

Marcin MIROŃCZUK
Politechnika Białystok, Wydział Elektryczny
Tadeusz MACIAK
Politechnika Białystok, Wydział Informatyki

ZMODYFIKOWANA ANALIZA FMEA Z ELEMENTAMI SFTA W PROJEKTOWANIU SYSTEMU WYSZUKIWANIA INFORMACJI NA TEMAT OBIEKTÓW HYDROTECHNICZNYCH W NIERELACYJNYM, KATALOGOWYM REJESTRZE

Streszczenie. W artykule przedstawiono zastosowanie zmodyfikowanej analizy przyczyn i skutków błędów (ang. *Failure Modes and Effects Analysis – FMEA*), zawierającej drzewo analizy błędów oprogramowania (ang. *Software Failure Tree Analysis – SFTA*). Analizę tę wykorzystano do zaprojektowania systemu wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych, zawartej w nierelacyjnym, katalogowym rejestrze.

Słowa kluczowe: Analiza przyczyn i skutków błędów, drzewo analizy błędów oprogramowania, projektowanie katalogowych baz danych na podstawie analiz FMEA i SFTA, FMEA, SFTA, bazy nierelacyjne, projektowanie i analiza komponentów wyszukiwania

THE MODIFIED ANALYSIS FMEA WITH THE ELEMENTS SFTA IN PROJECTS OF HYDROTECHNICAL OBJECT INFORMATION SEARCH SYSTEM IN NOSQL CATALOGUE REGISTER

Summary. This article describes a modified method of failure modes and effects analysis with include software failure tree analysis. This analysis is use to project a search system which based on no relational database i.e. catalog database.

Keywords: FMEA, SFTA, failure modes and effects analysis, catalog data base

1. Wstęp

Aktualnie w Państwowej Straży Pożarnej (PSP) istnieje system do ewidencji zdarzeń o nazwie EWID [1, 2]. W systemie tym po każdej akcji ratowniczo-gaśniczej Kierujący Działaniami Ratowniczymi (KDR) zapisuje raport z jej przebiegu. Forma powstających raportów jest regulowana przez Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych [3]. Papierowa forma raportu dostępna jest w postaci karty *Informacji ze zdarzenia*, której pola są mapowane i przedstawiane w postaci relacji i odpowiednich typów danych w systemie EWID. Sekcja raportu papierowego pt. *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, podzielona jest na sześć podpunktów: opis przebiegu działań ratowniczych (zagrożenia i utrudnienia, zużyty i uszkodzony sprzęt), opis jednostek przybyłych na miejsce zdarzenia, opis tego co uległo zniszczeniu lub spaleni, warunki atmosferyczne, wnioski i uwagi wynikające z przebiegu działań ratowniczych oraz inne uwagi dotyczące danych wypełnianych w formularzu odnośnie zdarzenia. Ze względu na ww. podpunkty część tę nazwano *częścią półustrukturyzowaną*. Wersja cyfrowa sekcji *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, która jest składowana w systemie EWID, nie posiada ww. podpunktów, przez co nazwano ją *częścią nieustrukturyzowaną*. Ze względu na to, że w systemie EWID nie istnieje semantyczne rozróżnienie poszczególnych sekcji *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, proces wyszukiwania odpowiednich informacji przez KDR jest utrudniony.

W publikacji przedstawiono zmodyfikowaną analizę przyczyn i skutków błędów (ang. *Failure Modes and Effects Analysis – FMEA*), wykorzystaną w procesie projektowania nowego systemu wyszukiwania, która zawiera drzewo analizy błędów oprogramowania (ang. *Software Failure Tree Analysis – SFTA*). Przedstawiona analiza wykazuje brak lub ograniczoną możliwość pozyskania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych z aktualnego systemu do ewidencji zdarzeń stosowanego w PSP. Pozyskiwanie informacji odbywa się w kontekście przeprowadzanej akcji ratowniczo-gaśniczej przez KDR. Całość analizy przyczyniła się do zaprojektowania nowego systemu wyszukiwania, opartego na komponentach programowych, zawierających moduł do formułowania zapytań i wyszukiwania, oraz komponentach katalogowej bazy danych, przechowującej informacje na temat obiektów hydrotechnicznych. Zaproponowanie i zastosowanie w wyniku analizy katalogowej bazy danych umożliwia bardziej strukturalne podejście do opisu rejestru obiektów hydrotechnicznych.

Opis zastosowanej analizy oraz jej szczegółowy przebieg przedstawiono w punkcie 2. niniejszego opracowania. Natomiast punkt 3. stanowią wnioski z jej przeprowadzenia.

2. Analiza FMEA z SFTA dla systemu wyszukiwania

Analiza FMEA jest to systematyczny, wykonywany krok po kroku proces, który pozwala przewidzieć przyczyny błędów w maszynie lub systemie i oszacować ich znaczenie [4]. Natomiast analiza drzewa błędów w oprogramowaniu SFTA wykonywana jest w celu przewidzenia błędów systemu z góry, a nie dowodzenie, że działa on prawidłowo po utworzeniu lub w czasie procedur testowych [4]. Błędy oprogramowania są definiowane przez wielu projektantów jako odstępstwa od oczekiwanych wyników wyjściowych lub jako działanie programu niezgodne z wymaganiami lub specyfikacją [4]. W przypadku systemu do ewidencji zdarzeń i stosowanego przez niego wyszukiwania pełnotekstowego rekordu, w którym zebrane są informacje ze zdarzenia, można mówić o odstępstwie od oczekiwanych wyników. W celu uniknięcia tak zdefiniowanych błędów należy dokonać odpowiedniej analizy dla nowego systemu wyszukiwania. Analiza ta polega na dokonaniu przeglądu systemu wejściowego odniesienia, który stanowi aktualny system do ewidencji zdarzeń, w celu określenia tego, gdzie znajdują się problemowe miejsca, z czym one są związane i jak im można zaradzić. Należy wprowadzić takie zmiany w projekcie wyszukiwania, aby wyeliminować przyczyny błędów lub przynajmniej zmniejszyć ich częstotliwość oraz skutki. W tym celu posłużono się zmodyfikowaną analizą FMEA, zawierającą w sobie analizę SFTA. Ogólnie analizę FMEA programów przeprowadza się nowo powstającym jednostkom systemu, dla których nie ma jeszcze danych. A więc dokonuje się projektowania bez wsparcia informacją z przeszłości. Ponieważ system jest dopiero na etapie projektu, analityk nie ma możliwości precyzyjnego ustalenia wartości poszczególnych jego parametrów. Może on jednak korzystać z subiektywnych szacunków i prawdopodobieństwa. Ze względu na to, że FMEA dotyczy nowo powstających projektów i nie uwzględnia bezpośrednio wcześniejszych doświadczeń lub wiedzy o błędach z wcześniejszego systemu, do jej procesu należy dołączyć to doświadczenie, a tym samym ją zmodyfikować. Zmodyfikowana analiza FMEA w stosunku do pierwowzoru [5] polega na tym, że podczas projektu systemu wyszukiwania autorzy oparli się na już dostępnych informacjach i doświadczeniu płynącym z badania systemu wyszukiwania EWID. W celu uwzględnienia tego doświadczenia została odpowiednio zmodyfikowana procedura tej analizy w stosunku do jej pierwowzoru. Zmodyfikowany paradygmat analizy FMEA, proponowany przez autorów, opisany jest przez dziewięć następujących punktów procesu:

1. Zdefiniowanie analizowanego systemu i systemu odniesienia oraz wymaganej niezawodności tego pierwszego na podstawie ukazania zawodności tego drugiego.
2. Utworzenie hierarchii funkcjonalnej systemu, pokazującej współdziałanie podsystemów komponentów systemu odniesienia oraz docelowego, analizowanego systemu.

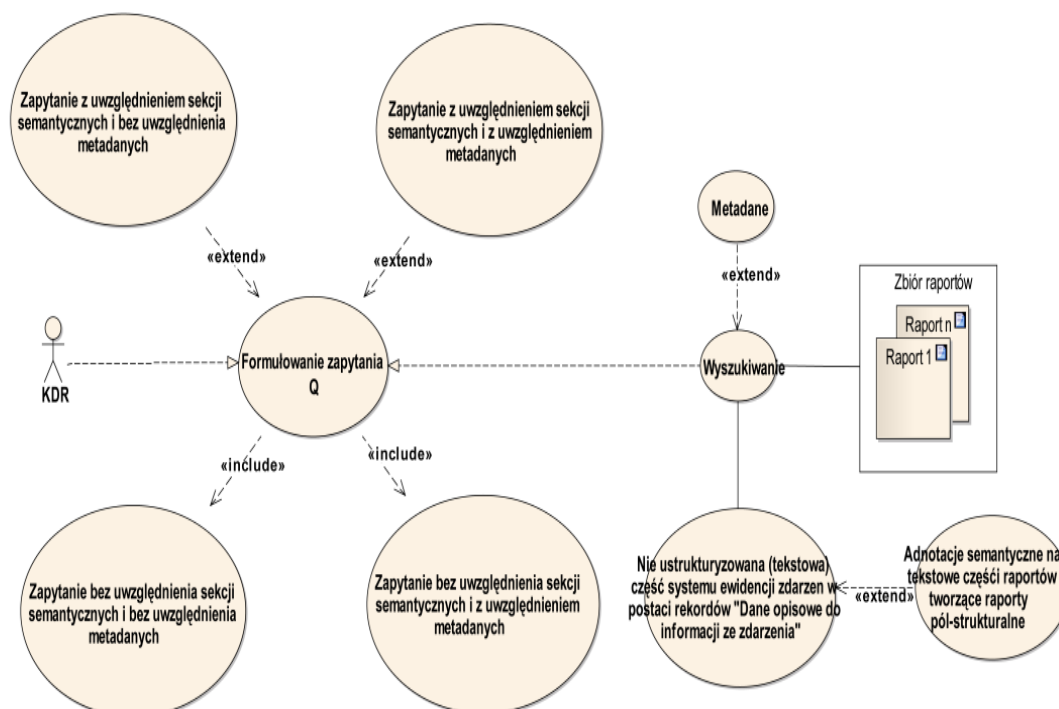
3. Wykrycie wszelkich założeń poczynionych w trakcie analizy przyczyn błędów systemów i podsystemów systemu odniesienia, na podstawie którego projektowany jest system docelowy.
4. Ustalenie dla systemu odniesienia listy komponentów, na podstawie których ma zostać zaprojektowany system docelowy, i określenie dla nich przyczyn błędów i ich stopni (lub przedziałów).
5. Przygotowanie zestawu arkuszy roboczych FMEA do analizy wpływu na działanie systemu odniesienia przyczyn błędów każdego podsystemu lub komponentu.
6. Wpisanie rankingów wagi i częstotliwości błędów do arkuszy oraz ocena istotności każdej przyczyny błędu z analizowanego systemu odniesienia, w celu otrzymania niezawodności systemu docelowego.
7. Wizualne przedstawienie błędów systemu odniesienia za pomocą SFTA, mogących zajść w systemie docelowym.
8. Przegląd arkuszy roboczych w celu wykrycia komponentów kluczowych ze względu na niezawodność i przygotowanie zaleceń dotyczących usprawnienia projektu.
9. Przedstawienie propozycji na rozwiązanie błędów dla wybranych komponentów.

2.1. Zdefiniowanie analizowanego systemu i systemu odniesienia oraz wymaganej niezawodności tego pierwszego na podstawie ukazania zawodności tego drugiego

Analizowany jest system składający się z komponentów służących do realizacji usługi związanej z wyszukiwaniem informacji na temat obiektów hydrotechnicznych. System odniesienia stanowi EWID z jego możliwością przeszukiwania pełnotekstowego rekordów *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*. W rekordach tych zebrane są informacje dotyczące obsługi akcji ratowniczo-gaśniczej. Informacja ta zapisywana i przechowywana jest w postaci tekstu wyrażonego za pomocą języka naturalnego. W dalszej części opracowania będzie wykazywana i opisywana zawodność tego rozwiązania w kontekście wyszukiwania informacji o obiektach hydrotechnicznych. Opis ten i wykazane w nim przyczyny *błędów pierwotnych*, związane z projektem systemu EWID i pominięciem mapowania pewnych pól oraz *błędów wtórnych*, powstających w wyniku wcześniejszych założeń projektowych (będących konsekwencją błędów pierwotnych), przyczyni się do zbudowania bardziej niezawodnego komponentu wyszukiwania nowego systemu wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych.

2.2. Utworzenie hierarchii funkcjonalnej systemu, pokazującej współdziałanie podsystemów komponentów systemu odniesienia oraz docelowego, analizowanego systemu

W systemie odniesienia istnieje możliwość formułowania zapytania Q do zbioru danych tekstowych, które stanowią raporty z akcji ratowniczo-gaśniczych PSP. Na jego podstawie możliwe jest uzyskiwanie wyników w postaci zbioru raportów najbardziej pasujących do Q pod względem przyjętej miary między Q a dokumentami tekstowymi. Aktualnie nie istnieją żadne wskazówki co do tworzenia Q czy też predefiniowane zapytania Q , które dawałyby jak najbardziej odpowiednie rezultaty w postaci zbioru raportów najlepiej pasujących do Q i oczekiwań KDR. Sposób wyszukiwania w postaci przypadku zdarzenia (*ang. use case*) [6] prezentuje rys. 1.



Rys. 1. Przypadek użycia związany z wyszukiwaniem przez KDR raportów z akcji ratowniczo-gaśniczych w systemie odniesienia [opracowanie własne]

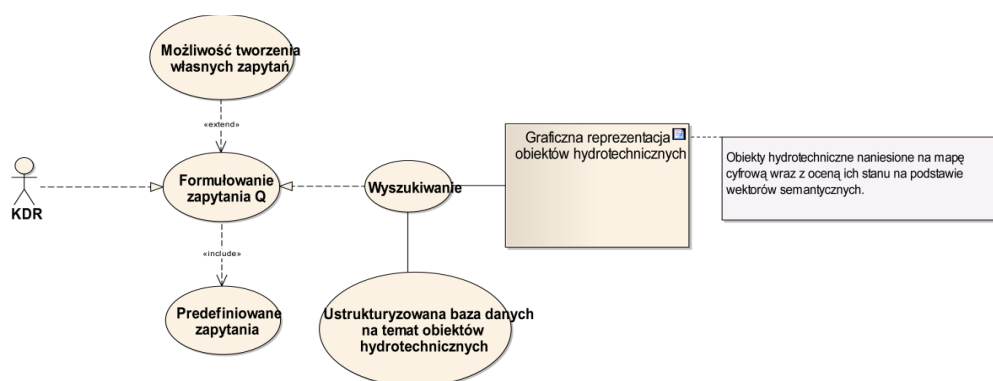
Fig. 1. Use case for search reports from reference system

Rysunek 1 prezentuje możliwości formułowania przez KDR zapytania Q do bazy raportów z akcji ratowniczo-gaśniczych w systemie odniesienia. Możliwe są cztery opcje formułowania zapytania Q , na podstawie których działa wyszukiwanie:

- zapytanie bez uwzględnienia sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych,
- zapytanie bez uwzględnienia sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych,
- zapytanie z uwzględnieniem sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych,
- zapytanie z uwzględnieniem sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych.

Dwie pierwsze opcje możliwe są do zrealizowania przez dodanie odpowiednich funkcji wyszukiwania do systemu odniesienia, rozszerzających jego działania. Dwie ostatnie opcje rozszerzają możliwość formułowania zapytania Q i samego wyszukiwania. Wymagają one zastosowania procesu strukturyzacji danych ze względu na brak sekcji semantycznych w aktualnym systemie odniesienia. Proces ten polega na przekształceniu informacji nieustrukturyzowanych w półustrukturyzowane. Po sformułowaniu zapytania Q następuje wyszukiwanie najbardziej podobnych raportów z bazy danych i zaprezentowanie ich KDR.

W docelowym systemie zamiast zwracanego zbioru raportów ma istnieć możliwość wizualizacji lokalizacji wybranych obiektów hydrotechnicznych wraz z ich stanem opisanym za pomocą wektora semantycznego [7]. Na jego podstawie będzie można ocenić stan obiektu hydrotechnicznego, np. czy działa czy nie. Dane do tego systemu mają pochodzić z systemu odniesienia oraz być uzupełniane lub korygowane na podstawie informacji pochodzących z zewnętrznych baz danych, np. wodociągów, czy też dostarczanych przez samych KDR z miejsca zdarzeń i okolic. Sposób wyszukiwania w postaci przypadku zdarzenia prezentuje rys. 2.



Rys. 2. Przypadek użycia związany z wyszukiwaniem przez KDR raportów z akcji ratowniczo-gaśniczych w systemie docelowym [opracowanie własne]
Fig. 2. Use case for search reports from target system

Rysunek 2 prezentuje możliwość wykorzystania przez KDR predefiniowanych zapytań lub ewentualnych własnych zapytań do wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych. Zapytania są wykorzystywane przez moduł wyszukiwania działający, w przeciwieństwie do bazy odniesienia, na ustrukturyzowanej bazie danych o obiektach hydrotechnicznych, w której dane reprezentowane są w postaci atrybut-wartość. Dodatkowe informacje o obiektach hydrotechnicznych, ważne dla KDR pod względem przeprowadzanej przez niego akcji ratowniczo-gaśniczej, po procesie ich geotagowania (ang. *geotagging*) nanoszone są na mapę cyfrową, tworząc tym samym rzeczywistość rozszerzoną (ang. *Augmented Reality – AR*). Do każdego zlokalizowanego obiektu hydrotechnicznego naniesionego na mapę cyfrową zostaje dodana jego historia, na którą składają się takie informacje, jak: jego sprawność wraz z uwzględnieniem tej sprawności w kontekście przedziałów czasowych, częstotliwość

jego wykorzystywania podczas akcji ratowniczo-gaśniczych, odniesienia do akcji związanych z danym obiektem hydrotechnicznym itd.

2.3. Wykrycie wszelkich założeń poczynionych w trakcie analizy przyczyn błędów systemów i podsystemów systemu odniesienia, na podstawie którego projektowany jest system docelowy

Przesłankami do tworzenia nowego rozwiązania, bazującego na informacji ustrukturyzowanej na temat obiektów hydrotechnicznych wykorzystywanych przez PSP, były poczynione założenia podczas analizy przyczyn błędów systemu odniesienia i jego modułu wyszukiwania opartego na niestrukturalnej i półstrukturalnej informacji. Założeniami tymi były:

- w systemie odniesienia istnieje informacja o obiektach hydrotechnicznych w postaci nieustrukturyzowanej, którą da się przekształcić do postaci półstrukturalnej, a następnie do w pełni strukturalnej, wyrażonej za pomocą atrybut-wartość,
- wykorzystywanie informacji w aktualnym, nieustrukturyzowanym stanie jest nieopłacalne dla KDR pod względem czasu, jaki musiałby spędzić na formułowaniu zapytań Q , a następnie na analizach zwracanych wyników,
- KDR nie wie do końca, jakie obiekty hydrotechniczne są zapisane w sekcji opisowej i jak poszukiwać ich opisów czy też informacji na ich temat,
- pozyskiwanie za pomocą zapytań Q informacji o interesujących obiektach hydrotechnicznych w czasie akcji ratowniczo-gaśniczej wpływa krytycznie, a nawet katastrofalnie na jej przebieg. Może prowadzić do zmniejszenia czasu na przeprowadzenie akcji, a nawet do całkowitej utraty kontroli nad akcją z istotnymi szkodami w mieniu, zagrożeniu dla zdrowia, życia oraz środowiska,
- uzyskiwane rezultaty z wyszukiwania są nerelewantne do zapytań Q . KDR oczekuje innych wyników na podstawie zadawanych przez niego zapytań Q niż te, które dostaje w wyniku jego realizacji,
- wykorzystanie mechanizmu pełnego wyszukiwania tekstów (*ang. full text search*) sekcji *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* nawet z pewnymi modyfikacjami wprowadzonymi w wyszukiwaniu informacji na temat obiektów hydrotechnicznych może dawać niezadawalające rezultaty, zbyt dużą ilość nerelewantnych wyników,
- rezultaty wyszukiwania zależą od sformułowania zapytania Q przez KDR i jego doświadczenia,
- zastosowanie metadanych nie przyczyni się do podniesienia jakości wyszukiwania,
- zapytania Q mogą być formułowane nieodpowiednio. Nawet gdyby istniał ich szablon w postaci predefiniowanych zapytań, to nie będzie to stanowić kompleksowego rozwiązania,

- nieuwzględnienie kontekstów w raportach określonych przez semantykę zdań powoduje, że dodanie kolejnego raportu zwiększa ich niejednoznaczność. Pogarsza się w ten sposób możliwość wyszukania, dotarcia oraz uzyskania odpowiedniej informacji na temat obiektów hydrotechnicznych.

2.4. Ustalenie dla systemu odniesienia listy komponentów, na podstawie których ma zostać zaprojektowany system docelowy, i określenie dla nich przyczyn błędów i ich stopni (lub przedziałów)

Lista komponentów systemu odniesienia składa się z formułowania zapytań Q oraz z wyszukiwania. Komponent wyszukiwania bezpośrednio związany jest z bazą danych i odpowiednią reprezentacją w niej informacji. Bazowe przyczyny błędów ostatecznie powodują błąd polegający na tym, iż KDR nie potrafi podjąć decyzji na temat wyboru obiektu hydrotechnicznego w dopuszczalnym czasie podczas akcji ratowniczo-gaśniczej, na podstawie informacji dostępnej w systemie odniesienia. Bazowe przyczyny błędów dla modułu:

- formułowania zapytań Q stanowią niepoprawnie sformułowane zapytania pod względem przyjętej gramatyki,
- wyszukiwania stanowią błędy związane z nieprawidłową strukturą danych, brakiem etykiet semantycznych, określających kontekst zdań w raporcie, nieodpowiednimi i niejednoznacznie sformułowanymi zapytaniami Q ze względu na występujące w nim wyrażenia lub całkowitym brakiem tych zapytań, brakiem ograniczeń co do wyszukiwanych informacji, brakiem ograniczeń na zwracane rezultaty lub brakiem podsumowań zwracanych informacji.

Formułowanie zapytań może być obudowane za pomocą interfejsu graficznego (ang. *Graphical User Interface – GUI*) i związanych z nim metod, tak aby minimalizować możliwość wykonywania błędnych zapytań. Bardziej rozbudowany pod względem funkcjonalnym oraz leżący w kwestii badań autorów jest moduł wyszukiwania. Występuje w nim także znacznie większa ilość potencjalnych błędów. Z tego względu w dalszej części opracowania skoncentrowano się na analizie tego komponentu. Niektóre błędy modułu wyszukiwania mogą z pozoru wydawać się błędami modułu formułowania zapytań, m.in. niejednoznacznie sformułowane zapytania Q ze względu na występujące w nim wyrażenia lub całkowity brak tych zapytań itd. Autorzy wyszli z założenia, że moduł wyszukiwania jest nadzbiorem ewentualnych błędów i komponentem bazowym nadrzędnym w stosunku do komponentu formułowania zapytań. Wykazanie błędów i skutków źle sformułowanych zapytań Q przetwarzanych przez moduł wyszukiwania, przyczynia się do wyznaczenia kierunków projektowych modułu formułowania zapytania.

2.5. Przygotowanie zestawu arkuszy roboczych FMEA do analizy wpływu na działanie systemu odniesienia przyczyn błędów każdego podsystemu lub komponentu

Tabela 1

Arkusz roboczy FMEA

System.....

Data.....

Poziom eksploatacji.....

Arkusz z

Rysunek poglądowy.....

Sporządził.....

Stan zdolności użytkowej.....

Zatwierdził.....

Identyfikator	Funkcja	Opis funkcji	Przyczyna błędu	Skutki błędu	Sposób wykrywania błędu	Zabezpieczenia	Uwagi	Istotność

W celu dokonania analizy wpływu na działanie systemu odniesienia przyczyn błędów komponentu wyszukiwania skonstruowano i rozszerzono, w stosunku do prototypu, arkusze robocze FMEA. Szablon takiego pojedynczego arkusza przedstawia tabela 1.

Na podstawie zaprojektowanego arkusza roboczego FMEA, którego formę przedstawia tabela 1, skonstruowano cztery takie arkusze. Dokonano za ich pomocą analizy tego, jak może zawieść komponent wyszukiwania w czterech różnych odmianach funkcjonalnych, które stanowią: funkcja wyszukiwania bez uwzględnienia sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych, funkcja wyszukiwania bez uwzględnienia sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych, funkcja wyszukiwania z uwzględnieniem sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych, funkcja wyszukiwania z uwzględnieniem sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych. Poszczególne arkusze robocze dla ww. czterech odmian funkcjonalnych modułu wyszukiwania, zostały przedstawione poniżej:

- funkcja wyszukiwania bez uwzględnienia sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych

Identyfikator: 1

Opis funkcji: funkcja wykorzystuje przeszukiwanie pełnotekstowe rekordów *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* bez uwzględnienia metadanych dostępnych w systemie w postaci np. czasu akcji ratowniczo-gaśniczej, miejsca tej akcji itd.

Przyczyna błędu: przerywane działanie, polegające na tym, że funkcja wykonuje czasami zadanie prawidłowo. Podczas przeszukiwania rekordów *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* pod względem zadanego zapytania Q , dochodzi do kontekstowo niepoprawnego dopasowania wyrażeń z zapytania Q do treści raportów i tym samym do zwracania kontekstowo nierelevantnych wyników. Wynika to z tego, że analizując raport jako całość, w którym znajdują się różne komunikaty niosące różne informacje, algorytm wyszukiwania nie jest w stanie dopasować oraz określić kontekstu wyszukiwania do infor-

macji znajdujących się w raporcie, np. czy przy danej ulicy odbywała się akcja ratowniczo-gaśnicza, czy może został przy niej sprawdzony obiekt hydrotechniczny. Algorytm nie jest więc w stanie określić, co się działo dokładnie przy danej ulicy. Funkcja tylko od czasu do czasu może zwrócić relewantne informacje.

Skutki błędu: w wyniku tego, że algorytm wyszukiwania pełnotekstowego nie może określić kontekstów poszczególnych części (zdań) raportów, KDR dostaje zbiór wyników, w którym tylko część jest dla niego interesująca. Nawet przy otrzymaniu wyników trafnych, np. na podstawie zadanego zapytania $Q=[Mickiewicza, hydrant, działający]$, KDR nie może określić i uzasadnić wyboru obiektu hydrotechnicznego, ze względu na dużą ilość zwracanych raportów i ograniczony czas analizy. Decydent nie potrafi w krótkim czasie wypracować i otrzymać zagregowanej informacji ukazującej np. chronologię i stany interesującego go obiektu w różnych odcinkach czasu. KDR w akceptowalnym dla niego czasie nie może otrzymać wektora semantycznego, na podstawie którego mógłby określić aktualny lub spodziewany stan obiektu w danej chwili. W tym wypadku tworzenie takiego wektora zachodzi w sposób manualny. Zabieg ten jest utrudniony ze względu na to, że, jak wymieniono wyżej, zbiór wynikowy może zawierać obiekty hydrotechniczne, które niekończąc się mogą być związane z podanym w zapytaniu Q miejscem. Ponadto, miejsce w tym przypadku nie określa jednoznacznie położenia obiektu (położenia obiektów rejestrowane są w sposób względny, a nie bezwzględny, np. przy wykorzystaniu współrzędnych geograficznych). Tak więc analiza taka jest praktycznie nie do zrealizowania w sytuacji, kiedy ważną rolę odgrywa czas. Dodatkowo widać, że problem stanowi już wybór jednego obiektu, a najczęściej trzeba jeszcze tworzyć scenariusze alternatywnego wyboru obiektów hydrotechnicznych. Tak więc należałoby powtórzyć kosztowną czasowo, manualną operację dedukowania i wnioskowania na temat obiektu z otrzymanych, niekoniecznie chronologicznych danych.

Sposób wykrywania błędu: do rekordu *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* można zadać zapytanie w formie wektora zapytania np. $Q=[Mickiewicza, hydrant, działa | działający | sprawny]$. W wyniku wyszukiwania zostaną zwrócone nie tylko raporty z hydrantami na Mickiewicza, ale także wszystkimi działaniami ratowniczo-gaśniczymi, które odbyły się przy ulicy Mickiewicza.

Zabezpieczenia: w celu uzyskania bardziej zagregowanych i relewantnych informacji można wprowadzać rozwiązania programowe. Rozwiązania te mogą umożliwić automatyczne tworzenie wektora semantycznego przez bezpośrednie działania na pozyskanym zbiorze raportów ze wstępnego wyszukiwania pełnotekstowego. Działania te opierać się mogą na filtrowaniu, wyszukiwaniu określonych obiektów i określaniu ich relacji między sobą, a na końcu na agregowaniu otrzymanych danych w celu wyznaczenia trendu i podsumowań na temat szukanego obiektu.

Uwagi: realizacja opisanego zabezpieczenia może okazać się dość złożona i nieefektywna w faktycznej realizacji. Zabezpieczenie to stanowi tylko krótkoterminowe, dość złożone algorytmicznie obejście faktycznego problemu strukturalizacji i standaryzacji informacji. Jest silnie zależne od kontekstu rozwiązywanego zadania. Wraz z jego zmianą trzeba by było wprowadzać nowe zmiany w logice programu.

Istotność: krytyczna oraz katastrofalna z punktu widzenia zastosowania wyszukiwania obiektów hydrotechnicznych podczas akcji ratowniczo-gaśniczej.

- funkcja wyszukiwania bez uwzględnienia sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych

Identyfikator: 2

Opis funkcji: funkcja wykorzystuje przeszukiwanie pełnotekstowe rekordu *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* z uwzględnieniem metadanych dostępnych w systemie. Na podstawie zastosowania, np. metadanych geolokalizacji, istniałaby możliwość formułowania zapytań przestrzennych, umożliwiających:

- wyszukiwanie akcji ratowniczo-gaśniczych, które odbywały się w promieniu R od danego punktu i w których opisach występuje wyrażenie Q , zawierające parametry wyszukiwanego obiektu,
- wyszukiwanie akcji ratowniczo-gaśniczych, które odbywały się w obrębie określonym np. współrzędnymi wybranej figury geometrycznej od danego punktu i w których opisach występuje wyrażenie Q , zawierające parametry wyszukiwanego obiektu,
- wyszukiwania akcji ratowniczo-gaśniczych, które odbywały się w promieniu R od danego punktu i w których występuje szukany rodzaj obiektu hydrotechnicznego oraz akcje z zakresu np. ostatniego miesiąca.

Funkcję wyszukiwania z użyciem metadanych można zrealizować na dwa sposoby:

- bez dopasowania (bez korekcji) metadanych do treści raportu,
- z dopasowaniem (z korekcją) metadanych do treści raportu.

Przyczyna błędu: przerywane działanie, polegające na tym, że funkcja wykonuje czasami zadanie prawidłowo. Kiedy do wyszukiwania zostaną dodane metadane, wówczas do problemów z wyżej opisanego punktu, dotyczącego wyszukiwania bez uwzględnienia sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych, dochodzą problemy z wyborem i interpretacją tych metadanych, tj. faktem, jakie metadane wybrać i na ile one poprawiają skutecznie wyszukiwanie. W przypadku wyszukiwania bez dopasowania metadanych do treści raportu, jeśli metadane zostaną źle dobrane, wówczas otrzymany zostanie błędny wynik. Sytuacja ta polega na tym, że miejsce akcji ratowniczo-gaśniczej, określone na podstawie metadanych, nie musi pokrywać się z lokalizacją obiektu hydrotechnicznego, o której jest mowa w treści raportu. Wnioskowanie takie może być więc błędne. W celu ograniczania błędnych wniosków można posłużyć się podejściem polegającym na dopa-

sowaniu metadanych do treści raportów. Podejście to polega na programowym sprawdzeniu, czy wyselekcjonowany raport faktycznie zawiera w swej treści odniesienia do:

- danego miejsca – program sprawdza, czy lokalizacja jest prawidłowa i występuje w treści raportu,
- faktycznie wyszukiwanego obiektu hydrotechnicznego, a nie do np. miejsca zdarzenia czy ulic skąd dojechały dodatkowe jednostki ratownicze. Ewentualnie po odkryciu niezgodności z lokalizacją próbuje się określić, na ile te dane nie pokrywają się ze sobą, tj. ustala się, jak daleko jest położony obiekt hydrotechniczny od opisywanego miejsca akcji. Tak więc program pracuje jako korektor, który ogranicza dodatkowo zbiór raportów na podstawie określonych faktów. Po tych zabiegach może próbować dokonać wyznaczenia wektora semantycznego.

Skutki błędu: przedstawione powyżej przykładowe rozwiązania mają zasadnicze wady, które powodują odpowiednie skutki:

- nieprecyzyjne formułowania zapytania mogą doprowadzić do zwracania dużej ilości raportów, których KDR nie jest w stanie przetworzyć – przeczytać, zinterpretować i odszukać potrzebnej informacji na temat stanu obiektu hydrotechnicznego. W ogólnym przypadku zazwyczaj chodzi o stan kilku takich obiektów w celu stworzenia alternatywnego scenariusza, np. drogi tankowania środka hydrotechnicznego,
- czas na sformułowanie precyzyjnego zapytania (stawiania hipotezy), jego wprowadzanie do systemu oraz przeglądania i analizowania otrzymanych wyników (weryfikowanie hipotezy), może być niewspółmiernie długi w stosunku do czasu potrzebnego na akcję,
- nawet najlepiej sprecyzowane zapytanie może dawać niesatysfakcjonujące rezultaty. Nawet w przypadku, kiedy wykorzystywane są metadane związane z miejscem akcji ratowniczo-gaśniczych oraz datą ich przeprowadzenia, nie można liczyć na to, że zwracane wyniki będą poprawne. Może dojść do sytuacji, w której szukany obiekt hydrotechniczny, opisany w sekcji *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, nie znajduje się w miejscu zdarzenia określonym współrzędnymi geoprzestrzeni. W raporcie dane geolokalizacyjne służą do opisu lokalizacji miejsca zdarzenia, a nie położenia obiektu hydrotechnicznego. Fakt, który odnotowano w sekcji opisowej, że korzystano z obiektu hydrotechnicznego i że był on sprawny bądź nie, nie oznacza, że ten obiekt znajdował się na miejscu zdarzenia. Decydent mógł sprawdzić obiekty hydrotechniczne w dalekiej lub bliskiej okolicy miejsca zdarzenia,
- nawet po wyszukaniu ograniczonej liczby raportów, ich analizie oraz ustaleniu obiektu hydrotechnicznego i po dojechaniu na miejsce zdarzenia może się okazać, że dany obiekt nie działa. Powodem tego może być np. nieuwzględnienie ram czasowych.

Sposób wykrywania błędu: w przypadku braku korekcji metadanych wystarczy sformułować zapytanie Q , zawierające poszukiwane wyrażenia, np. $Q=[Mickiewicza, hydrant, działa]$ rozszerzone o metadane, np. $M=[Mickiewicza, 10-11-2009]$. W wyniku wyszukiwania zostaną zwrócone raporty opisujące akcje ratowniczo-gaśnicze, które odbyły się w dniu 10 listopada 2009 roku na ulicy Mickiewicza, w opisach których pojawiły się wyrażenia Mickiewicza, hydrant, działa. Jednak w dalszym ciągu KDR w kontekście wyszukiwania działających obiektów hydrotechnicznych nie ma pewności, czy w zbiorze wynikowym znajdują się tylko hydranty z ulicy Mickiewicza czy np. opisy akcji ratowniczo-gaśniczych z tej ulicy. W przypadku zastosowania korekcji dalej będzie istniał problem z manualnym określeniem stanu obiektu na podstawie analizy przefiltrowanych informacji.

Zabezpieczenia: w celu uzyskania bardziej zagregowanych i relewantnych informacji, można wprowadzać rozwiązania programowe, których działanie jest analogiczne do tego opisanego w karcie o identyfikatorze 1.

Uwagi: podczas realizacji zabezpieczeń dokonuje się programowego, bezpośredniego przetwarzania tekstów raportów. Przetwarzanie to jest znacznie kosztowniejsze od operacji możliwych przy wykorzystaniu bazy danych i ustrukturyzowania informacji z możliwością jej indeksowania. W tym przypadku koszt przetwarzania będzie się zwiększał wraz z długością raportów i zwiększaniem ich liczby do analizy.

Istotność: krytyczna oraz katastrofalna z punktu widzenia zastosowania wyszukiwania obiektów hydrotechnicznych podczas akcji ratowniczo-gaśniczej.

- funkcja wyszukiwania z uwzględnieniem sekcji semantycznych i bez uwzględnienia metadanych

Identyfikator: 3

Opis funkcji: funkcja wykorzystuje przeszukiwanie pełnotekstowe rekordu *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, podzielonego na etykiety semantyczne bez uwzględnienia metadanych dostępnych w systemie. Etykietami semantycznymi, które określają kontekst zdania lub zdań i zawartą w nich informację, mogą być oryginalne podpunkty z sekcji *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia* lub zmodyfikowane, utworzone na podstawie analizy dostępnych raportów. Etykiety semantyczne zdań, wydzielone na podstawie analizy dostępnych raportów, wykazały istnienie następujących sekcji opisu: zagrożenia, utrudnienia, przyczyny, szkody, wskazówek, obiektów hydrotechnicznych, działań, zużytych zasobów, uszkodzonych zasobów oraz warunków atmosferycznych. W przypadku kiedy do dyspozycji jest zbiór raportów z wprowadzonymi podziałami na sekcje opisowe, wyszukiwanie obiektów hydrotechnicznych staje się jednoznaczne. Nie ma problemów np. z określeniem lokalizacji obiektów hydrotechnicznych jak w poprzednich przypad-

kach. Podanie lokalizacji w tym przypadku jednoznacznie określa umiejscowienie obiektu hydrotechnicznego.

Przyczyna błędu: wprowadzenie podziału semantycznego w postaci etykiet i rozdzielenie pojedynczego rekordu na pod rekordy redukują niejednoznaczność wyszukiwania, tj. KDR wyszukując sprawne hydranty przy ulicy Mickiewicza za pomocą sformułowanego wyrażenia $Q=[Mickiewicza, hydrant, sprawny]$, przez skierowanie go do sekcji *opis obiektów hydrotechnicznych*, zostanie dostarczony raporty opisujące obiekty hydrotechniczne przy Mickiewicza, a nie np. akcje ratowniczo-gaśnicze, które się tam odbywały. W dalszym ciągu będzie istniał problem m.in. z:

- tworzeniem jednoznacznych zapytań, co jest związane z semantyką poszczególnych ich wyrażen, które mogą przyjmować różne wartości. W wyniku synonimii to samo wyrażenie przyjmuje różne wartości w postaci np. działa | działający | sprawny | nieuszkodzony,
- tworzeniem wektora semantycznego. W opisach brak jest daty sprawdzenia danego obiektu hydrotechnicznego. Z tego względu nie można ustalić punktów czasowych i na ich podstawie zbudować chronologii dostępu do obiektu hydrotechnicznego,
- precyzyjnym (bezwzględnym) określeniem położenia danego obiektu hydrotechnicznego. W systemie rejestrowane są względne położenia obiektów hydrotechnicznych. Powodem tego jest niepodanie KDR wytycznych jak rejestrować położenie obiektów hydrotechnicznych oraz fakt, że w samym systemie odniesienia nie przewidziano możliwości rejestracji ich bezwzględnego położenia.

Skutki błędu: w wyniku wyszukiwania KDR dostaje niekompletny zbiór raportów ze względu na synonimy wyrażen, których używał do wyszukania. Nie ma także możliwości sprawdzenia, w jakim odcinku czasu dany obiekt hydrotechniczny był sprawny bądź nie oraz sprawdzenia jego dokładnej lokalizacji.

Sposób wyrywania błędu: w celu wykrycia błędów wystarczy sformułować zapytanie do bazy danych w postaci wektora zapytania Q , zawierającego wyrażenia $Q1=[Mickiewicza, hydrant, sprawny]$, $Q2=[Mickiewicza, hydrant, działający]$ oraz $Q3=[Mickiewicza, hydrant, działa]$. Ze względu na brak rozpoznawania synonimów przez moduł wyszukiwania, dla każdego z trzech Q zostanie zwrócony inny wynik wyszukiwania. Oszacowanie stanu obiektu w określonych przedziałach czasu jest niemożliwe ze względu na brak informacji o czasie sprawdzenia obiektu hydrotechnicznego w opisie. Położenie obiektu jest względne, a nie bezwzględne, dlatego wyniki wyszukiwania będą zawierać takie sformułowania w języku naturalnym, jak: przy skrzyżowaniu, skrzyżowanie, na rogu ulic(y), pod wiaduktem, na rondzie itd.

Zabezpieczenia: problem synonimów wyrażen w zapytaniu Q można obejść przez dodanie słownika synonimów (tezaurusu) do wyszukiwania. W celu ustalenia daty sprawdzenia

nia obiektu hydrotechnicznego należy uwzględnić metadane, natomiast w celu ustalenia jego dokładnego położenia należy wprowadzić współrzędne geograficzne.

Uwagi: w tym przypadku ewentualna złożoność programu do bezpośredniego przetwarzania wyników zapytania będzie znacznie mniejsza w porównaniu z analizą danych nieuwzględniających sekcji semantycznych. Analizowany będzie tylko mały wycinek raportu, zawierający opis obiektów hydrotechnicznych użytych czy też sprawdzonych podczas akcji ratowniczo-gaśniczej, a nie cały raport.

Istotność: krytyczna z punktu widzenia zastosowania wyszukiwania obiektów hydrotechnicznych podczas akcji ratowniczo-gaśniczej.

- funkcja wyszukiwania z uwzględnieniem sekcji semantycznych i z uwzględnieniem metadanych

Identyfikator: 4

Opis funkcji: w tym przypadku zastosowanie metadanych umożliwia podniesienie jakości wyszukiwania w tym sensie, że ich wprowadzenie nie powoduje zaszumienia informacji i dodatkowej dwuznaczności. Łatwiej jest badać relacje między metadanymi a informacjami zawartymi w tekście. Dzięki metadanym, takim jak słownik synonimów czy czas przeprowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej, możliwe staje się budowanie wektorów semantycznych dla danych obiektów hydrotechnicznych, przez które da się ustalać ich stan w wybranych punktach czasu.

Przyczyna błędu: system wyszukiwania będzie działał częściowo, nie będzie realizował pewnych pożądaných funkcji. KDR nie będzie mógł otrzymać w akceptowalnym dla niego czasie zagregowanych informacji na temat stanu dostępnych obiektów hydrotechnicznych na wyznaczonym przez niego obszarze.

Skutki błędu: system będzie zawodził w przypadku, gdy KDR będzie chciał pozyskać zagregowane informacje na temat kilku obiektów hydrotechnicznych posortowanych np. według probabilistycznej miary prawdopodobieństwa tego, że dany obiekt hydrotechniczny jest sprawny.

Sposób wykrywania błędu: do systemu wystarczy skierować zapytanie $Q=[\text{Mickiewicza, hydrant}]$, rozszerzone o metadane $M=[\langle 01-01-2009, 01-12-2009 \rangle]$. System wyszukiwania wykryje obiekty hydrotechniczne w postaci hydrantów znajdujących się na ulicy Mickiewicza, z których korzystano na przestrzeni styczeń – grudzień 2009 roku i zwróci grupę odpowiednich raportów, opisujących ten fakt. Nie dokona on jednak oceny obiektów hydrotechnicznych pod względem sprawności. KDR będzie musiał przeprowadzić manualną analizę tych raportów i wyliczyć wskaźniki dla każdego obiektu hydrotechnicznego z osobna. Przypadek ten, w sytuacji decyzyjnej, nie jest możliwy do zrealizowania.

Zabezpieczenia: istnieje możliwość dopisania nowej funkcjonalności do modułu wyszukiwania albo nowego modułu programowego działającego bezpośrednio na raportach zwróconych przez moduł wyszukiwania. Moduł ten wyliczałby prawdopodobieństwo tego, czy dany obiekt hydrotechniczny jest sprawny.

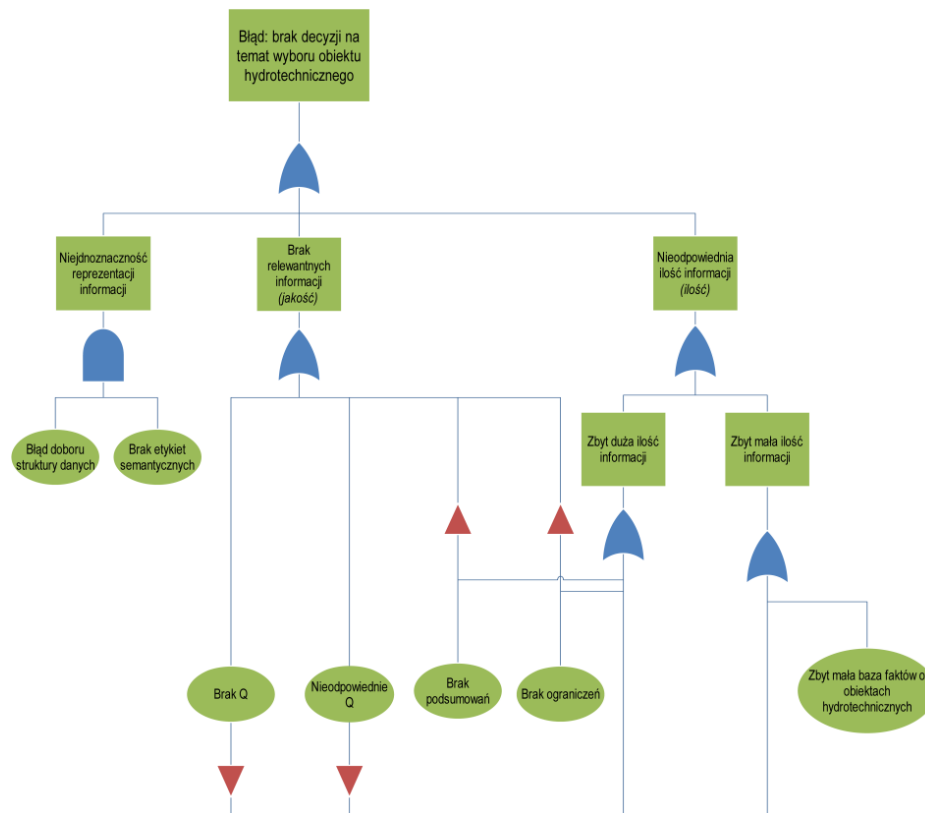
Uwagi: dostarczanie zagregowanych informacji nadal odbywa się na podstawie działań na tekstach, a nie strukturze z atrybutami i ich wartościami. Należy dążyć do strukturyzacji.

Istotność: istotna, polegająca na pewnym wydłużeniu przebiegu akcji ratowniczo-gaśniczej o czas poświęcony na wyszukiwanie informacji o konkretnych, sprawnych obiektach hydrotechnicznych w danym czasie. Krytyczna lub katastrofalna w przypadku próby oszacowania parametru sprawności obiektu manualnie.

2.6. Wpisanie rankingów wagi i częstotliwości błędów do arkuszy oraz ocena istotności każdej przyczyny błędu z analizowanego systemu odniesienia, w celu otrzymania niezawodności systemu docelowego

W przypadku projektowanego systemu wyszukiwania nie określono wagi i częstotliwości błędów. Dokonano natomiast oceny istotności każdej przyczyny błędu, czyli tego, co może zawieść. Wydzielono *błędy pierwotne*, związane z projektem systemu odniesienia i jego założeniami, oraz *błędy wtórne*, które stanowią ich dalszą konsekwencję. Błędy pierwotne są najistotniejsze z punktu widzenia analizowanego systemu wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych. Należą do nich błąd doboru struktury danych oraz błąd w postaci pominięcia etykiet semantycznych, określających kontekst poszczególnych, tekstowych części raportu. Błędami wtórnymi, wynikającymi z takiej reprezentacji, są natomiast nieodpowiednie, nieumiejętnie skonstruowane zapytania Q lub ich całkowity brak, brak ograniczeń co do zwracanych informacji oraz brak ich podsumowań. Wszystko to powoduje, że system odniesienia zawodzi, powodując największy błąd – KDR nie jest w stanie podjąć decyzji co do wyboru obiektu hydrotechnicznego.

2.7. Wizualne przedstawienie błędów systemu odniesienia za pomocą SFTA, mogących zajść w systemie docelowym



Rys. 3. Graf SFTA, opisujący wyszukiwanie obiektu, a w ogólnym przypadku obiektów hydrotechnicznych [opracowanie własne]
Fig. 3. SFTA graph

Drzewo błędów, utworzone na podstawie dokonanej analizy, reprezentuje w sposób graficzny powiązania między wykrytymi błędami wraz z ich dalszymi konsekwencjami dla projektowanego systemu. Utworzone drzewo SFTA prezentuje rys. 3.

Rysunek 3 przedstawia utworzony graf SFTA, opisujący wyszukiwanie obiektu hydrotechnicznego, a w ogólnym przypadku obiektów hydrotechnicznych. Przedstawiono na nim powiązania między siedmioma wydzielonymi, bazowymi błędami, których efekty zebrano w trzy grupy związane z reprezentacją, jakością oraz ilością informacji. Na rys. 3 przedstawiony jest transfer między błędami ilościowymi i jakościowymi, tj. istnieją błędy bazowe, które wpływają zarówno na jedne, jak i drugie efekty. Wszystkie efekty powstające w wyniku zachodzenia błędów bazowych prowadzą do błędu głównego, związanego z tym, iż KDR nie może podjąć trafnej decyzji na temat wyboru odpowiedniego obiektu hydrotechnicznego.

2.8. Przegląd arkuszy roboczych w celu wykrycia komponentów kluczowych ze względu na niezawodność i przygotowanie zaleceń dotyczących usprawnienia projektu

Wykrytymi komponentami kluczowymi, ze względu na niezawodność systemu wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych, są komponenty:

- formułowania zapytania Q . W celu jego usprawnienia należy wprowadzić listę predefiniowanych zapytań Q z ewentualnym interfejsem, przez który KDR mógłby wprowadzać własne zapytania zgodnie z opracowaną gramatyką zapytań. Obsługa interfejsu, w najprostszym przypadku, powinna ograniczać się do podania lub wybrania lokalizacji oraz typu obiektów hydrotechnicznych, z których KDR chce skorzystać podczas akcji ratowniczo-gaśniczej,
- wyszukiwania informacji. Komponent realizuje zapytania Q i ściśle współpracuje z rejestrem katalogowym, w którym przechowywana jest informacja na temat obiektów hydrotechnicznych. Element ten stanowi warstwę modelu, która pośredniczy między interfejsem formułowania zapytań a katalogową bazą danych. W celu jego usprawnienia należy zastosować inną niż tekstową reprezentację informacji na temat obiektów hydrotechnicznych,
- przechowywania i reprezentacji informacji. W celu usprawnienia dostępu do informacji o obiektach hydrotechnicznych i polepszenia jakości jej wyszukiwania oraz reprezentowania, należy zastosować katalogową bazę danych [8, 9]. Informacja na temat obiektów hydrotechnicznych w systemie katalogowym może zostać zaprezentowana za pomocą ustrukturyzowanych dokumentów, przechowujących pary typu klucz-wartość, z możliwością wielokrotnego zagnieżdżenia. Katalogowa baza danych raportów z akcji ratowniczo-gaśniczych może zawierać odpowiednie kolekcje (ang. *collections*) modelujące poszczególne części raportu. Powiązania między kolekcjami tworzącymi raport mogą zostać opisane za pomocą referencji [8, 9]. Część związana z obiektami hydrotechnicznymi może zostać zamodelowana przez kolekcję *obiekty hydrotechniczne*, którą tworzą dokumenty (ang. *documents*) przechowujące informację na temat zarejestrowanych obiektów hydrotechnicznych.

2.9. Przedstawienie propozycji na rozwiązanie błędów dla wybranych komponentów

W podpunkcie tym zostanie zaprezentowana i opisana możliwość zastosowania katalogowej bazy danych do przechowywania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych. Kolekcję stanowią *obiekty hydrotechniczne (hydroObj)*, zapisywane są w niej dokumenty zawierające historię danego obiektu hydrotechnicznego. Przykładowy kod prezentujący taką strukturę przedstawia poniżej zaprezentowany tekst.

```
{
  "id": "XYT19182",
  "sztuczny" : [
    {
      "lok_bezwzględna": {lat: 52.1244, long: 6.12312},
      "lok_względna": ["Mickiewicza", "Mickiewicza 62"],
      "naziemny": [
        {
          "historia": [
            {
              "data_rejestracji": "01-06-2009",
              "czy_sprawny": true
            },
            {
              "data_rejestracji": "01-01-2009",
              "czy_sprawny": false,
              "opis": ["Zasypany przez śnieg"],
              "foto": "BinaryData"
            }
          ]
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Zaprezentowana powyżej struktura opisu obiektów hydrotechnicznych za pomocą dokumentów pozwala na łatwe zapisywanie oraz pobieranie wszelkich niezbędnych informacji na temat szukanego obiektu hydrotechnicznego. Rozpatrywanym obiektem w przykładzie jest hydrant o identyfikatorze XYT19182, który stanowi sztuczne źródło czerpania środka hydrotechnicznego. Opisany jest on za pomocą współrzędnych geograficznych w postaci szerokości i długości geograficznej, dzięki czemu dostępna jest informacja na temat jego bezpośredniego położenia. Informację o położeniu odnotowano także za pomocą opisu lokalizacji względem danej ulicy. Dodatkowo rozpatrywany hydrant jest typu naziemnego i posiada dwa historyczne wpisy. Można z tego wnioskować, że był używany i sprawdzany przynajmniej dwa razy. Dysponując takimi informacjami oraz ich zapisem w postaci struktury dokumentu, możliwe jest wykonanie wszelkich niezbędnych operacji wyszukiwania omówionych w analizie. Stosując geoprzestrzenny, dwuwymiarowy indeks [9] na lokalizacji bezwzględnej, możliwe jest otrzymywanie informacji na temat obiektów położonych w wytyczonym obszarze. W celu wyszukania informacji na temat obiektów położonych np.:

- blisko ulicy Mickiewicza, wystarczy wykonać następujący kod:

```
db.hydroObj.find({sztuczny.lok_bezwzględna: {$near: [52, 6] }})
```

- w wytyczonym kwadracie obejmującym ulicę Mickiewicza, wystarczy wykonać następujący kod:

```
box = [[40, 60], [4,8]]
db.hydroObj.find({sztuczny.lok_bezwzględna: {$within: {$box : box}}})
```

- w otoczeniu ulicy Mickiewicza o zadanym środku i promieniu, wystarczy wykonać następujący kod:

```
center = [50, 60]
radius = 10
db.hydroObj.find({sztuczny.lok_bezwględna: {$within: {$center : [center, radius]}}})
```

Stosując wyżej podany zapis informacji na temat obiektów hydrotechnicznych, możliwe jest także ocenienie, czy dany obiekt będzie sprawny. Najprostsza realizacja tego zadania może polegać na wyliczeniu prawdopodobieństwa w postaci frakcji. Należy obliczyć liczbę wpisów w historii dla danego obiektu hydrotechnicznego oraz określić liczbę wpisów wskazujących na to, że dany obiekt działał prawidłowo. Iloraz liczby wpisów odnotowujących fakt działania do całkowitej liczby odwołań do badanego obiektu wyznaczy wówczas prawdopodobieństwo jego zadziałania. Na podstawie takich wniosków uzyskiwanych bezpośrednio z systemu wyszukiwania, KDR może podejmować odpowiednie działania, zmierzające do wyboru obiektu hydrotechnicznego, z którego zostanie uzupełniony środek gaśniczy. Ewentualnie informacje o stanie obiektów i ich położeniu mogą być bezpośrednio przekierowywane do urządzeń globalnego systemu pozycjonowania (ang. *global positioning system – GPS*). Następnie, na podstawie tych informacji, może zostać zaplanowana i wytyczona automatycznie trasa dojazdu na miejsce zdarzenia.

3. Wnioski

W celu zaprojektowania systemu wyszukiwania posłużono się zmodyfikowaną analizą FMEA z elementami SFTA. Wykorzystując wiedzę na temat niedociągnięć i błędów systemu odniesienia, zaprojektowano bardziej odporne na błędy rozwiązanie w postaci systemu wyszukiwania obiektów hydrotechnicznych w katalogowej bazie danych. Podczas analizy rozwiązania wykorzystano doświadczenie w celu zaprojektowania systemu docelowego na odpowiednim stopniu niezawodności. Wykorzystana analiza, bazująca na doświadczeniu i badaniu występujących i możliwych do zajścia błędów systemu odniesienia na etapie projektowania nowego rozwiązania, daje bardziej wnikliwe spojrzenie w ten proces. Proponowana, zmodyfikowana analiza FMEA z SFTA oprócz przewidywania błędów umożliwia, przez wykorzystanie doświadczenia, ich ustalenie, uwzględnienie i korekcję w nowym systemie. Pokazuje, na co należy zwrócić uwagę przy projektowaniu, aby nie popełnić znanych już błędów. Błędy te trzeba jeszcze zlokalizować i opisać, a następnie podać sposoby na ich rozwiązanie. W celu realizacji tych wszystkich założeń zaproponowano jednorodny proces w postaci zmodyfikowanej analizy FMEA.

Dzięki przeprowadzonej analizie systemu wyszukiwania uzyskano odpowiedź na temat powodów odpowiedniego doboru struktury do reprezentacji informacji o obiektach hydrotechnicznych dla systemu ich wyszukiwania. Potwierdzono także słuszność takiego rozwiązania. Dokonana ocena systemu odniesienia, przez analizę jego funkcji wyszukiwania informacji na temat obiektów hydrotechnicznych, wykazała jednoznacznie, że w systemie tym istnieje interesująca informacja. Jest jednak ona w aktualnym stanie niezdatna do użytku przez KDR. Odrębne badania jednego z autorów ukierunkowane są na automatyczną ekstrakcję tej informacji oraz jej strukturyzację i prezentację. Zadanie to ma na celu wyznaczyć model bazy danych o obiektach hydrotechnicznych na podstawie dostępnych raportów, a następnie za pomocą technik ekstrakcji tekstu uzupełnić go informacjami o nich.

Wprowadzenie, przywrócenie podziału na odpowiednie podsekcje rekordu *Dane opisowe do informacji ze zdarzenia*, a więc rozbięcie komunikatu i związanej z nim informacji na mniejsze części składowe, umożliwi zmniejszenie niejednoznaczności wyszukiwania pełnotekstowego. W wyniku zmniejszenia niejednoznaczności, wyszukiwanie pełnotekstowe na zadane zapytanie Q zwraca bardziej relewantne wyniki. Można się też spodziewać małego stopnia odrzucenia przez KDR zwracanych wyników w postaci odpowiednich części raportów. Mimo częściowego ustrukturyzowania i przywrócenia półstrukturalnego opisu zdarzeń, w dalszym ciągu istniałby problem z ustaleniem faktów dotyczących m.in. stanu obiektu hydrotechnicznego (sprawności, dostępności, używalności) w akceptowalnym przez KDR czasie podczas akcji ratowniczo-gaśniczej. Z tego względu należy wprowadzić rozwiązanie bardziej strukturalne, wyrażone za pomocą atrybutów i ich wartości zamiast języka naturalnego. Struktura taka daje większe możliwości w jej przetwarzaniu niż zapis za pomocą języka naturalnego. Na jej podstawie można rozbudowywać system wspomagający KDR podczas jego działań o nowe elementy w postaci np. rozwiązania planującego trasy transportu jednostek ratowniczo-gaśniczych na miejsce zdarzenia, z uwzględnieniem miejsc tankowania środka gaśniczego lub bezpośrednią ich lokalizacją na miejscu zdarzenia.

Dodatkowe informacje

Praca naukowa współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego, środków Budżetu Państwa oraz ze Środków Budżetu Województwa Podlaskiego w ramach projektu „Podlaska Strategia Innowacji – budowa systemu wdrażania”.

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

BIBLIOGRAFIA

1. Abakus: System EWID99, http://www.ewid.pl/?set=rozw_ewid&gr=roz.
2. Strona firmy abakus, <http://www.ewid.pl/?set=main&gr=aba> [dostęp: 1 marca 2009].
3. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. DzU 99.111.1311 § 34 pkt. 5 i 6.
4. Jayaswal B. K., Patton P. C.: Ocena ryzyka oraz analiza przyczyn i skutków błędów (FMEA) w dziedzinie oprogramowania. Oprogramowanie godne zaufania. Metodologia, techniki i narzędzia projektowania. Helion, Gliwice 2008, s. 453÷470.
5. Jayaswal B. K., Patton P. C.: Oprogramowanie godne zaufania. Metodologia, techniki i narzędzia projektowania. Helion, Gliwice 2008.
6. Fowler M.: UML Distilled: A Brief Guide To The Standard Object Modeling Language. Addison-Wesley Professional, 2004.
7. Stefanowicz B.: Przestrzeń komunikatów. Przestrzeń informacyjna. Informacja. Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Warszawa 2010.
8. mongoDB, <http://www.mongodb.org/>.
9. Membrey P., Plugge E., Hawkins T.: The Definitive Guide to MongoDB: The NoSQL Database for Cloud and Desktop Computing. Apress, 2010.

Recenzenci: Dr inż. Adam Duszeńko
Prof. dr hab. inż. Tadeusz Wieczorek

Wpłynęło do Redakcji 31 stycznia 2011 r.

Abstract

This article describes a modified failure modes and effects analysis (FMEA) with the elements software failure tree analysis SFTA in project of hydrotechnical object information search system in no relational catalogue register. For this analysis was created sheet of FMEA (Table 1). In this article also describes actual searching system of information based on extended full text search. The use case for search information from actual system describes in Fig. 1. On the basis of analysis of basic system propose a new searching system. The use case for search information from new system describes in Fig. 2. In this paper also describes a faults which produce a most important error – maker a decision can't choose a hydrotehincal object. Analysis of this fault describes using a SFTA. The results of this

analysis present SFTA graph Fig. 3. In the end of this article present a solution for new searching information system of hydrotechnical object based on no relational catalog database. Whole presented solution summarize in the end of article.

Adresy

Marcin MIRONCZUK: Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok ul. Wiejska 45A, Polska, m.marcinmichal@gmail.com.

Tadeusz MACIAK: Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki 15-351 Białystok ul. Wiejska 45A, Polska, tadeusz.maciak@neostrada.pl.