

MŁYŃCZAK Jakub<sup>1</sup>  
CELIŃSKI Ireneusz<sup>2</sup>  
SIERPIŃSKI Grzegorz<sup>3</sup>

## Metoda dynamicznej inwentaryzacji infrastruktury kolejowej

### WSTĘP

Procesem inwentaryzacji nazywa się uporządkowany zbiór czynności elementarnych, zmierzających do sporządzenia tzw. spisu z natury określonych elementów systemów rzeczowych. Spis taki zestawiany jest na określony dzień (nawet, gdy trwa w praktyce dłużej, co w przypadku dużych zbiorów danych jest powszechną praktyką). Podstawowym celem inwentaryzacji jest ustalenie faktycznego stanu elementów  $a$  należących do pewnego zbioru  $A$  (na ogół majątku trwałego, tzw. inwentarza). Inwentaryzowany zbiór może dotyczyć jakichkolwiek rzeczy materialnych, ale może dotyczyć również praw.

Bezpośrednim wynikiem przeprowadzenia inwentaryzacji jest sporządzenie protokołu rozbieżności i podjęcie próby wyjaśnienia różnic pomiędzy stanem stwierdzonym z pomocą bieżącego spisu, a stanem wynikającym z dokumentacji poprzedniego spisu (procedura ta dotyczy brakujących elementów spisywanego zbioru). Ustalany jest w ten sposób zbiór elementów brakujących  $B$  oraz zbiór elementów pozostających w inwentarzu  $C = A - B$ . Spis inwentaryzacyjny jest czynnością powtarzaną cyklicznie z pewnym interwałem  $\Delta t$ . Różnice w poszczególnych okresach pomiędzy stanem spisu inwentarza wynikają głównie z powodu występujących ubytków formalnych. Powstają one na skutek naturalnych zmian cech fizycznych i użytkowych przedmiotów, procesów niszczenia, zużywania, erozji i przebywania w agresywnym chemicznie środowisku. Różnice te stanowią zbiór  $D$ , któremu towarzyszy zbiór ubytków pozaformalnych powodowanych przez np. kradzieże, zmiany organizacyjne, błędy dokumentacyjne i inne, stanowiące zbiór  $E$ , stąd  $B = D + E$ .

W odniesieniu do rzeczy fizycznych główną formą przeprowadzenia inwentaryzacji jest spis z natury. Polega on na fizycznym ustaleniu lokalizacji i stwierdzeniu obecności w tym miejscu konkretnego elementu i spisanie lub sczytanie (w wykorzystaniu różnych technik i technologii) jego identyfikatora. Dla aktywów finansowych oraz pewnych składników majątku, których nie można weryfikować w racjonalnym czasie z wykorzystaniem dostępnych środków technicznych dopuszcza się inne formy akwizycji: weryfikacji i uzgodnienia (deklaracje, uzgodnienia itp.).

Zasadniczo inwentaryzacja infrastruktury kolejowej wykonywana może być metodą spisową z natury. Jednak liczba składników majątkowych w skali całej sieci krajowej (podmiot odpowiedzialny: PKP PLK), czy nawet wojewódzkiej (okręgowej, PKP PLK) jest tak duża, że jest to proces niezmiernie skomplikowany i czasochłonny. Często wykorzystywana technika zaczytywania danych z map lotniczych, czy satelitarnych (tak jak ma to miejsce w geodezji i kartografii), w tym przypadku jest zawodna. Sposób opracowywania ortofotomap powoduje, że małe elementy infrastruktury kolejowej mogą być na takich mapach nieczytelne. Inwentaryzacja takich rozległych składników majątkowych może być, zatem przeprowadzana ręcznie, ale jest nieefektywna, zwłaszcza na obszarze kilkuset tysięcy kilometrów kwadratowych w skali sieci kolejowej całego kraju. W tym przypadku w celu przeprowadzenia inwentaryzacji korzystniejsze jest zastosowanie współczesnych narzędzi informatycznych i telekomunikacyjnych.

Inwentaryzacja elektroniczna elementów infrastruktury kolejowej może być wykonana techniką odczytu kodów kreskowych (BarCode, technika nie jest z reguły stosowana dla składników majątkowych zewnętrznych) i/lub fal radiowych (RFID, stosowana czasem do odczytu identyfikatorów taboru handlowego i jego składników, takich jak kontenery) lub tak jak

<sup>1</sup> Wydział Transportu, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

<sup>2</sup> Wydział Transportu, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

<sup>3</sup> Wydział Transportu, Politechnika Śląska, ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice

zapropozowano w niniejszym artykule z wykorzystaniem systemu GPS. Zaznaczyć należy, że w artykule skupiono się na inwentaryzacji elementów stałych (nieruchomych, składników majątku podmiotu zarządzającego infrastrukturą kolejową). Metoda ta może być jednak stosowna również do inwentaryzacji składników ruchomych majątku. Dla przykładu może to dotyczyć np. zagadnienia inwentaryzacji wagonów na stacji rozrządowej. Zgodnie z proponowaną w tym artykule metodyką można to zrobić w ciągu kilkudziesięciu minut.

Dane uzyskane w ten sposób przetwarzane są za pomocą specjalizowanego oprogramowania bazodanowego. Kod kreskowy jest symboliczną reprezentacją cech elementu infrastruktury w postaci ściśle określonych sekwencji ciemnych i jasnych prążków (pasków). Technologia RFID (ang. radio-frequency identification) wykorzystuje do identyfikacji obiektów fale radiowe. Do odczytu cech obiektów wykorzystuje się fale radiowe korzystając z nadajnika stanowiącego etykietę spisywanego elementu. W proponowanej metodzie można użyć odczytu sygnału GPS w miejscu lokalizacji elementu infrastruktury kolejowej wraz z zanotowaniem typu, rodzaju i stanu elementu infrastruktury.

Obecnie w zakresie inwentaryzacji możliwe jest stosowanie innych technologii komunikacyjnych takich jak WiFi, GSM, BT i inne. Jest to głównie kwestia implementacji sposobu technicznej integracji nadajnika (jego miniaturyzacji i obniżenia kosztów jednostkowych) z elementem infrastruktury. Przy cenie modułów GSM dochodzącej do kilku dolarów rozwiązanie to staje się coraz bardziej popularne. Praktycznie w przypadku kosztownej infrastruktury, a taką jest kolejowa, integracja nadajnika GSM z jej elementem jest nieznaczająca w ogólnym koszcie zakupu i eksploatacji środka transportu lub urządzenia.

Wspomniana wyżej w artykule teoria procesu inwentaryzacji jest przykładem procesu statycznego. Zakres prac, obszar spisu jak również liczba elementów spisywanych nie umożliwia realizacji takiego spisu w krótkich interwałach czasu  $\Delta t \ll 365 \text{ dni}$ . Jeżeli spisywane elementy nie są związane w jakikolwiek sposób z bezpieczeństwem, w tym przypadku ruchu kolejowego, jest to sytuacja zrozumiała, akceptowalna i dopuszczalna. Co jednak, jeśli, takie elementy mają istotne znaczenia dla bezpieczeństwa ludzi i mienia? Czy okres inwentaryzacji wynoszący 1 rok lub dłuższy nie jest zbyt długi? W przedmiocie tego artykułu pytania stawiane są w odniesieniu do elementów bezpośrednio związanych z bezpieczeństwem ruchu kolejowego. Jakikolwiek braki w zakresie obecności, czy uszczerbki w stanie technicznym, elementu infrastruktury biorącego czynny lub bierny udział w zabezpieczeniu procesu przemieszczania się w sieci powodują realne zagrożenie dla bezpieczeństwa ruchu kolejowego. W takim wypadku należy rozważyć propozycję wprowadzenia do użytku metody dynamicznego pomiaru/inwentaryzacji obecności i stanu elementów infrastruktury ruchu kolejowego na szlakach w pewnym, z reguły „większym” obszarze.

Innym, częstym problemem w zakresie inwentaryzacji niektórych zbiorów jest ustalenie położenia, każdego jego elementu oraz określenie ich stanu (przynajmniej zgrubnie). Jeżeli nie występuje konieczność odczytu cech indywidualnych przedmiotu z wykorzystaniem zaawansowanej techniki (RFID, GSM, BarCode), ale tylko jego lokalizacji (współrzędne fizyczne) i ogólnego stanu technicznego można posłużyć się metodą dynamicznej inwentaryzacji zaproponowaną w niniejszym artykule. Przykładem realizacji takiej dynamicznej metody może być inwentaryzacja infrastruktury kolejowej (lub dowolnej innej transportowej). Metodę taką sformalizowano na potrzeby badania elementów systemu w układzie: pojazd szynowy – maszynista – szlak kolejowy w ramach badań programu Demonstrator+. W założeniu prezentowana metoda ma umożliwiać inwentaryzację dynamiczną elementów infrastruktury kolejowej na dowolnym szlaku. Celem metody jest korelacja zachowań personelu obsługującego pojazd szynowy z elementami infrastruktury kolejowej. Słowo „dynamiczna” w przymiotniku nazwy metody oznacza fakt, że pomiar realizowany jest w okresie dopuszczalnie krótkim, maksymalnie kilkugodzinnym i dotyczy dużych obszarów sieci kolejowej. Oznacza to, że  $\Delta t(S, V)$ , gdzie  $S$  - oznacza długość inwentaryzowanego szlaku kolejowego, spisywanego przy prędkości  $V$ , zależy od prędkości pojazdu biorącego udział w spisie i przebytej w tym czasie odległości. Metodę dynamicznej inwentaryzacji szlaku kolejowego opisano w dalszej części artykułu. Na marginesie można dodać, że podobna metoda autorska wykonywana w ruchu

drogowym odbywa się w specjalnym pojeździe technicznym (specjalne oznaczenia pojazdu) i realizowana jest z prędkościami rzędu 20-30 km/h.

## 1 ONTOLOGIA INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ

Elementy infrastruktury kolejowej w różnych aspektach technicznych mają różną wagę. Przykładowo, tor kolejowy, pomimo, że bez niego nie istnieje ruch pociągów, z punktu widzenia inwentaryzacji ma dużo mniejsze znaczenie, niż np. elektromagnes SHP czy semafor. Ponadto, należy podkreślić, że prowadzone w ramach projektu prace mają na celu poprawę bezpieczeństwa i wygody pasażerów. W związku z tym, istotne dla potrzeb inwentaryzacji są elementy, na których uwagę powinien skupić maszynista pojazdu trakcyjnego. Elementy te można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- elementy infrastruktury: semafor, tarcza manewrowa, tarcza zaporowa, zwrotnica, wykolejnica, wskaźniki, przejazd kolejowy, tarcza ToP, wiadukt, tunel, kozioł oporowy.
- sygnały i wskaźniki: obrazy semaforów, obrazy tarcz manewrowych, D1, Z1, Z1wk, D6, We2, We4, We8, W14, W9, W8, W11, Wz2, Wz3, Wz5, Wz6, Wz7, Wz8, W17, W24, W27, W4, W5, W16, W6, W15, W28.

Kolejność elementów w obu przedmiotowych grupach została ustalona po konsultacjach merytorycznych z czynnymi zawodowo maszynistami z długoletnim doświadczeniem zawodowym. Można zauważyć, że część z elementów infrastruktury istotna dla prowadzenia ruchu nie wymaga częstej inwentaryzacji (np. semafony, tarcze manewrowe, przejazdy kolejowe, itp.), natomiast wskaźniki wymagają dużo częstszej inwentaryzacji, chociażby ze względu na zmiany w ograniczeniach prędkości itp.

Należy zaznaczyć, że zaproponowana inwentaryzacja z wykorzystaniem GPS pozwala na naniesienie położenia inwentaryzowanych elementów na różnego rodzaju mapy cyfrowe, bazy danych nawigacji samochodowych itp. Pozwoli to na lepsze odnajdywanie elementów infrastruktury w terenie dla personelu obsługi (np. dla monterów – dyżurantów) co znacznie przyspieszy proces napraw lub konserwacji. Zwłaszcza, że wiele elementów infrastruktury kolejowej znajduje się w miejscach trudnodostępnych.

Z punktu widzenia maszynisty istotne są elementy związane z informacją o możliwości kontynuowania jazdy i dopuszczalnej prędkości, a także informacje związane z procesem przejazdu pociągu przez stację (zwrotnice, wykolejnice), tak w jeździe manewrowej jak i pociągowej.

## 2 POZYCJONOWANIE SATELITARNE

W proponowanej w niniejszym artykule metodzie dynamicznej inwentaryzacji infrastruktury kolejowej stosuje się pozycjonowanie jej elementów z wykorzystaniem systemu GPS (Global Positioning System). System GPS lub GPS-NAVSTAR (ang. Global Positioning System – NAVigation Signal Timing And Ranging) jest to system nawigacji satelitarnej umożliwiający lokalizację jego odbiornika (a przez to również użytkownika) praktycznie w dowolnym punkcie na kuli ziemskiej. Podstawowym zadaniem systemu jest umożliwienie sprawnej nawigacji użytkownikowi systemu (właścicielowi odbiornika) w przestrzeni (odczytywana jest również wysokość n.p.m., rysunek 6). System ten poza infrastrukturą orbitalną (satelity, segment kosmiczny) wyposażony jest w infrastrukturę naziemną, głównie służącą do zwiększania precyzji pozycjonowania użytkowników systemu (sieć stacji bazowych zwiększających dokładność pozycjonowania). Działanie systemu sprowadza się do pomiaru czasu propagacji sygnału radiowego do odbiorników na ziemi (poziom gruntu, pułap lotu itd.) na podstawie pomiaru częstotliwości dwóch fal referencyjnych o różnych częstotliwościach. System korygowany jest na podstawie wskazań zegarów atomowych, które pozwalają dokładnie obliczyć różnice propagacji sygnałów. Konieczność kalibracji wynika chociażby z różnic w charakterystyce jonosfery ziemskiej. Pomiar tego czasu z kilku satelitów umożliwia wyznaczenie położenia odbiornika. System GPS jest skonstruowany w taki sposób, aby jednocześnie w dowolnym punkcie Ziemi były widoczne minimum cztery satelity poruszające się na orbicie geostacjonarnej (ok. 20 km).

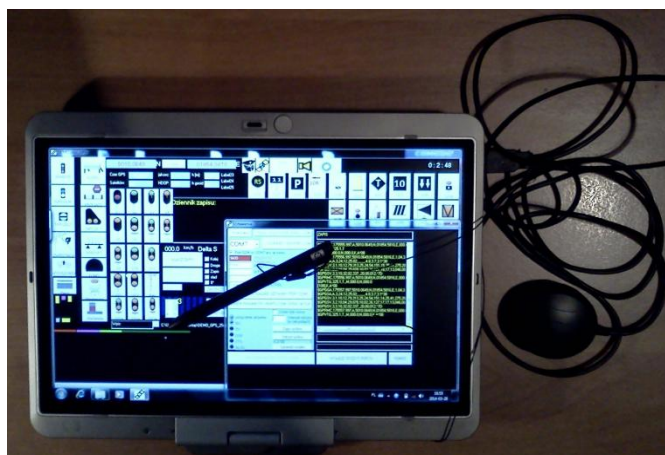
Dokładność pomiaru miejsca lokalizacji odbiornika zależy od wielu czynników, w tym jakości pozycjonowania sieci referencyjnych naziemnych, jakości odbiornika, stanu pogody, liczby widocznych satelitów, zakłóceń z otoczenia itp. W literaturze określa się średnią dokładność pozycjonowania na poziomie od 2-3 metrów do kilkunastu []. Za dobrą dokładność uważa się obecnie taką, która dochodzi do rzędu wielkości metrów, nie dziesiątek.

Do określania dokładności pozycjonowania można użyć wartość przybliżenia za pomocą wskaźnika CEP (ang. Circular Error Probable, wskaźnik wojskowy). Wartość wskaźnika określa statystyczny udział punktów pomierzonej lokalizacji o zadanej dokładności w całym ich zbiorze. CEP wynoszący 60% procent dla odległości 0÷5 metrów informuje, że 60% uzyskanych danych lokalizacji zawiera się w zakresie błędu 0÷5 metra. Co ciekawe ustalenie pozycji poruszającego się obiektu jest znacznie łatwiejsze, gdyż można dyskryminować pewne pomiary nie spełniające warunków równań dynamiki ruchu. Takie procedury stosuje się w prezentowanej metodzie.

W artykule wykorzystano pomiary z systemu GPS, jakkolwiek na rynku są już dostępne urządzenia działające w ramach rosyjskiego systemu GLONASS. Wkrótce można oczekiwać odbiorników w systemach Galileo, Compass (CHRL) oraz IRNSS (INDIE). Co ciekawe deklarowana dokładność systemu Galileo ma dochodzić do kilkudziesięciu centymetrów, aczkolwiek postęp prac nad tym systemem nadal pozostawia wiele do życzenia.

### 3 OPIS PROPONOWANEJ METODY

W proponowanej metodzie dynamicznego pomiaru położenia (lokalizacji fizycznej na sferze ziemskiej) i stanu elementów infrastruktury kolejowej (zapis: ubytek, zniszczony) wykorzystuje się pomiar na zasadzie ruchomego obserwatora zlokalizowanego w kabinie pojazdu szynowego (nie jest to i nie powinien nim być maszynista). Ruchomy obserwator porusza się wraz z pojazdem po danym szlaku kolejowym notując dynamicznie stan inwentarza na komputerze przenośnym. W przedmiotowej metodzie zakłada się użycie specjalistycznego oprogramowania do pomiaru lokalizacji elementów inwentarza infrastruktury kolejowej, zainstalowanego na urządzeniu mobilnym (tablet) wyposażonym w system operacyjny MS Windows. Tablet wyposażony zostaje ponadto w odbiornik GPS (do 4 niezależnych urządzeń) mocowany magnetycznie na dowolnym elemencie wyposażenia kabiny lub na zewnątrz pojazdu. Elementy zestawu przedstawia rysunek 1. W trakcie ruchu pojazdu szynowego po szlaku obserwator naciska (klika) ikony programu inwentaryzującego reprezentujące odpowiednie elementy infrastruktury kolejowej. W praktyce testowano różne ekrany dotykowe, dochodząc do wniosku, że najlepszą metodą jest wykorzystanie do tego celu digitizera (piórka cyfrowego) z uwagi na wstrząsy notowane w kabinie pojazdu szynowego.



Rys.1. Urządzenie pomiarowe na bazie tabletu i odbiornika GPS. Źródło: Opracowanie własne.

Każdemu naciśnięciu (kliknięciu) ikony pulpitu reprezentującej dany element inwentarza (kliknięcie wykonywane jest bezpośrednio w trakcie mijania elementu infrastruktury) towarzyszy skanowanie jego pozycji zgodnie ze wskazaniem systemu GPS. Aby taka funkcjonalność



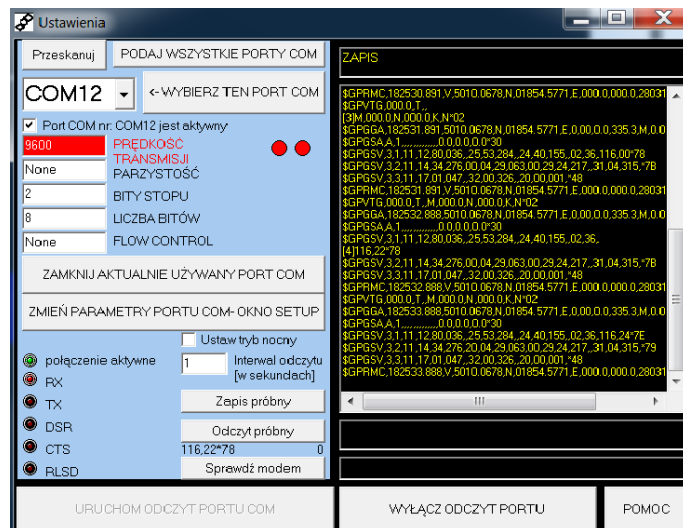
oprogramowania do inwentaryzacji była możliwa w tle procesu inwentaryzacji cały czas wykonywany jest wątek dotyczący skaningu kodu NMEA w standardzie 183/2000. Standard 183 NMEA został opublikowany przez National Marine Electronics Association. Jest to protokół komunikacji między morskimi urządzeniami elektronicznymi (de facto pomiędzy okrętami poruszającymi się po rozległych akwenach). W chwili obecnej protokół ten powinien ewoluować w celu dostosowania go do warunków ruchu w obszarach miejskich. W tym przypadku jest on (standard NMEA) wykorzystywany do odczytu w czasie rzeczywistym informacji nadawanych z nadajników (satelitów) GPS. Kod standardu NMEA przetwarzany jest w autorskim oprogramowaniu z wykorzystaniem zaawansowanego parsera, który ekstrahuje z nadawanego sygnału GPS różne parametry, w tym najważniejszy: lokalizację odbiornika w pojedzie szynowym. W ten sposób zgrubnie jest korelowana pozycja odbiornika GPS w momencie naciśnięcia przycisku oznaczającego dany element infrastruktury z jego faktyczną lokalizacją. Odległość od mijanego elementu (semafor, zwrotnica, wskaźnik) nie jest z reguły większa niż odległość: oś pojazdu szynowego – element). W praktyce wynosi to około 1,5 do 3 metrów, co stanowi  $1/4 \div 1/2$  uzyskiwanych w praktyce dokładności odczytu. Z uwagi na prędkość jaką rozwija pojazd szynowy, zwłokę czasową czasu reakcji osoby spisującej inwentarz, odchylenia osobnicze obserwatora w zakresie sprawności manualnych i psychofizycznych, pomiar taki obarczony jest pewnym błędem. Ponadto pewne elementy infrastruktury takie jak zwrotnice mijane są ponad nimi, co w pewnym stopniu utrudnia realizację precyzyjnych pomiarów. Dodatkową funkcjonalnością metody jest w tym przypadku:

- możliwość notowania dla znaku drogowego faktu jego uszkodzenia lub innej wady,
- możliwość notowania chwilowego stanu sygnalizatora lub tarczy ew. innego elementu, którego wskazania są zmienne w czasie,
- możliwość notowania ubytku znaku lub innych uwag (zależy od gęstości rozmieszczenia elementów na szlaku).
- w przyszłości planuje się implementację tej metody do inwentaryzacji wagonów towarowych na stacji rozrządowej z wykorzystaniem techniki image processingu.

Co ważne w trakcie jednego 2h przebiegu ze średnią prędkością 50 km/h można zinwentaryzować w ten sposób do 100 km szlaku kolejowego. Jest to istotna zaleta funkcjonalności proponowanej metody.

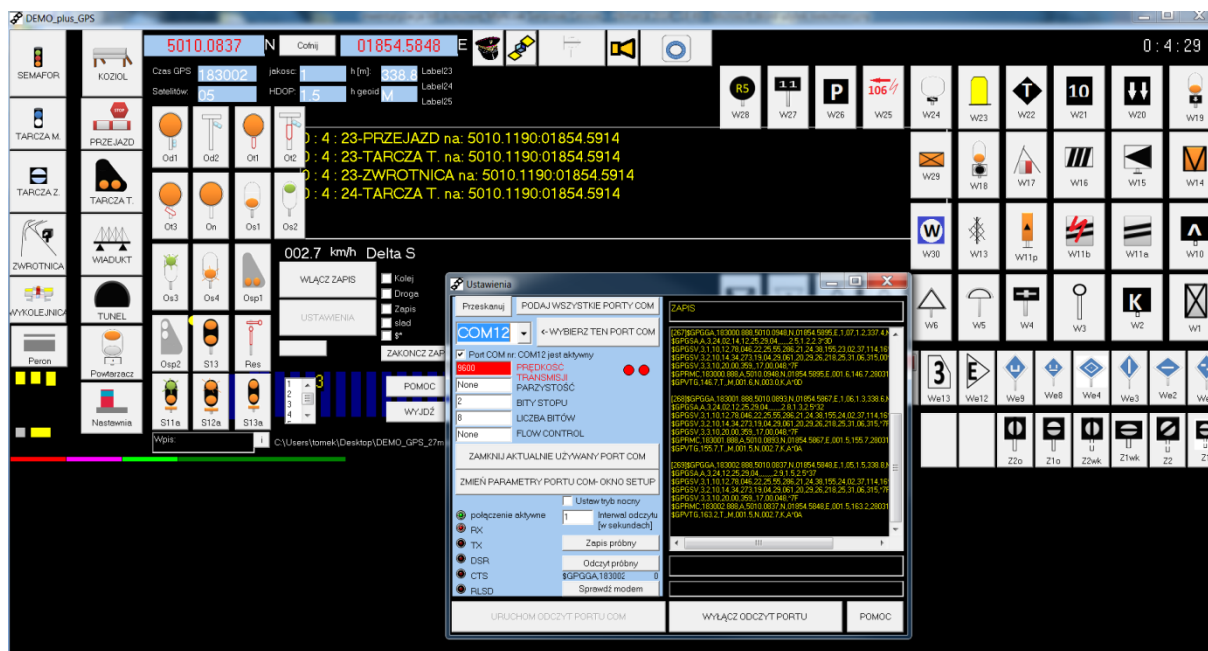
#### **4 SKRÓCONY OPIS PROGRAMU DLA CELÓW INWENTARYZACJI INFRASTRUKTURY KOLEJOWEJ**

W programie przeznaczonym dla celów inwentaryzacji infrastruktury kolejowej wykorzystano zaawansowany parser kodu w standardzie NMEA. W celu odczytu sygnału należy podpiąć do urządzenia platformy mobilnej (w tym przypadku tablet HP 2710p, lub jakiegokolwiek inny posiadający rozdzielczość min. 1280x800 i system min. Windows 7) odbiornik GPS. Odbiornik GPS może być dowolny. Warunkiem koniecznym uruchomienia zestawu jest komunikacja odbiornika GPS z systemem/oprogramowaniem za pomocą portu COM (port COM nie musi być fizycznie obecny w systemie, może być emulowany). Po podpięciu odbiornika należy skonfigurować port COM, z którego będą odczytywane sekwencje NMEA. Przebieg procesu konfiguracji ilustruje rysunek 2.



Rys. 2. Konfiguracja parametrów transmisji z odbiornikiem GPS. Źródło: Opracowanie własne.

Dla danego typu odbiornika GPS należy ustawić odpowiedni numer portu COM i właściwą dla niego prędkość odczytu danych z portu (w zależności od producenta i układu GPS jest ona różna). Po podpięciu portu COM do aplikacji, w oknie obok (rysunek 2), po chwili, pojawią się sekwencje odbieranych kodów w standardzie NMEA nadawanych przez widoczne satelity. Odczytana pozycja wyświetlana jest w oknie głównym programu. Okno to przedstawiono na rysunku 3.

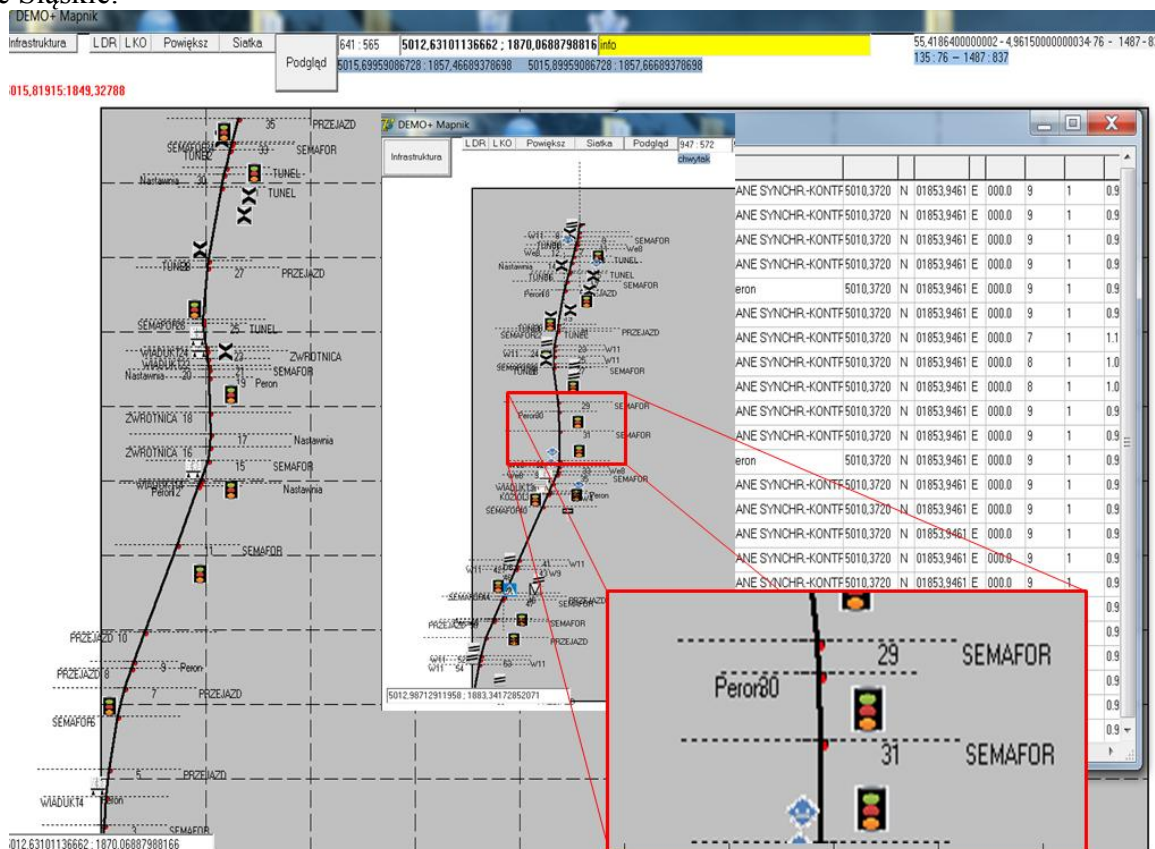


Rys. 3. Okno główne programu DEMO\_PLUS\_GPS do inwentaryzacji infrastruktury kolejowej. Źródło: Opracowanie własne.

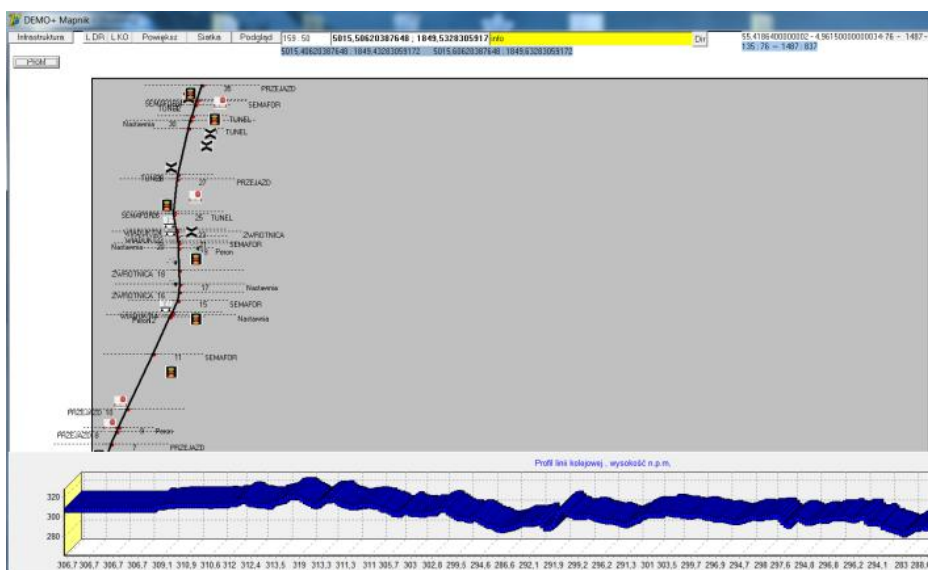
W oknie przedstawionym na rysunku 3 w górnej jego części osoba spisująca inwentarz widzi aktualne wskazania pozycji odbiornika w systemie GPS. Osoba ta widzi również kilkadziesiąt ikon reprezentujących inwentaryzowane elementy infrastruktury kolejowej (opracowywany jest aktualnie nowy interfejs programu). W trakcie mijania danego elementu, odpowiedniego typu infrastruktury, obserwator/spisowy naciska (klika) ikonę reprezentującą jego obraz (piktogram). Pewne elementy (sygnały, wskaźniki, znaki drogowe) pogrupowano w odpowiednie grupy funkcjonalne. W ten prosty sposób następuje w trakcie przejazdu szlaku zanotowanie, interesujących akwizytora, pozycji elementów infrastruktury. Dane te mogą być następnie obrabiane w zewnętrznym programie typu CAD: InfraCAD-R (Infra Cad-D służy do obliczeń w zakresie infrastruktury drogowej).

## 5 PRZYKŁADY POMIARÓW

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono trzy przykładowe pomiary związane z inwentaryzacją elementów infrastruktury kolejowej. Demonstracje stanowią wydruki z autorskiego programu do analizy infrastruktury kolejowej InfraCAD-R. Rysunek 5 dotyczy przykładu inwentaryzacji elementów infrastruktury na posterunku ruchu. Ilustracje zamieszczone na rysunku 4 dotyczą przejazdu tam i z powrotem w aglomeracji śląskiej po jednym ze szlaków eksploatowanych przez Koleje Śląskie.

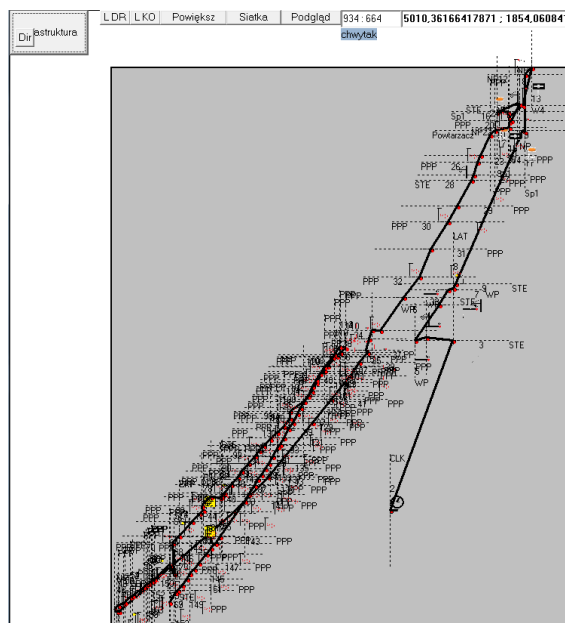


Rys. 4. Przykład inwentaryzacji szlaku kolejowego (w programie InfraCAD-R) eksploatowanego pociągiem Kolei Śląskich a/ relacja TAM (lewa strona rysunku) b/ relacja POWRÓT (prawa). Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 5. Przykład inwentaryzacji szlaku kolejowego w programie InfraCad-R, profil linii kolejowej. Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 5 przedstawiono uzyskany w proponowanej metodzie profil linii. Jest to istotny element dla bezpieczeństwa ruchu z uwagi na charakterystyki trakcyjne pojazdów szynowych oraz pewne niekorzystne warunki na szlaku, jakie mogą zachodzić w pewnych okresach roku (warunki atmosferyczne, oblodzenie). Proponowana inwentaryzacja elementów infrastruktury kolejowej poza wymienionymi przesłankami: akwizycja, wykorzystanie w programach badawczych ma jeszcze inny wymiar, analiz badawczych w zakresie bezpieczeństwa ruchu pojazdów szynowych.



Rys. 6. Przykład inwentaryzacji kolejowego posterunku ruchu w województwie śląskim (InfraCAD-R). Źródło: Opracowanie własne.

Na rysunku 6 przedstawiono przykład inwentaryzacji pieszej w rejonie stacji kolejowej (można wykonać w dowolnym posterunku ruchu). Jest to inny przykład dynamicznej inwentaryzacji infrastruktury ruchu kolejowego, (choć nie tylko). W tym przypadku pieszy obserwator poruszając się w rejonie posterunku ruchu inwentaryzuje jego elementy. Poza typowymi elementami wyposażenia szlaku kolejowego, w programie, inwentaryzować można również: geometrie składników posterunku ruchu: kształt peronów, lokalizacje tablic informacyjnych, pochylni, kładek dla pieszych, schodów stałych i ruchomych i wielu innych). Na podstawie doświadczeń autorów można stwierdzić, że z wykorzystaniem tej metody można w czasie kilkadziesiąt minut zinwentaryzować całą stację kolejową małej wielkości.

## PODSUMOWANIE

Okresowa inwentaryzacja infrastruktury kolejowej jest procesem czasochłonnym. Rzetelny spis inwentarza wymaga dużej uwagi. Proces ten jest istotny z wielu powodów, wśród których ważne miejsce zajmuje bezpieczeństwo. Przedstawiona metoda jest w stanie zastąpić tradycyjne techniki inwentaryzacji. Do jej zalet z pewnością można zaliczyć możliwość łatwiejszej powtarzalności procesu w niedługich odstępach czasu, a także krótszy czas realizacji. Nie bez znaczenia pozostaje też duża precyzja określenia lokalizacji poszczególnych obiektów w przestrzeni, co przy zastosowaniu standaryzacji daje możliwość szybkiej wizualizacji tych obiektów na mapach (np. Open Street Map). Nie bez znaczenia jest możliwość przystosowania tej metody do inwentaryzacji obiektów ruchomych. Metoda wymaga dopracowania, aczkolwiek wykonane dotychczas pomiary (w tym jazdy testowe) z wykorzystaniem opisanego w artykule oprogramowania potwierdzają jej użyteczność w ramach opisanego celu. Ważną zaletą jest możliwość prowadzenia inwentaryzacji w sposób nietypowy - incydentalnie. Dotyczy to przypadków wystąpienia zdarzeń nagłych wymagających przeprowadzenia inwentaryzacji w celach np. dokumentacji w procedurach sądowych.



### **Streszczenie**

*W artykule przedstawiono propozycję usprawnienia procesów inwentaryzacji w odniesieniu do infrastruktury kolejowej. Opisana metoda dzięki wykorzystaniu technologii GPS oraz ruchomego obserwatora (umieszczonego w kabinie pojazdu trakcyjnego) pozwala na realizację procesu inwentaryzacji w sposób efektywny, a także daje możliwość wielokrotnej powtarzalności tego procesu w niedługich odstępach czasu. Zastosowanie proponowanej metody może mieć bezpośrednie przełożenie na poprawę bezpieczeństwa ruchu kolejowego z uwagi na możliwość określania braków i uszkodzeń ważnych elementów infrastruktury kolejowej. Przeprowadzone testy (próbne inwentaryzacje na szlakach) dowodzą, że metoda może być stosowana w praktyce.*

## The method of dynamic inventory of railway infrastructure

### **Abstract**

*The article presents a proposal to improve inventory processes in relation to the railway infrastructure. The method described by using GPS technology and a moving observer (located in the cab of the vehicle traction) allows for the implementation of the inventory process in an efficient manner, and also gives the possibility of multiple repetition of this process in short intervals. The application of the proposed method can have a direct impact on improving the safety of rail traffic due to the ability to determine the deficiency and failures of important elements of the railway infrastructure. The tests (test inventories lanes) show that the method can be applied in practice.*

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Basiewicz T., Gołaszewski A., Rudziński L.: Infrastruktura transportu. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
2. Cieślakowski S. J.: Stacje kolejowe. WKŁ, Warszawa 1992.
3. Karbowski H. Podstawy infrastruktury transportu. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Humanistyczno-Ekonomicznej w Łodzi. Łódź 2009.
4. Towpik K.: Infrastruktura transportu kolejowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
5. Tundys B.: Logistyka miejska. Koncepcje. Systemy. Rozwiązania. Difin, Warszawa 2008.
6. <http://www.utk.gov.pl/pl/dostep-do-infrastruktury/zarzadzanie-infrastruktury/3572,Zarzadzanie-infrastruktura-kolejowa.html> (odsłona 20.09.2014)