

ZASTOSOWANIE WNIOSKOWANIA BAYESOWSKIEGO W PROCESIE DIAGNOZOWANIA SYSTEMÓW STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Waldemar Nowakowski

dr hab. inż. prof. UTH Radom Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu,
ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, tel.: +48 48 361 7717, email: w.nowakowski@uthrad.pl

Streszczenie. *Systemy sterowania ruchem kolejowym odgrywają istotne znaczenie w zapewnieniu bezpieczeństwa przemieszczania osób i przewozu ładunków. Bardzo duża ilość urządzeń i systemów sterowania ruchem kolejowym, a także fakt, że wykonane są one w różnej technologii powoduje istotne utrudnienie w zapewnieniu, przez zarządcę infrastruktury kolejowej, wymaganego poziomu niezawodności. Konieczne jest więc wspieranie procesu ich utrzymania z użyciem metod diagnostyki technicznej. Oprogramowanie diagnostyczne CUiD przeznaczone jest głównie dla rozwiązań technicznych konkretnych producentów systemów sterowania ruchem kolejowym. Dlatego też autor artykułu zaproponował uniwersalną metodę diagnostyczną wykorzystującą wnioskowanie bayesowskie. Bazując na tej metodzie oraz protokole SNMP opracowano oprogramowanie komputerowe, które następnie użyto do diagnozowania uszkodzeń systemu SSP.*

Słowa kluczowe: *systemy sterowania ruchem kolejowym, diagnostyka, wnioskowanie bayesowskie*

1. Wprowadzenie

Sprawne i bezpieczne prowadzenie ruchu kolejowego wymaga, aby systemy i urządzenia sterowania ruchem (srk) gwarantowały odpowiedni poziom niezawodności i bezpieczeństwa [9,10]. Proces utrzymania ich w stanie zdatności technicznej jest dużym wyzwaniem dla zarządców infrastruktury kolejowej, dlatego też musi on być wspierany przez diagnostykę techniczną. Potrzeba diagnostyki urządzeń srk wynika z procesu ich destrukcji, na który wpływają takie czynniki jak: czas istnienia urządzeń, intensywność ich użytkowania, czy jakość obsługi technicznej. Uzyskiwane w wyniku diagnostyki informacje o zmianach stanu technicznego urządzeń umożliwiają efektywne przywracanie, w wyniku naprawy, stanu ich zdatności. Rozwój systemów srk wiąże się z zastosowaniem w procesie konstruowania nowoczesnych technologii informacyjno-komunikacyjnych, co pozwala na rozszerzanie funkcjonalności systemów srk o rejestrację zdarzeń i autodiagnostykę. Niezależnie od tych działań budowane są systemy informatyczne wspomagające proces diagnostyczny, które lokalizowane są w Centrach Utrzymania i Diagnostyki (CUiD). Aktualnie producenci działający w branży automatyki kolejowej oferują różnorodne systemy diagnostyczne, które dostosowują do swoich

urządzeń. Wymusza to potrzebę prowadzenia badań oraz podejmowania działań związanych z opracowaniem nowych metod diagnostycznych, które uwzględnią wymagania heterogenicznego środowiska, jakie tworzą systemy srk [6,7]. Wycho-
dząc naprzeciw tym oczekiwaniom autor artykułu opracował własną metodę dia-
gnostyczną dedykowaną systemom srk, bazującą na wnioskowaniu bayesowskim.

2. Autorska metoda diagnozowania systemów sterowania ruchem kolejowym

W przypadku systemów srk mamy do czynienia z sytuacją, w której sygnatury uszkodzeń w postaci kombinacji symptomów mogą nie wskazywać jednoznacznie na rodzaj uszkodzenia. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie diagnostyki logicznej [2]. Jednak w przypadku systemów srk, ze względu na konieczność uwzględnienia dużej liczby analizowanych stanów, wnioskowanie jest bardzo utrudnione. Na przykład dla jednego wybranego urządzenia, w przypadku 5 symptomów i 9 uszkodzeń, należałoby poddać analizie aż $2^{5+9} = 16384$ stanów. Dlatego też w artykule zaproponowano autorską metodę diagnostyczną dostosowaną do potrzeb systemów srk, bazującą na wnioskowaniu bayesowskim. W proponowanej metodzie diagnozowania można wyróżnić trzy etapy [3,5]:

Wybór diagnozowanych elementów systemu

Etap ten polega na dekompozycji systemu i wyborze tylko tych elementów (np. modułów lub urządzeń wchodzących w skład systemu), które ze względu na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa będą podlegały procedurze diagnozowania. W przypadku systemów sterowania ruchem kolejowym mogą to być na przykład takie elementy jak: sygnalizatory, napędy, czujniki koła, itp.

Opracowanie sygnatur uszkodzeń

Etap ten przeprowadzany jest oddzielnie dla każdego diagnozowanego elementu systemu wybranego w wyniku analizy wykonanej w pierwszym etapie. Zbiór wszystkich możliwych kombinacji symptomów dla danego elementu systemu można przedstawić jako:

$$S = \{s(1), s(2), \dots, s(2^J)\} \quad (1)$$

gdzie: J - liczba symptomów.

Ze zbioru S należy wybierać tylko te kombinacje symptomów, które związane są z powstawaniem uszkodzeń. Tworzą one zbiór sygnatur uszkodzeń V :

$$V = \{V_i : i = 1, 2, \dots, I\}, \quad I < 2^J \quad (2)$$

Tak więc, w wyniku analizy symptomów z wykorzystaniem wiedzy technicznej dotyczącej diagnozowanego systemu, uzyskujemy zmniejszenie liczby sygnatur w wyniku eliminacji wszystkich kombinacji symptomów, które nie są związane z powstawaniem uszkodzeń.

Opracowanie funkcji niesprawności

Zbiór możliwych uszkodzeń U , które mogą spowodować, że element systemu znajdzie się w stanie niezdatności można przedstawić jako:

$$U = \{f_k : k = 1, 2, \dots, K\} \quad (3)$$

gdzie: K - liczba możliwych uszkodzeń elementu systemu.

Dla każdej sygnatury V_p , wytypowanej w drugim etapie, należy utworzyć oddzielną funkcję niesprawności wybierając ze zbioru U , w wyniku analizy technicznej dotyczącej diagnozowanego systemu, tylko te uszkodzenia, które mogą wystąpić dla danej kombinacji symptomów. Funkcję niesprawności F dla każdej sygnatury określa zależność:

$$F = \sum_{k=1}^K i \cdot f_k \quad (4)$$

przy czym:

$$i = \begin{cases} 0 & \text{- jeśli } f_k \text{ nie występuje dla danej sygnatury} \\ 1 & \text{- jeśli } f_k \text{ występuje dla danej sygnatury} \end{cases} \quad (5)$$

Dla funkcji niesprawności składającej się z wielu elementów nie jest możliwe jednoznaczne stwierdzenie, które uszkodzenie wystąpiło w systemie. Dlatego też, korzystając z reguły Bayesa, możemy obliczyć wartość prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia pod warunkiem zaobserwowania danej kombinacji symptomów, dla każdego z uszkodzeń wchodzących w skład funkcji niesprawności. Wzór Bayesa, przy założeniu niezależności symptomów, można przedstawić w postaci [1,2]:

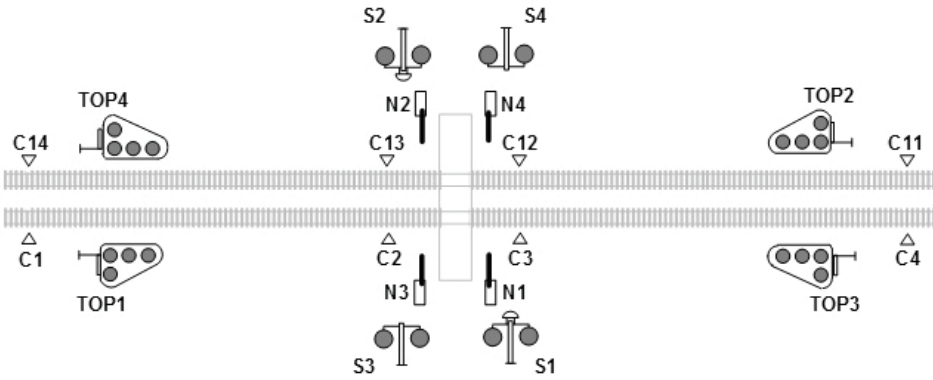
$$P(f_k | s_1, s_2, \dots, s_J) = \frac{P(f_k)P(s_1 | f_k)P(s_2 | f_k) \cdots P(s_J | f_k)}{\sum_{i=1}^K P(f_i)P(s_1 | f_i)P(s_2 | f_i) \cdots P(s_J | f_i)} \quad (6)$$

Jeśli nie zachodzi n -ty symptom, zgodnie z sygnaturą uszkodzenia, wówczas do wzoru (6) wstawiamy:

$$P(\bar{s}_n | f_k) = 1 - P(s_n | f_k) \quad (7)$$

3. Implementacja metody na przykładzie systemu SSP

W celu ochrony użytkowników dróg kołowych przed zagrożeniami wynikającymi z ruchu kolejowego budowane są systemy samoczynnej sygnalizacji przejazdowej (SSP) [8]. Przykładowe rozmieszczenie urządzeń SSP dla przejazdu kategorii B zabudowanego na linii dwutorowej przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Elementy wyposażenia przejazdu kategorii B z systemem SSP

Źródło: opracowanie własne

System SSP musi spełniać następujące wymagania:

- włączanie ostrzegania przy zbliżeniu się pociągu do skrzyżowania, przy uwzględnieniu czasu dojechania pociągu do skrzyżowania,
- wyłączenie ostrzegania natychmiast po opuszczeniu skrzyżowania przez pociąg,
- w przypadku ruchu dwukierunkowego, oddalanie się pociągu od przejazdu nie powinno powodować ostrzegania,
- wjazd następnego pociągu w kontrolowaną sekcję powinien powodować podtrzymanie ostrzegania,
- zmiana kierunku jazdy pociągu, po opuszczeniu kontrolowanej sekcji, powinna powodować wyłączenie ostrzegania,
- w przypadku stosowania zapór drogowych, zamykanie ich powinno nastąpić z określonym opóźnieniem względem włączenia ostrzegania świetlnego i akustycznego,
- zapory drogowe powinny być oznakowane światłami ostrzegawczymi,
- otwarcie zapór przez osoby postronne powinno być wykluczone.

Dla przyjętej architektury SSP działanie systemu oraz stan w jakim się aktualnie znajduje zależy od położenia pojazdu szynowego. W stanie oczekiwania światła tarcz ostrzegawczych TOP, światła sygnalizatorów drogowych S, światła latarek zapór są wygaszone, wyłączony jest sygnał dźwiękowy, a zapory znajdują się w położeniu pionowym (rys.). Po przejechaniu pierwszej osi pociągu nad czujnikiem koła załączającym ostrzeganie (C1, C4, C11 lub C14) następuje zainicjowanie pracy urządzeń. Włączone zostają sygnalizatory drogowy i akustyczne, a następnie podane są sygnały na tarczach TOP informując o sprawności systemu przejazdowego dla wybranego kierunku jazdy. Kolejną czynnością jest zamknięcie zapór. Wjazd pierwszego koła pociągu na pierwszy czujnik drugiej strefy (C2, C3, C12 lub C13) powoduje wyłączenie sygnału akustycznego. Po opuszczeniu przez pociąg strefy przejazdu zostają wygaszone światła na tarczy ostrzegawczej przejazdowej, następuje podniesienie zapór oraz wyłączenie sygnalizatorów drogowych.

System SSP w przypadku wystąpienia sytuacji awaryjnych musi zapewnić bezpieczeństwo ruchu. Dlatego też wyszczególniono „usterki kategorii I”, które zagrażają bezpośrednio bezpieczeństwu ruchu oraz „usterki kategorii II” - nie zagrażające bezpieczeństwu. Wystąpienie usterki I kategorii wymusza działanie systemu polegające na ograniczeniu prędkości pociągu. Obniżona prędkość pozwala na bezpieczne zatrzymanie pociągu w przypadku pojawienia się przeszkody na przejeździe.

Implementacja nowej metody dla systemu SSP obejmowała opracowanie sygnatur i funkcji niesprawności dla

- 1) usterek kategorii I:
 - usterki czujnika koła C1, C4, C11 lub C14 załączającego ostrzeżenie,
 - usterki napędu rogatkowego N1, N2, N3 lub N4,
 - usterki sygnalizatora drogowego S1, S2, S3 lub S4,
 - usterki interfejsu SSP z urządzeniami stacyjnymi.
- 2) usterek kategorii II:
 - usterki czujnika koła C2, C3, C12 lub C13,
 - usterki świateł drąga napędu rogatkowego N1, N2, N3 lub N4,
 - usterki światła białego / pomarańczowego tarczy TOP1, TOP2, TOP3 lub TOP4.

Jako przykład do dalszych rozważań posłużą usterki czujnika koła C1, C4, C11 lub C14 załączającego ostrzeżenie. W tabeli 1 przedstawiono symptomy uszkodzeń, zaś w tabeli 2 możliwe uszkodzenia.

Tabela 1. Lista przyjętych symptomów dla czujników koła C1, C4, C11 lub C14

| Oznaczenie | Opis symptomu |
|------------|---|
| s_1 | Niezgodność zmian sygnałów „sys” (RSR123) lub liczników „sys” i kierunku „Ri” (RSR180) |
| s_2 | Jednoczesność wystąpienia zboczy sygnałów sysA oraz sysB |
| s_3 | Nieprawidłowa sekwencja sygnałów „sys” - brak zachodzenia (pokrycia) sygnałów sysA i sysB |
| s_4 | Zbyt długo trwający sygnał sysB |
| s_5 | Wykrycie obecności pojazdu przez czujnik strefy przejazdowej przy braku pojazdu |
| s_6 | Zbyt długo trwający sygnał sysA |
| s_7 | Impulsowanie sygnałów „sys” |
| s_8 | Brak zbilansowania liczby osi dla kontrolowanej strefy |

Tabela 2. Lista przyjętych uszkodzeń czujników koła C1, C4, C11 lub C14

| Oznaczenie | Opis uszkodzenia |
|------------|---|
| f_1 | Uszkodzenie karty wartościującej |
| f_2 | Postój koła pojazdu nad czujnikiem |
| f_3 | Brak ciągłości kabla czujnika |
| f_4 | Zajęcie strefy środkowej przejazdu (przy wolnej strefie najazdowej) |
| f_5 | Źle wyregulowany czujnik |
| f_6 | Niepeewne połączenia czujnika |

Analiza techniczna systemu SSP, w tym eliminacja kombinacji symptomów, które nie są związane z powstawaniem uszkodzeń, pozwoliła na powiązanie sygnatur oraz uszkodzeń i zbudowanie funkcji niesprawności: $V_7=f_1, V_8=f_1+f_2+f_3, V_9, \dots, V_{15}=f_1, V_{16}=f_2, V_{17}=f_1+f_2+f_3, V_{18}, \dots, V_{24}=f_1, V_{25}=f_1+f_2+f_3, V_{26}, \dots, V_{32}=f_1, V_{33}=f_2, V_{34}=f_3$. Jak wynika z przeprowadzonej analizy większość sygnatur powiązana jest z pojedynczymi uszkodzeniami, a tym samym symptomy te jednoznacznie wskazują na rodzaj uszkodzenia. Niestety dla sygnatur: V_8, V_{17} i V_{25} nie można jednoznacznie stwierdzić, które uszkodzenie wystąpiło w systemie SSP. Dlatego też, korzystając ze wzorów (6, 7) musimy obliczyć wartość prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia pod warunkiem zaobserwowania danej kombinacji symptomów, dla każdego z uszkodzeń wchodzących w skład funkcji niesprawności. Na przykład dla V_8 wyniesie ono odpowiednio:

$$P(f_1 | V_8) = \frac{P(f_1)P(\bar{s}_1 | f_1)P(\bar{s}_2 | f_1)P(\bar{s}_3 | f_1)P(s_4 | f_1)P(\bar{s}_5 | f_1)P(\bar{s}_6 | f_1)P(\bar{s}_7 | f_1)P(\bar{s}_8 | f_1)}{\sum_{i=1}^6 P(f_i)P(\bar{s}_1 | f_i)P(\bar{s}_2 | f_i)P(\bar{s}_3 | f_i)P(s_4 | f_i)P(\bar{s}_5 | f_i)P(\bar{s}_6 | f_i)P(\bar{s}_7 | f_i)P(\bar{s}_8 | f_i)}$$

$$P(f_1 | V_8) = 0,0030$$

$$P(f_2 | V_8) = \frac{P(f_2)P(\bar{s}_1 | f_2)P(\bar{s}_2 | f_2)P(\bar{s}_3 | f_2)P(s_4 | f_2)P(\bar{s}_5 | f_2)P(\bar{s}_6 | f_2)P(\bar{s}_7 | f_2)P(\bar{s}_8 | f_2)}{\sum_{i=1}^6 P(f_i)P(\bar{s}_1 | f_i)P(\bar{s}_2 | f_i)P(\bar{s}_3 | f_i)P(s_4 | f_i)P(\bar{s}_5 | f_i)P(\bar{s}_6 | f_i)P(\bar{s}_7 | f_i)P(\bar{s}_8 | f_i)} \quad (8)$$

$$P(f_2 | V_8) = 0,9439$$

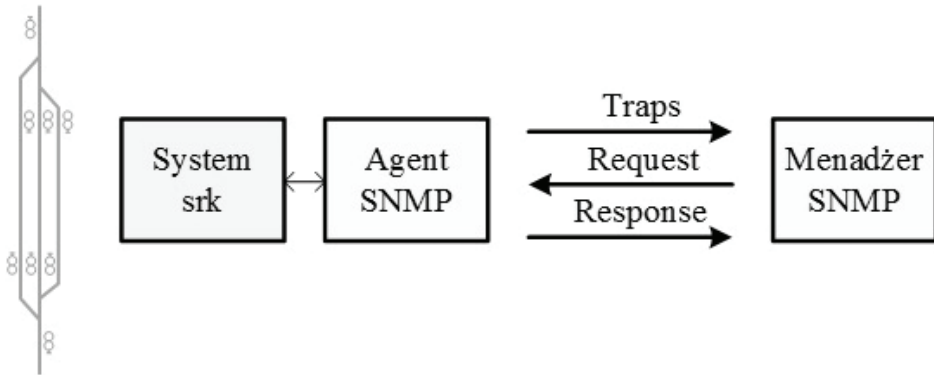
$$P(f_3 | V_8) = \frac{P(f_3)P(\bar{s}_1 | f_3)P(\bar{s}_2 | f_3)P(\bar{s}_3 | f_3)P(s_4 | f_3)P(\bar{s}_5 | f_3)P(\bar{s}_6 | f_3)P(\bar{s}_7 | f_3)P(\bar{s}_8 | f_3)}{\sum_{i=1}^6 P(f_i)P(\bar{s}_1 | f_i)P(\bar{s}_2 | f_i)P(\bar{s}_3 | f_i)P(s_4 | f_i)P(\bar{s}_5 | f_i)P(\bar{s}_6 | f_i)P(\bar{s}_7 | f_i)P(\bar{s}_8 | f_i)}$$

$$P(f_3 | V_8) = 0,0531$$

Analogicznie dla sygnatury V_{17} uzyskamy następujące wartości: $P(f_1 | V_{17})=0,0022$, $P(f_2 | V_{17})=0,9587$, $P(f_3 | V_{17})=0,0391$, natomiast dla V_{25} wartości: $P(f_1 | V_{25})=0,0024$, $P(f_2 | V_{25})=0,9132$, $P(f_3 | V_{25})=0,0844$. Z przedstawionej analizy wynika, że we wszystkich przypadkach najbardziej prawdopodobne było uszkodzenie f_2 , czyli „*Postój koła pojazdu nad czujnikiem*”.

4. Oprogramowanie diagnostyczne dedykowane systemom sterowania ruchem kolejowym

Zaproponowana w artykule metoda diagnozowania urządzeń srk pozwala na formułowanie hipotezy dotyczącej uszkodzenia w wyniku analizy stanów przeszłych, czyli wcześniejszych uszkodzeń. Autor artykułu opracował w tym celu oprogramowanie komputerowe bazując na technologii SNMP (ang. Simple Network Management Protocol), która jest powszechnie wykorzystywana do zarządzania systemami sieciowymi [4,11]. W standardzie tym wyróżnia się dwie kategorie urządzeń: zarządzane, na których uruchomiony jest agent SNMP i zarządzające, tak zwane NMS (ang. Network Management System), na których działa menedżer SNMP. Przykładowa architektura systemu diagnostycznego, wykorzystująca do diagnozowania systemów srk technologię SNMP oraz zaprezentowaną w artykule metodę, została przedstawiona na rys. 2.



Rys. 2. Architektura systemu diagnostycznego dedykowanego urządzeniom srk

Źródło: opracowanie własne

Z każdym diagnozowanym systemem srk musi współpracować oddzielny agent SNMP, który pobiera dane diagnostyczne z systemu. Na tej podstawie na bieżąco obliczana jest wartość prawdopodobieństwa wystąpienia uszkodzenia pod warunkiem zaobserwowania danej kombinacji symptomów, dla każdego z uszkodzeń wchodzących w skład funkcji niesprawności. Dane te są przez agenta SNMP przechowywane i udostępniane w na żądanie skierowane przez menadżera SNMP (rys. 3).

| Agent - SSP | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------------|--|-------------|--------|-------------|----|----------|----|----------|--|----------|--|----------|--|
| Dane RASP | | | | | | | | | | | | | | | |
| Stan systemu | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pułapki | | | | | | | | | | | | | | | |
| Czujnik C1 | | Czujnik C4 | | Czujnik C11 | | Czujnik C14 | | Napęd N1 | | Napęd N2 | | Napęd N3 | | Napęd N4 | |
| Indeks | Akt. | Sygnatura | | f1 | f2 | f3 | f4 | f5 | f6 | | | | | | |
| 1 | 1 | 00010000 | | 0,0030 | 0,9439 | 0,0531 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 2 | 0 | 00000100 | | 0,0022 | 0,9587 | 0,0391 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| 3 | 0 | 00010100 | | 0,0024 | 0,9132 | 0,0844 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |

Edycja danych Sygnatury Uszkodzenia

Status

Agent aktywny (port 161) Dezaktywuj agenta

Rys. 3. Przykładowa tablica „Stan systemu” SSP agenta SNMP

Źródło: opracowanie własne

Dodatkowo wystąpienie kombinacji symptomów zgodnych z sygnaturą uszkodzenia powoduje wysłanie pułapki (ang. trap) do stacji zarządzającej NMS, co pozwala na poinformowanie personelu obsługi o wystąpieniu uszkodzenia (rys. 4).

Ostrzeżenia

Pułapki SNMP | Ostrzeżenia NMS | Błędy ring'u | Komunikaty Syslog

Lista pułapek SNMP: Liczba wyświetlanych ostrzeżeń: 500

| Kiedy | Kto zgłosił | Adres agenta | Typ | Detale |
|---------------------|-------------|--------------|--------------------|--|
| 2017-11-03 19:36:00 | Agent | 10.100.107.2 | enterpriseSpecific | 1.3.6.1.4.1.2021.1=RASP-4Ft 1.3.6.1.4.1.2021.2=Linia 1, km 55.405 1.3.6.1.4.1.2021.3=11008 1.3.6.1.4.1.2021.4=C1/A/00010000 |
| 2017-11-03 19:36:27 | Agent | 10.100.113.2 | enterpriseSpecific | 1.3.6.1.4.1.2021.1=RASP-4Ft 1.3.6.1.4.1.2021.2=Linia 1, km 51.103 1.3.6.1.4.1.2021.3=21017 1.3.6.1.4.1.2021.4=C1/A/00000100 |
| 2017-11-03 19:37:48 | Agent | 10.100.107.2 | enterpriseSpecific | 1.3.6.1.4.1.2021.1=RASP-4Ft 1.3.6.1.4.1.2021.2=Linia 1, km 55.405 1.3.6.1.4.1.2021.3=10008 1.3.6.1.4.1.2021.4=C4/D/00010000 |
| 2017-11-03 19:37:58 | Agent | 10.100.113.2 | enterpriseSpecific | 1.3.6.1.4.1.2021.1=RASP-4Ft 1.3.6.1.4.1.2021.2=Linia 1, km 51.103 1.3.6.1.4.1.2021.3=20017 1.3.6.1.4.1.2021.4=C4/D/00000100 |

Eksport | Archiwizuj | Opis MIB | Zamknij

Liczba ostrzeżeń: 6, (4 pułapek SNMP, 2 NMS) | Otrzymano nowe ostrzeżenia! | Błędy ring'u: 0 | Kom. Syslog: 0

Rys. 4. Wybrane pułapki zarejestrowane przez menadżera SNMP
Źródło: opracowanie własne

Przed podjęciem czynności serwisowych należy wysłać do agenta SNMP zapytanie i odczytać aktualne wartości prawdopodobieństw wystąpienia uszkodzeń opisanych funkcją niesprawności. Czynność ta możliwa jest do wykonania w przeglądarce bazy MIB (ang. Management Information Base) (rys. 5).

Baza MIB agenta: 10.100.118.2

Odczyt wartości obiektu lub tabeli obiektów:

Nazwa obiektu lub tabeli:

OID obiektu:

Opis:

Dostęp:

Składnia:

Status:

Odczytaj dozwolony

Odczytaj wartość obiektu

Odczytaj wartości wszystkich obiektów

Odczytaj wartości tabeli obiektów

Wyświetl listę plików MIB i nazw parametrów

Przejrzyj lub zmiana odczytanych wartości obiektów:

Nazwa obiektu:

OID instancji obiektu:

Odczytane wartości:

Nowa wartość:

Nowa wartość powinna być zgodna z opisem Składnia

Zapis zabroniony

Zmień wartość obiektu

Zamknij

Liczba wczytanych obiektów MIB: 264

Rys. 5. Wybór obiektu MIB w przeglądarce menadżera SNMP
Źródło: opracowanie własne

Przykładowy wynik odczytu wartości wybranego obiektu MIB został przedstawiony na rysunku 6.

| c1Index | c1Act | c15yg | c1f1 | c1f2 | c1f3 | c1f4 | c1f5 |
|---------|-------|----------|--------|--------|--------|------|------|
| 0 | 1 | 00010000 | 0,0030 | 0,9439 | 0,0531 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 00000100 | 0,0022 | 0,9587 | 0,0391 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 00010100 | 0,0024 | 0,9132 | 0,0844 | 0 | 0 |

Rys. 6. Przykładowy wynik odczytu wartości wybranego obiektu MIB

Źródło: opracowanie własne

Pozwoli to ostatecznie na skrócenie czasu postawienia diagnozy w wyniku wskazania uszkodzenia o największym prawdopodobieństwie wystąpienia. Dodatkowo personel obsługujący system diagnostyczny otrzyma pełną informację o symptomach (sygnaturze uszkodzenia) oraz wszystkich możliwych uszkodzeniach.

5. Podsumowanie

Systemy automatyki kolejowej pełnią istotną rolę w zagwarantowaniu bezpieczeństwa przemieszczania się osób i przewozu ładunków. Dlatego też niezbędne jest zapewnienie przez nie wysokiego poziomu niezawodności i bezpieczeństwa. Niestety, mimo ciągłego postępu technicznego urządzenia automatyki kolejowej ulegają uszkodzeniom. Ważny staje się wówczas problem ich naprawy, w którym niezwykle istotne są przyjęte metody diagnostyczne. Bardzo duża liczba urządzeń automatyki kolejowej, różnorodność ich typów, różnorodność rozwiązań technicznych, a także określona awaryjność powodują, że ich eksploatacja musi być wspierana przez diagnostykę techniczną. W tym celu opracowywane są systemy informatyczne wspomagające proces diagnostyczny. W artykule przedstawiono autorską metodę diagnostyczną dedykowaną systemom srk, bazującą na diagnostyce logicznej i wnioskowaniu bayesowskim oraz jej implementację z wykorzystaniem technologii SNMP. Pozytywne rezultaty osiągnięte dla systemu SSP skłaniają autora artykułu do kontynuacji badań i objęcia nimi innych typów systemów sterowania ruchem kolejowym.

Bibliografia

- [1] Alzbutas R., Iešmantas T., Application of Bayesian Methods for Age-Dependent Reliability Analysis. Quality and Reliability Engineering International, Volume 30, Number 1, pp. 121-132, 2014.

-
- [2] Grabski F., Jaźwiński J., *Metody bayesowskie w niezawodności i diagnostyce*, WKŁ, Warszawa 2001.
 - [3] Łukasik Z., Nowakowski W., Ciszewski T., Freimane J., A fault diagnostic methodology for railway automatics systems, *ICTE in Transportation and Logistics 2018 (ICTE 2018)*, *Procedia Computer Science*, Volume 149, pp. 159-166, 2019.
 - [4] Mauro, D., Schmidt, K., *Essential SNMP (2nd Edition)*. O'Reilly Media, 2001.
 - [5] Nowakowski W.: *Diagnostyka systemów automatyki kolejowej jako metoda poprawy bezpieczeństwa*. Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. K. Pułaskiego w Radomiu. Seria Monografie, Nr 218. Radom 2018.
 - [6] Nowakowski W., Bojarczak P., Łukasik Z., A concept of diagnosis of railway automation systems. *Proceedings of 22nd International Scientific Conference "Transport Means 2018", Part II*, pp. 920-925, 2018.
 - [7] Nowakowski W., Ciszewski T., Łukasik Z., *The Concept of Railway Traffic Control Systems Remote Diagnostic*. *Communications in Computer and Information Science*, *Smart Solutions in Today's Transport*, Vol. 715, pp. 471-481, Mikulski J. (Eds.), Springer, 2017.
 - [8] Nowakowski W., Ciszewski T., Młyńczak J., Łukasik Z., *Failure Evaluation of the Level Crossing Protection System Based on Fault Tree Analysis*. *Lecture Notes in Networks and Systems*, *Recent Advances in Traffic Engineering for Transport Networks and Systems*, Macioszek E. & Sierpiński G. (Eds.), *Book Series: Lecture Notes in Network and Systems*, Volume 21, pp. 107-115, Springer, 2018.
 - [9] Perpinya X. (ed.), *Reliability and Safety in railway*. InTech, 2012.
 - [10] Schnieder E., Tarnai G. (eds.), *Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
 - [11] Stallings, W., *SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2 (3rd Edition)*. Addison-Wesley Professional, 1999.