, logowanie wyników, analiza wyników, zgłaszanie incydentów do zespołu programistycznego, weryfikacja poprawy zgłoszonych incydentów i przeprowadzanie regresji.

Cykl poprzez swoją złożoność może być wspierany przez narzędzia informatyczne, specyficzne dla każdej z faz. W ramach niniejszej pracy zostało zaprojektowane i zaimplementowane repozytorium do przechowywania testów oprogramowania. Poprzez repozytorium autor rozumie centralne miejsce przechowujące wszystkie dane określonego typu, udostępniające prosty sposób przeglądania, edycji i dodawania danych. Repozytorium nie udostępnia dostępu swobodnego, dostęp wymaga autoryzowania dostępu poprzez okazanie loginu i hasła użytkownika. Dokładny opis i funkcjonalności stworzonego oprogramowania czytelnik znajdzie w rozdziale trzecim, czwartym i piątym.

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie projektu i implementacji wyżej wymienionego repozytorium przy założeniu spełnienia specyficznych funkcjonalności. Repozytorium zapewnia wspiercie dla systemów których czas życia może być dłuższy niż jedno wydanie i są one dedykowane na wiele urządzeń. Dokładna specyfika opisana została w rozdziale trzecim. Przez system autor rozumie zbiór programów działających w pewnym środowisku które jako całość dostarczają określonej funkcjonalności i spełniają określone procesy biznesowe.

1.1. Podział pracy

1. Rozdział pierwszy zawiera wstęp wprowadzający w tematykę pracy i jej cel
2. Rozdział drugi porusza podstawowe zagadnienia związane z procesem testowania oprogramowania
3. Rozdział trzeci przedstawia problem poruszony w niniejszej pracy i umieszcza go w rodzinie innych programów wspierający proces testowania
4. Rozdział czwarty opisuje projekt oprogramowania stworzonego w ramach niniejszej pracy
5. Rozdział piąty opisuje zagadnienia związane z implementacją oprogramowania powstałego w ramach niniejszej pracy
6. Rozdział szósty opisuje podstawowe scenariusze użycia i zastosowania stworzonego repozytorium oprogramowania w procesie testowania oprogramowania
7. Rozdział siódmy przedstawia wnioski i możliwości rozwoju repozytorium

2. Wprowadzenie

W niniejszym rozdziale przedstawione zostanie zagadnienie testowania oprogramowania w kontekście procesu wytwarzania oprogramowania. Omówione zostaną różne rodzaje cykli tworzenia oprogramowania i to w jaki sposób wpisany jest w nie proces testowania. Następnie omówiony zostanie temat strategii testowania oprogramowania i przedstawione ich rodzaje. Na zakończenie rozdziału przedstawione zostaną typy testów w podziale na dwie kategorie: obszar zastosowania i typ walidacji.

2.1. Testowanie w procesie tworzenia oprogramowania

Model tworzenia oprogramowania jest to usystematyzowany proces opisujący jakie kroki (zwane fazami) muszą zostać podjęte w celu stworzenia nowego produktu, bądź nowej wersji produktu. Model determinuje między innymi kolejność faz, ich częstotliwość, czas trwania, możliwość powrotu do faz wcześniejszych. Jedną z faz projektu informatycznego jest faza testowania. W zależności od modelu tworzenia oprogramowania, faza testowania przyjmuje postać całkowicie oddzielnej lub zintegrowanej z innymi wcześniejszymi fazami. Model określa również specyfikę testów które powinny być wykonane i czas kiedy prowadzone jest projektowanie i analiza testów. Można wydzielić dwa typy modeli tworzenia oprogramowania: tradycyjne i iteracyjne.

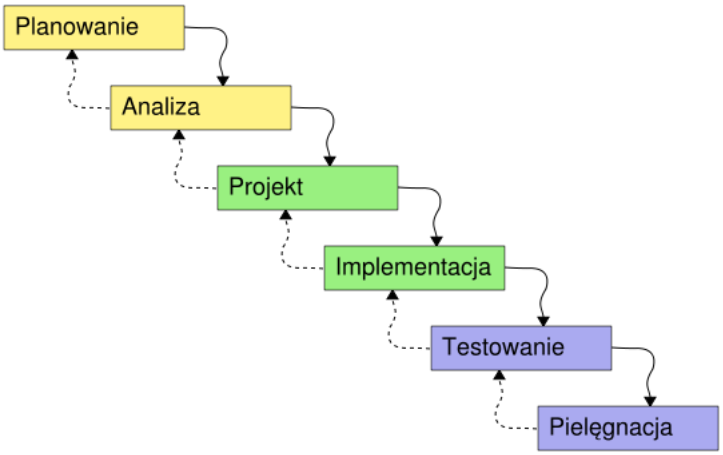
2.2. Modele tradycyjne wytwarzania oprogramowania

Modele tradycyjne zakładają dokładne zdefiniowanie projektu i wykonanie go według liniowo ustalonej kolejności.

2.2.1. Model Kaskadowy

Model kaskadowy powstał w celu ujednolicenia faz potrzebnych do stworzenia oprogramowania. Zakłada iż każda faza następuje po zakończeniu poprzedniej, przy czym przed przejściem do kolejnej fazy nastąpić musi weryfikacja poprzez spełnienie kryterium wyjścia [2]. Model ten zakłada pełną specyfikacja wymagań i zaprojektowanie systemu przed implementacją. Pełna definicja wymagań ułatwia zaprojektowanie fazy testowej gdyż dane wejściowe są znane. W modelu tym nie występują błędy związane ze zmianą wymagań podczas implementacji. Z drugiej strony restrykcyjne przestrzeganie pierwotnych założeń powoduje iż projekt pomimo pozytywnej weryfikacji nie przechodzi fazy walidacji.

Naturą projektów informatycznych jest zmiana, natomiast model kaskadowy nie jest otwarty na zmianę wymagań.

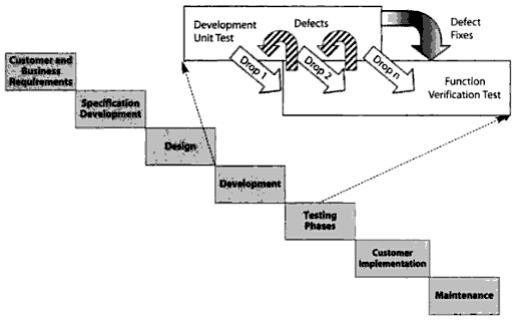


Rysunek 2.1: Model kaskadowy

Istnieją różne podejścia do testowania w modelu kaskadowym. Pierwsze teoretyczne podejście zakłada ścisłe rozdzielenie fazy implementacji od fazy testów co oznacza iż nie wykonywane są nawet testy modułowe. Drugie podejście zakłada podczas fazy implementacji wykonywanie testów modułowych i statycznej weryfikacji.

Model kaskadowy stosowany jest głównie dla dobrze zdefiniowanych projektów, najczęściej w segmentach bezpieczeństwa publicznego ponieważ przejście pomiędzy fazami może być połączone z przeglądem i akceptacją formalnych dokumentów

Rozdzielenie faz implementacji od fazy testowania powoduje nierównomierną alokację pracowników. Podczas fazy implementacji pracuje zespół programistyczny który tworzy cała pulę kodu. Zespół ten praktycznie nie jest potrzebny podczas fazy testowania podczas której pracę rozpoczyna zespół testerski.

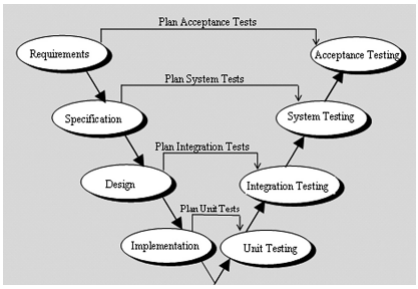


Rysunek 2.2: Model kaskadowy, podział na części [10]

Jedną z wariacji modelu kaskadowego jest rozbicie tworzonego oprogramowania na części [10]. Zespół programistyczny oddaje pierwszą część do testów. Wykonywane są testy integracyjne i testy systemowe natomiast znalezione błędy konsultowane są z zespołem programistycznym i zgłaszane. Równolegle zespół programistyczny pracuje nad poprawą zgłoszonych błędów i dokończeniem implementacji

części systemu które nie zostały oddane w pierwszej części. Kolejna oddana część jest poddawana testom, weryfikacji poprawionych błędów i małej regresji.

2.2.2. Model V



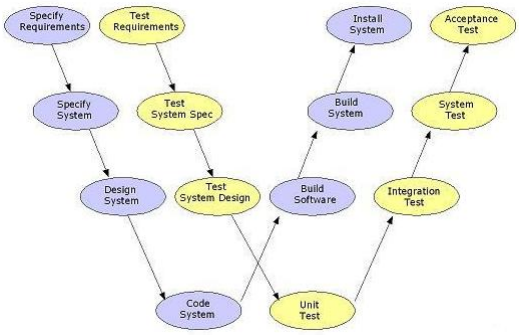
Rysunek 2.3: Model V [17]

Model V zakłada rozpoczęcie czynności związanych z planowaniem fazy testów równolegle z fazami analizy, projektu i implementacji. Model obrazuje litera V dla której lewa część to czynności związane z implementacją i planowaniem a prawa część to czynności powiązane z testami. Model zakłada iż każdy typ testu jest połączony z jedną fazą z lewej części modelu. Oznacza to iż fazy zbierania wymagań, analizy, projektu i implementacji oprócz swoich specyficznych artefaktów dostarczają także analizę wymagań, scenariusze, przegląd dokumentów i kryteria sukcesu do odpowiednich faz testów [17].

Jedną z głównych zalet modelu V jest to iż podczas początkowych faz zaangażowany jest zespół testerski który aktywnie uczestniczy w opisanych wcześniej czynnościach. Wadą modelu jest to iż rola zespołu testerskiego ograniczona jest do biernego przyjmowania artefaktów bez możliwości ich wstępnej walidacji. Według Rex Black [3], model ten sterowany jest głównie poprzez koszty i harmonogram.

Model ten zakłada iż kolejność nie jest stała jak w modelu kaskadowym. każda faz może spowodować powrót do fazy wcześniejszej, tak więc wymagania mogą ulec zmianie. Zmiana wymagań powoduje konieczność zmiany skryptów do testów.

2.2.2.1. Wariacje modelu V



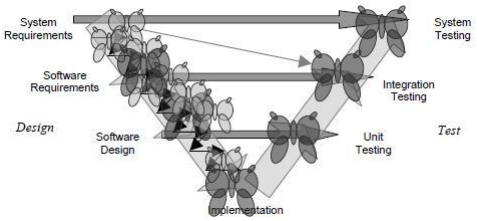
Rysunek 2.4: Model W [6]

Praktyczne zastosowanie modelu V powoduje konieczność dostosowania go do aktualnie panujących warunków w organizacji i warunków rynkowych. Jedną z wariacji modelu V jest model W. Model

W dostarcza większą władze zespołowi testerskiemu już w początkowych fazach projektu. Model ten zakłada iż już podczas fazy analizy i projektowania, dostarczane artefakty są wstępnie weryfikowane i walidowane [6]. Model ten zakłada dla faz z lewej części modelu istnienie równoległych faz które je kontrolują, weryfikują i walidują. Tak więc dopiero zaakceptowane artefakty służą jako dane wejściowe do procesu planowania odpowiednich faz związanych z testowaniem.

Model ten zakłada iż projekt zostaje testowany jak najwcześniej. Początkowo wykonywane są testy statyczne i prototypowanie pod kątem użyteczności. Testy dynamiczne wykonywane są gdy zaimplementowane są komponenty.

Rozszerzonym wariantem modelu W, jest model "butterfly"[11]. Model ten zakłada że każdą z faz można podzielić na kilka mikro-iteracji. Każda z iteracji składa się z analizy pod kątem możliwości przetestowania, projektu testów i ich wykonania.



Rysunek 2.5: Model "butterfly"[11]

2.3. Modele iteracyjne wytwarzania oprogramowania

Modele iteracyjne w przeciwieństwie do modeli tradycyjnych zakładają podzielenie projektu na mniejsze części które są tworzone niezależnie. Można wydzielić dwa typy modeli iteracyjnych

- ◇ czysto iteracyjne - co oznacza iż rozwiązane projektowane jest raz, natomiast faza produkcji i testowania dzielona jest na mniejsze części
- ◇ przyrostowe - co oznacza iż projekt dzielony jest na mniejsze części i każda z części posiada oddzielną fazę projektowania, implementacji i testowania. Każda z części dodaje nowe funkcjonalności

Modele iteracyjne poprzez podział na pod-projekty wymagają od zespołu testerskiego wykonania regresji począwszy od drugiej iteracji. Regresja ta ma na celu sprawdzenie czy nowo dodany kod nie wprowadził błędów do wcześniej oddanego i przetestowanego rozwiązania.

2.3.1. RAD

Rad czyli Rapid Aplication Development (szybkie tworzenie oprogramowania) to model który zakłada podział projektu na mniejsze niezależne moduły które mogą być implementowane przez niezależne zespoły równolegle. Zespoły w trakcie pracy używają gotowych komponentów i narzędzi do generowania kodu dostosowując je do indywidualnych potrzeb projektu. Model zakłada że rozwiązanie może zostać oddane w bardzo krótkim czasie to jest 30-90 dni roboczych.

Faza testowania zakłada iż gotowe komponenty używane w projekcie są już przetestowane. Testami należy pokryć dostosowanie rozwiązania pod specyficzną logikę biznesową.

Rozwiązanie to sprawdza się w sytuacji gdy produkt jest mocno ograniczony czasowo, natomiast jakość i wydajność nie są priorytetem. Wadą rozwiązania jest niska wydajność rozwiązania powodowana używaniem generycznych komponentów. Negatywnie na wydajność wpływa także brak wspólnej pracy między zespołami które produkując swoje rozwiązanie nie kalibrują się wzajemnie.

Zdarza się iż oprogramowanie wyprodukowane poprzez ten model jest używane jako prototyp za pomocą którego projektowane jest końcowe rozwiązanie. Za pomocą modelu RAD tworzone jest więc oprogramowanie aż do pewnego momentu tak by klient mógł skonfrontować swoje przewidywania z działającym oprogramowaniem. W ten spsób walidowa jest poprawność wstępnych wymagań po czym następuje kontynuacja projektu już z zastosowaniem bardziej formalnych technik.

2.3.2. Techniki zwinne

Techniki zwinne zakładają uproszczenie procesu analizy i projektowania oprogramowania zakładając zmienność wymagań w czasie. Głównymi aspektami zwinnych modeli jest:

- ◇ zaangażowanie interesariuszy podczas trwania projektu - model ten przewiduje że przynajmniej jeden reprezentant interesariuszy będzie aktywnym członkiem zespołu. Oznacza to iż zespół projektowy może szybko otrzymać informacje zwrotne na temat projektu
- ◇ szybka reakcja na zmieniające się wymagania - w ramach iteracji tworzone są tylko te funkcjonalności które wchodzą w jej skład. Nie są podejmowane kroki mające przygotować system pod potencjalne funkcjonalności które często pomimo planów nie wchodzą w zakres produktu
- ◇ uproszczenie dokumentacji i wymagań - nie istnieje sformalizowany proces dokumentacji, część zespołów stosuje jedynie dokumentacje kodu.
- ◇ idea wspólnego kodu - każdy członek zespołu ma prawo poprawić kod innej osoby
- ◇ duży nacisk na zapewnienie jakości podczas fazy implementacji - stosowane są techniki mające zapewnić wysoką jakość rozwiązania. Jest to np. TDD czyli pisanie testów komponentowych przed rozpoczęciem implementacji
- ◇ ciągła integracja i automatyczna regresja - implementacja jest sprężona z automatycznymi narzędziami do budowania produktu. Oznacza to iż automatycznie po dodaniu nowego kodu do repozytorium produkt jest budowany i może zostać objęty automatyczną regresją bądź manualnymi testami.

Projekt zwinny niesie ze sobą również nowe wyzwania dla zespołu testerskiego. Jedynym z aspektów jest nowa forma statycznego przeglądu kodu. Zespoły zwinne stosują programowanie w parach które zakłada iż podczas pisania kodu, programiści pracują we dwójkę zmieniając się, przy czym w danym czasie jedna osoba tworzy kod, natomiast druga kontroluje i szuka lepszych rozwiązań. Forma ta zakłada iż kod taki jest już wstępnie zweryfikowany i nie wymaga innych formalnych metod.

Ważnym aspektem jest dobra komunikacja w zespole, pomiędzy programistami i zespołem testerskim. W wyniku braku obszernej dokumentacji, pewne informacje przekazywane są bezpośrednio. Rola testera sprowadza się często do funkcji doradczych i pełni on często aktywną rolę już w fazie implementacji.

Zapewnienie automatycznej regresji jest kluczowe dla projektów zwinnych. Musi ona być wykonana po zakończeniu każdej z iteracji by uzyskać pewność iż nie wprowadzono błędów do już działających rozwiązań.

2.4. Strategie testowania oprogramowania

Projekt informatyczny określa zasady tworzenia i wykonywania testów. Zasady te mają na celu dostarczenie produktu, którego jakość spełnia założone wymagania. Wymagania te są zróżnicowane w zależności od charakterystyki produktu to jest, systemy medyczne, bankowe, telekomunikacyjne wymagają krytycznie wysokiej jakości, aplikacje internetowe natomiast cechują się mniej restrykcyjnymi normami. Zbiór reguł i praktyk nazywamy strategią. Strategia testowania oprogramowania determinowana jest głównie przez dwa aspekty: wspomniana wcześniej charakterystyka produktu i model tworzenia oprogramowania. Strategia testowania określa sposób tworzenia i wykonywania testów, określa również harmonogram i tryb pracy zespołu testerskiego.

2.4.1. Typy strategii

Typ strategii określa jakie testy będą wykonywane na różnych poziomach testowania. Celem jest stworzenie przypadków użycia i dobór konkretnych skryptów tak by zapewnić oczekiwany poziom jakości przy minimalizacji kosztów i czasu.

2.4.1.1. Strategie analityczne

Pierwszą z opisywanych grup strategii jest grupa strategii analitycznych. Zakładają one iż danymi wejściowymi są artefakty powstałe podczas tworzenia oprogramowania które następnie poddawane są analizie. Artefakty to na przykład dokumentacja, kod źródłowy, przypadki użycia, lista funkcjonalności.

Poniżej przedstawione zostaną dwie strategie analityczne: strategia sterowana ryzykiem i strategia sterowana funkcjonalnością.

Dla testowania sterowanego funkcjonalnością, jako dane wejściowe używane są funkcjonalności. Projektowanie fazy testowania ma na zadanie pokrycie testami wszystkich wymienionych funkcjonalności. Jest to proces który złożony z dwóch części: walidacji wymagań i identyfikacji przypadków użycia na podstawie wymagań.

Wymagania walidowane są pod kątem wieloznaczności, wzajemnego wykluczania się, niepełnego opisu. Nieprecyzyjne opisy są uzupełniane a dwuznaczności eliminowane. Wyeliminowanie wieloznaczności wymaga obecności interesariuszy, programistów i testerów ponieważ każda z tych grup może interpetować funkcjonalności w inny sposób co prowadzi do kosztowych błędów w projekcie.

Kolejnym krokiem jest wygenerowanie minimalnej ilości przypadków użycia które pokryją wszystkie funkcjonalności. Na ich podstawie powstają skrypty testowe. Do tego celu tworzony jest diagram

przyczyna-efekt. Służy on do zobrazowania na podstawie funkcjonalności wpływu stanu systemu na oczekiwany rezultat. Po lewej stronie diagramu umieszczane są możliwe warunki wejściowe, po prawej oczekiwany efekt. Pomiędzy dwoma warstwami zachodzą relacje które mogą posiadać warunki logiczne takie jak: *i, lub, nie*. Dodatkowo można wyróżnić warunki wejściowe których odpowiednia wartość powoduje iż wartość pozostałych elementów nie jest brana pod uwagę, wartości te możemy więc zamaskować. Na podstawie diagramu tworzona jest tabela decyzyjna która jest źródłem przypadków użycia.

Drugą ze strategii analitycznych jest testowanie sterowane ryzykiem. Zakłada one iż najpierw wykonujemy te testy które dotykają obszarów oprogramowania mających największe ryzyko. Dobór ryzyka polega na ustaleniu priorytetów dla zdarzeń które mogą wystąpić, mających negatywny wpływ na jakość oprogramowania.

Ustalenie priorytetów polega na przypisaniu do każdego ze zdarzeń prawdopodobieństwa jego wystąpienia i wpływu jaki może mieć na jakość oprogramowania. Wartości te mogą być liczbowe (np. 1-10), bądź dyskretnie ustalone (np. małe, średnie, duże). Następnie dla par ryzyko-wystąpienie przypisywana jest końcowa wartość ryzyka. Końcowe wartości ryzyka ustalane są na podstawie określonych wartości dla każdej pary ryzyko-wystąpienie. Ważne jest aby w trakcie trwania projektu na bieżąco monitorować aktualny stan ryzyka, gdyż może ono zmieniać się w czasie.

Istnieje kilka wyróżnionych domen do których można przyporządkować poszczególne ryzyka. Spis kategorii pozwala dostrzec pewne powszechne ryzyka które mogą zostać pominięte Kategorie ryzyka:

- ◇ funkcjonalność
- ◇ wydajność
- ◇ obciążenie
- ◇ instalacja i deinstalacja
- ◇ zarządzanie
- ◇ regresja
- ◇ użyteczność
- ◇ jakość danych
- ◇ obsługa błędów
- ◇ obsługa daty i czasu
- ◇ internacjonalizacja
- ◇ konfiguracja dla różnych środowisk uruchomieniowych
- ◇ sieci
- ◇ bezpieczeństwo
- ◇ dokumentacja

2.4.1.2. Strategie wynikające z projektu oprogramowania

Drugim typem strategii są strategie oparte na artefaktach powstałych podczas projektowania oprogramowania. Artefakty takie nazywane są modelami, mogą być to między innymi diagramy przejścia, model domeny, maszyna stanów skończonych. Istnieją programy wspierające tego typu strategie które generują przypadki użycia bezpośrednio z modelów. Przepływ dla tego typu strategii wygląda następująco:

$$\text{system} \rightarrow \text{model systemu} \rightarrow \text{skrypty testów} \rightarrow \text{konkretne wykonania testów}$$

2.4.1.3. Strategie metodyczne

Trzecim typem strategii są strategie metodyczne. Dla tego typu strategii, projekt testów powstaje na podstawie zdefiniowanej metody. Przykładem metody może być metoda uczenia która polega na stworzeniu listy pomocniczej która składa się z pytań na które należy odpowiedzieć podczas projektowania i zagadnień które należy poruszyć. Lista taka powstaje na podstawie przeglądu wcześniejszych błędów, wiedzy dziedzinowej, konsultacji eksperckich.

Strategia metodyczna może też korzystać bezpośrednio ze istniejących metod wynikających ze standardów. Przykładowo standard IBM zakłada podział testowania na kategorie takie jak: użyteczność, funkcjonalności, wersje językowe, dostępność, wydajność, obciążenie, dokumentacja, instalacja.

2.4.1.4. Strategie zorientowane procesowo

Strategie zorientowane procesowo, są to strategie których trzonem jest ogólnie przyjęty standard testowania. Przykładem takich strategi może być IEEE 82, czy standardy dla przemysłu lotniczego. Adaptacja strategi wymaga dostosowania ich do specyfiki produktu. Innym przykładem mogą być opisane strategie testowania zwinnego, które zakładają automatyzację procesu testowania i odporność na zmianę nawet w późnym etapie projektu. Automatyzacja testowania może zakładać cykliczne wykonywanie grup testów, dla których dane wejściowe są losowe.

2.4.1.5. Strategie dynamiczne

Dynamiczne strategie testowe, zakładają zmniejszony nakład na projektowanie i planowanie fazy testowej. Strategia ta zakłada adoptowanie sposobu testowania do aktualnych warunków. Przypadki testowe tworzone są na bieżąco przy czym głównie wykonywane są testy eksploracyjne i testy eksperckie. Testerzy wraz z poznawaniem systemu, ustalają priorytety i scenariusze.

2.4.1.6. Strategie sterowane specyfiką testowania

Strategia sterowana specyfiką testowania oprogramowania zakłada iż każdy produkt zawiera w sobie błędy. Przyjmowane są z góry nałożone dolne limity błędów które może zawierać oprogramowanie. Testowanie prowadzone jest do czasu aż limity nie zostaną osiągnięte. Oznacza to iż dynamicznie dokładane są nowe testy.

2.4.1.7. Strategie regresyjne

Strategie testów regresyjnych, są to strategie które mają zapewnić iż nie został wprowadzony błąd w działającej i przetestowanej już funkcjonalności. Największy nacisk kładziony jest w modelu iteracyjnym i dla produktów które posiadają wiele wydań. Błędy regresji mogą występować w trzech rodzajach:

- ◇ błąd bezpośrednio wprowadzony przez poprawę defektu lub wprowadzenie nowej funkcjonalności
- ◇ błąd który objawił się dopiero po naprawie defektu lub dodaniu nowej funkcjonalności
- ◇ błąd który pojawił się w innym obszarze produktu lub systemu w związku z nową funkcjonalnością lub poprawą defektu,

Istnieje kilka strategii regresji. Pierwsza strategia zakłada ponowne wykonywanie wszystkich testów z podczas poprzedniej iteracji lub poprzedniego wydania systemu. Strategia ta związana jest z dużymi kosztami tak więc często połączona jest ona z automatyzacją często powtarzanych i długotrwałych testów.

Drugą strategia zakłada wykonanie wybranej puli testów. Dobór testów dokonywany jest na różne sposoby, może to być przykładowo przydział ekspercki polegający na analizie zmian w oprogramowaniu. Alternatywą jest wzmożone testowanie tych elementów które obarczone są większym ryzykiem bądź tych które mają krytyczne znaczenie biznesowe lub wpływ na bezpieczeństwo systemu. Powinny zostać również wykonane te testy które absorbują cały system, tak by potwierdzić że wszystkie elementy współpracują poprawnie.

2.5. Typy testów

Testy oprogramowania można dzielić według różnych kategorii. W niniejszej pracy przedstawiony zostanie podział ze względu na obszar zastosowania i typ walidacji.

2.5.1. Podział ze względu na obszar zastosowania

Testy możemy podzielić ze względu na typ składowych oprogramowania które są weryfikowane i walidowane. Główną charakterystyką która pozwala wyodrębnić typy jest poziom niezależności i izolacji a także sposób w który można symulować pozostałą część systemu która aktualnie nie jest poddawana testom. Wraz z postępem faz projektu wykonywane testy charakteryzują się mniejszym poziomem izolacji i niezależności.

2.5.1.1. Testy komponentowe

Testy komponentowe są to testy które operują na poziomie pojedynczych klas, modułów kodu źródłowego. Testy te mogą być uruchamiane i testowane niezależnie. Testy komponentowe wykonywane są często w izolacji z innymi częściami systemu. Klasy dostarczające dane, silniki bazodanowe, zastępowane są przez specjalne obiekty które naśladują ich działanie. Technika ta ma na celu zapewnienie iż wykrycie błędu podczas testowania określonego modułu nie jest spowodowane błędem wynikającym z

błędnych danych pochodzących z modułów zależnych które nie są aktualnie obiektem testu. Testy takie charakteryzują się wysokim zwrotem inwestycji. Dodatkowo stanowią dokumentacje jako przykład użycia kodu źródłowego.

Testy komponentowe najczęściej wykonywane są podczas fazy implementacji. Wykonywane i tworzone są przez zespół programistyczny, co więcej najczęściej osoba która tworzy komponent piszę również do niego test. Dobrą praktyką jest by osoba inna niż autor zweryfikowała czy stworzone testy pokrywają zaimplementowaną funkcjonalność, zdarza się też iż testy pisane są przed implementacją. Błędy znalezione podczas testów komponentowych najczęściej nie są logowane ponieważ występują przed formalnym oddaniem kodu źródłowego i zatwierdzeniem go.

2.5.1.2. Testy integracyjne

Pojedyncze moduły dla których testy komponentowe zakończyły się rezultatem pozytywnym są łączone w większe grupy dla których wykonywane są testy integracyjne, zgodnie z planem testów.

Celem testów integracyjnych jest weryfikacja spełnienia funkcjonalności, niezawodności, wydajności na poziomie większym niż pojedynczy komponent. Testowane są większe grupy logiczne które dostarczają konkretna funkcjonalność. Główną metodą testowania są testy czarno-skrzynkowe czyli przeprowadzone testy powstają na podstawie oczekiwanej funkcjonalności, nie na podstawie analizy struktury kodu. Osoby wykonujące testy najczęściej nie posiadają i nie powinny posiadać informacji o wewnętrznym sposobie działania kodu.

Można wyróżnić kilka typów testów integracyjnych które można wyróżnić ze względu na poziom izolacji modułów.

Pierwszym typem są testy zależne od całości systemu. Przed przystąpieniem do testowania zakłada się iż całość systemu jest dostarczona i może zostać zintegrowana. Podczas testowania, używane są prawdziwe implementacje wszystkich potrzebnych modułów. Testowanie tego typu daje pewność iż system działa poprawnie używając prawdziwych komponentów. Głównymi wadami jest to iż testy takie można rozpocząć tylko wtedy gdy gotowy jest cały system, co może nastąpić bardzo późno w procesie tworzenia oprogramowania. Problemem jest także izolacja defektu.

Drugim typem testów, przeciwnym testowaniu całościowemu jest testowania polegające na podzieleniu fazy testów integracyjnych na mniejsze fazy z których każda zakłada testowanie każdej pary modułów. Testowanie tego typu zakłada iż tylko testowana para musi być realnym oprogramowanie, reszta systemu jest symulowana. Testowanie tego typu wymaga dostarczenia symulatorów i wspierania ich podczas kolejnych wydań systemu. Zaletą tego typu testu jest możliwość rozpoczęcia testów już gdy zespół programistyczny dostarczy gotowy kod dwóch modułów które z sobą współpracują. Wydzielenie tylko dwóch modułów pozwala także na wysoką izolacje defektów. Wadą jest wysoki kosz i czas trwania tego typu testów gdyż pewne testy powtarzane są dla różnych par modułów.

Pomiędzy dwoma wcześniej opisywanymi podejściami istnieje podejście hybrydowe. Polega ono na łączeniu modułów w grupy niższego poziomu które są wzajemnie testowane. Następnie grupy niższego poziomu łączone są w grupy wyższego poziomu które są wzajemnie testowane. Końcowym etapem może być test integracji całego systemu.

2.5.1.3. Testy systemowe

System jest to zbiór zintegrowanych komponentów które wspólnie realizują wymaganą logikę biznesową. W skład systemu wchodzi także całe środowisko uruchomieniowe, sprzęt, oprogramowanie zewnętrzne. Testowanie systemowe jest określane jako faza testów które operują na kompletnym w pełni zintegrowanym systemie, działającym na środowisku końcowym lub zbliżonym do końcowego. Testy te sprawdzają zgodność z określonymi wymaganiami takimi jak: funkcjonalności, niezawodność itp . Testy systemowe powinny zostać przeprowadzone po zakończonych testach komponentowych i integracyjnych. Weryfikują one wymagania zarówno funkcjonalne i niefunkcjonalne.

Testy systemowe najczęściej wykonywane są manualnie na podstawie zdefiniowanego planu, przy czym część testów takich jak testy wydajnościowe mogą być wspomagane automatycznie. Testy systemowe zakładają iż większość negatywnych scenariuszy takich jak podanie błędnych danych sprawdzone zostało podczas faz wcześniejszych testów tak więc testowanie systemowe skupione jest głównie na weryfikacji pozytywnych scenariuszy. Testy systemowe powinny być przeprowadzone przez niezależny zespół który raportuje do kierownika niezależnego od departamentu produkcji.

2.5.2. Podział ze względu na typ walidacji

Typ walicaji dla testu określa jakiego typu wiedza wymagane jest do jego przeprowadzenia i z jakiej perspektywy tester powinien oceniać oczekiwane rezultaty. Możemy wyróżnić dwa typy walidacji które skupione są na potwierdzeniu innych charakterystyk systemu.

2.5.2.1. Testy funkcjonalne

Testowanie funkcjonalne ma na zadanie sprawdzić zgodność oprogramowania z zdefiniowanymi wymaganiami. Testy takie przeprowadzane są z punktu widzenia użytkownika końcowego, nie jest więc wymagana wiedza o działaniu i architekturze poszczególnych komponentów. Testy funkcjonalne są zazwyczaj łatwe do testowania ręcznego. Język użyty w opisie testu powinien być dopasowany do terminologii końcowej, tak by móc zweryfikować czy nazwy używane w aplikacji są zgodne z nazwami używanymi w dziedzinie zastosowania.

Przypadek testowy odnoszący się do testu funkcjonalnego powinien zawierać:

- ◇ listę wymagań które test sprawdza
- ◇ skrypt testu czyli listę kroków wraz z oczekiwanymi rezultatami
- ◇ opis stanu środowiska w jakim należy wykonać test

Tworząc testy funkcjonalne należy wziąć pod uwagę dwa aspekty: redundancję i strefę szarości. Redundancja testów oznacza iż podobne testy są powtarzane w różnych fazach. Należy stworzyć taki plan testów aby uniknąć duplikacji, jeżeli podobne testy występują w różnych fazach należy zadbać by sprawdzały spełnienie wymagań z różnych perspektyw.

Strefa szarości, czyli taka strefa produktu która nie zostanie pokryta podczas testów. Minimalizować szarą strefę możemy poprzez dobre planowanie. Należy zadbać by całość wymagań została pokrywa

przypadkami testowymi. Dodatkowo w planie testów należy zadbać o to by przypadki testowe weryfikujące najważniejsze funkcjonalności dostały większy priorytet (więcej zasobów), natomiast marginalne funkcjonalności mogą być testowane poprzez testy poprzeczne (testujące większą grupę funkcjonalności).

2.5.2.2. Testy niefunkcjonalne

Testy niefunkcjonalne testują jakość oprogramowania, testowane są niefunkcjonalne właściwości systemu, bez których system pomimo iż spełnia wymagania nie może zostać nazwany poprawnym. Przypadki testowe dla testów niefunkcjonalnych powinny określać jakościowe i ilościowe oczekiwane rezultaty. Przykładem rezultatu może być określenie "dla 10 000 wejść na stronę system powinien zachowywać się stabilnie co oznacza iż użytkownicy będą w stanie wykonać swoje biznesowe procesy". Wykonywanie tego typu testów wymaga wiedzy na temat architektury produktu Powodowane jest to faktem iż znając newralgiczne części systemu, tester może skupić na nich dodatkową uwagę wiedząc iż mogą one powodować efekt wąskiego gardła

Testy niefunkcjonalne przez swoją złożoność są trudne lub niemożliwe do wykonania ręcznego. Przykładem może być test wymagający by kilku użytkowników w tym samym momencie załadowało stronę główną portalu internetowego. Jeżeli jest to możliwe, sugerowane jest by testy takie zostały zautomatyzowane.

3. Określenie problemu

W rozdziale zdefiniowany zostanie problem badawczy oraz dokonany zostanie szczegółowy przegląd podobnych problemów i ich rozwiązań. Ostatecznie postanowiona zostanie teza niniejszej pracy.

3.1. Definicja problemu

Tematem pracy jest stworzenie aplikacji wspomagającej proces zapewnienia jakości produktu informatycznego. Istnieje wiele rodzai aplikacji które wpisują się w tematykę testowania oprogramowania i wspierają ten proces w różnych fazach i aspektach. Założeniem pracy jest stworzenie aplikacji która będzie repozytorium testów manualnych. Głównymi funkcjami repozytorium będzie możliwość dodawania i edycji testów, klasyfikowania i definicji, grupowania i wykonywania testów.

Odwołując się do wcześniejszych informacji, aplikacja przeznaczona jest do każdego z typów wytwarzania oprogramowania. Repozytorium przechowywać będzie testy integracyjne i systemowe, ponieważ to te typy testów najczęściej wykonywane są manualnie. Charakterystyka testów może być zarówno funkcjonalna jak i niefunkcjonalna, należy jednak mieć świadomość iż testy niefunkcjonalne przez swą złożoność mogą nie być możliwe lub być trudne do wykonania manualnego.

Specyfikacja aplikacji której projekt i implementacja przedstawione będą w niniejszej pracy umożliwiać będzie definicje testów i planów testowych dla systemów dedykowanych na wiele urządzeń. Aplikacja wspierać będzie iteracyjny model wytwarzania oprogramowania w którym w ramach jednego wydania systemu przeprowadzonych będzie kilka strategii testowych (dla każdej iteracji osobno). W modelu takim istotne jest to by podzielić testowanie poszczególnych funkcjonalności na inkrementacje, tak by możliwe było jak najszybsze testowanie już oddanych funkcjonalności bez potrzeby wydania całego systemu. Dodatkowym aspektem jest potrzeba przeprowadzenia regresji tak by uzyskać pewność iż nowe wydanie systemu nie spowodowało defektów w już istniejących funkcjonalnościach (z poprzednich wersji). Należy róznież zadbać o regresje między iteracjami, gdyż nowe funkcjonalności mogą wprowadzić defekty w funkcjonalnościach już przetestowanych.

Systemy dedykowane na różne kombinacje urządzeń docelowych lub urządzeń pośrednich posiadają złożoną kombinację możliwych przypadków testowych. Złożoność tą możemy przedstawić wzorem:

$$TC_{mix} = TC * D \tag{3.1}$$

- TC_{mix} – ilość kombinacji przypadków testowych
- TC – ilość przypadków testowych

◇ D – ilość urządzeń

Powołując się na wiedzę z zagadnień testowania oprogramowania, można stwierdzić iż niemożliwe jest testowanie wszystkich kombinacji dla przypadków użycia i urządzeń. Celem zapewnienia najwyższej jakości produktu a zarazem zminimalizowania kosztów testów stosowana jest strategia sterowana ryzykiem. Dla przypomnienia polega ona na określeniu które funkcjonalności objęte są najwyższym ryzykiem w aktualnym wydaniu produktu. Powoduje to iż testy odnoszące się do najbardziej ryzykownych funkcjonalności otrzymują najwyższy priorytet, tak więc z tych grup zostanie wybrana największa ilość testów które zostaną wykonane. Analogiczną strategię sterowaną ryzykiem należy zastosować dla urządzeń dla których produkt jest dedykowany. W tym przypadku pomocna może okazać się znajomość rynku na który dedykowany jest system, lub konfiguracji jeżeli system dedykowany jest dla jednego klienta. Analiza taka dostarczy dane które pozwolą skoncentrować proces testowaniach na najpopularniejszych urządzeniach.

3.2. Rodzaje narzędzi wspomagających proces testowania

Narzędzia wspierające proces testowania możemy dzielić ze względu na różne kategorie takie jak na przykład: cel, poziom testów dla których są dedykowane, rodzaj licencji, technologia itp. Standard ISTQB stosuje podział w zależności od aktywności które są wspierane przez narzędzie.

Rodzina narzędzi	**Kategoria**	**Opis**
Narzędzia wspierające zarządzanie testami	wspierające zarządzanie procesem testowania	przechowują treść testów, plany testów, strategie
	wspierające zarządzanie wymaganiami	przechowują priorytety wymagań, zapewniają unikatowość i identyfikacje wymagań, wspierają wykrywanie brakujących lub sprzecznych wymagań
	przechowujące incydenty	przechowują historię defektów, anomalii, zmian wymagań
	zarządzające konfiguracją	przechowują informacje o konfiguracji dla wydań produktów, platform
Narzędzia wspierające testowanie statyczne	Wspierające przegląd kodu	przechowują informacje na temat przeglądu, zgłoszone problemy i ich rozwiązania, listy z wskazówkami na temat standardów, udostępniają zdalne tworzenie przeglądów
	wykonujące statyczną analizę produktu	generują metryki produktu, sprawdzają zgodność ze standardami, sprawdzają kod produktu pod kątem znanych problemów
	modelujące	wspierające walidacje modelu jak na przykład modelu bazy danych, sprawdzają niezgodność relacji, generują przypadki testowe na podstawie modelu

Kontynuacja na następnej stronie

Tablica 3.1 – *Kontynuacja*

Rodzina narzędzi	**Kategoria**	**Opis**
Wspierające specyfikacje testów	Wspierające projektowanie testów	oferują automatyczne tworzenie przypadków testowych i danych wejściowych na podstawie wymagań, interfejsu użytkownika, kodu
	narzędzia przygotowujące dane dla testów	oferują automatyczne zapełnianie systemu danymi do testów (np. generacja danych dla bazy danych)
Rodzina narzędzi wspierających wykonanie testów i logowania	wykonujące testy	wykonują automatycznie lub pół automatycznie testy, zapisują rezultaty
	biblioteki testowe	dostarczają komponenty na podstawie których zespół tworzy testy jednostkowe, symuluje obiekty
	porównujące wyniki	sprawdzają zgodność stanu systemu poddanego testów z wymaganiami, pozwalają na określenie czy dany test zakończył się powodzeniem
	określające metryki pokrycia	narzędzia określające pokrycie kodu przez testy
	narzędzia wspierające testowanie bezpieczeństwa	wspierają system i jego zgodność ze standardami bezpieczeństwa, dostępu do danych, autoryzacji i autentykacji itp
Rodzina narzędzi wspierających testowanie wydajności i monitorujących	wspierające testowanie wydajności	używane dla testów niefunkcjonalnych dla takich dziedzin jak wydajność, obciążenie. Testują wydajność dla dużej ilości wątków, transakcji
	wykonujące dynamiczne testowanie	wykonują testy sprawdzające zachowanie systemu podczas jego działania, używane do sprawdzania wycieków pamięci, zależności czasowych
	narzędzia do monitorowania	monitorują określone zasoby, pozwalają na analizę porównawczą (na przykład między różnymi wersjami systemu)
Rodzina narzędzi specjalnego zastosowania	narzędzia do analizy jakości danych	używane przy testowania migracji (aktualizacja oprogramowania do nowej wersji połączona ze zmienioną strukturą danych), monitorują poprawność konwersji danych

Tablica 3.1: Podział narzędzi wspomagających proces testowania oprogramowania według ISTQB (na podstawie [7])

3.3. Potrzeba integracji z innymi narzędziami

Przedsiębiorstwa informatyzują wiele kluczowych procesów biznesowych. Zdarza się iż do rozwiązania konkretnego przypadku stosowane jest kilka różnych systemów, pochodzących od jednego wydawcy lub wydawców ze sobą niezwiązanych. Fakt istnienia różnych systemów powoduje konieczność zintegrowania ich wspólnie tak by systemy mogły w sposób zautomatyzowany wymieniać między sobą dane, zdarzenia, komunikaty.

Różnorodność na rynku informatycznym powoduje iż programy pracujące w tej samej domenie, używane wspólnie do rozwiązania konkretnej potrzeby biznesowej, tworzone są w różnych technologiach, w odmiennych językach programowania. Potrzeba komunikacji pomiędzy programami, które różnią się implementacją i technologiami rozwiązywana jest poprzez zastosowanie standardów które mogą być używane w sposób interdyscyplinarny.

Poprzedni rozdział zobrazował jak wiele różnorodnych narzędzi wspomagających proces testowania można wyróżnić na rynku. W przypadku oprogramowania wspierającego proces testowania, integracja bywa kluczowym zadaniem. W ten sposób stworzyć można w pełni automatyczne lub pół-automatyczne rozwiązania pokrywające proces zapewnienia jakości oprogramowania.

Repozytorium stworzone w ramach niniejszej pracy wpisuje się w potrzebę integracji z narzędziami zewnętrznymi. Komunikacja udostępniona zostanie poprzez usługę sieciową. Więcej szczegółów znajduje się w rozdziale dotyczącym projektu aplikacji.

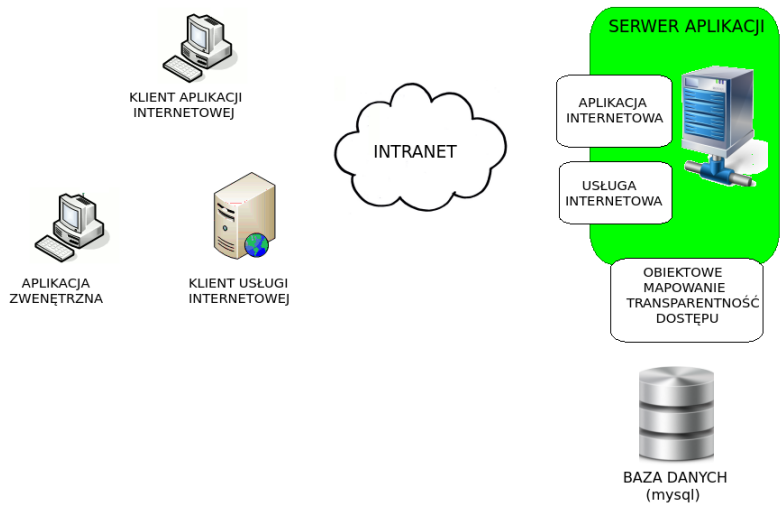
4. Projekt

Rodział czwarty opisuje projekt systemu repozytorium testów funkcjonalnych. Składa się z trzech części. Część pierwsza opisuje ogólną architekturę systemu. Druga część specyfikuje warstwy systemu to jest warstwa aplikacji internetowej i warstwa usługi internetowej. Trzecia część opisuje poszczególne moduły systemu.

4.1. Architektura

Aplikacja stworzona będzie w architekturze klient-serwer. Interfejs użytkownika zrealizowany będzie w technologii aplikacji internetowych, tak by dostęp do repozytorium nie wymagał instalacji i był dostępny na różnych platformach. Dodatkowo stworzona zostanie usługa internetowa (ang. web service), tak by umożliwić zintegrowanie aplikacji z zewnętrznymi aplikacjami dzięki czemu możliwa będzie automatyzacja kluczowych procesów. Utrwalanie danych relizowane będzie w relacyjnej bazie danych poprzez moduł odwzorowujący obiektową architekturę systemu informatycznego na bazę danych.

Aplikacja zostanie napisana w języku JAVA. Język ten jest obecnie najczęściej spotykanym językiem w zagadnieniach korporacyjnych. Posiada rozwinięte wsparcie społeczności i rozbudowane funkcjonalności wbudowane, jak i rozwijane przez zewnętrznych kontrybutorów.



Rysunek 4.1: Architektura systemu

4.2. Warstwy

W projektowanym systemie można wyróżnić dwie warstwy poprzez które klient może komunikować się w systemie. Pierwsza warstwa to jest aplikacja internetowa przewidziana jest do interakcji człowiek-komputer. Druga warstwa, to jest usługa internetowa przewidziana jest dla interakcji komputer-komputer. Kolejne dwa podrozdziały opisują specyfikę każdej z warstw.

4.2.1. Warstwa aplikacji internetowej

Dostęp poprzez aplikację internetową jest podstawowym źródłem interakcji użytkownika w projektowanej aplikacji. Celem rozdzielenia poszczególnych odpowiedzialności modułów oprogramowania, użyty zostanie wzorzec Model-Widok-Kontroler. Zakłada on wydzielenie trzech warstw:

1. Model - odpowiedzialny za pobranie i enkapsulacje danych
2. Widok - odpowiedzialny za wyświetlenie sformatowanej treści. Język stosowany w widoku powinien pozwalać na swobodne osadzanie treści języka końcowego (w tym przypadku HTML), powinien on być dostosowany do edycji przez osoby nie posiadające wiedzy na temat języku programowania.
3. Kontroler - odpowiedzialny za skoordynowanie pobrania danych, przetworzenia ich za pomocą serwisów i przesłanie danych do widoku

Język JAVA oferuje technologie objęte zdefiniowanym standardem które pozwalają tworzyć aplikacje internetowe z wykorzystaniem wzorca Model-Widok-Kontroler. Zaprezentowana aplikacja stworzona zostanie w oparciu o technologię Java Server Faces jej implementacje Mojarra wzbogaconą o komponenty PrimeFaces.

Java Server Faces jest jednym ze standardów tworzenia aplikacji internetowych w języku JAVA[4]. Główne założenia standardu to:

1. Łatwość tworzenia części klienckiej (widoku) w oparciu o strukturę komponentową. Udostępnione są standardowe komponenty (takie jak na przykład formularz, pole tekstowe).
2. Możliwość zagnieżdżania struktury dokumentu, pozwalająca na minimalizację redundancji po stronie szablonu strony internetowej
3. Zdefiniowany standard dostęp z widoku do danych po stronie serwera
4. Zapewnienie trwałości stanu danych pomiędzy żądaniami w obrębie sesji klienta
5. Część serwerowa oparta jest na ziarnach (ang. JavaBeans), posiada wsparcie dla walidacji zarówno po stronie klienckiej jak i serwerowej

W technologii Java Server Faces rola Kontrolera rozdzielona jest na pliki szablonu strony i ziarna zarządzające po stronie serwera. W plikach szablonu osadzone są instrukcję które wprost pobierają dane z kontrolera i wykonują na nim akcje.

Standard Java Server Faces posiada wiele implementacji. W tworzonej aplikacji użyta została implementacja PrimeFaces[15]. PrimeFaces jest rozwijany jako otwarty projekt. Implementacja ta rozszerza standard o własne komponenty, uproszcza również sposób komunikacji klient serwer poprzez AJAX (asynchroniczna komunikacja poprzez język JavaScript)

4.2.2. Warstwa usługi internetowej

Jednym ze standardów komunikacji między aplikacjami jest komunikacja poprzez usługę internetową, dla której istnieje wiele technologii. W niniejszej pracy użyta zostanie technologia REST. REST zakłada iż deklaracja działania które klient zamierza osiągnąć po stronie serwera określona poprzez zasób. Odwołanie do zasobu składa się z:

1. URI czyli adres internetowy określa adres zasobu do którego odwołuje się klient
2. typ metody HTTP (zgodnie z HTTP/1.1) określa jakie działanie ma być podjęte na zasobie (wyświetlenie, dodanie, modyfikacja, usunięcie)

Zgodnie ze specyfikacją HTTP/1.1 możemy wyróżnić następujące metody i oczekiwany rezultat po stronie serwerowej:

metoda	**mapowanie na akcje**
GET	Wyświetlenie, pobranie zasobu
PUT	Stworzenie zasobu
POST	Modyfikacja zasobu
DELETE	Usunięcie zasobu
OPTIONS, TRACE, HEAD	nie używane

Tablica 4.1: Metody HTTP/1.1 [16]

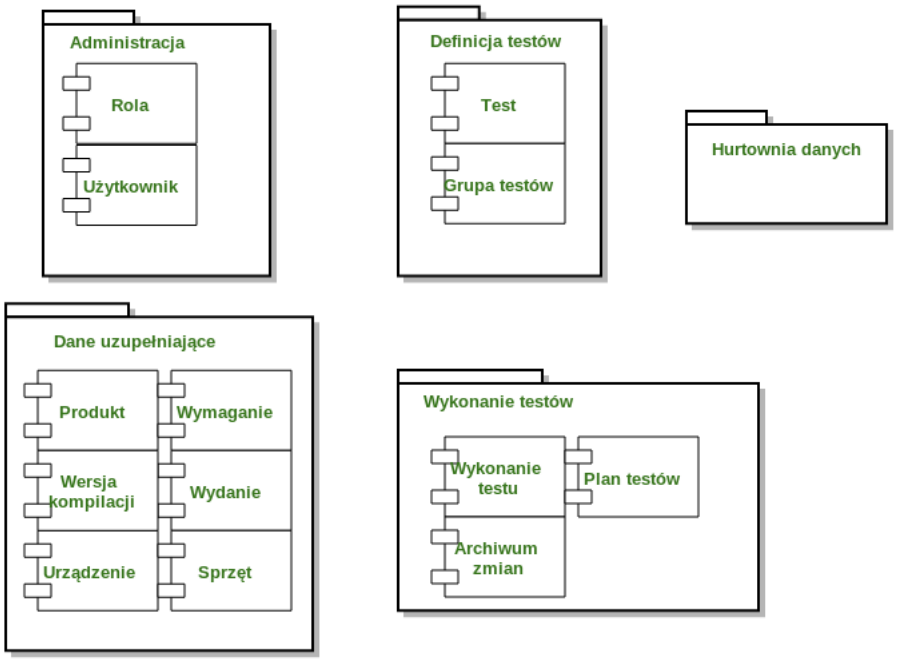
Poprzez usługę internetową możliwe będzie wykonanie następujących akcji:

1. dodanie wymagania
2. pobrania listy przypadków testowych do wykonania dla użytkownika
3. aktualizacji wykonania przypadku testowego

Pierwszy punkt pozwala na integracje z aplikacją przechowującą wymagania. Punkt drugi i trzeci pozwala na integracje z zewnętrznymi aplikacjami do wykonywania testów. W szczególnym przypadku poprzez stworzenie fikcyjnego użytkownika np. automatyzacja, można zintegrować repozytorium z modułem wykonującym testy automatycznie.

4.3. Moduły aplikacji

Funkcjonalności realizowane przez aplikację możemy podzielić na logicznę moduły. Opis poszczególnych modułów czytelnik znajdzie w kolejnych podrozdziałach.



Rysunek 4.2: Moduły systemu

4.3.1. Moduł administracji

Moduł ten skupia wszelkie funkcjonalności związane z zarządzaniem użytkownikami w systemie. Odpowiada za tworzenie i edycję użytkowników. Każdy użytkownik posiada takie dane jak login, adres e-mailowy, hasło jak również przypisaną rolę.

Możemy wyróżnić kilka ról użytkowników. Rola określa jakie uprawnienia otrzymuje zalogowany użytkownik i określa widok ekranu początkowego. Każda z ról posiada charakterystyczne cechy które pokrywają role użytkowników w procesie testowania oprogramowania: menedżer testów, lider testów, inżynier testów, specjalista środowiska do testów, specjalista konfiguracji testowej [5]. Poniżej zaprezentowany zostanie opis poszczególnych ról.

1. Administrator – zarządza użytkownikami w systemie. Administrator tworzy użytkowników i nadaje im uprawnienia.

2. Koordynator testów – tworzy przypadki testowe, grupy testów i plany testów. Rola ta odpowiedzialna jest za treści merytoryczne repozytorium. Użytkownik odpowiada za utrzymanie testów, aktualizację ich, pokrycie funkcjonalności.

3. Obsługa techniczna – rola ta odpowiedzialna jest za zapewnienie odpowiedniego środowiska dla testerów, konserwacje i naprawę fizycznych defektów. Użytkownik ten przypisany jest do konkretnych wykonań scenariuszy, instaluje początkowe środowisko, wymagane wersje oprogramowania, naprawia usterki sprzętowe.

4. Lider testów – wspiera zespół w wykonywaniu planu testów testowego. Służy swoją wiedzą i doświadczeniem przy podziale prac i podczas pojawiających się problemów. Posiada władzę decyzyjną przy zakwalifikowaniu testu jako nie udanego. Lider przypisuje testerów do testów.

5. Tester – wykonuje przypisane do niego przypadki testowe. Odznacza stan testów i zgłasza napotkane problemy.

6. Pośrednik (ang. liaison) – Odpowiedzialny jest za komunikacje zespołu testów z zespołem programistycznym. Posiada wgląd do aktualnie wykonywanych testów i konfiguracji. Jego zadaniem jest rozwiązywanie problemów związanych z jego macierzystym produktem. Pomaga zakwalifikować problem powstały podczas testów, szczególnie na początku testów produktu, zespół testerki może nie posiadać wystarczającej wiedzy i błędnie kwalifikować obserwowane rezultaty jako błąd produktu. Pośrednik proponuje również tymczasowe rozwiązania które pozwalają obejść problemy wynikające z błędów w oprogramowaniu, które naprawione będą dopiero podczas przyszłych wersji oprogramowania, tak by proces testowania mógł przebiegać nieprzerwanie.

4.3.2. Moduł definicji

Moduł ten jest odpowiedzialny za definicję podstawowych jednostek systemu czyli: testów, grup testów i planów testów.

Podstawową jednostą aplikacji jest przypadek testowy. Składowe przypadku testowego przedstawione są w tabeli 4.2;

Nazwa elementu	**Opis**
identyfikator	jednoznacznie identyfikujący test, unikatowy ciąg znaków
tytuł	tytuł testu
abstrakt	opis testu, jego kluczowe założenia, tematyka i tło określające test
grupy urządzeń	Do jednej grupy urządzeń może być przypisane jedno lub więcej urządzeń (w przypadku gdy dana funkcjonalność adresowana jest na więcej niż jedno urządzenie danego typu). Podczas wykonania testu należy jednak określić którego urządzenia z grupy należy użyć (wybrać jedno)
stan wejściowy konfiguracji	Lista sprzętów i ich stanów które są wymagane do wykonania testu. Dla każdego ze stanów można zdefiniować warunek określający dla jakich konfiguracji grup urządzeń stan ma zajść
scenariusz	lista kroków do wykonania wraz z oczekiwanymi rezultatami
wymagania	lista wymagań które są weryfikowane poprzez wykonanie testu
estymowany czas	estymowany czas potrzebny do wykonania przypadku testowego

Kontynuacja na następnej stronie

Tablica 4.2 – *Kontynuacja*

Nazwa elementu	Opis
stan początkowy produktów	stan początkowy poszczególnych produktów który musi być spełniony. Dla każdego ze zdefiniowanych stanów możliwe jest przypisanie warunku który określa dla jakiej konfiguracji grup urządzeń stan ma zajść
ilość wariacji	ilość możliwych alternatywnych przebiegów przypadku testowego (w zależności od doboru urządzeń)

Tablica 4.2: Składowe przypadku testowego

Przypadki testowe wchodzą w skład grup testów. Hierarchia ta ma drzewiastą strukturę co oznacza iż grupy mogą być zagnieżdżone. Grupy powinny agregować testy które posiadają podobną charakterystykę. Na przykład testują te same funkcjonalności, wymagają podobnej konfiguracji, urządzeń, dokumentacji. Testy funkcjonalne i niefunkcjonalne nie powinny znajdować się w tej samej grupie. Składowe grupy testów przedstawione są w tabeli 4.3

Nazwa elementu	Opis
identyfikator	jednoznacznie identyfikujący grupę, unikatowy ciąg znaków
identyfikator rodzica	grupy mogą przybierać postać drzewiastą
tytuł	tytuł grupy testowej
opis	opis grupy testowej, określający jakiego typu testy powinny znaleźć się w grupie

Tablica 4.3: Składowe grupy testów

4.3.3. Moduł danych uzupełniających

Definicja testów przez swoją złożoność i potrzebę pełnej specyfikacji wymaga pewnych danych dodatkowych które muszą zostać zdefiniowane w aplikacji. Repozytorium przeznaczone jest dla systemów wiele-wydaniowych i wspierany jest inkrementacyjny model wytwarzania oprogramowania.

Pierwszym krokiem jest zdefiniowanie produktów wchodzących w skład systemu który poddany zostanie testom. System w kontekście aplikacji jest to zbiór zintegrowanych produktów które współdziałając oferują określoną funkcjonalność z perspektywy klienta.

W celu wsparcia inkrementacyjnego modelu wytwarzania oprogramowania w aplikacji istnieją takie elementy jak "wydanie produktu"i "wersja produktu"która wchodzi w skład wydania. Poprzez wersje produktu rozumiany jest konkretny skompilowany stan komponentów systemu. Wersja systemu powinna być jednoznacznie identyfikowalna ponieważ stanowi linie bazową. Na podstawie porównania dwóch poprzedzających się wersji można określić kiedy został wprowadzony błąd regresji. Wydania produktu są to wersje widoczne z poziomu klienta końcowego, w ich skład najczęściej wchodzi wiele wersji.

W ramach wydań produktów definiowane są wymagania. Wymaganie powinno być jasno zdefiniowane tak by możliwe było zweryfikowanie spełnienia wymagania przez oprogramowanie. Na podstawie wymagań tworzone są przypadki testowe.

Drugą charakterystyką aplikacji jest wsparcie dla systemów dedykowanych na wiele urządzeń. Aplikacje umożliwia więc przechowywanie informacji o urządzeniach. Definicja urządzenia powinna zawierać dane podstawowe takie jak nazwa, dostawca, zdjęcie jak i referencję do kompletnej dokumentacji na temat urządzenia. Dostęp do dokumentacji jest kluczowy podczas testów, szczególnie dla młodego stażem zespołu testerskiego.

W module definicji testów, podczas tworzenie przypadku testowego tworzone są grupy urządzeń. W skład grupy może wejść jedno lub więcej urządzeń, przy czym podczas wykonania przypadku testowego należy wybrać tylko jedno urządzenie dla każdej z grup. Konfiguracja wybranych urządzeń determinuje i modyfikuje końcową treść przypadku testowego. Od tego które urządzenia zostały wybrane mogą zależeć poszczególne kroki, stany początkowe produktów i wymagany sprzęt. Aplikacja repozytorium udostępnia sposób definiowania warunków dla wcześniej wspomnianych elementów. Warunek określa iż dany element jest ważny (wchodzi w skład definicji przypadku testowego) wtedy i tylko wtedy gdy dla określonej grupy urządzeń wybrane zostało określone urządzenie.

Jednym z elementów wykonania testów funkcjonalnych jest instalacja środowiska do wykonania testów. Instalacja składa się z kilku elementów:

- ◇ dostarczenie i zainstalowanie sprzętu wymaganego do wykonania testów (przykładowo może to być symulator fal radiowych, sejf automatyczny, kabel ethernet, komputer stacjonarny)
- ◇ instalacja platformy do wykonania testów (systemy operacyjne, środowiska uruchomieniowe, modyfikacji systemów, bios, maszyny wirtualne)
- ◇ instalacja oprogramowania w wersji zgodnej z planem testów

4.3.4. Moduł wykonania

Moduł ten przechowuje informacje o realizowanych planach testowych, testach oczekujących do wykonania i historie wykonywanych przypadków testowych.

Pierwszym krokiem jest utworzenie planu testów. Plan testów określa ramy testów, definiuje co i dlaczego powinno zostać przetestowane, określa konfigurację środowiska testowego. Specyfikacja planu testów znajduje się w tabeli 4.4

Nazwa elementu	**Opis**
identyfikator	jednoznacznie identyfikujący plan, unikatowy ciąg znaków
tytuł	tytuł plan
opis	opis planu testowego
wymagania	lista wymagań których spełnienie zostanie zweryfikowane podczas przeprowadzania testów

Kontynuacja na następnej stronie

Tablica 4.4 – *Kontynuacja*

textbfNazwa elementu	**Opis**
urządzenia	lista urządzeń dostępnych podczas testów
wersja systemu	wersja systemu która będzie wdrożona podczas testowania

Tablica 4.4: Składowe planu testów

Po utworzeniu planu testowego należy przypisać do planu testy które mają zostać wykonane. Wyboru należy dokonać biorąc po uwagę potrzebę spełnienia planu przy określonych zasobach ludzkich, pokrycia wymagań i ograniczeń wynikających z dostępności sprzętu i urządzeń.

Plan testów określa jakie wymagania należy zweryfikować, jest to kluczowy aspekt podczas doboru przypadków testowych. Należy dobrać takie przypadki testowe które weryfikuję potrzebne wymagania. Na tym jednak dobór przypadków testowych nie powinien być zakończony. Należy pamiętać o potrzebie przeprowadzenia regresji. Fakt iż określona wersja systemu dostarcza pewne funkcjonalności nie oznacza iż poprzednio przetestowane funkcjonalności dalej działają poprawnie.

Podczas przypisania przypadku testowego do planu, należy go dookreślić w przypadku gdy posiada grupy urządzeń złożone z więcej niż jednego urządzenia. Oznacza to iż należy wybrać jedno i tylko jedno urządzenie dla każdej z grup. Wybór z jednej strony warunkowany jest dostępnymi zasobami sprzętowymi, a z drugiej strony powinien uwzględniać przetestowanie wszerz systemu dla różnych konfiguracji sprzętowych. Należy unikać w sytuacji w której nie zostaną wykonane testy na urządzeniach które są poprawne z perspektywy klienta.

Po dokonaniu pełnej definicji przypadku testowego, rozwiązywane są wszystkie warunki określone w takich elementach jak: stany produktu, kroki testu, warunki początkowe. Dla przypomnienia dla tych elementów można określić warunki które stanowią iż dany element wchodzi w skład przypadku testowego wtedy i tylko wtedy gdy dostępna jest konkretna konfiguracja sprzętowa (wybrane zostało konkretne urządzenie z grupy urządzeń). Schemat dla stanów produktów można przedstawić pseudokodem znajdującym się w listingu 4.3.

```
1 for stanProduktu in stanyProduktu
2     for warunek in warunkiDlaGrupUrzadzen
3         if wybraneUrzadzenie == preferowaneUrzadzenieDlaStanu
4             DODAJ-STAN-DO-TESTU(stanProduktu)
5
6
```

Rysunek 4.3: Algorytm doboru stanów produktu do przypadku testowego

Rezultat wykonania przypadku testowego może przyjmować jedną wartość z podanych:

- ◇ oczekujący - przypadek testowy oczekuje na przypisanie przez testera (każda osoba z zespołu może się przypisać)
- ◇ przypisany - przypadek testowy przypisany do testera (przypadek nie jest już widoczny w puli)
- ◇ zablokowany - przypadek testowy zablokowany przez błąd w innym przypadku, bądź poprzez niegotową konfigurację
- ◇ rezultat pozytywny - wszystkie kroki scenariusza wygenerowały oczekiwane rezultaty
- ◇ rezultat negatywny - przynajmniej jeden z kroków scenariusza wygenerował rezultat negatywny, lub testy eksploracyjne związane z przypadkiem testowym wygenerowały rezultat negatywny
- ◇ nie możliwy do wykonania - przypadek niemożliwy do wykonania z przyczyny braku zasobów
- ◇ wymagana analiza - podczas wykonywania przypadku testowego, wyniki poszczególnych kroków scenariusza nie dały jednoznacznej odpowiedzi. Wymagana jest konsultacja lidera i pośrednika (ang. liaisona)

Po wykonaniu przypadku testowego, tester oznacza wynik wykonania przypadku testowego i w razie konieczności opisuje wnioski jako komentarz. Tester uzupełnia też realny czas poświęcony na wykonanie przypadku testowego.

4.3.5. Moduł hurtowni danych

Moduł ten odpowiedzialny jest za interpretacje danych istniejących w repozytorium. Przedstawiane są tutaj metryki i wykresy kluczowe z perspektywy lidera, koordynatora i kierownika testów.

Pierwszą z grup raportów jest wykres pokrycia wymagań na poziome definicji testów. Analiza pozwala określić które części wymagań nie są pokryte przez przypadki testowe.

Drugą grupą jest pokrycie wymagań na podstawie wykonania przypadków testowych. Pokrycia można analizować odpowiednio z poziomu pojedynczego planu testów, grupy testów i całego wydania systemu. Dane te dostarczają informacji na temat tego które z wymaganych obszarów zostały pokryte podczas rzeczywistych testów. Dzięki tym informacją kierownik zespołu testów może zaplanować zakres kolejnych planów testów.

Trzecia grupa dotyczy relacji pomiędzy urządzeniami a przypadkami testowymi. Analiza danych dostarczanych w tej grupie pozwala określić które urządzenia zostały już przetestowana a także które urządzenia należy dostarczyć i włączyć w przyszłych przypadkach testowych.

Czwarta grupa dotyczy procentowego stanu przypadków testowych. Analiza danych dostarczanych przez tą grupę pozwala określić czy wraz z czasem projektu zmniejsza się liczba znajdywanych defektów, określić procent testów zablokowanych i inne wnioski które mogą wpłynąć na zwiększenie efektywności zespołu testerskiego.

5. Implementacja

Rozdział 5 opisuje szczegóły implementacji zaprojektowanego rozwiązania. Rozdział ten podzielony został na cztery części: część pierwsza opisuje strukturę projektu, druga część opisuje model bazy danych, trzecia część opisuje implementacje części aplikacji internetowej, czwarta część opisuje implementacje usługi internetowej.

5.1. Struktura projektu

Aplikacja wdrożona została na serwerze aplikacji Glassfish. Serwer aplikacji jest to zrąb który udostępnia usługi i środowisko pozwalające uruchomiać i zarządzać aplikacjami w tym aplikacjami internetowymi. Zachowanie serwera aplikacji porównać można do wirtualnej maszyny dla uruchamianych aplikacji która transparentnie udostępnia określone usługi.

Specyfikacja platformy JAVA wymaga aby serwer aplikacyjny udostępniał implementacje standardowych funkcjonalności i serwisów oferowanych przez tą platformę, nie istnieje jednak formalna lista specyfikująca które technologię zaliczają się do standardowych. Glassfish oferuje takie funkcjonalności jak na przykład: dostęp do bazy danych, serializacja danych do formatu XML, zarządzanie sesjami i transakcjami, autoryzacja i autentykacja, wstrzykiwanie zależności, funkcjonalność aplikacji internetowej, funkcjonalność usługi internetowej.

Specyfikacja platformy JAVA określa również ścieżki i format plików konfiguracyjnych za pomocą których możliwa jest konfiguracja określonych funkcjonalności. Serwer aplikacji Glassfish, jest to referencyjna, otwarta i bezpłatna implementacja serwera aplikacji stworzona przez firmę Oracle.

Język JAVA specyfikuje interfejsy dla określonych technologii. Serwery aplikacyjne dostarczają natomiast referencyjnych implementacji dla wymienionych technologii, przy czym konkretna implementacja może rozszerzyć zbiór funkcjonalności o własne funkcjonalności specyficzne dla dostawcy. Podczas życia produktu, istnieje możliwość migracji do innej implementacji serwera aplikacji lub nadpisania implementacji określonej technologii na implementacje innego dostawcy. Tego typu migracje mogą nastąpić transparentnie w przypadku gdy implementacja kliencka korzysta jedynie z funkcjonalność oferowanych przez interfejs. Korzystanie z rozwiązań specyficznych dla dostawcy powoduje konieczność migracji ich na analogiczne rozwiązania dla nowego dostawczy lub stworzenia własnego rozwiązania w przypadku gdy nowy dostawca nie udostępnia wymaganej funkcjonalności.

W stworzonej aplikacji użyte zostały jedynie rozwiązania specyfikowane w interfejsach używanych technologii. Oznacza to iż migracja na inny serwer aplikacji może odbyć się transparentnie.

Struktura projektu została zorganizowana w następujący sposób:

```
lib ..... lokalne biblioteki
src
  main
    java ..... kod źródłowy aplikacji
    resources ..... pliki konfiguracyjne aplikacji
    webapp ..... pliki dotyczące konfiguracji aplikacji internetowej
  test
    java ..... testy jednostkowe
target ..... zbudowane artefakty aplikacji
pom.xml
```

Rysunek 5.1: Organizacja plików projektu

Wszelkie zależności wymagane przez aplikacje rozwiązywane są poprzez narzędzie do automatycznego budowania projektów Maven. Maven poprzez konfiguracje zdefiniowaną w pliku pom.xml określa które biblioteki są wymagane przez aplikację i pobiera je podczas budowania aplikacji. Narzędzie to poprzez system wtyczek pozwala na zdefiniowanie celów budowania i wdrażania projektu. W zaimplementowanej aplikacji został zdefiniowany cel który: pobiera biblioteki zależne, kompiluje kod produkcyjny i kod testów jednostkowych, wykonuje wszystkie testy jednostkowe i w przypadku powodzenia instaluje archiwum aplikacji internetowej (ang. WAR) na serwerze aplikacji.

5.2. Model bazy danych

Glassfish dostarcza bibliotekę EclipseLink która spełnia standardy między innymi warstwy dostępu do danych (ang. JPA) i łączenia danych do i z formatu XML (JAXB). Na poziomie kodu JAVA aplikacji, struktura połączenia obiektów z bazą relacyjną jest rozwiązywana poprzez zastosowanie standardowych adnotacji. Zastosowania standardowych adnotacji zgodnych ze standardem JPA pozwala na transparentność dostawcy modułu mapującego relacyjną bazę danych. W przypadku zmiany dostawcy, migracja dotyka jedynie pewnych plików konfiguracyjnych które zawierają specyficzne ustawienia dla dostawcy (np. sposób logowania czy automatycznego tworzenia schematu bazy danych z encji kodu JAVA). Konfiguracja odpowiedzialna za utworzenie połączenia z bazą danych, znajduję się w lokalizacji *src/main/resources/META-INF/persistence.xml*. Poniżej przedstawione główne składowe pliku

- `<jta-data-source>java:app/jdbc/repoDataSource</jta-data-source>`
  - Referencja do źródła danych
- `<property name="eclipselink.logging.level" value="FINE"/>`
  - Poziom logowania, parametr specyficzny dla dostawcy modelu orm

Plik ten określa iż aplikacja używa połączenia poprzez źródło danych *java:app/jdbc/repoDataSource*. Źródło danych może zostać zdefiniowane poprzez panel konfiguracyjny serwera aplikacji, lub określone w pliku konfiguracyjnym. W zaimplementowanej aplikacji

definicja źródła danych została określona w pliku *src/main/webapp/WEB-INF/glassfish-resources.xml*. W przypadku zmiany serwera aplikacji należy zmienić ten plik na odpowiedni dla dostawcy.

◇
```
<jdbc-connection-pool name="java:app/myConnectionPool"
      res-type="javax.sql.ConnectionPoolDataSource"
      datasource-classname="org.apache.derby.jdbc.ClientDataSource40">
```

– Definicja połączenia z bazą danych

◇
```
<property name="URL" value="jdbc:derby://localhost:1527/repoTest"/>
```

– ustawienia parametrów połączenia z bazą danych

◇
```
<jdbc-resource enabled="true"
      jndi-name="java:app/jdbc/myDatasource"
      object-type="user"
      pool-name="java:app/myConnectionPool">
      <description />
   </jdbc-resource>
```

– stworzenia zasobu bazodanowego do którego można odwołać się w innych plikach związanych z bazą danych

W powyższym pliku konfiguracyjnym zostało zdefiniowane połączenie do bazy danych *java:app/myConnectionPool*. W definicji połączenia zdefiniowane są pola określające sposób połączenia i dane służące do autoryzacji. Poprzez edycje atrybutu datasource-classname możliwa jest zmiana dostawcy silnika bazodanowego, tak więc migracja na inny silnik bazodanowy wymaga zmiany danych połączenia i klasy definiującej dostawcę bazy danych. Wdrożenia na serwerze aplikacji może również wymagać instalacji na serwerze aplikacji artefaktów dostarczających kod obsługujący zdefiniowane źródło danych. Następnie definicja połączenia mapowana jest w definicji zasobu bazodanowego który użyty został w pliku persistence.xml.

Zaimplementowany model bazy danych podzielić można na cztery sekcje:

1. administracja
2. definicja danych dodatkowych
3. definicja testów
4. wykonanie testów

5.2.1. Administracja

Tabele wchodzące w skład sekcji administracja przechowują dane o użytkownikach i rolach. System posiada predefiniowane role które określają które akcje mogą zostać podjęte przez aktualnie zalogowanego użytkownika, rola określa również wygląd głównego menu aplikacji.

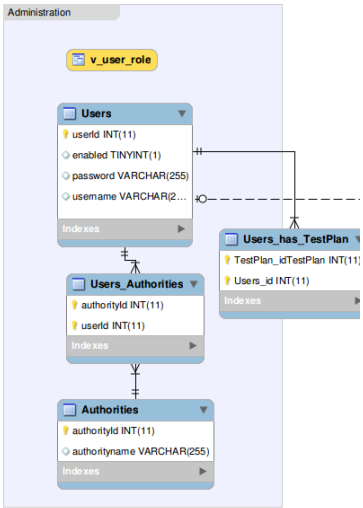
Definicja użytkownika składa się z danych identyfikujących go (login w aplikacji, imię, nazwisko), hasła i przypisanej roli która znajduje się w relacji wiele to wielu z użytkownikiem. Hasła kodowane

są w sposób niesymetryczny poprzez algorytm SHA-256 [13]. SHA-256 jest to algorytm haszujący [12] który dla każdego wejściowego ciągu znaków przyporządkowuje 256 bitowy ciąg wyjściowy. Funkcje haszujące są nieodwracalne to znaczy iż nie istnieje przekształcenie które dla wynikowego ciągu znaków wypisze wejściowy ciąg znaków. Dodatkowymi cechami są

- odporność na kolizję – dwa różne ciągi znaków nie generują tych samych wyników
- dwa podobne ciągi znaków (podobieństwo może być zmierzone na na przykład odległością Levenshteina[9]) generują całkowicie różne ciągi wynikowe

Autentykacja i autoryzacja w aplikacji realizowana poprzez implementacje JAAS[14] (ang. Java Authentication and Authorization Service) na serwerze aplikacyjnym Glassfish. JAAS jest to standard technologi Java który określa sposób autoryzacji i autentykacji. W celu realizacji standardu JAAS należy zdefiniować w pliku konfiguracyjnym role istniejące w systemie i zależności pomiędzy rolami i miejscami w aplikacji które są dla nich dostępne. Lista dostępowa dla poszczególnych ról, tworzona jest poprzez przypisanie do roli dozwolonych wzorców adresów URL i metod dostępu zgodnych ze standardem HTTP.

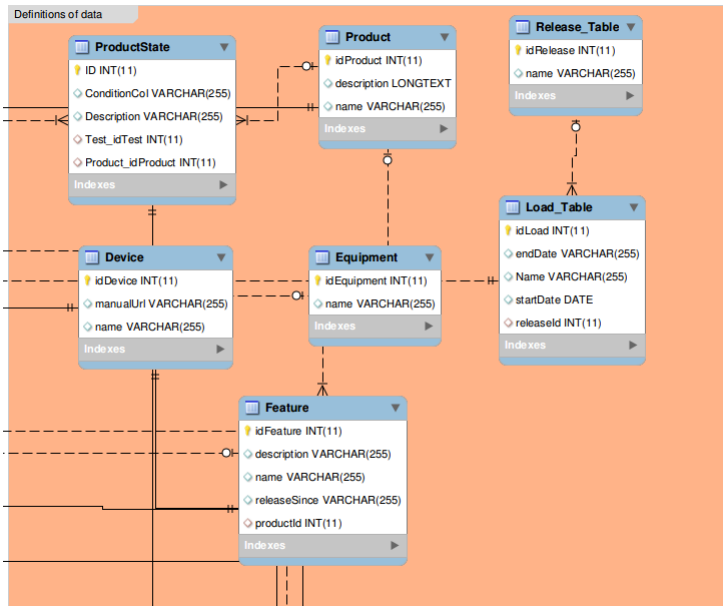
W bazie danych stworzony został widok który dostarcza zapisane po enkrypcji SHA-256 hasło i role dla podanego loginu użytkownika. Widok ten stworzony został by spełnić wymagania standardu JAAS który oczekuje jednego miejsca dostępowego podczas autoryzacji i autentykacji dla pobrania poprawnego hasła i roli dla użytkownika który loguje się do systemu.



Rysunek 5.2: Baza danych, część odpowiedzialna za administracje użytkownikami

5.2.2. Definicja danych dodatkowych

Sekcja ta zawiera encje bazodanowe takie jak: produkt, wydanie produktu, wersja produktu, funkcjonalność, urządzenie, sprzęt. Zdefiniowane encje są łączone w relacji *wiele do wielu* lub *jeden do wielu* podczas tworzenia definicji testu i przy tworzeniu finalnej wersji testu.



Rysunek 5.3: Baza danych, część odpowiedzialna za definicje danych dodatkowych

5.2.3. Definicja testów

Dla tabel Test i TestGroup zastosowane wzorzec spłaszczonej ścieżki hierarchii[8] (ang. materialized path). Wzorzec ten pozwala zoptymalizować pobieranie danych dla struktury drzewiastej w bazie danych. Realizacja polega na przypisaniu dla każdego elementu drzewa, pełnej ścieżki począwszy od korzenia :

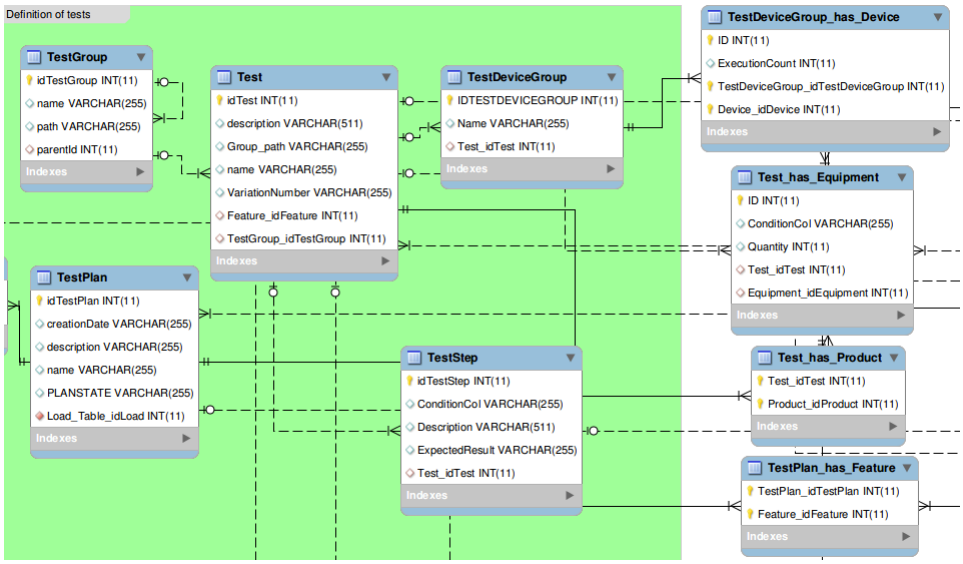
$$idKorzenia.idRodzicaPoziomuN.idRodzicaPoziomu(N-1)...idRodzicaPoziomu1 \quad (5.1)$$

Dzięki takiej strukturze możliwe jest za pomocą jednego zapytania pobranie wszystkich elementów potomnych dla dowolnej ścieżki.

Encje bazodanowe będące składowymi testu zawierają warunki logiczne stanowiące dla jakich urządzeń dla grup urządzeń składowa wchodzi w skład testu. Normalizacja bazy danych sugeruje iż dla przechowywania tego typu warunku należy stworzyć osobną tabelę, która realizuje relacje wiele do wielu dla urządzeń wchodzące w skład warunku. Rozwiązanie takie spowodowałoby jednak podczas pełnego pobrania encji testu, konieczność wykonania kolejnego złączenia (ang. JOIN). Wybrano więc rozwiązanie które dane dotyczące warunku przechowuje w sposób nieznormalizowany w zamian za większą wydajność. Informacje dotyczące warunku po stronie klienckiej (po stronie kodu Java) przechowywane są w tablicy natomiast podczas utrwalania danych tabela ta jest serializowana i składowana jako tekst w jednej kolumnie. Wzorzec ten zastosowany jest dla encji TesthasEquipment, TestStep, ProductState

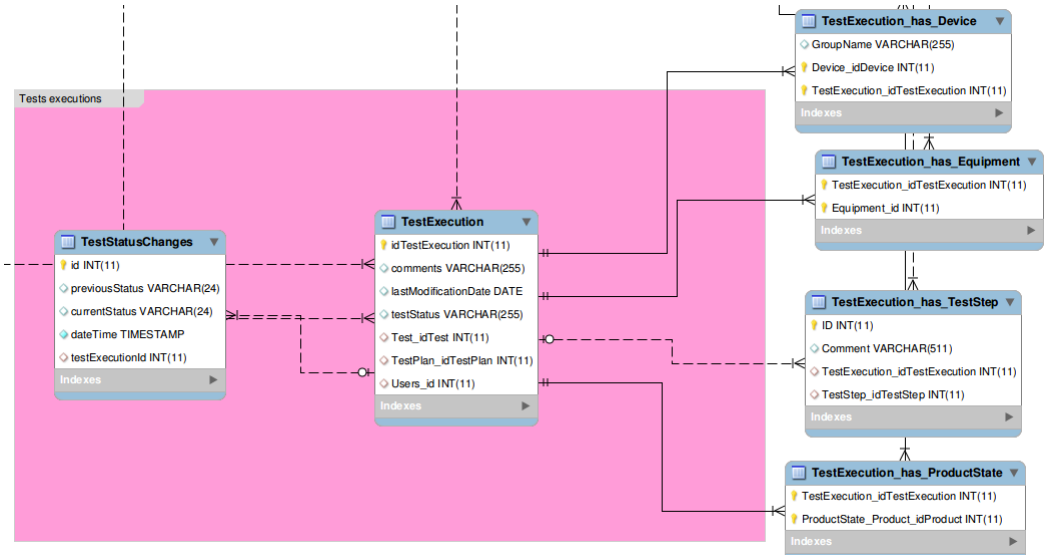
5.2.4. Wykonanie testów

Sekcja ta przechowuje testy wykonane lub oczekujące do wykonania przypisane do planów testowych. Podczas przypisania testu do planu należy określić konfigurację urządzeń na której test zostanie wykonany. Informacja ta pozwala na rozwiązanie warunków dla encji których włączenie do definicji testów uwarunkowane jest obecnością określonych urządzeń. Encja wykonania testu zawiera w sobie



Rysunek 5.4: Baza danych, część odpowiedzialna za definicje testów

w relacji jeden do wielu odwołanie do definicji testu. Encje dla których warunek został rozwiązany pozytywnie przypisane są do wykonania testu poprzez relacje wiele do wielu. Dla relacji pomiędzy wy-



Rysunek 5.5: Baza danych, część odpowiedzialna za wykonanie testów

konaniem testu a pojedynczymi krokami skryptu testowego stworzona została rozszerzona relacja wiele to wielu. Tabela łącząca dla tej relacji zawiera klucze główne dla każdej ze stron relacji i dodatkową kolumnę która przechowuje treść komentarza.

Wykonanie testu podczas cyklu życia zostaje przypisane pod konkretnego użytkownika relacją wiele do jednego. Każda zmiana stanu wykonania testu przez użytkownika przechowywania jest w osobnej tabeli archiwizującej która zawiera historie przejścia między stanami wraz z datą.

5.3. Komponenty aplikacji internetowej

Jak wspomniano w rozdziale dotyczącym projektu aplikacji, warstwa aplikacji internetowej została zrealizowana w technologi JSF przy wykorzystaniu implementacji Mojarra wraz z komponentami dostarczonymi przez bibliotekę PrimeFaces. W celu wdrożenia aplikacji internetowej na serwerze aplikacji należy zdefiniować plik deskryptora *web.xml*. Konfiguracja dla technologii JSF znajduje się w pliku *faces-config.xml*, zdefiniowane są tam odwołania do słowników tekstowych które umożliwiają internacjonalizacje aplikacji.

Poniżej przedstawione zostaną składowe pliku *web.xml* związane z konfiguracją aplikacji internetowej pod wymagania technologii JSF

◇
```
<servlet>
        <servlet-name>Faces Servlet</servlet-name>
        <servlet-class>javax.faces.webapp.FacesServlet</servlet-class>
        <load-on-startup>1</load-on-startup>
    </servlet>
```

– deinicja serwletu

◇
```
<servlet-mapping>
        <servlet-name>Faces Servlet</servlet-name>
        <url-pattern>/faces/*</url-pattern>
    </servlet-mapping>
```

– Mapowanie żądań klienta do serwletu

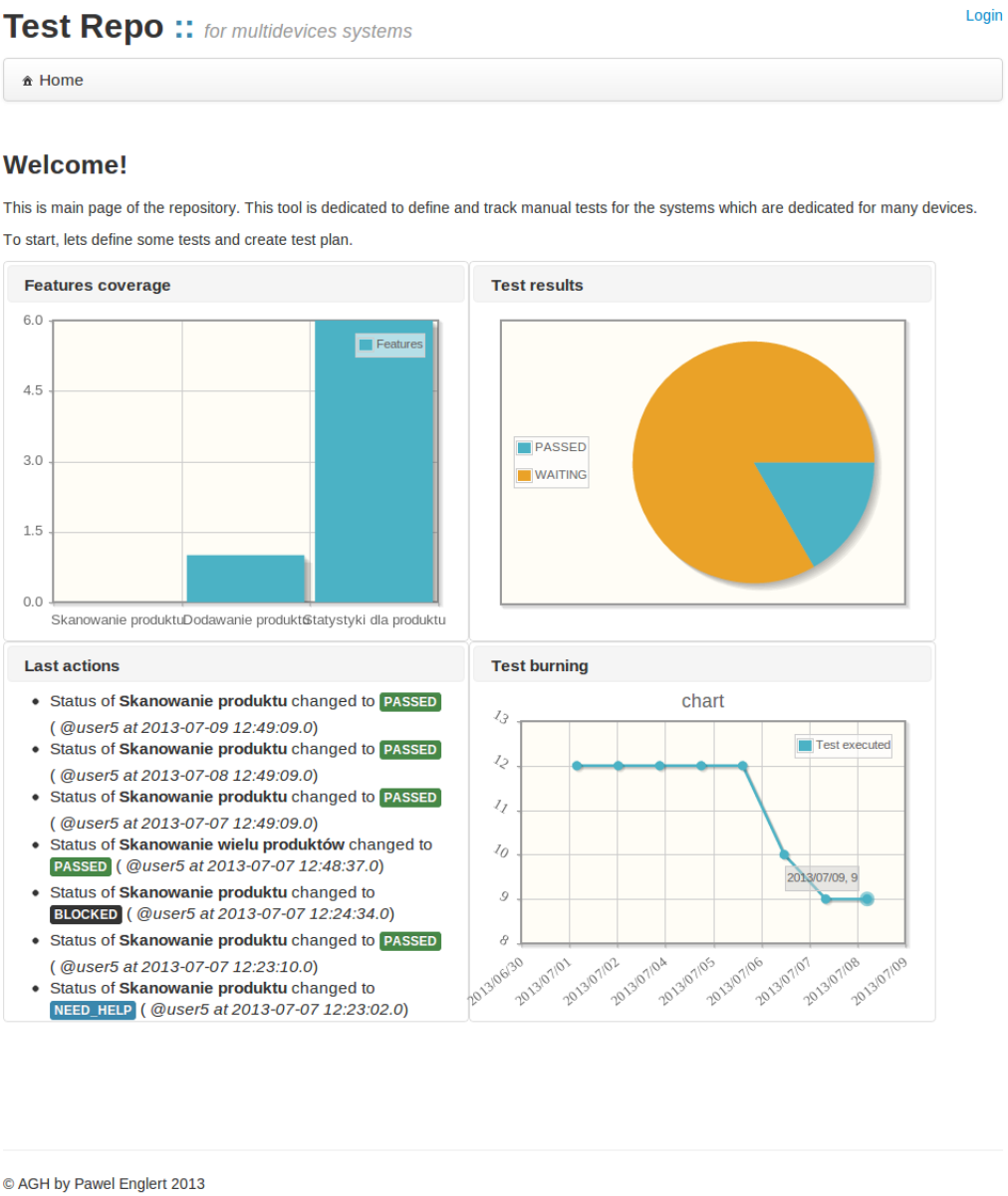
◇
```
<context-param>
        <param-name>primefaces.THEME</param-name>
        <param-value>bootstrap</param-value>
    </context-param>
```

– Ustawienia dotyczące szablonu aplikacji internetowej

W powyższym piku konfiguracyjnym określona została ścieżka do implementacja klasy serwletu. Dla technologii JSF klasą implementującą serwlet jest *javax.faces.webapp.FacesServlet*. Następnie wszystkie ścieżki zaczynające się od wzorca */facet/* zostały przypisane do wyżej zdefiniowanego serwletu. Oznacza to iż dla wszystkich adresów zaczynających się od wzorca *http://adres-aplikacji.org/faces/**, żądanie zostanie przekazane do serwletu JSF który stworzy i prześlę do przeglądarki wyrenderowaną treść strony.

Określony został również szablon prezentacji graficznej aplikacji internetowej. Parametr *primefaces.THEME* określa który szablon aplikacji powinien zostać załadowany. Użyty został szablon *bootstrap*, jest to szablon który wyglądem zbliżony jest do bazy szablonów warstwy klienckiej *twitter bootstrap*.

Zdefiniowane zostały akcje możliwe do wykonania przez użytkownika aplikacji internetowej. Dla każdej z akcji zaprojektowane zostały szablony stron które pozwalają na wykonanie wymienionej akcji. Technologia JSF pozwala na kompozycje szablonów. Stworzony został więc główny szablon strony *index.xhtml*, który zawiera w sobie dwie sekcje: **tytuł** i **treść**. Wymienione sekcje rozszerzane są (zapełniane danymi) przez szablony zdefiniowane dla akcji użytkownika.



Rysunek 5.6: Strona główna aplikacji internetowej

Plik szablonu dla określonego żądania musi znajdować się na ścieżce wynikającej z adresu żądania. Przykładowo dla żądania *http://adres-aplikacji.org/faces**/device/index.xhtml***, wywołany zostanie szablon znajdujący się w lokalizacji *src/main/webapp**/device/index.xhtml***.

Kod źródłowy sekcji aplikacji internetowej można podzielić na kilka modułów:

- klasy znajdujące się w pakiecie **edu.agh.repotest.jsf.controller** – reprezentują kontrolery dla poszczególnych encji, do których dostęp następuje w plikach szablonów
- klasy znajdujące się w pakiecie **edu.agh.repotest.converter** –reprezentują klasy konwertujące obiekty języka JAVA na tekst wyświetlany po stronie warstwy HTML
- klasy znajdujące się w pakiecie **edu.agh.repotest.session** – reprezentują abstrakcje umożliwiającą operacje na encjach bazodanowych

5.4. Implementacja REST

Obsługa REST zdefiniowana została w pliku deskryptora (*web.xml*). Zdefiniowany został serwlet obsługujące żądania będące żądaniami do zasobów REST i ustalone zostały wzorce żądania które interpretowane są jako żądania REST.

- ```
  <servlet>
    <servlet-name>Jersey REST Service</servlet-name>
    <servlet-class>com.sun.jersey.spi.container.servlet.ServletContainer</servlet-class>
        <load-on-startup>1</load-on-startup>
   </servlet>
  ```

  – deinicja serwletu obsługującego żądania REST

- ```
  <servlet-mapping>
          <servlet-name>Jersey REST Service</servlet-name>
          <url-pattern>/rest/*</url-pattern>
   </servlet-mapping>
  ```

  – Mapowanie żądań do zasobów REST, wszystkie żądania zaczynające się od wzorca *rest*

Kod źródłowy języka JAVA zawiera klasy kontrolerów (w pakiecie **edu.agh.repotest.rest**) dla których przypisane są wzorce żądania do zasobu. Mapowanie między adresem zasobu a kontrolerem odbywa się poprzez zastosowanie adnotacji które określają wzorzec dostępu do zasobu i typ żądania. Na potrzeby usługi internetowej stworzono encje z adnotacjami JAXB które mogą być serializowane do postaci XML i JSON. Encje te są rodzajem adaptera na encjach bazodanowych.

```
1
2  @Stateless
3  @Path("/users")
4  public class Users {
5
6      @GET
7      @Path("{username}/testsExecutions")
8      @Produces({MediaType.APPLICATION_ATOM_XML, MediaType.APPLICATION_JSON})
9      public List<edu.agh.repotest.dao.TestExecution> showTestsForUser(@PathParam("username") ↩
           String username) {
10         /*
11           body of the method
12         */
13     }
```

Listing 5.1: Pobranie testów do wykonania dla użytkownika

Kod źródłowy 5.1 ilustruje sytuacje gdy adres żądania *http://adres-aplikacji.org/rest/**users/user1/testExecutions*** wyświetli listę testów dla użytkownika *user1* w postaci XML lub JSON. Adnotacja na poziomie klasy określa początek adresu (*users*), adnotacja na poziomie metody określa iż dopasowany zostania ciąg znaków .*/testsExecutions, przy czym pierwszy człon adresu przekazany zostanie do metody jako argument username. Adnotacja GET określa iż metoda zostanie wywołana jedynie w przypadku odwołania się poprzez metodę *GET* dla protokołu *HTTP*. Adnotacja *Produces* określa w jakim formacie zwrócone zostaną dane. Końcowy format negocjowany jest z klientem wywołującym żądanie który przesyła w nagłówku jaki format jest przez niego preferowany.

Poniżej przedstawione zostaną stworzone mapowania dla zasobów:

- ◇ users **[GET]** – wyświetla wszystkich użytkowników
- ◇ users/$username$ **[GET]** – wyświetla informacje o użytkowniku
- ◇ users/$username$/testExecutions **[GET]**– wyświetla testy przypisane dla użytkownika
- ◇ testExecutions/id **[GET]** – wyświetla informacje o teście do wykonania
- ◇ testExecutions/id **[POST]**– modyfikuje test
- ◇ features **[PUT]** – dodaje funkcjonalność

6. Przypadki użycia aplikacji

Rodział szósty definiuje możliwy przykład użycia aplikacji i weryfikuje jej działanie. Stworzona została charakterystyka systemu poddanego testom i scenariusze zawierające wymagania których werfyfikacji została poddana aplikacja.

6.1. Specyfikacja systemu poddanego testom

Weryfikacja aplikacji powstałej jako wynik niniejszej pracy dokonana została poprzez weryfikacje funkcjonalności aplikacji względem przykładowego cyklu życia systemu. Stworzona została charakterystyka systemu który w pełni może wykorzystać możliwości aplikacji. Następnie stworzone zostały scenariusze które przeglądowo przechodzą przez możliwe kroki podczas specyfikacji i wykonania fazy testowania oprogramowania.

Specyfikowany system jest systemem zarządzania magazynem o roboczej nazwie *magar* w którego skład wchodzą następujące produkty:

1. interfejs skanujący kody kreskowe produktów – nazwa robocza **kodex**

2. część administracyjna do definiowania i dodawania produktów – nazwa robocza **backadm**

3. część statystyczna prezentująca w sposób graficzny dane zebranie w systemie – nazwa robocza **statos**

Produkt *kodex* pośredniczy pomiędzy urządzeniami końcowymi czyli skanerami kodów kreskowych a scentralizowaną bazą danych. Założeniem jest możliwość obsługi trzech różnych skanerów kodów kreskowych:

- ◇ skaner1 i skaner2 wyprodukowany przez firmę A

- ◇ skaner3 wyprodukowany przez firmę B

Skaner1 i skaner2 posiadają wspólny interfejs konfiguracyjny i podłączane są do systemu za pomocą kabli typu A. Skaner3 posiada natomiast inny sposób konfiguracji i podłączany jest za pomocą kabli typu B.

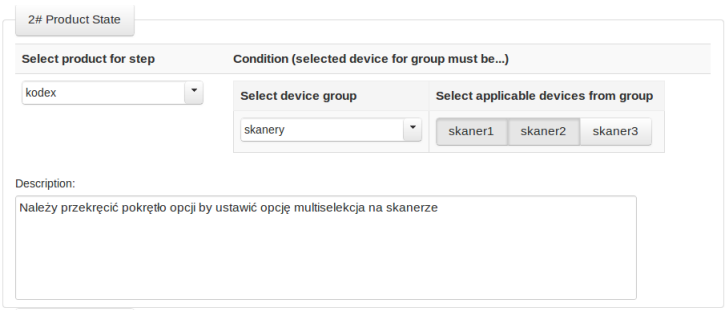
6.2. Scenariusz 1: tworzenie bazy testów

Scenariusz pierwszy polega na stworzeniu trzech różnych grup testów i 6 przypadków testowych. Przynajmniej jeden przypadek testowy powinien korzystać z funkcjonalności tworzenia warunku w zależności od wyboru urządzeń końcowych. W przypadku systemu magur składowe testów warunkowane są użyciem produktów pochodzących od dostawcy A lub od dostawcy B.

Zdecydowano się na utworzenie następującej hierarchii grup testowych (rezultat widoczny po prawej):

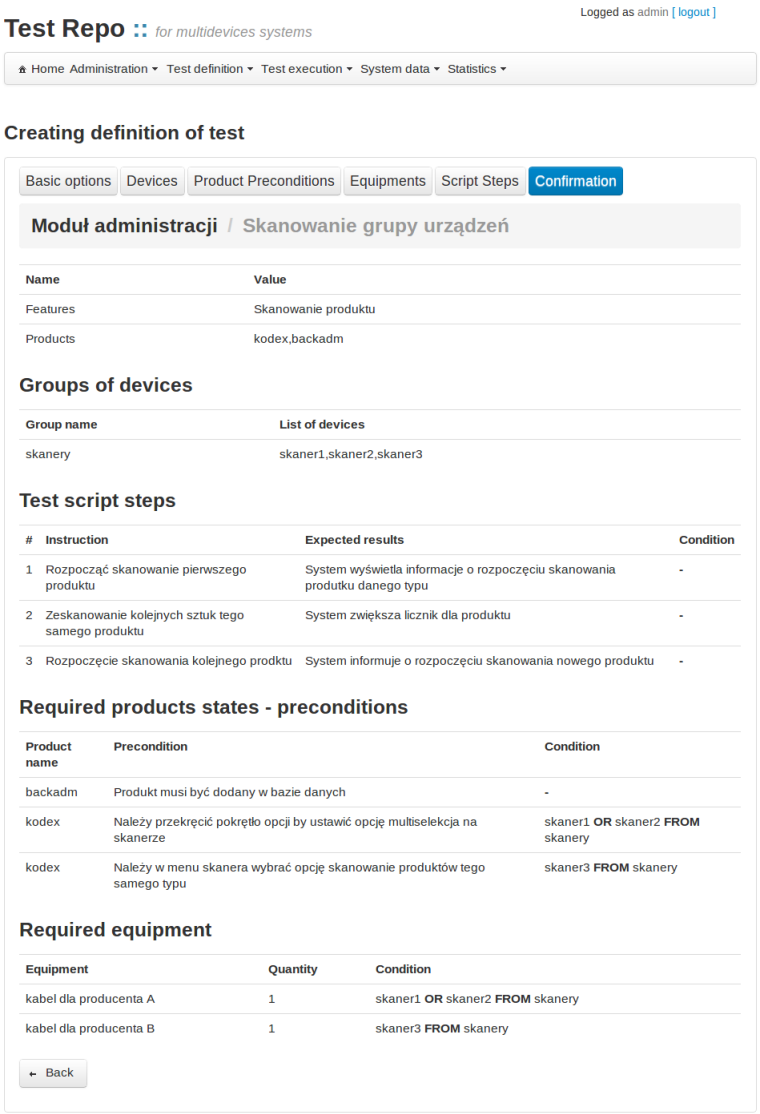
- testy funkcjonalne
  - część administracyjna
  - część statystyczna
- testy niefunkcjonalne

Podczas tworzenia definicji testów, sprawdzona została możliwość dodawania elementów których włączenie w finalną postać testu jest ograniczona spełnieniem warunku. Przykładem takiego elementu jest dodanie warunku początkowego jakim jest konfiguracja skanera przed przystąpieniem do testowania. Skanery pochodzące od różnych producentów posiadają inny interfejs tak więc wszystkie testy wymagające wstępnego ustawienia interfejsu wymagają dodania dwóch rozdzielnych stanów początkowych przy czym tylko jeden ze stanów włączany zostaje do końcowej definicji testu.



Rysunek 6.1: Stan produktu ze zdefiniowanym warunkiem

Po zakończeniu definiowania testu, wystem wyświetla ekran podsumowujący prezentujący definicje poszczególnych elementów testu wraz z warunkami (Rysunek 6.2).



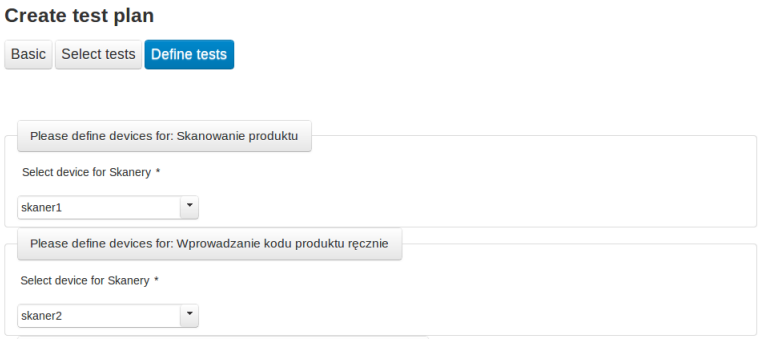
Rysunek 6.2: Podsumowanie definicji testu

6.3. Scenariusz 2: tworzenie planu testów

Scenariusz drugi zakłada stworzenie dwóch planów testowych w których skład wchodzą testy tego samego typu. Plan testowy pierwszy zakłada iż testowane są jedynie urządzenia końcowe od dostawcy A, natomiast założeniem drugiego planu testowego jest wykorzystanie urządzeń końcowych pochodzących od dostawcy B.

Stworzenie dwóch planów testowych dla rozłącznych typów urządzeń skutkuje wyprodukowaniem innej końcowej definicji testów do wykonania. Różnice wynikają w doborze dla testów istniejących w poszczególnych planach jedynie tych elementów składowych które spełniają warunki dla urządzeń końcowych.

Ostatnim krokiem podczas tworzenia nowego planu testów jest określenie urządzeń końcowych dla testów wchodzących w skład testu. Wyboru dokonuje się poprzez wybór dla każdego z testów jednego urządzenia dla każdej ze zdefiniowanych grup urządzeń.



Rysunek 6.3: Wybór urządzeń końcowych dla planu testowego

6.4. Scenariusz 3: wykonanie testu z pozytywnym rezultatem

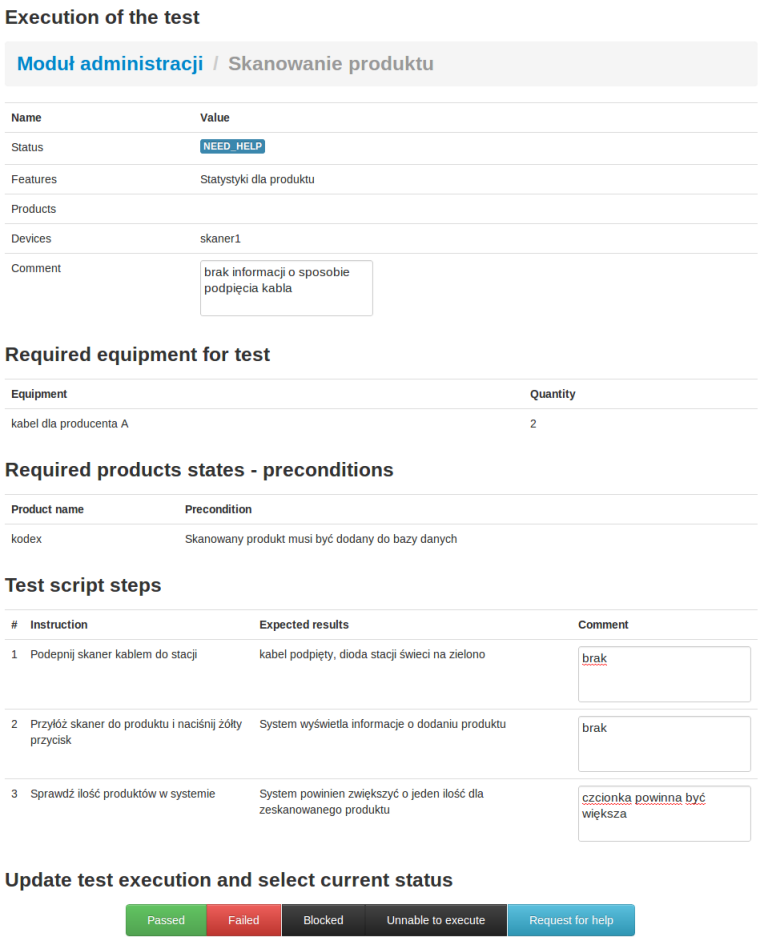
Scenariusz trzeci zakłada wcześniejsze przypisanie planu testowego dla testera który następnie wykonuje przypisany dla niego test. Następnie tester powinien mieć możliwość przeglądu przypisanych do niego planów testowych i testów które oczekują do przypisania.

Kolejnym krokiem jest wykonanie przypadku testowego. Tester powinien móc dodać komentarz dla całego przypadku testowego jak i do poszczególnych składowych skryptu testu. W widoku szczegółów przypadku testowego powinny znajdować się jedynie te składowe które spełniają określone warunki. Tester powinien móc odznaczyć stan testu jako wykonany pozytywnie. System po zmianie stanu powinien zapisać w archiwum przejście ze stanu ze stanu początkowego do stanu końcowego wraz z datą kiedy to przejście nastąpiło. Przykład przejścia między stanami, którego rezultatem jest rezulat pozytywny obrazuje diagram poniżej.

$$\text{oczekujący} \rightarrow \text{przypisany} \rightarrow \text{wynik pozytywny}$$

Po przypisaniu testera do przypadku testowego, test ten nie powinien wyświetlać się na liście oczekujących do przypisania dla innych użytkowników. Zmiana stanu na stań końcowy powinna wygenerować zdarzenie w widoku strony głównej aplikacji i zaktualizować wykres spalanie testów.

Ekran prezentujący definicje testu do wykonania dla użytkownika wyświetla końcową definicję testu. Jako iż wykonanie testu posiada już rozwiązane warunki dla poszczególnych urządzeń, wyświetlane są tylko te elementy które spełniają wymagania dotyczące konfiguracji urządzeń. Ilustracja 6.4 przedstawia ekran wykonania testu którego aktualny stan to oczekiwanie na wsparcie koncepcyjne gdyż nie można wprost zdiagnozować wyniku testu. W odróżnieniu od ekranu definicji testu, ekran wykonania testu nie przedstawia treści warunków.



Rysunek 6.4: Ekran prezentujący wykonanie testu

6.5. Scenariusz 4: wykonanie testu z negatywnym rezultatem

Scenariusz czwarty jest zbliżony do scenariusza trzeciego. Scenariusz ten zakłada iż użytkownik zmieni stan wykonania testu w taki sposób by końcowy stan testu oznaczał negatywny rezultat. Poprzez negatywny rezultat rozumiemy stan gdy przynajmniej jeden z kroków skryptu testowego wygenerował nieoczekiwany rezultat, warunki początkowe nie mogły zostać spełnione, lub obserwacje innego zachowania systemu wskazują błąd w systemie.

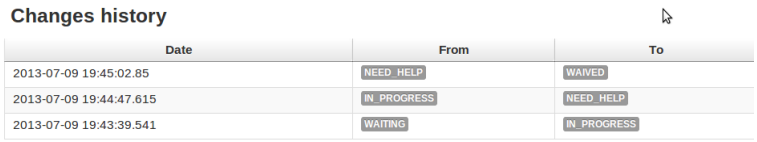
Użytkownik powienien mieć możliwość dokonać następującej ścieżki zmianu statusu testu:

oczekujący → przypisany → wymagana analiza → wynik negatywny

oczekujący → przypisany → zablokowany → wynik negatywny

oczekujący → przypisany → wymagana analiza → nie możliwy do wykonania

Zmiany stanu testu powinny być zachowane w archiwum wykonywanego przypadku testowego jak również powinny zostać wyświetlone na stronie głównej aplikacji. Przejście do stanu końcowego powinno zostać uwzględnione na wykresie spalania testów.



(a) Archiwum dla wykonania testu

(b) Strona główna aplikacji

Rysunek 6.5: Prezentacja zmiany stanu testu

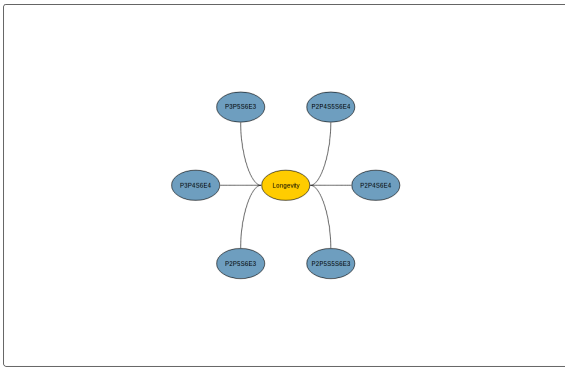
6.6. Scenariusz 5: Analiza wariacji przypadku testowego

Scenariusz piąty weryfikuje funkcjonalności związane z hurtownią danych aplikacji. Typami funkcjonalności oferowanych przez ten moduł są: dane procentowe prezentujące proporcje dla stanów testów, dane prezentujące postęp wykonania planów testów poprzez wykres spalania, dane ilościowe prezentujące pokrycie funkcjonalności przez testy.

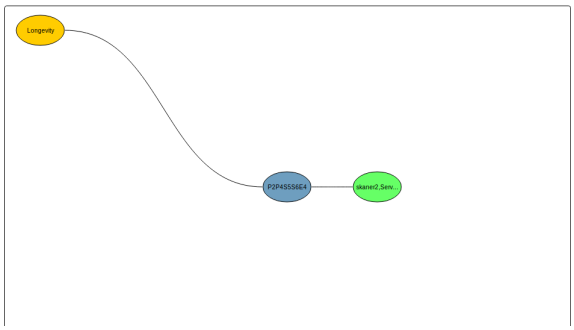
Dodatkową funkcjonalnością jest prezentacja możliwych permutacji dla przypadku testowego. Ta funkcjonalność jest weryfikowana bezpośrednio przez scenariusz piąty. Scenariusz ten zakłada iż osoba administratująca systemem jest w stanie przenalizować możliwe permutacje składowych dla określonego przypadku testowego. System wyświetla informacje na temat permutacji składowych przypadku testowego w postaci grafu skierowanego. W centrum grafu znajduje się przypadek testowy który połączony jest z wierzchołkami oznaczającymi poszczególny permutacje elementów składowych. Wierzchołki permutacji elementów składowych połączone są z wierzchołkami oznaczającymi permutacje konfiguracji sprzętowej.

Rysunek 6.6 prezentuje widok permutacji dla urządzenia które posiada definicje dwóch grup testowych. Warunki dla poszczególnych elementów definicji testu zostały zdefiniowane w ten sposób iż dla każdej możliwej permutacji urządzeń z dwóch grup generowana jest inna kombinacja dla końcowej definicji testu. Dla każdej z permutacji elementów końcowych możliwe jest wyświetlenie końcowej treści scenariusza.

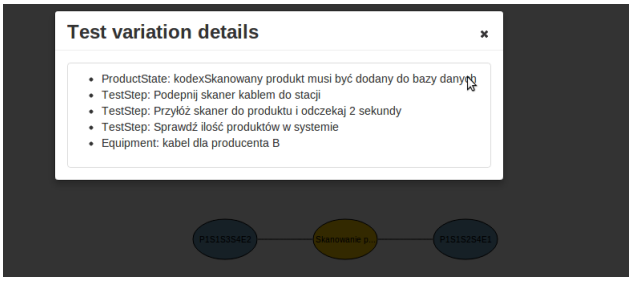
Analiza danych dostarczana przez grafy permutacji dla przypadków końcowych może być użyta przez koordynatora testów. Na tej podstawie stworzone mogą zostać plany testowe które na przestrzeni całego wydania systemu testują wszerz możliwe ścieżki przypadków testowych dla systemu.



(a) Permutacja elementów testu



(b) Permutacja urządzeń dla permutacji elementow



(c) Detale permutacji elementów

Rysunek 6.6: Permutacja dla testu.

6.7. Scenariusz 6: integracja z zewnętrznym oprogramowaniem

Scenariusz szósty weryfikuje możliwości integracji aplikacji z zewnętrznymi aplikacjami istniejącymi już w systemie. Na potrzeby testowania aplikacji użyto aplikacji *POSTMAN rest client*[1] która poprzez interfejs aplikacji internetowej pozwala kierować zapytania typu REST do usługi internetowej.

Sprawdzony został możliwy przebieg interakcji komputer-komputer. Założono iż wymaganiem jest możliwość wyświetlania i edycji przypadków testowych dla użytkownika o nazwie *automatyzacja*.

Przypadki testowe dla użytkowika pobierane są poprzez odwołanie się do zasobu konkretnego użytkownika i podzasobu przypadki testowe. Usługa internetowa w zależności od treści nagłówka żądania zwraca odpowiedź w formacie JSON lub XML. Lista przypadków testowych dla użytkownika zawiera odwołania do zasobu oznaczającego poszczególne wykonanie przypadku testowego.

Poprzez odwołanie się do zasobu poszczególnego wykonania przypadku testowego interfejs kliencki komunikujący się z usługą internetową pobiera treść testu do wykonania. Poprzez parsowanie dokumentu XML lub odwołanie się wprost do formatu JSON przez język JavaScript klient wykonuje kroki przypadku testowego. Po zakończonym wykonaniu przypadku testowego, status testu aktualizowany jest poprzez odwołanie się do zasobu poszczególnego wykonania przypadku testowego przy użyciu metody POST.

Aktualizacja przypadku testowego przez usługę internetową wykonuje taki sam przepływ w aplikacji jak wykonanie analogicznej czynności poprzez aplikacje internetową.

7. Wnioski i możliwości rozwoju aplikacji

TODO

Bibliografia

[1] A. Asthana. http://www.getpostman.com/.

[2] S. P. T. B. B. Agarwal, M. Gupta. *Software Engineering and Testing*. Jones and Bartlett Publishers, United Kingdom, 2008.

[3] R. Black, E. Veenendaal, and D. Graham. *Fundation of Software Testing*. Cengage, 2012.

[4] R. Davies and A. Davis. *JavaServer Faces 2.0:The Complete Reference*. McGraw-Hill Osborne Media, 2009.

[5] E. Dustin, J. Rashka, and J. Paul. *Automated software testing:introduction, management, and performance*. Addison-Wesley Professional, 1999.

[6] P. Herzlich. The politics of testing. 1st EuroSTAR conference, London, Oct. 25-28, 1993, 1993.

[7] ISTQB. International Software Testing Qualifications Board: Certified Tester Foundation Level Syllabus.

[8] H. Kuno and E. Rundensteiner. Augmented inherited multiindex structure for maintenance of materialized path query views. 1996.

[9] A. Levenshtein. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. 1966.

[10] S. Loveland, M. Shannon, G. Miller, and R. Prewitt. *Software Testing Techniques: Finding the Defects That Matter*. Cengage Learning, 2004.

[11] S. Morton. The butterfly model for test development. 2001.

[12] N. Sklavos and O. Koufopavlou. Nist. announcing the secure hash standard. Federal Information Processing Satndards Publication 180-2, 2002.

[13] N. Sklavos and O. Koufopavlou. On the hardware implementations of the sha-2(256,384,512) hash functions. Proceedings of the IEEE International Symposium on Circuits and Systems ISCAS 2003, 2003.

[14] SUN. Java authentication and authorization service (jaas).

[15] O. Varaksin and M. Caliskan. *JavaServer Faces 2.0:The Complete Reference*. Packt Publishing, 2013.

[16] w3c. Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1.

[17] J. Watkins and S. Mills. *Testing IT: An Off-the-Shelf Software Testing Process*. Cambridge University Press, 2010.