

**Prof. dr hab. inż. Andrzej Lewiński**  
Wydział Transportu i Elektrotechniki,  
Instytut Automatyki i Telematyki Transportu  
Uniwersytet Technologiczno – Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu



Radom, 09.02.2018

***Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Sławomira Jasińskiego pt.  
„Wizualizacja informacji w systemach kierowania i sterowania ruchem  
kolejowym” napisanej pod kierunkiem dr hab. Wiesława Zabłockiego,  
profesora nadzwyczajnego Politechniki Warszawskiej.***

## **1. Podstawa opracowania, przedmiot recenzji**

Podstawą recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej z dnia 3.01.2018.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Sławomira Jasińskiego pt. „Wizualizacja informacji w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym”. Rozprawa zawiera 145 stron, 58 stron, słownik pojęciowy i wykaz zmiennych. Literatura obejmuje 103 pozycje.

Rozprawa dotyczy autorskiej metody **GSZ** realizacji rzeczywistego systemu graficznego do wizualizacji ruchowej w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Metoda przedstawia podejście systemowe, realizację systemu zobrazowania według pełnego standardowego tzw. cyklu V mającego zastosowanie w projektowaniu uwarunkowanych bezpieczeństwem (ang. *Safety Related*) systemów komputerowych.

Należy w tym miejscu podkreślić, że Autor jest uznanym specjalistą w środowisku inżynierów zajmujących się ogólną tematyką srk w zakresie projektowania wdrażania i utrzymania komputerowych systemów srk, (systemy te są od wielu lat eksploatowane w kolejnictwie polskim).

## **2. Ocena wyboru tematu rozprawy**

Temat rozprawy związany jest z autorską, oryginalną metodą specyfikacji, projektowania i implementacji graficznego systemu wizualizacji bezpiecznego systemu komputerowego na podstawie sformalizowanego opisu funkcjonalnego i opracowanej w tym celu własnej notacji NSJ. Jest to praca teoretyczna powiązana z wieloletnią praktyką Autora w projektowaniu wizualizacji systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym.

Autor przedstawił zasadę projektowania wizualizacji systemów kierowania (zarządzania) i sterowania ruchem (srk) zgodną z obowiązującymi w UE (i oczywiście w

kolejnictwie polskim) wymaganiami i standardami (dotyczy to głównie grupy norm 50 12x). Zostały też uwzględnione zasady ergonomii, kompatybilności elektromagnetycznej oraz doświadczenia z implementacji takich systemów w kolejnictwie polskim, w pewnym sensie weryfikujące przedstawioną metodę.

Problem formalizacji zasad wizualizacji w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym jest szczególnie ważny, zwłaszcza w kontekście oprogramowania systemów srk, o których mówi norma PN-EN 50128. Praca Autora przedstawiająca metodę **GSZ** wraz z notacją **NSJ** stwarza podstawę do unifikacji takich systemów w kolejnictwie polskim.

Autor przedstawia metodę specyfikacji (notacja **NSJ** precyzyjnie określająca syntaktykę opisu oraz sposób implementacji na bazie poprawnie zdefiniowanych reguł semantycznych), zaś liczne przykłady implementacji metody w znaczących systemach srk w kolejnictwie polskim (których był współautorem) są w pewnym sensie podstawą praktycznej weryfikacji.

Praca tylko ze względu na liczne wdrożenia i pozytywną ocenę środowiska zajmującego się problematyką srk zasługuje na uznanie, zaś przedstawiona dysertacja będąca próbą formalizacji takiego systemu wizualizacji na bazie uniwersalnej grafiki komputerowej, wkraczająca w podstawowe problemy informatyki uwarunkowanej na zagadnienia sterowania w czasie rzeczywistym stanowi istotny wkład Autora w rozwój tej dziedziny.

Zaproponowana w rozprawie przez Autora koncepcja odnosi się do formalnej specyfikacji systemów srk aparat formalny opracowany przez prof. W. Zabłockiego, taka specyfikacja gwarantuje jednoznaczność i poprawność matematyczną. Autor zaproponował własną, oryginalną realizację systemu wizualizacji na bazie tego typu specyfikacji sytuacji ruchowych.

Przedstawiona rozprawa jest z pogranicza dwu dziedzin:

- współczesnej informatyki obejmującej nowe metody specyfikacji, projektowania i modelowania systemów technicznych wykorzystujące technologie nowoczesnego sterowania komputerowego zapewniające poprawne (pod względem formalnym), bezpieczne (zgodnie z wymaganiami teorii sterowania ruchem kolejowym) oraz niezawodne technicznie systemy (komputerowe),

- nowoczesnej teorii sterowania ruchem kolejowym opartej na zasadach komunikacji człowieka z komputerem, bezpieczeństwem związanym z akceptowalnym poziomem ryzyka i ergonomii określonych w normach UE (CENELEC, UIC) i zarządzeniach obowiązujących w kolejnictwie polskim.

### 3. Ocena znaczenia i aktualności problematyki rozprawy

W pracy została przedstawiona metoda projektowania systemu zobrazowania na potrzeby sterowania ruchem kolejowym, w dalszej części rozprawy nazywany Systemem **GSZ**. Opisana metoda zawiera zarówno proces definiowania podstaw systemu, jak również wskazówki i przemyślenia dotyczące implementacji narzędzi konfiguracji zobrazowania oraz implementacji systemu obiektowego, realizującego proces wizualizacji na obiekcie sterowanym.

Aktualnie w państwach Unii Europejskiej obowiązują normy i zalecenia dotyczące projektowania, wdrażania i eksploatacji komputerowych (elektronicznych) systemów srk. Uwzględniając temat rozprawy doktorskiej, dla bezpiecznych komputerowych systemów sterowania w kolejnictwie są to standardy:

- Norma PN-EN 50126:2002 (U) Zastosowania kolejowe. Specyfikacja niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa (RAMS),

- Norma PN-EN 50128:2002 (U) Zastosowania kolejowe. Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Oprogramowanie dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia.
- Norma PN-EN 50159:2011 (U) Zastosowania kolejowe. Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem. Łączność bezpieczna w systemach transmisyjnych.

Są to obowiązujące standardy techniczne, w sposób statyczny uwzględniające bezpieczeństwo w kontekście systemów komputerowych. Ogólnie systemy wizualizacji klasyfikowane są do poziomu 2 w klasyfikacji SIL, jednak podlegają ograniczeniom i zaleceniom wynikających z normy PN-EN 50129. Należy stwierdzić, że przedstawione praktyczne realizacje systemów wizualizacji spełniają te wymagania, o czym świadczy fakt dopuszczenia do eksploatacji w kolejnictwie polskim przez Urząd Transportu Kolejowego.

Niekwestionowanym, oryginalnym osiągnięciem Autora jest specyfikacja funkcjonalna podsystemu wizualizacji dla systemów srk, na poziomie abstrakcyjnym w postaci notacji **NSJ** odnoszącej się bezpośrednio do matematycznej teorii programowania (co gwarantuje matematyczną poprawność), oraz ich implementacja przy zastosowaniu kwalifikowanych narzędzi zalecanych we wspomnianej normie PN-EN 50 128.

Praca Autora wychodzi na przeciw wymaganiom określonym we wspomnianych fundamentalnych normach dotyczących zasad projektowania, wdrażania i eksploatacji bezpiecznych systemów srk. Tematyka poruszona przez Autora w rozprawie praktycznie nie była podejmowana w Polsce. Znane mi publikacje (również w UE) nie podejmują tematyki formalnej specyfikacji wizualizacji oprogramowania dla uwarunkowanego bezpieczeństwem systemów srk. Ważny jest fakt zastosowania przedstawionej metody generacji grafiki w innych (poza kolejnictwem) zobrazowaniu systemów przemysłowych, co świadczy o uniwersalności tej metody

#### **4. Ocena strony edytorskiej rozprawy**

Strona edytorska przedstawionej rozprawy jest poprawna. Układ tekstu jest przejrzysty a materiał ilustracyjny (rysunki, fotografie i obrazy ekranów komputerowych) przygotowany poprawnie i wykonane niezwykle starannie, też zamieszczone w sposób podkreślający zamierzenia Autora. Praca zawiera stosowne odniesienia do pozycji literatury, a także do zamieszczonego materiału ilustracyjnego. Należy podkreślić bardzo dobrą czytelność zamieszczonych obrazów komputerowych ilustrujących wdrożeniowy dorobek Autora.

W pracy występują pewne błędy redakcyjne (numeracja, stylistyka, błędy literowe, itp.), nie mają one jednak istotnego wpływu na wartość merytoryczną pracy. W przypadku publikacji w formie monografii (oczywiście z Promotorem, którego wkład w formalizację przedstawionej metody wizualizacji jest istotny) publikację obejmie odpowiednia procedura redakcyjna. wszystkie zastosowane skróty zostały wyjaśnione, terminy fachowe pochodzące z języka angielskiego zostały prawidłowo przetłumaczone, wzory zamieszczone w pracy są prawidłowo przedstawione i skomentowane, a ich czytelność i poprawność matematyczna nie budzi zastrzeżeń.

Zdaniem recenzenta, wykaz symboli w rozdziałach 5 i 6 powinien być umieszczony w dodatkach . Również przykłady grafiki z rozdziału 7 powinny być przeniesione w formie podrozdziału w rozdziale 6,

## 5. Ocena układu rozprawy

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów oraz wykazu literatury, wykazu 58 rysunków, przedstawionego na wstępie słownika pojęciowego (w którym zostały określone pojęcia z dziedziny srk) i wykazu podstawowych zmiennych (które zostały wykorzystane w opisie formalnym podsystemu wizualizacji systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym (srk)).

We wstępie (Rozdział 1) Autor przedstawił ogólną charakterystykę problemu z uwzględnieniem istotnych warunków realizacji zwłaszcza w warunkach kolejnictwa polskiego (np.. systemy hybrydowe będące komputerową nakładką realizującą zobrazowanie na eksploatowane powszechnie, bezpieczne systemy przekaźnikowe). Jest to wprowadzenie w tematykę wizualizacji sytuacji ruchowej w bezpiecznych systemów srk. Przedstawiona ewolucja systemów srk dotyczy przejścia z układów przekaźnikowych do realizacji bezpiecznych sterowników komputerowych.

Rozdział 2 przedstawia genezę, cel i tezę pracy. Autor uważa, że geneza pracy jest związana z opracowaniem zarówno uniwersalnej jak i opartej podbudowie teoretycznej (syntaktyce i semantyce języków programowania) metody projektowania graficznego systemu wizualizacji dla systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Autor rozprawy poświęcił przeszło 20 lat na opracowanie własnej metody projektowania i tworzenia systemu graficznego, o czym świadczą liczne prace wdrożeniowe w kolejnictwie polskim. Przedstawiona rozprawa prezentuje sformalizowaną stronę systemu zobrazowania graficznego. Praca odzwierciedla filozofię, funkcję i wymagania stawiane urządzeniom i systemom srk oraz zarys techniki w obszarach urządzeń stacyjnych i liniowych dla linii znaczenia ogólnego i metra, a także analizę i opis działania nowoczesnych komputerowych systemów srk wraz z zagadnieniami dotyczącymi wpływu wielkości kształtu i kolorystyki symboli graficznych, oraz ich wzajemnych relacji na percepcję człowieka. Zawiera też analizę starszych i obecnych systemów sterowania, wraz z tendencją rozwojową tych systemów, problemami biologii wzroku i procesów przetwarzania informacji, tworzeniem oprogramowania sterowanego danymi, w tym i dla potrzeb wizualizacji oraz z wymaganiami zobrazowania graficznego w systemach sterowania ruchem kolejowym. Autor podjął się kompleksowego opracowania graficznego systemu wizualizacji – od sformułowania ogólnych założeń metody, poprzez opracowanie oryginalnej, według własnego pomysłu notacji, dobrze dostosowanej do problemów wizualizacji i zapisu danych., aż do wdrożenia wielu sprawdzonych aplikacji zobrazowania stanu systemu srk i stanu systemu kierowania pociągami.

Przedstawiona teza pracy *„Metoda GSZ realizacji uniwersalnego graficznego systemu zobrazowania, w której zastosowano notację NSJ, generuje w obecnym stanie techniki wymagany zakres zobrazowania stanów systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym”* jest właściwa, podobnie jak tezy pomocnicze *„Zbiór obrazów tworzonych przy pomocy metody GSZ, odwzorowuje wszystkie statyczne i dynamiczne informacje, wymagane w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym”* i *„System zobrazowania zrealizowany na podstawie Metody GSZ jest niezależny od obiektu”*.

Celem pracy było *„opracowanie metody tworzenia komputerowych systemów graficznego zobrazowania (GSZ) do celów kierowania i sterowania ruchem kolejowym (ksrk), spełniającej wymagania stawiane systemom wizualizacji, przy wykorzystaniu własnej formy zapisu (notacji) NSJ”*. Podstawą tej metody jest zdefiniowanie formy zapisu (notacji) warunków realizacji zobrazowania graficznego, pozwalającej oddzielić zmienne zobrazowywane obiekty od oprogramowania.

W Rozdziale 3. Autor przedstawia graficzne systemy zobrazowania: rozwinięcie zagadnień wizualizacji w systemach sterowania ruchem kolejowym, historyczny rys rozwoju zobrazowania sytuacji ruchowej od urządzeń mechanicznych po urządzenia komputerowe, analizę istniejących metod tworzenia zobrazowania i analiza dostępnych notacji do zapisu wyrażeń logicznych. Jest to bardzo dobre wprowadzenie w problematykę wizualizacji systemów srk. Poza tłem historycznym

Autor omówił zasadę wizualizacji sytuacji ruchowej w systemach srk, co było podstawą przedstawionej dysertacji. Autor ograniczył się do wybranych systemów eksploatowanych w Polsce, ale np. system ILTOR-2 (Siemens) czy EBISCREEN (ABB) są typowymi systemami stosowanymi w UE. Systemy przedstawione przez Autora (których był współautorem) realizowane były m. in. na Wydziale Transportu czy dla firmy KOMBUD S.A. świadczą o bardzo dobrym uwarunkowaniu technicznym przygotowywanej rozprawy i znajomości projektowania wizualizacji takich systemów. Przedstawione metody tworzenia oprogramowania (metoda SCADA, metoda programowa MP, metoda programowo-konfiguracyjna MPK, metoda kompilacyjna MK, metoda konfiguracyjna MKO) są próbą uogólnienia obecnie stosowanych metod projektowania wizualizacji. Wprowadzany opis stosowanych notacji (notacja infiksowa, notacja polska NP., odwrotna notacja polska ONP) jest punktem wyjściowym do opracowania przez Autora własnej notacji NSJ na bazie metody MKO.

Rozdział 4 to opis metody **GSZ** - tworzenia komputerowych systemów graficznych urządzeń srk. Jest to kluczowy rozdział rozprawy, w którym Autor przedstawił opis poszczególnych etapów metody, przedstawił zasady tworzenia symboli graficznych, przedstawił sposób oraz powiązania atrybutów symboli graficznych ze stanami urządzeń srk oraz prezentację i zapis formalny notacji NSJ i UNSJ służących do zapisu wyrażen logicznych, stosowanych w metodzie **GSZ**. Rozdział ten nawiązuje do podstawowych problemów wizualizacji systemów srk: formalnej specyfikacji zobrazowania sytuacji ruchowej, syntaktyce symboli wizualizacji słusznie ograniczonej do zawężonego słownika symboli i reguł ich konfiguracji pod kątem przyszłej weryfikacji dla rzeczywistych obiektów. Należy podkreślić bardzo dobry aparat formalny uwzględniający specyfikację rzeczywistych obiektów oraz wynikającej z tego opisu notacji NSJ. Na szczególną uwagę zasługują schematy generacji poszczególnych elementów obrazu sytuacji ruchowej wywodzące się z przedstawionego wcześniej modelu formalnego. Rozdział ten wnosi istotny wkład do informatyki (komputerowe systemy sterowania), te zagadnienia na tym poziomie abstrakcji powinny być kontynuowane w przyszłości.

W rozdziale 5 został przedstawiony model zobrazowania systemu srk. Autor prezentuje zakres informacji wizualizowanych dla systemu srk i określa przykładowe warunki zobrazowania urządzeń srk. Przyjęto elementy dynamiczne (odcinki toru, rozjazdy, sygnalizatory, blokady liniowe i stacyjne oraz elementy zasilania) oraz elementy statyczne (nastawnie, perony). Do modelowania zobrazowania zostały przyjęte: semafor, tarcza ostrzegawcza, stacja – obsługa posterunku, tor, zwrotnica. Te elementy zobrazowania okazały się wystarczające do wizualizacji, a ich zdefiniowane stany odpowiednio do wyświetlania informacji.

Rozdział 6 to weryfikacja metody tworzenia komputerowych systemów graficznych urządzeń srk, zawierające: weryfikację opracowanego modelu, prezentację tworzenia biblioteki symboli graficznych, oraz prezentację etapów implementacji, weryfikacji i walidacji systemu **GSZ** zrealizowanego w oparciu o metodę **GSZ**. Rozdział ten jest rozbudowany (wiele fragmentów mogło znaleźć się w dodatkach a Autor powinien ograniczyć się jedynie do wybranych przykładów ilustrujących procedurę weryfikacji), ale pokazuje sposób implementacji i utrzymania systemu. Z reguły do weryfikacji stosuje się metody symulacyjne, ale w tym przypadku testowanie na rzeczywistych danych, odpowiadających konkretnym obiektom jest uzasadnione – ilość realizowanych systemów jest ograniczona do kilkunastu w skali kraju etap ten i tak jest niezbędny zgodnie z obowiązującymi normami i regulacjami.

Rozdział 7, podsumowanie i wnioski, zawiera podsumowanie osiągnięć autora w realizacji metody **GSZ/NSJ** i ocenę rezultatów pracy. Autor przedstawia obszar implementacji metody **GSZ** w systemach srk i systemach automatyki przemysłowej. Autor słusznie twierdzi, że rozprawa jest podsumowaniem dwudziestoletnich prac i doświadczeń. Przedstawiona metoda, z uwagi na jej wysoką uniwersalność została wdrożona i jest stosowana w wielu systemach zobrazowania. Ale przedstawione liczne, udokumentowane przykłady implementacji w kolejnictwie nie powinny być omówione w rozdziale 6 ?

Bibliografia uwzględnia 103 pozycje bibliografii (Autor w pracy nie powołuje się na wszystkie te pozycje), 36 pozycji stanowią ustawy, normy, wytyczne, wymagania, dokumentacje, instrukcje. Nie wszystkie takie dokumenty, znajdują uzasadnienie w pracy doktorskiej. Doktorant jest autorem lub współautorem 8 pozycji. Moje zastrzeżenia budzi wymienienie w bibliografii 14 pozycji z ubiegłego wieku (nie uwzględniam fundamentalnych prac z matematyki W Sobczaka czy z informatyki N. Wirtha), ale wymienienie pracy z 1967 (pozycja 47), 1977 (pozycja 20), czy 1978 (pozycja 21) niczego nie wnoszą do tematyki pracy. Podobnie pozycja 87 z 1998 roku została włączona do obowiązujących od 2005 norm 5012x.

## 6. Ocena realizacji postawionej tezy badawczej

Autor sformułował problem badawczy związany z poszukiwaniem kompleksowej, zintegrowanej merytorycznie, prostej w zastosowaniach, uniwersalnej oraz o podbudowie teoretycznej metody projektowania graficznego systemu wizualizacji dla systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Powstał system, który odpowiada założeniom i spełnia wszystkie wymagania systemów wizualizacji graficznej, a rozprawa prezentuje naukową stronę systemu zobrazowania graficznego.

Zbiór obrazów tworzonych przy pomocy metody **GSZ**, odwzorowuje wszystkie statyczne i dynamiczne informacje, wymagane w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym. Notacja NSJ jest własnym i oryginalnym odkryciem autora. Notacja NSJ umożliwiła zastosowanie jednolitego oprogramowania narzędziowego pozwalającego zdefiniować zobrazowanie wg opracowanej metody.

Do innowacyjnych i oryginalnych elementów metody należą: własna notacja zapisu relacji logicznych, proste tworzenie graficznych definicji obiektów, oddzielenie zmiennej warstwy zobrazowania od oprogramowania srk (oprogramowanie uwarunkowane na dane), zdefiniowane uniwersalne biblioteki on-line dla: sterowania i kierowania ruchem kolejowym i diagnostyki.

Teza główna *„Metoda GSZ realizacji uniwersalnego graficznego systemu zobrazowania, w której zastosowano notację NSJ, generuje w obecnym stanie techniki wymagany zakres zobrazowania stanów systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym”* została wykazana, podobnie jak tezy pomocnicze *„Zbiór obrazów tworzonych przy pomocy metody GSZ, odwzorowuje wszystkie statyczne i dynamiczne informacje, wymagane w systemach kierowania i sterowania ruchem kolejowym”* i *„System zobrazowania zrealizowany na podstawie Metody GSZ jest niezależny od obiektu”*. Zarówno problem badawczy, teza jak i cel rozprawy wydają się właściwie określone. Po wnikliwym przeczytaniu rozprawy i zaznajomieniem się z imponującym dorobkiem wdrożeniowym Autora należy stwierdzić:

- Bezspornie dużym osiągnięciem Autora jest pokazanie specyfikacji wizualizacji systemu srk na poziomie abstrakcyjnym (przy zastosowaniu precyzyjnego, sprawdzonego i poprawnego formalizmu zaproponowanego przez prof. Zabłockiego). Pozwala to wykluczyć już na poziomie wstępnego opisu błędy i niejednoznaczności danych statycznych (odnoszących się do obiektów srk), ale przede wszystkim błędy w dynamicznym opisie realizowanych funkcji komputerowego systemu srk.
- Niewątpliwym osiągnięciem Autora w proponowanej metodzie jest wprowadzenie profesjonalnych kryteriów specyfikacji wizualizacji na bazie metody GFZ i notacji NSJ.

W celu wykazania poprawności postawionej tezy i weryfikacji przedstawionej metody Autor oparł się na wynikach z implementacji metody w licznych systemach srk wdrożonych do eksploatacji w kolejnictwie polskim na przestrzeni ostatnich lat., .Potwierdzona została tym samym poprawność formalnej specyfikacji wizualizacji z zastosowaną autorską notacją.

Udowodniona teza jest potwierdzeniem praktycznej metody precyzyjnego i poprawnego zdefiniowania systemu wizualizacji **GSZ** i jego specyfikacji w notacji **NSJ**, zgodnego z obowiązującymi wymaganiami systemu srk.

## **7. Ocena metodyczna i merytoryczna rozprawy**

Tematyka recenzowanej rozprawy dotyczy dziedziny jaką jest projektowanie wizualizacji uwarunkowanych bezpieczeństwem komputerowych systemów srk.

Zaproponowana sformalizowana specyfikacja systemu **GSZ** i notacji **NSJ** jest zgodna z normą PN-EN 50 128. Terminologia w pracy dotycząca sposobu wizualizacji jest poprawna i zgodna z obowiązującymi w tym zakresie wytycznymi.

Model systemu wizualizacji zamieszczony w pracy jest poprawny pod względem formalnym (dotyczy to syntaktyki), ale też reguły semantyczne weryfikowane przez kolejne implementacje realizacji komputerowych systemów srk potwierdzają poprawność metody.

Należy w tym miejscu podkreślić dużą umiejętność Autora w połączeniu aparatu formalnego w zakresie specyfikacji grafiki komputerowej z intuicyjnym i czytelnym dla praktyków sposobem implementacji w zobrazowaniu systemów srk.

## **8. Główne walory i cechy pozytywne rozprawy**

Podstawową zaletą recenzowanej rozprawy jest podjęcie przez Autora bardzo ważnego tematu związanego z wprowadzaniem nowych technologii informatycznych do tematyki srk, jako nadbudowę na istniejące rozwiązania komputerowych systemów sterujących. Autor w sposób naukowy podszedł zarówno do problemu formalnej specyfikacji wizualizacji sytuacji ruchowych poprawnej implementacji przedstawionej metody. Zastosowana w rozprawie metoda jest faktycznie, oryginalnym i nowatorskim podejściem nie tylko do problemu specyfikacji systemów zobrazowania zgodnej z wymaganiami komputerowego systemu srk..

Niekwestionowanym osiągnięciem Autora jest zastosowanie nowatorskiej metody **GSZ** z notacją **NSJ** do projektowania wizualizacji dla komputerowych systemów sterowania w czasie rzeczywistym w przemyśle, nie tylko w kolejnictwie.

Bardzo ważnym walorem pracy jest bardzo dobra próba matematycznej formalizacji podsystemu wizualizacji i warunki jego poprawnej implementacji, co stanowi istotny wkład Autora (i Promotora) do współczesnej informatyki- grafiki komputerowej.

Autor przedstawia liczne wdrożenia systemów (głównie kierowania i sterowania ruchem kolejowym), których jest współautorem. Systemy te, dopuszczone do eksploatacji w kolejnictwie polskim spełniają bardzo ostre wymagania zdefiniowane w regulacjach UE (kryteria określone w klasyfikacji SIL dla systemów automatyki kolejowej). Tylko z tego powodu praca ta zasługuje na uznanie.

Zarówno zaproponowana metoda projektowania a przede wszystkim implementacja tej metody stanowią oryginalny i niekwestionowany dorobek Autora.

## **9. Zagadnienia dyskusyjne i problemy do wyjaśnienia**

W pracy Autor nie odniósł się do następujących kwestii:

- Kto za granicą (zwłaszcza w wiodących państwach UE takich jak Francja, Niemcy, Włochy, USA i Japonia) stosował sformalizowany opis do wizualizacji sytuacji ruchowych na bazie notacji języków programowania teorii do specyfikacji formalnej systemu srk, czy innych rozwiązań automatyki kolejowej (również w bibliografii brak jest pozycji na ten temat).
- Czy zaproponowaną metodę specyfikacji i generacji grafiki komputerowej można bez problemu zaadoptować w innych dziedzinach sterowania procesami przemysłowymi (poza tym jednym wymienionym w pracy).

## 10. Podsumowanie

Podsumowując całość przedstawionych rozważań stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Sławomira Jasińskiego wnosi istotne elementy poznawcze do dziedziny komputerowych systemów srk, w zakresie wizualizacji bezpiecznego systemu, specyfikacji formalnej zobrazowania.. Przedstawioną przez Autora metodę projektowania i implementacji wizualizacji sytuacji ruchowej systemu srk można uznać za oryginalną.

Przy ocenie osiągnięć Autora uwzględniłbym również udokumentowany, liczący się dorobek wdrożeniowy (od wielu lat liczne wdrożenia komputerowych systemów kierowania i sterowania ruchem kolejowym w kolejnictwie polskim).

Praca jest wartościowa i kwalifikuje się do opublikowania w formie monografii dotyczącej nowych metod projektowania i implementacji wizualizacji komputerowych systemów srk, ale też jako podręcznik przeznaczony dla inżynierów i specjalistów oraz studentów zajmujących się tą tematyką w kolejnictwie polskim. Pomimo pewnych drobnych uwag o charakterze polemicznym pragnę stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim w świetle obowiązującej Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (z późniejszymi zmianami).

**Uważam ponadto, że recenzowana praca zasługuje na wyróżnienie.**

**Mając powyższe na uwadze wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Sławomira Jasińskiego do publicznej obrony recenzowanej rozprawy na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej.**



(Andrzej Lewiński)