

WDROŻENIE SYSTEMU DO POMIARU SKRAJNI LINII KOLEJOWYCH ORAZ SYSTEMU ZARZĄDZANIA KODYFIKACJĄ LINII KOLEJOWYCH¹

Zbigniew Leszczewicz

mgr inż., PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Biuro Nieruchomości i Geodezji Kolejowej, ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa, tel. 22 473 2602, e-mail: z.leszczewicz@plk-sa.pl

Agnieszka Warda

mgr inż., Dyrektor Projektu, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Biuro Nieruchomości i Geodezji Kolejowej, ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa, tel. 22 473 2604, e-mail: a.warda@plk-sa.pl

Sławomir Mikrut

dr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, tel. 12 617 2272, e-mail: smikrut@agh.edu.pl

Krzysztof Pyka

prof. dr hab. inż., Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, tel. 12 617 4475, e-mail: krisfoto@agh.edu.pl

Regina Tokarczyk

dr hab. inż., prof. AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska, tel. 12 617 2288, e-mail: tokarcz@agh.edu.pl

Streszczenie. *Jednym z warunków zwiększenia automatyzacji zarządzania transportem intermodalnym i przewozem przesyłek z przekroczoną skrajnią ładunkową jest kodyfikacja linii kolejowych. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. od kilku lat prowadzi intensywne prace zmierzające do wdrożenia kodyfikacji w liniach kolejowych zarządzanych przez Spółkę. W artykule przedstawione zostały wyniki kilkuletnich badań w zakresie mobilnych systemów pomiarowych skrajni linii kolejowych oraz budowy bazy danych i implementacji kodyfikacji linii kolejowych zgodnie z przepisami zawartymi w Kartach UIC 502-2. Zaprezentowane zostały również efekty wdrożenia systemu pomiarowego oraz informatycznego systemu zarządzania procesem kodyfikacji. Głównym celem wykonanego w PKP Polskie Linie Kolejowe SA projektu pt.: „Opracowanie innowacyjnej metodyki i informatycznego systemu zarządzania dla kodyfikacji linii kolejowej” było opracowanie technologii pozyskiwania modelu przestrzennego infrastruktury pasa kolejowego na bazie pomiarów laserowych, fotogrametrycznych, GPS oraz IMU (Inertial Measurement Unit) wykonanych z mobilnej platformy pomiarowej poruszającej się po torach z prędkością do 100 km/h. Głównymi wyzwaniem projektowym były: wybór parametrów i konfiguracji sprzętowej dla mobilnego systemu do pomiaru skrajni linii kolejowych, opracowanie systemu informatycznego zarządzania procesem kodyfikacji oraz jego funkcjonalności w zakresie przetwarzania danych pomiarowych, zachowanie wymaganych dla pomiaru skrajni kolejowej dokładności systemu pomiarowego oraz optymalizacja przetwarzania terabajtowych plików obserwacyjnych. W trakcie realizacji zespół projektowy wielokrotnie weryfikował swoje pierwotne założenia. Niektóre funkcjonalności zostały dodane na podstawie uwag zgłaszanych przez użytkowników końcowych na przeprowadzonych szkoleniach. Wdrożenie systemu pomiarowego skrajni linii kolejowych jest niezbędne do utrzy-*

1 Wkład autorów w publikację: Leszczewicz Z. 20%, Warda A. 20%, Mikrut S. 20%, Pyka K. 20%, Tokarczyk R. 20%

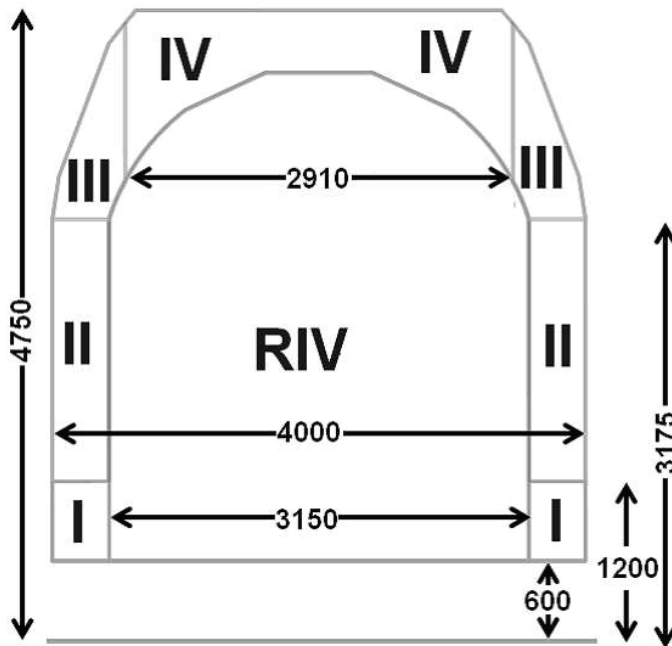
mania aktualnej i wydajnej bazy danych skrajni linii kolejowych. Otrzymane wyniki wskazują na potrzebę stworzenia systemu stacji referencyjnych pozycjonowania satelitarnego wzdłuż linii kolejowych. Niezbędna jest również ścisła współpraca z jednostkami prowadzącymi ruch kolejowy w celu zapewnienia optymalnego czasu przejazdu oraz zwrócenie szczególnej uwagi na planowanie tras pomiarowych w celu uniknięcia przestojów na trasie pomiaru.

Słowa kluczowe: kodyfikacja linii kolejowych, skrajnia, mobilny skaning laserowy

Wstęp

Jednym z warunków zwiększenia przewozów ładunków transportem kolejowym jest kodyfikacja linii kolejowych dla potrzeb transportu intermodalnego i przewozu przesyłek z przekroczoną skrajnią ładunkową. W PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. od kilku lat trwają intensywne prace zmierzające do wdrożenia kodyfikacji linii kolejowych zarządzanych przez Spółkę.

Kodyfikacja jest to zbiór czynności zmierzających do zapisania w formie ośmiocyfrowego kodu przestrzeni skrajni linii kolejowych. Standard kodowania linii kolejowych określa karta UIC 502-2 [7]. Opisana procedura konturowa w ww. karcie jest rekomendowana do określenia zarówno kodu linii kolejowej jak i przesyłki. Ponadto opisane są procedury decydujące czy ładunek z zadaniem kodem może zostać przyjęty do przewozu przez odcinek trasy również opisany kodem.



Rys. 1. Sektory w procedurze konturowej na tle międzynarodowej skrajni ładunkowej RIV (ograniczonej od dołu na wysokości 600{mm})

Źródło: [7]

Podstawowym założeniem dla stosowania systemu kodowania odcinków linii kolejowych jest pełna i aktualna baza danych skrajni budowli linii kolejowych wprowadzonych do systemu, na podstawie której nadawane będą kody odcinkom linii kolejowych, wydawane zgody na przewóz przesyłek nadzwyczajnych i ustalone warunki przewozu tych przesyłek. Nie jest możliwe utrzymanie pełnej i aktualnej bazy danych o skrajni budowli linii kolejowych bez sprawnego mobilnego systemu do pomiaru skrajni.

W grudniu 2009 r. PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. złożyła do Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości (PARP) wniosek autorstwa Biura Nieruchomości i Geodezji Kolejowej (IGK) o dofinansowanie projektu pn. „Opracowanie innowacyjnej metodyki i informatycznego systemu zarządzania dla kodyfikacji linii kolejowej” w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 1.4-4.1 (POIG) 2007-2013. Projekt uzyskał rekomendacje do otrzymania wsparcia i w listopadzie 2010 r. została podpisana umowa na dofinansowanie przedsięwzięcia.

W 2011 roku Biuro Nieruchomości i Geodezji Kolejowej PKP Polskich Linii Kolejowych przystąpiło do realizacji projektu pt. „Opracowanie innowacyjnej metodyki i informatycznego systemu zarządzania dla kodyfikacji linii kolejowej”.

Celem projektu było przeprowadzenie badań w etapie I, a następnie wdrożenie ich wyników w etapie II, mając na uwadze wymogi unijne dotyczące wprowadzenia na terenie kraju jednolitego informatycznego systemu zarządzania dla kodyfikacji linii kolejowej.

Etap badawczy

Pierwszy etap projektu był typowo badawczy i dotyczył opracowania metodyki pozyskiwania danych oraz modelu przestrzennego infrastruktury pasa kolejowego o dokładności pozwalającej na pomiar skrajni budowli według standardów określonych w kartach UIC oraz innych norm obowiązujących w Polsce. Jako podstawę funkcjonowania tego modelu przewidziano przestrzenną bazę danych infrastruktury kolejowej umożliwiającą kompilację, aktualizację i przetwarzanie – według ściśle określonych algorytmów – danych pozyskiwanych przy udziale różnych technik i metod pomiarowych, a także ich prezentację w przestrzeni wirtualnej.

Realizacja I etapu projektu odbyła się zgodnie z zaplanowanymi zadaniami, tj.:

- Pozyskanie danych fotogrametrycznych w zakresie modelowania przestrzennego skrajni budowli kolejowych,
- Opracowanie metodyki budowy przestrzennego modelu wektorowego infrastruktury kolejowej,
- Automatyczne teksturowanie elementów przestrzeni, opisujących skrajnie linii kolejowych,
- Opracowanie metodyki aktualizacji skrajni obiektów na liniach kolejowych,
- Opracowanie struktury przestrzennej bazy danych infrastruktury skrajni linii kolejowych,

- Opracowanie metodyki wyznaczania kinematycznej skrajni ładunkowej,
- Interaktywne nadawanie kodu dla linii kolejowej,
- Opracowanie założeń i struktury informatycznego systemu zarządzania procesem nadawania kodów dla linii kolejowej.

Wymiernym efektem I etapu było przetestowanie dostępnych na rynku mobilnych systemów pomiarowych oraz wskazanie parametrów i konfiguracji sprzętowej dla naziemnej mobilnej platformy pomiarowej poruszającej się z prędkością do 100 km/h, która umożliwiła pomiar skrajni z wymaganą dokładnością. Ponadto opracowano prototyp informatycznego systemu zarządzania kodyfikacją linii kolejowych. System ten miał z założenia funkcjonować w oparciu o bazę danych przestrzennej infrastruktury kolejowej, której parametry powinny umożliwić import i kompilację pomiarów pozyskiwanych z różnych źródeł, ich aktualizację, przetwarzanie według algorytmów zaprojektowanych na potrzeby pomiaru skrajni linii kolejowych, a także przestrzenną wizualizację wyników, z opcją interaktywnego precyzyjnego pomiaru szczegółów sytuacyjnych.

Etap wdrożeniowy

Wdrożenie projektu zostało podzielone na trzy części. Celem pierwszej części była budowa i wdrożenie systemu pomiarowego skrajni na kolejowym pojeździe pomiarowym EM-120. Część druga obejmowała wdrożenie systemu informatycznego dla analiz wyników pomiarowych skrajni pozyskanych z systemu pomiarowego z części pierwszej oraz dla prowadzenia procedur kodyfikacji linii kolejowych. Część trzecia obejmowała testowanie i wdrożenie całości systemów, w ramach których należało dokonać interaktywnej kodyfikacji dla fragmentu linii kolejowej C-30/1 (odcinek linii nr 96 Tarnów – Muszyna).

System pomiarowy w oparciu o pojazd EM-120

Istotą pierwszej części było zainstalowanie urządzeń pomiarowych na pojeździe EM-120, używanym przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. do pomiarów geometrii torów. Oba systemy pomiarowe, czyli nowy do pomiarów skrajni i istniejący do diagnostyki torów, należało zintegrować tak, aby wzajemnie się wspomagały.

W części tej dokonano zatem montażu systemu pomiarowego na platformie EM-120, a następnie wykonano jazdy testowe celem zbadania poprawności działania systemu zarówno od strony sprzętowej jak i informatycznej. Wyzwaniem dla wykonawców projektu było zbudowanie systemu informatycznego do obsługi i integracji wszystkich urządzeń pomiarowych.

Zgodnie z założeniami etapu I system pomiarowy został wyposażony w dwa skanery, cztery kamery do kolorowania chmury punktów oraz moduł fotogrametryczny (dwie kamery na podczerwień) mający możliwość pozyskiwania danych w trybie nocnym.

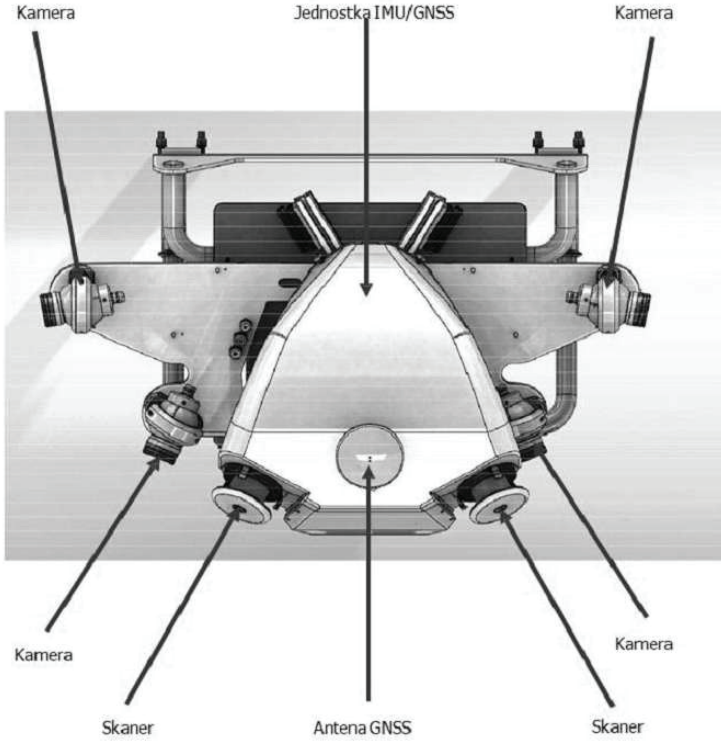
Wykonawca dodatkowo zobowiązany był do opracowania procedur kalibracji takiego systemu pomiarowego. Urządzenia pomiarowe zostały również zintegrowane z istniejącym sprzętem pomiarowym zainstalowanym na pojeździe EM-120, tj. systemem do pomiaru geometrii toru tak, aby wyniki podawane zostały we wspólnym układzie związanym z osią toru. Ponieważ pojazd EM-120 posiadał tzw. licznik drogi w postaci *encodera*, wymogiem było, aby platforma skanująca była „dowiązana” do tego licznika z racji faktu, że operator systemu musi mieć możliwość wykonywania korekty licznika drogi. Kolejnym wymogiem było, aby system do pomiaru geometrii toru miał możliwość niezależnego działania względem systemu do pomiaru skrajni, co dawało pewną niezależność pracy obu systemów i dzięki temu system pomiarowy stawał się bardziej uniwersalny.

Zintegrowany system zainstalowany na pojeździe EM-120 w czasie wykonywania pomiarów testowych pokazano na rys. 2 i 3.

Tabela 1. Wybrane parametry techniczne systemu pomiarowego oraz kamer NIR

2 Skanery	
maksymalna efektywna szybkość pomiaru	1100 000 pomiarów/sek. (2 x 550 000 pomiarów/sek.)
minimalny zakres pomiaru	1,5 m
dokładność	8 mm
Precyzja	5 mm
IMU/GNSS	
pozycjonowanie (bezwzględne)	typ. 20 – 50 mm
pozycjonowanie (względne)	typ. 10 mm
Roll & Pitch	0,005 °
Heading	0,015 °
4 Kamery CS6	
rozdzielczość	2452 x 2056 (H x V)
wielkość piksela	3,45 mm
typ sensora	2/3" kolor CCD
Pole widzenia	80 ° x 65 °
Ekspozycja	38 μs do 60 s
2 Kamery Basler NIR	
rozdzielczość	2048 x 2048
wielkość piksela	5.5 μm
Spektrum	rejestracja powyżej 780 nm
typ sensora	CMOS
Filtr	IR Longpass - 850nm

Umieszczenie systemu musiało spełniać dodatkowe wymagania, tj. możliwość pomiaru w czasie jazdy zarówno w przód jak i do tyłu. Bezpieczna konstrukcja (rys. 2 i 3) umiejscowiona na zewnątrz pojazdu miała zapewnić możliwość trwałej i stabilnej instalacji na czas pomiaru systemu skanującego, georeferencyjnego, fotogrametrycznego, a wewnątrz pojazdu – systemu do sterowania urządzeniami i rejestracji danych.



Rys. 2. Budowa systemu pomiarowego
Źródło: {2}



Rys. 3. Widok pojazdu EM-120 z zainstalowanymi urządzeniami pomiarowymi (widok z przodu)
Źródło własne

Istotny elementem systemu pomiarowego jest oprogramowanie integrujące dane, a pozwalające na:

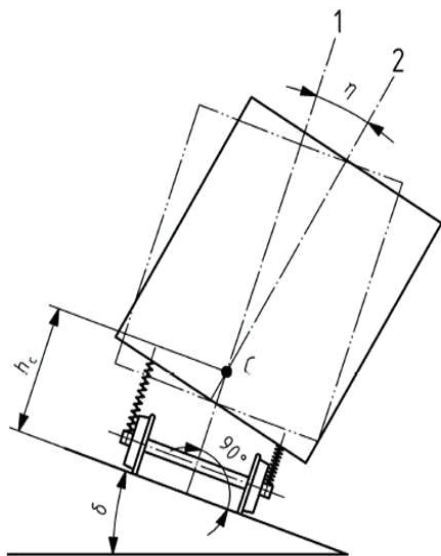
- wyrównanie GNSS/INS dla co najmniej kilku stacji referencyjnych,
- obliczenie współrzędnych XY punktów pozyskanych metodą skaningu laserowego w układzie współrzędnych płaskich prostokątnych PL 1992 i PL 2000 oraz wysokości H w układzie wysokościowym PL-KRON86-NH [8],
- obliczenie elementów orientacji wewnętrznej i zewnętrznej dla poszczególnych zdjęć.

Na podstawie wykonanych testów potwierdzono, że zachowanie odpowiedniej dokładności przez system pomiarowy wymaga uwzględnienia stacji bazowych (referencyjnych) GNSS.

Częściowym rozwiązaniem tego problemu wydaje się wykorzystanie sieci stacji bazowych istniejących w Polsce np. ASG-EUPUS, czy sieci stacji referencyjnych zakładanych przez firmy prywatne. Gęstość tych powierzchniowych sieci na dzień dzisiejszy również nie jest zadowalająca i nie uwzględnia topologii sieci linii kolejowych.

Stąd najlepszym rozwiązaniem wydaje się stworzenie systemu stacji referencyjnych na trasie linii kolejowych.

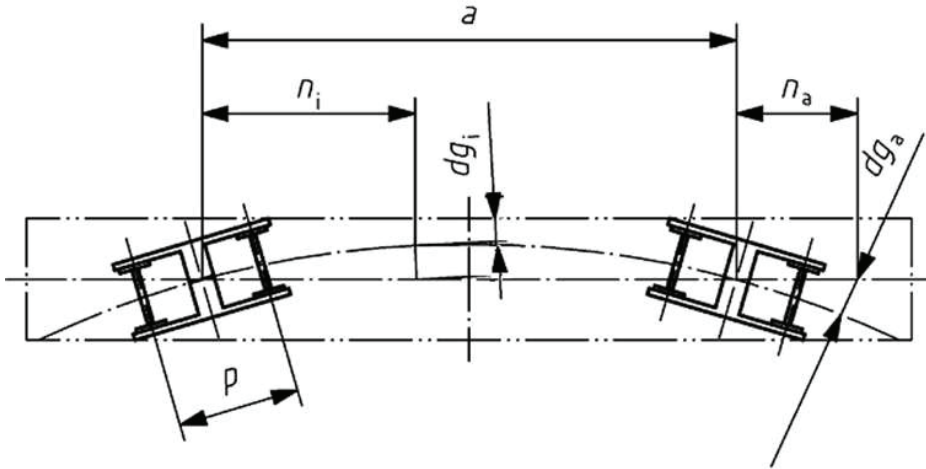
W przypadku realizacji pomiarów związanych ze skrajnią linii kolejowej kluczowym układem współrzędnych jest układ osi toru. Wszystkie pomiary zatem muszą być ostatecznie podawane u układzie osi toru, uwzględniając również jazdę oraz pochylenia przesyłki na łukach (rys. 4 i 5). Wymaga to dodatkowych obliczeń uwzględniających te parametry. To odróżnia projekt kodyfikacji od typowego projektu geodezyjnego, gdzie definiujemy układ współrzędnych związany z terenem. Na rys. 4 i 5 przedstawiono geometrię przesyłki poruszającej się na łuku.



- 1 – normalna (prostopadła) do powierzchni ruchu
- 2 – środkowa pudła wagonu przechylonego
- C – środek ciężkości wagonu
- δ - nachylenie prostej przechodzącej przez główki szyn
- h_c – wysokość środka ciężkości od prostej przechodzącej przez główki szyn
- η - kąt przechyłu wagonu z uwagi na ugięcie na sprężynach w stosunku do środkowej wagonu na przechyłce

Rys. 4. Przesyłka na łuku

Źródło: [4]



- a – odległość pomiędzy osiami wózków (czopami skreću)
- n_a – odległość punktu badanego na zewnątrz osi wózka
- n_i – odległość punktu badanego między osiami wózków
- dg_a – przesunięcie od osi toru punktu n_a
- dg_i – przesunięcie od osi toru punktu n_i
- p – odległość pomiędzy osiami kół w wózku

Rys. 5. Problem jazdy „po łuku”

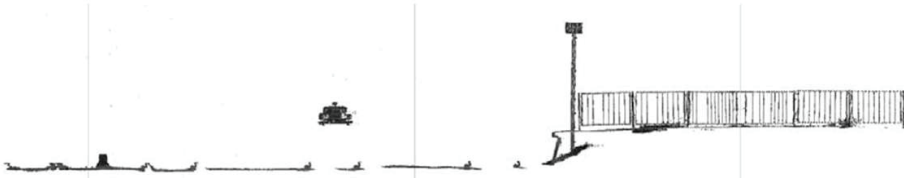
Źródło: {4}

Należy wspomnieć, że zapis danych pomiarowych musi być powiązany z numerem linii kolejowej, numerem toru, kilometrem toru i danymi o geometrii toru wyznaczonymi z systemu do pomiaru geometrii torów oraz z obowiązującymi instrukcjami funkcjonującymi w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. i normą PN EN 15273 [4, 5, 6], uwzględniając m.in. stabilaryzowane wartości odchyleń eksploatacyjnych i odpowiednich dodatków.

Analiza dokładności systemu pomiarowego

Badanie dokładności względnej chmur punktów pozyskanych za pomocą systemu pomiarowego skrajni budowli przeprowadzono z wykorzystaniem technologii naziemnego skaningu laserowego. Testy zostały wykonane przy różnych prędkościach pomiarowych: 20 km/h, 60 km/h i 80 km/h. W celu analizy dokładności względnej dokonano pomiaru fragmentu stacji Ożarów Mazowieckiej, gdzie założono trzy stanowiska pomiaru referencyjnego, którym był naziemny skaningu laserowy. Jako elementy porównawcze wykorzystano peron stacji, kładkę nad stacją oraz torowisko. Poniżej przedstawiono przykłady widoków przekrojów z chmury punktów.

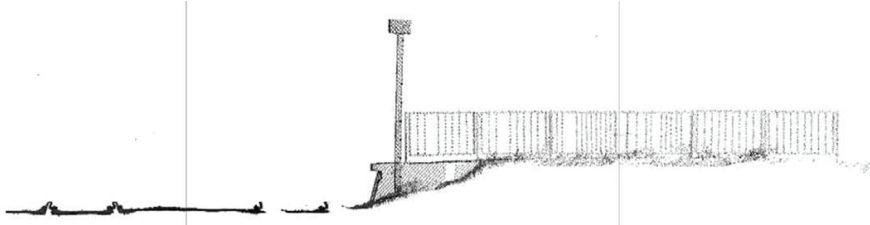
Pomiar naziemnym skanerem laserowym



Rys. 6. Profil skraju peronu – wykonany pomiarem naziemnym z widoczną tarczą usytuowaną na metalowym profilu nad barierką ochronną

Źródło: {1}

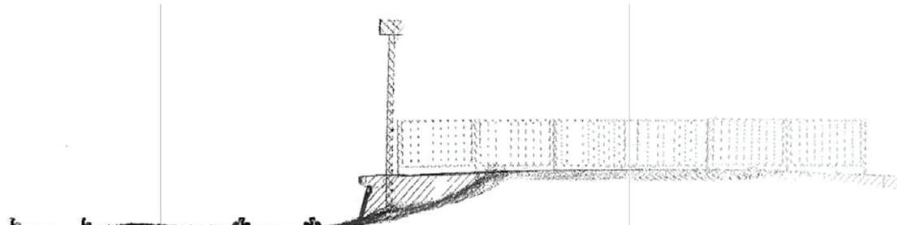
Pomiar mobilny z prędkością 20 km/h



Rys. 7. Profil skraju peronu – wykonany pomiarem mobilnym z prędkością 20 km/h z widoczną tarczą usytuowaną na metalowym profilu nad barierką ochronną

Źródło: {1}

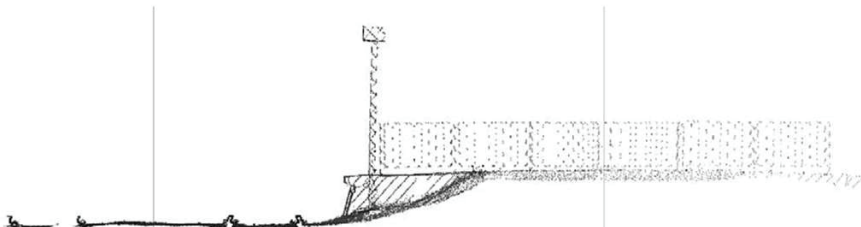
Pomiar mobilny z prędkością 60 km/h



Rys. 8. Profil skraju peronu – wykonany pomiarem mobilnym z prędkością 60 km/h z widoczną tarczą usytuowaną na metalowym profilu nad barierką ochronną

Źródło: {1}

Pomiar mobilny z prędkością 80 km/h



Rys. 9. Profil skraju peronu – wykonany pomiarem mobilnym z prędkością 80 km/h z widoczną tarczą usytuowaną na metalowym profilu nad barierką ochronną

Źródło: {1}

W wyniku dokonanej analizy jednoznacznie stwierdzono, iż usytuowanie skanerów pod kątem powoduje, iż prędkość przejazdu nie wpływa na ewentualność pominięcia elementów o cienkiej strukturze. Prędkość wpływa natomiast na gęstość chmury punktów oraz na odległość pomiędzy punktami chmury.

Tabela 2. Tabela przedstawiająca zależność średnich błędów pomiaru w zależności od prędkości systemu pomiarowego

	<i>Prędkość 80 km/h</i>	<i>Prędkość 60 km/h</i>	<i>Prędkość 20 km/h</i>
Wartość średnich błędów pomiaru [mm]	5	5	2

System informatyczny

W docelowej wersji systemu informatycznego konieczne było uwzględnienie różnych dodatkowych czynników mogących mieć wpływ na wynik końcowy (m.in. jazda po łukach czy zachowanie się przesyłki na łuku).

Dane pozyskane w procesie pomiarowym są gromadzone w tzw. Kodyfikacyjnej Bazie Danych – KBD, która składa się z bazy analitycznej oraz operacyjnej. Zadaniem tej pierwszej jest przetwarzanie i wizualizacja chmury punktów zebranych przez platformę pomiarową, a także redukcja dużej ilości danych do postaci kodów oraz przekrojów 2D. Natomiast zadaniem bazy operacyjnej jest przechowywanie danych oraz ich prezentacja dla użytkowników końcowych.

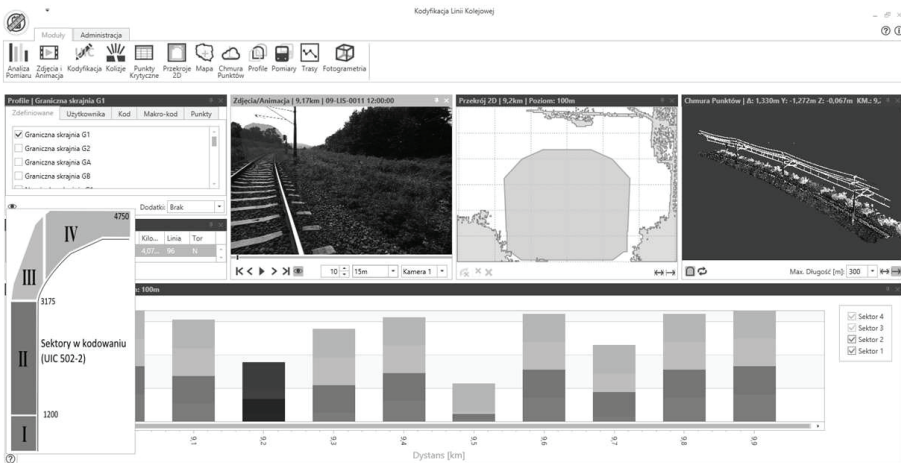
Warto nadmienić, że pomiar odcinka 100 km (a więc godzina jazdy przy prędkości 100 km/h) rejestruje około 600 GB danych (chmura punktów z dwóch skanerów plus obrazy z 6 kamer). Świadczy to jak duże zbiory danych zostaną zarejestrowane i przechowane w bazie.

System informatyczny zbudowano na bazie danych Oracle 11g R2 z dodatkiem Oracle Spatial tak, aby spełniał wymogi koncepcyjne zgodne z wynikami projektu z etapu I. Jedną z istotniejszych możliwości bazy jest integracja powstałego systemu z istniejącymi już w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. bazami: POS (Prowadzenie Opisu Sieci) oraz SILK (System Informacji dla Linii Kolejowych). Integracja polegała na synchronizacji wspólnych danych, co zostało wykonane, a co ma bardzo duże znaczenie dla rozwoju tego systemu w przyszłości. Z założenia system miał służyć projektowi kodyfikacji linii kolejowych zgodnie z wytycznymi w karcie UIC 502-2.

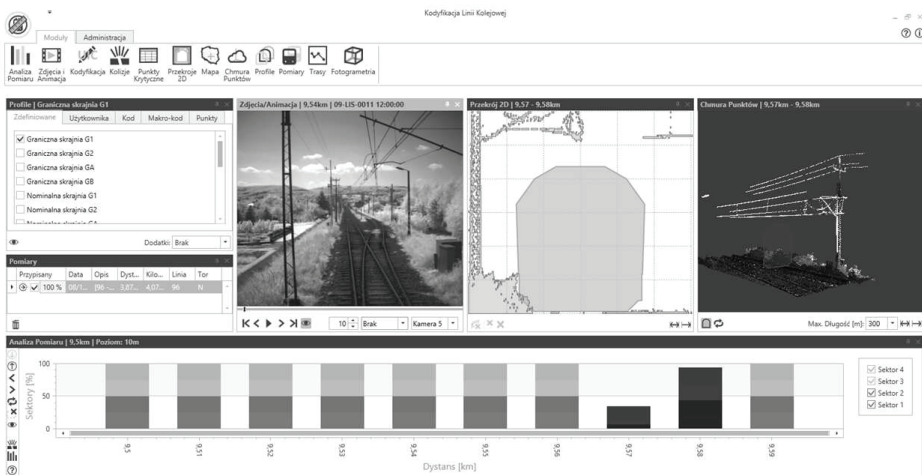
Powstały system zapewnia budowanie kodów makro, kontrolę ich poprawności a także ich składanie oraz wizualizację odpowiadającym im konturom za pomocą obiektów Oracle Spatial. Zmiana geometrii taboru względem osi toru wynikająca z jazdy na przechyłkach i na łukach wymaga uwzględniania przy określaniu skrajni tzw. odchyłek eksploatacyjnych. W związku z odchyleniami eksploatacyjnymi należało dostosować procedurę wyszukiwania na trasie przejazdu miejsc z ograniczeniami prędkościowymi (mniejsze odchylenie eksploatacyjne umożliwiłoby przyjęcie przesyłki do przejazdu).

System umożliwi również podział linii kolejowej na sekcje tak, aby uwzględnić np. przejazd przesyłki przez stację kolejową, gdzie jest kilka lub kilkanaście torów. W trakcie budowy systemu poszukiwano prostej dla użytkownika interpretacji wyników analiz. Zdecydowano, że pokazywanie miejsc kolizyjnych będzie sygnalizowane graficznie przy pomocy wykresu słupków składających się z różnych kolorów przynależnych do odpowiednich sektorów.

Przykład działania aplikacji pokazano na rys. 10 i 11. Słupki na wykresie obrazują prawdopodobieństwo napotkania kolizji (tj. naruszenia przestrzeni analizowanej skrajni przez elementy infrastruktury kolejowej lub roślinność) w poszczególnych sektorach (rys. 10 – lewy dolny róg – objaśnienie kolorów przypisanych do poszczególnych sektorów).



Rys. 10. Widok okna aplikacji w trakcie wyświetlania fragmentu trasy (zdjęcie, obrys skrajni oraz wybrany fragment chmury punktów oraz poniżej informacja o sektorach kodujących i pionowe słupki mówiące o możliwości kolizji)



Rys. 11. Widok okna aplikacji w trakcie wyświetlania fragmentu trasy (zdjęcie w podczerwieni, obrys skrajni oraz wybrany fragment chmury punktów), poniżej pionowe słupki mówiące o możliwości kolizji

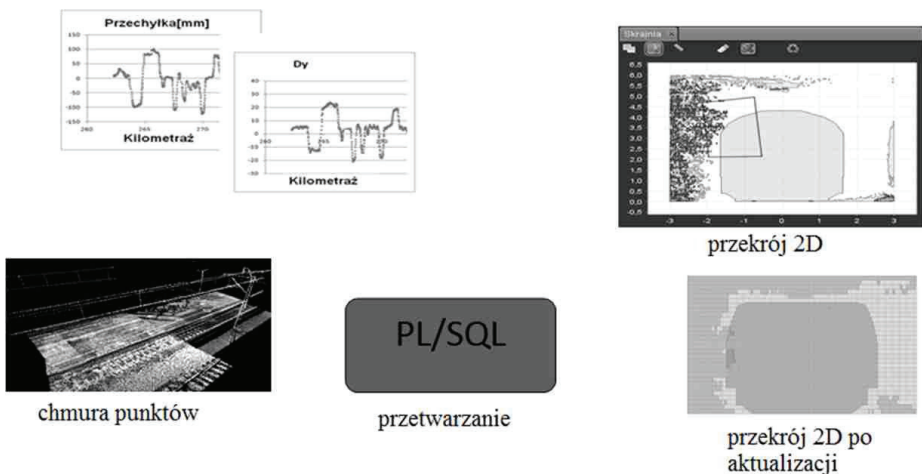
Idea weryfikacji kolizji

Istotą systemu kodyfikacji jest w pierwszej kolejności automatyczne zweryfikowanie potencjalnych miejsc kolizyjnych za pomocą prostej, a jednocześnie skutecznej metody. Na rys. 10 (lewy dolny róg) pokazano ideę weryfikacji kolizji. Jak wspomniano powyżej, sektorom kolizyjnym w kodowaniu przydzielono różne kolory. To ułatwia szybką weryfikację, gdzie należy szukać kolizji. Wykres słupkowy po prawej stronie u dołu, pokazuje jakie jest prawdopodobieństwo występowania kolizji oraz sektory, w których tej kolizji należy się spodziewać. Wysoki słupek oznacza, że odległości od sygnalizowanej przez system kolizji są duże. Brak jakiegokolwiek koloru w słupku oznacza prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji w sektorze.

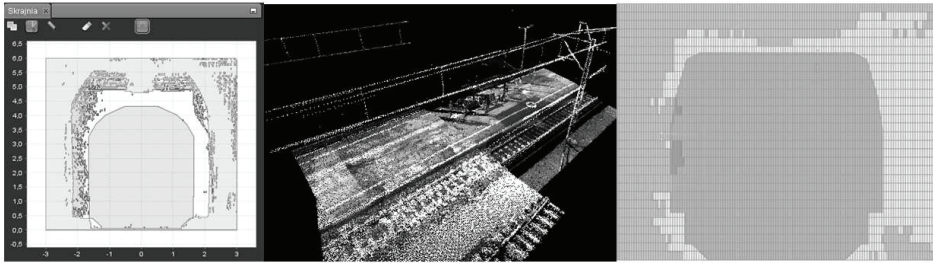
Po wykryciu kolizji należy uruchomić proces ich weryfikacji, który polega na analizie dziesięciometrowych odcinków kolizyjnych. Analiza wykonywana jest w oparciu o dane pomiarowe wyświetlane w oknach Przekrój 2D, Zdjęcia/Animacja i Chmura Punktów. Do analizy należy wykorzystać chmurę punktów oraz zdjęcia z kamery, na których najlepiej widoczna jest kolizja. Weryfikacja oprócz wizualnej oceny obiektu kolizyjnego pozwala na wykonanie pomiaru odległości. Wynikiem przeprowadzonej weryfikacji jest określenie rodzaju obiektu powodującego kolizję oraz stwierdzenie czy jest to element, który rzeczywiście uniemożliwia przewóz przesyłki.

Aktualizacja bazy danych

Osobnego zagadnienia wymagało zaprojektowanie schematu aktualizacji bazy danych zasilanej pomiarami wieloczasowymi. Fragment nieaktualnej chmury punktów musi zostać zastąpiony w bazie nowymi danymi. Na rys. 12 pokazano kolejne fazy przebiegu tego procesu.



Rys. 12. Proces aktualizacji danych w bazie
Źródło: {3}



Rys. 13. Przykład aktualizacji danych – ciemniejsze punkty na przekroju 2D oznaczają nowe dane, na chmurze punktów (zdjęcie środkowe) nowe dane są kolorem białym

Rysunek 13 przedstawia, jak praktycznie odbywa się proces aktualizacji danych. Widzimy, że po nałożeniu nowej chmury punktów pojawiają się nowe miejsca kolizyjne. System po zrobieniu aktualizacji bierze pod uwagę nowe dane i wskazuje te miejsca, które należy przeanalizować. Jeśli widok chmury punktów nie wystarcza do oceny kolizji, wtedy jako materiał pomocniczy można wykorzystać zdjęcia.

W przyszłości można rozbudować system o możliwość pomiaru „nowych” elementów bezpośrednio na chmurze lub zdjęciach.

Wnioski i podsumowanie

Wdrożony system pomiarowy skrajni linii kolejowych jest niezbędny do utrzymania aktualnej i wydajnej bazy danych skrajni linii kolejowych oraz automatyzacji obsługi przewozów ponadgabarytowych. Otrzymane wyniki pomiarowe wskazują na potrzebę:

- stworzenia systemu stacji referencyjnych pozycjonowania satelitarne go wzdłuż linii kolejowych,
- badanie możliwości redukcji wpływu inicjalizacji kinematycznej urządzeń żyroskopowych na dokładność wyznaczenia współrzędnych chmury punktów,
- adaptacji metod pomiaru nowych elementów skrajni bezpośrednio na chmurze w miarę rozwoju automatyzacji przetwarzania pomiarów laserowych (teksturowanie).

Niezbędna jest również ścisła współpraca z jednostkami prowadzącymi ruch kolejowy w celu zapewnienia optymalnego czasu przejazdu oraz zwrócenie szczególnej uwagi przy planowaniu tras pomiarowych, w celu uniknięcia przestoju na trasie pomiaru, obniżających uzyskane dokładności, wynikające ze specyfiki inicjalizacji kinematycznej, czyli prawidłowego ustawienia żyroskopów. Należy tak wybierać odcinki, aby mieć czas na inicjalizację kinematyczną w momencie dojazdu na miejsce wykonywania pomiarów. Wielokrotnie będzie to niemożliwe, ze względu na specyfikę ruchu kolejowego.

Bibliografia

- [1] Uhl T. oraz współautorzy, Raport końcowy do projektu „Opracowanie innowacyjnej metodyki i informatycznego systemu zarządzania dla kodyfikacji linii kolejowej”. Źródło własne PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. niepublikowane. Kraków 2015.
- [2] Uhl T. oraz współautorzy, Planowanie misji pomiarowej oraz przeprowadzanie pomiarów systemem pomiaru skrajni. Obsługa oprogramowania do przetwarzania danych, pochodzących z systemu pomiaru skrajni. Materiały szkoleniowe niepublikowane. Warszawa 2015.
- [3] Uhl T. oraz współautorzy, Przewodnik do zadań wykonywanych w ramach szkolenia w aplikacji KLK. Materiały szkoleniowe niepublikowane. Warszawa 2015.
- [4] PN EN 15273-1 Kolejnictwo - Skrajnie - Część 1: Postanowienia ogólne. Wymagania wspólne dla infrastruktury i pojazdów szynowych.
- [5] PN EN 15273-2 Kolejnictwo - Skrajnie - Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych.
- [6] PN EN 15273-3 Kolejnictwo - Skrajnie - Część 3: Skrajnie budowli.
- [7] Karta UIC 502-2 Exceptional consignments – Outline procedure. Wyd. 1, listopad 2009.
- [8] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 15 października 2012 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. 2012 poz. 1247)