

SYSTEMOWA OCENA BEZPIECZEŃSTWA KOLEI – METODOLOGIA OCENY DLA SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

Marek Pawlik

dr inż., Instytut Kolejnictwa, ul. Chłopickiego 50, 04-275 Warszawa, tel.: +48 22 473 1308,
e-mail: mpawlik@ikolej.pl

Streszczenie. *Transport kolejowy obejmuje zarówno tabor i przewozy kolejowe, jak i infrastrukturę oraz procedury i personel, bez których usługi przewozowe nie mogłyby być realizowane. Z jednej strony konieczne jest zapewnienie bezpieczeństwa usług transportowych, a z drugiej z powodu podziału kolei na wiele podmiotów gospodarczych analizy ryzyka prowadzone są z wykorzystaniem zróżnicowanych metodologii przez różne zespoły bez zapewnienia ich komplementarności. Niniejszy artykuł przedstawia podstawowe informacje o kompleksowej metodzie analizy bezpieczeństwa szczegółowo przedstawionej w monografii autora wydanej w roku bieżącym przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej.*

Słowa kluczowe: *bezpieczeństwo, ochrona, cyberbezpieczeństwo*

1. Wprowadzenie

Transport kolejowy w państwach członkowskich Unii Europejskiej (UE) zorganizowany jest w sposób odmienny od wykorzystywanego w innych krajach świata. W przypadku krajów UE, ze względu na zapisy prawa, transport kolejowy współtworzą podmioty zarządzające infrastrukturą, po której realizowane są przewozy oraz przewoźnicy, którzy z tej infrastruktury korzystają, realizując przewozy osób i rzeczy.

Wielu przewoźników korzysta z tej samej infrastruktury konkurując ze sobą. Wszelkie spory i wyzwania wymagające uwzględniania relacji pomiędzy tymi podmiotami pozostają w zakresie działania narodowego organu, działającego jako regulator rynku oraz krajowy organ bezpieczeństwa. W Polsce role te pełni Urząd Transportu Kolejowego (UTK). Poza UE koleje nadal funkcjonują jako kompleksowe przedsiębiorstwa krajowe, tak jak było to w przeszłości także w krajach UE. Podział kolei na niezależne podmioty z pewnością zwiększa konkurencyjność kolei. Koleje podążają w tym zakresie śladami innych rodzajów transportu, gdzie podział na infrastrukturę i środki transportu dawno doprowadził do niezależnego zarządzania np. lotniskami i przewozami lotniczymi. Jednocześnie podział taki niesie za sobą pewne ryzyka niedoceniania zagrożeń, które są dziś na styku odpowiedzialności pomiędzy różnymi podmiotami a nie w ramach jednej organizacji. Z tego

względu zasadne było podjęcie prac nad zdefiniowaniem nowego kompleksowego podejścia do bezpieczeństwa transportu kolejowego.

2. Przesłanki do metodologii oceny systemów transportowych

2.1. *Podział kolei na wiele podmiotów gospodarczych*

Jak wspomniano we wstępie obecna kolej to wielu przewoźników konkurujących na infrastrukturze udostępnianej im wszystkim przez zarządcę infrastruktury. Prawo UE narzuciło wydzielenie z dawnych kolei narodowych wzajemnie niezależnych przewoźników pasażerskich, przewoźników towarowych oraz zarządców infrastruktury. W praktyce w Polsce mamy, powiedzmy, dwudziestu przewoźników pasażerskich, siedemdziesięciu przewoźników towarowych oraz dziesięciu zarządców infrastruktury, ale także osobne przedsiębiorstwa zajmujące się zasilaniem trakcyjnym, łącznością dla potrzeb kolei, kolejowymi nieruchomościami, czy też wsparciem informatycznym systemu kolejowego.

Wielość podmiotów stawia przed transportem kolejowym nowe wyzwania w zakresie bezpieczeństwa transportu kolejowego. To z tego względu dyrektywy narzucające podział kolei na podmioty gospodarcze realizujące różne zadania [1,2] uzupełnione zostały rozbudowaną dyrektywą, dedykowaną w całości bezpośrednio bezpieczeństwu transportu kolejowego [3]. Obecnie koleje w UE są na etapie wdrażania czwartego pakietu kolejowego. Obejmuje on w szczególności dyrektywę w sprawie interoperacyjności kolei [4] oraz dyrektywę w sprawie bezpieczeństwa kolei [5].

Czwarty pakiet kolejowy wprowadza pełną liberalizację przewozów. Przewoźnicy dopuszczeni do świadczenia usług przewozowych w dowolnym kraju UE z zasady uznawani są za dopuszczonych do świadczenia takich usług we wszystkich państwach Unii. Nie zmienia to natychmiast ilości przewoźników pasażerskich operujących na polskich torach kolejowych, ze względu, z jednej strony na uwarunkowania rocznego rozkładu jazdy, a z drugiej, na zasady stosowane dla publicznie dofinansowywanych pasażerskich usług przewozowych. Niemniej w odniesieniu do transportu kolejowego, w tym transportu ładunków niebezpiecznych, nowi przewoźnicy mogą pojawiać się z pojedynczymi przewozami, a także z regularnymi usługami właściwie w każdym momencie. W tym kontekście wskazać należy, że ze względu na opłaty za dostęp do infrastruktury, które przewoźnicy w pewnej części ponoszą także wówczas, gdy dostęp do infrastruktury zamówią i z niego nie skorzystają. Przewoźnicy towarowi większość tras zamawia ad hoc, zwykle z wyprzedzeniem rzędu dwóch dni. To zaś oznacza, że nowy przewoźnik, o którego podejściu do bezpieczeństwa nie było konfrontowane bezpośrednio z podejściem zarządcy może pojawić się w naprawdę krótkim czasie.

Pojawianie się takich nowych, w tym incydentalnie korzystających z polskiej infrastruktury przewoźników nie będzie z pewnością prowadziło do nagłego wzro-

stu ilości wypadków. Niemniej wydaje się, że w tym kontekście reasumpcja podejścia do bezpieczeństwa jest jak najbardziej zasadna.

2.2. Istotne zmiany rozwiązań technicznych stosowanych na kolei

Równolegle zmienia się wykorzystywana przez transport kolejowy technika. Staje się ona z jednej strony coraz bardziej nowoczesna, a z drugiej coraz bardziej podobna do tej wykorzystywanej powszechnie.

Stosowanie rozwiązań technicznych dedykowanych wyłącznie dla transportu kolejowego traktowane jest jako negatywnie wpływające na konkurencyjność w stosunku do innych rodzajów transportu. Rozwiązania dedykowane są postrzegane jako drogie, w szczególności z powodu ograniczonej skali produkcji. Przykładowo: transport kolejowy korzystał i w wielu krajach nadal korzysta, z własnego standardu telekomunikacyjnego. W Polsce z radia kolejowego VHF w paśmie 150 MHz, w innych krajach UE z radia w paśmie 450 MHz, przy czym rozwiązania stosowane w różnych krajach nie były ze sobą zgodne. Rynek bezprzewodowej telefonii komórkowej tylko w Polsce to ponad dwadzieścia milionów użytkowników – wiele osób korzysta nie tylko z telefonu, ale także innych urządzeń wykorzystujących bezprzewodową transmisję danych takich jak: tablety, smartwatch'e, nawigacje samochodowe i wiele innych. Jednocześnie w Polsce mamy około pięć tysięcy pojazdów trakcyjnych i mniej jak pięćdziesiąt tysięcy pracowników spółek kolejowych, którzy potrzebują bezprzewodowej łączności mobilnej: drużyn pociągowych, torowców, automatyków, rewidentów, itd. Do tej grupy nie zaliczają się osoby pracujące na posterunkach ruchu, bo te korzystają z środków łączności, które wykorzystują połączenia przewodowe. Mamy więc dynamicznie rozwijający się rynek telekomunikacyjny i relatywnie bardzo mały, ponad trzysta razy mniejszy, rynek dla rozwiązania dedykowanego. Z tego względu koleje swoje rozwiązania dedykowane dostosowują do rozwiązań powszechnych. Dobrym przykładem jest tu system łączności GSM-R oparty na standardzie telefonii publicznej GSM.

Standardy publiczne uzupełniane są dedykowanymi kolejowymi funkcjonalnościami, ale funkcjonalności, które kiedyś wykorzystywane były tylko „dla służb”, jak na przykład wywołania priorytetowe czy połączenia grupowe, włączane są do usług dostępnych publicznie. Jest to trend ogólny, a nie dotyczący tylko telekomunikacji. Dotyczy to przykładowo komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym, automatyki systemów zasilania trakcyjnego, systemów informacji pasażerskiej, systemów zarządzania kryzysowego.

2.3. Nowe funkcje dla kolei realizowane przez systemy cyfrowe

Zmienia się, i to w dużym zakresie oraz krótkim jak na transport kolejowy czasie, także zakres funkcji realizowanych przez różne urządzenia cyfrowe. Systemy komputerowe, elektroniczne, wykorzystujące programowalne elementy, to nie tylko nowoczesne systemy sterowania ruchem kolejowym ale także wspomniane

systemy automatyki systemów zasilania trakcyjnego, w tym urządzenia zdalnego sterowania i diagnostyki podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych po stronie infrastrukturalnej, ale także systemy przetwarzania energii po stronie pojazdów w tym falowniki, silniki, przetwornice i wiele innych. W ostatnim czasie doszły także pokładowe systemy pomiaru energii trakcyjnej, z których automatyczne bezprzewodowe zbieranie danych dla potrzeb rozliczeń ma się rozpocząć w roku 2022.

Stosujemy automatyczne systemy wykrywania pożaru i automatyczne systemy gaszenia pożaru na przykład w nastawniach w pomieszczeniach z urządzeniami sterowania ruchem kolejowym oraz w obiektach radiowych. Stosujemy systemy wykrywania włamań oraz systemy zdalnego udostępniania dostępu do szaf aparatowych, do pomieszczeń służbowych, do kontenerów z aparaturą.

Wprowadzamy coraz bardziej zaawansowane systemy sprzedaży biletów oraz systemy informacji pasażerskiej. Dzięki nowoczesnym środkom technicznym uwzględniamy na bieżąco zakłócenia w ruchu kolejowym, informując pasażerów na dworcach, na stacjach i na przystankach, a także pasażerów w pociągach, nie tylko o rozkładzie jazdy, ale także o opóźnieniach, o skomunikowanych połączeniach i sytuacjach nadzwyczajnych. Wykorzystujemy przy tym na przykład generowanie komunikatów głosowych w oparciu o rozkład jazdy i systemy zarządzania.

Wprowadzamy nowe funkcjonalności wspierające nadzór nad przewozami towarów. Zdalnie monitorujemy na bieżąco lokalizację i stan wagonów cystern, czy wagonów chłodni. Zbieramy bezprzewodowo informacje o zużyciu paliwa przez pojazdy spalinowe.

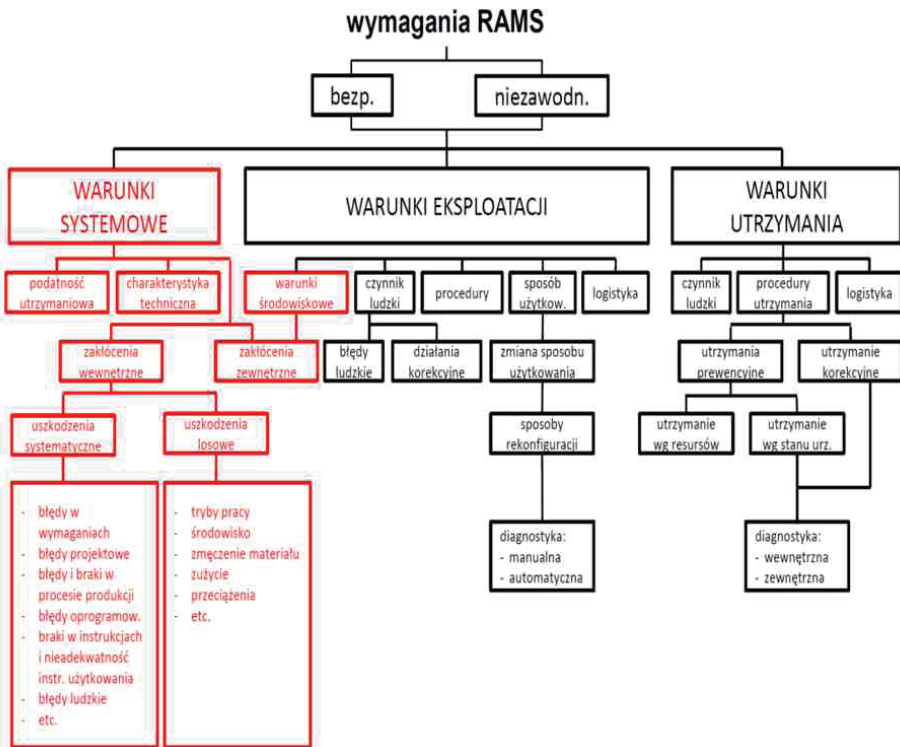
Bezprzewodowo zgłaszamy gotowość pociągów towarowych do wyjazdu z bocznicy w trasę, przekazujemy składy pomiędzy różnymi przewoźnikami, udostępniamy elektroniczne listy przewozowe i udostępniamy partnerom logistycznym na przykład nadawcom ładunków i spedytorom szacowane czasy przyjazdu ładunków oraz informacje o zakłóceniach w realizacji procesów przewozowych.

2.4. Istotne zmiany zewnętrzne wpływające na bezpieczeństwo kolei

System kolei jest coraz szerzej i coraz sprawniej wspierany przez narzędzia cyfrowe. To jednakże nie może odbywać się bez uwzględnienia nowych typów zagrożeń dla bezpieczeństwa transportu, bezpieczeństwa ruchu oraz bezpieczeństwa ekonomicznego podmiotów świadczących usługi transportowe oraz korzystających ze świadczenia takich usług przez transport kolejowy. Cyfrowe systemy narażone są na cyfrowe zagrożenia. Cyber-bezpieczeństwo transportu kolejowego to niestety już obecnie jest wyzwaniem, którego nie należy nie doceniać.

Dla potrzeb akceptacji rozwiązań cyfrowych stosowanych w systemach sterowania ruchem wprowadzono na początku lat dziewięćdziesiątych zeszłego wieku poziomy nienaruszalności bezpieczeństwa – poziomy SIL. Dowody bezpieczeństwa potwierdzające SIL-4 dla nastawnic, blokad, systemów samoczynnej sygnalizacji przejazdowej nie są niczym nowym. Wymaganie takie stawiane jest jedenastu z piętnastu typów urządzeń sterowania, dla których wymaga się uzyskiwania świa-

dectw typu od UTK. Wymaga się dowodów bezpieczeństwa dla poszczególnych typów urządzeń oferowanych przez poszczególnych dostawców, uwzględniających wewnętrzną konstrukcję sprzętową i programową, ale także warunki eksploatacji oraz warunki utrzymania. Dla potrzeb dowodów bezpieczeństwa wyróżnia się uszkodzenia losowe oraz systematyczne o różnym charakterze. Ich przegląd za podstawową normą RAMS (*ang. Reliability, Availability, Maintainability and Safety*) [6] przedstawia poniżej rys. 1.



Rys. 1. Warunki systemowe oraz warunki eksploatacji i utrzymania uwzględniane dla potrzeb tworzenia i weryfikacji dowodów bezpieczeństwa potwierdzających poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL

Źródło: norma PN-EN 50126-1 {6}

Tworząc normy RAMS na początku lat dziewięćdziesiątych zeszłego wieku, nie uwzględniano wprost cyber-bezpieczeństwa. Uwzględniono jednakże wiele różnych typów szkód losowych oraz uszkodzeń systematycznych, w tym podzwywanie się pod uprawnionych użytkowników wewnętrznych systemów transmisyjnych, tzw. maskaradę. Normy RAMS wskazują także techniki, spośród których wybiera się zabezpieczenia elektronicznych systemów sterowania ruchem kolejowym. Nie mają one jednakże formalnego umocowania do stosowania poza systemami sterowania ruchem kolejowym. Pojawiają się wprawdzie, głównie ze strony producentów elektrycznych i spalinowych zespołów trakcyjnych, w kierunku poddostawców kluczowych skomputeryzowanych systemów pokładowych,

żądania przedkładania dowodów bezpieczeństwa dla poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa SIL-2 np. przetwornic, ale brak jest systemowego podejścia do cyber-bezpieczeństwa ogółu funkcji realizowanych w technikach cyfrowych.

Wykorzystywanie publicznie szeroko stosowanych technologii cyfrowych, wzrost kompetencji cyfrowych zwykłych obywateli, pojawiające się coraz częściej w globalizującym się świecie dedykowane para-militarne i militarne grupy hakerskie, które coraz łatwiej zdalnie, na duże odległości ingerują w działanie systemów kluczowych dla bezpieczeństwa całych społeczeństw powodują istotny wzrost zewnętrznych cyber-zagrożeń, o których pamiętać trzeba modernizując, rozbudowując i tworząc systemy transportowe.

2.5. Zmiana prawa w zakresie cyber-bezpieczeństwa systemów transportowych

Cyber-zagrożenia dostrzegane są w wielu obszarach. Wyrazem troski o bezpieczeństwo cyfrowe jest między innymi przyjęta w ostatnim czasie dyrektywa w sprawie cyberbezpieczeństwa [7]. Wskazuje ona siedem sektorów, w których realizowane są usługi cyfrowe, których podatność na cyber-zagrożenia musi być kontrolowana i ciągle podnoszona.

Do tych sektorów należą: infrastruktura cyfrowa (w szczególności: internetowe platformy handlowe, wyszukiwarki internetowe, usługi przetwarzania w chmurze), systemy zaopatrzenia w wodę pitną (w szczególności: pozyskiwanie i dystrybucja wody), służba zdrowia (w tym: szpitale i kliniki), infrastruktura rynków finansowych, bankowość, energetyka i transport. Tak jak w energetyce wyróżnia się: energię elektryczną, gaz oraz ropę naftową, tak w transporcie wyróżnia się transport lotniczy, transport kolejowy, transport wodny oraz transport drogowy. W transporcie kolejowym za podmioty będące operatorami usług kluczowych z punktu widzenia cyber-bezpieczeństwa uznaje się zarówno zarządców infrastruktury, jak i przewoźników kolejowych.

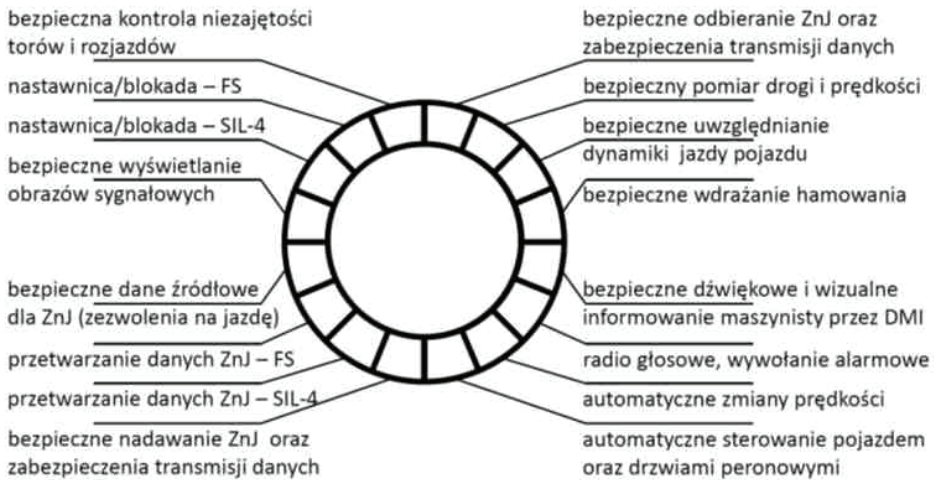
Dla potrzeb oceny podatności na cyber-ataki wyróżnia się systemy informatyczne oraz systemy eksploatacyjne. Zarówno jedne jak i drugie są szeroko wykorzystywane przez kolej.

3. Bezpieczeństwo, ochrona i cyber-bezpieczeństwo systemów eksploatacyjnych kolei

Identyfikacja systemów informatycznych realizowana jest przez samych operatorów usług kluczowych we współpracy z organami, w ramach których pracują tzw. „zespoły reagowania na incydenty bezpieczeństwa komputerowego” CSIRT (*ang. Computer Security Incident Response Teams*). Identyfikacja cyfrowych systemów eksploatacyjnych jest o wiele trudniejsza, bo wymaga szczególowej wiedzy o systemach technicznych, wykorzystywanych w danym sektorze.

Próbę całościowego opisu systemów eksploatacyjnych w transporcie kolejowym przedstawia monografia autora wydana w roku bieżącym przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej [8]. Monografia pod tytułem „Referencyjny model funkcjonalny wspierania bezpieczeństwa i ochrony transportu kolejowego przez systemy z transmisją danych” wychodzi od analizy zagadnień bezpieczeństwa ujętych w dyrektywach w sprawie interoperacyjności [4] oraz w sprawie bezpieczeństwa kolei [5]. Uznaje jednakże, że dyrektywy nie obejmują wszystkich zagadnień bezpieczeństwa ruchu kolejowego i ochrony transportu kolejowego. W szczególności nie uwzględniają systemów ochrony i systemów diagnostyki, które obecnie szeroko wykorzystują techniki cyfrowe.

Monografia definiuje dwa zestawy po szesnastu funkcjonalności, przedstawione poniżej na rys. 2. oraz 3., odzwierciedlające cyfrowe systemy eksploatacyjne. Zestawy te przedstawia w postaci dwóch okręgów z szesnastoma polami dedykowanymi bezpieczeństwu ruchu kolejowego oraz ochronie transportu kolejowego.

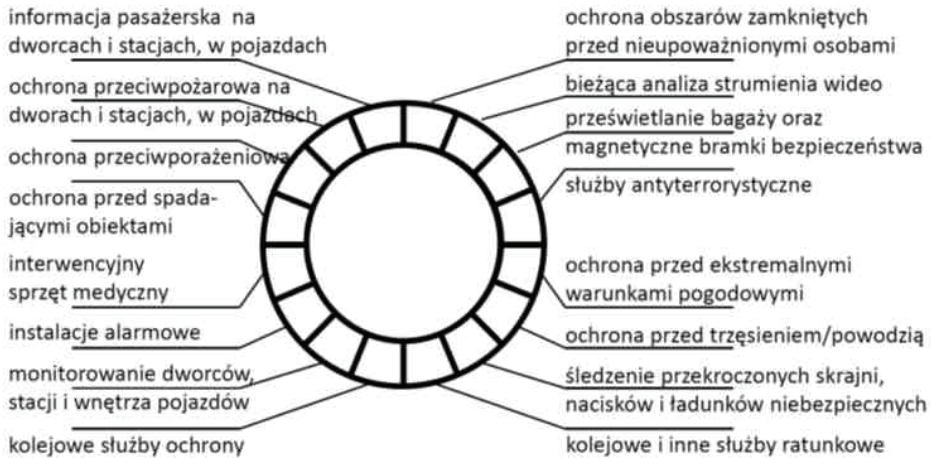


Rys. 2. Szesnastce funkcjonalności wpływających na bezpieczeństwo ruchu kolejowego

Źródło: opracowanie własne dla potrzeb monografii [8]

gdzie:

- ZnJ – elektroniczne zezwolenie na jazdę,,
- DMI – sygnalizacja kabinowa,
- FS – zasada „uszkodzony-bezpieczny”,
- SIL-4 – poziom nienaruszalności bezpieczeństwa SIL-4.



Rys. 3. Szesnaście funkcjonalności wpływających na ochronę transportu kolejowego
 Źródło: opracowanie własne dla potrzeb monografii [8]

Pomiędzy poszczególnymi polami rysowywane są kanały cyfrowej wymiany danych, odwzorujące miejsca potencjalnego, zarówno bezpośredniego jak i zdalnego ingerowania w systemy i urządzenia w celu podszywania się pod uprawnionych użytkowników wewnętrznych systemów transmisyjnych – miejsca ewentualnej tzw. maskarady.

Szesnaście funkcjonalności dedykowanych dla bezpieczeństwa ruchu kolejowego realizowanych przez systemy eksploatacyjne, z których od większości wymaga się odpowiedniego poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa jako systemów sterowania ruchem kolejowym (srk) oraz systemów bezpiecznej kontroli jazdy pociągów (bkjp), podobnie jak szesnaście funkcjonalności dedykowanych dla ochrony transportu kolejowego realizowanych przez systemy eksploatacyjne, dla których nie wymaga się analiz poziomu nienaruszalności bezpieczeństwa objętych zostało kartami kontrolnymi z pytaniami dyskwalifikującymi oraz pytaniami różnicującymi. Osobna karta kontrolna została zaproponowana dla weryfikacji cyberbezpieczeństwa systemów transmisji danych.

Iloczyn odpowiedzi z kart pozwala na zdefiniowanie wektora [bezpieczeństwo, ochrona, cyberbezpieczeństwo], który reprezentuje poziom i spójność zabezpieczeń w zakresie sterowania ruchem, ochrony transportu oraz cyberbezpieczeństwa. Zaznaczyć przy tym należy, że pytaniom dyskwalifikującym przypisano wartości 0 oraz 1, a różnicującym 1 oraz 2. Dzięki temu pojedyncze pytanie dyskwalifikujące zeruje odpowiednio bezpieczeństwo, ochronę lub cyberbezpieczeństwo.

4. Systemy transportu po predefiniowanych drogach przebiegu

Tak zdefiniowana metodologia oceny bezpieczeństwa może być łatwo zastosowana do systemów zamkniętych. Systemem takim nie jest kolej eksploatowana

w skali kraju, współtworzona przez infrastrukturę zarządzaną przez specjalizowane podmioty i środki transportu wykorzystywane przez wielu konkurujących ze sobą przewoźników do świadczenia różnych, niezależnych od siebie usług przewozowych. Z tego względu w monografii zdefiniowana została metodologia, która obejmuje dwanaście kroków dla wydzielenia systemów jednolitych na potrzeby określania bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa oraz systemów niejednolitych, takich jak kolej w skali kraju, powiązana z kolejami krajów sąsiednich.

Zaproponowana metoda, mimo że opracowana została dla transportu kolejowego, nadaje się wprost do oceny bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa jednolitych systemów transportu szynowego – do oceny systemów metra, czy systemów tramwajowych.

Jednocześnie wspomnieć należy, że w ramach prac normalizacyjnych Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej IEC (*ang. International Electrotechnical Commission*) zdefiniowano kategorię szerszą jak transport szynowy. Kategoria „guided transport systems” niemal nie występuje w polskojęzycznej literaturze. Autor coraz częściej stosuje długie opisowe określenie „systemy transportu po predefiniowanych drogach przebiegu”. Do tej kategorii zaliczyć należy nie tylko tramwaje, metro i kolej, ale także systemy typu mono-rail, niezależnie od tego czy pojazdy poruszają się nad szyną czy są podwieszane. Do kategorii mono-rail zalicza się także kolej magnetyczną np. maglev. Guided transport to także pojazdy korzystające z predefiniowanej drogi w postaci np. betonowego koryta dla pociągów na gumowych kołach, czy automatyczne systemy lotniskowego transportu pasażerów (*ang. airport passengers shuttles*) po w pełni wydzielonej infrastrukturze, zapewniające wewnętrzny transport pasażerów na dużych lotniskach w Londynie, Paryżu, Doha, Nowym Jorku, Pekinie i wielu innych. Przykład z Pekinu pokazano poniżej na rys. 4.



Rys. 4. System lotniskowego transportu pasażerów na lotnisku w Pekinie jako przykład systemu transportu po predefiniowanych drogach przebiegu

Źródło: zdjęcie własne wykorzystane w monografii {8}

Do systemów transportu po predefiniowanych drogach przebiegu zaliczać się będzie także system Hyperloop. Koncepcja ta jest obecnie w Polsce analizowana pod kątem wyzwań jakie towarzyszyłyby ewentualnemu wprowadzeniu Hyperloop w kontekście budowy Centralnego Portu Komunikacyjnego. Jednym z podstawowych wyzwań będzie odpowiednio wysokie bezpieczeństwo.

5. Podsumowanie

Zaproponowana metoda może znaleźć szerokie zastosowanie zarówno do oceny bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa systemów istniejących, jak i planowania nowych systemów transportowych, dla których uwarunkowania systemowe dla bezpieczeństwa w każdym wymiarze należy uwzględnić już na poziomie prac koncepcyjnych.

Zastosowanie proponowanej metody do właśnie zmodernizowanej części polskiego systemu kolejowego, które przedstawione zostało w monografii pokazało, że brak jest kompleksowego podejścia do zagadnień bezpieczeństwa. Zarówno dla bezpieczeństwa, jak i ochrony, jak i cyberbezpieczeństwa, odpowiedź na wybrane pytania dyskwalifikujące okazała się niestety twierdząca.

Pokazuje to, że stosowanie zaproponowanej metody, zarówno dla weryfikacji koncepcji transportowych, jak i dla weryfikacji zakresów modernizacji istniejących systemów, czy dla zwykłej weryfikacji kompletności funkcjonalnej bezpieczeństwa, ochrony i cyberbezpieczeństwa jest jak najbardziej zasadne.

Bibliografia

- [1] Dyrektywa Rady 95/18/WE z dnia 19 czerwca 1995 r. w sprawie wydawania licencji przedsiębiorstwom kolejowym, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich nr L143/70 z 27 czerwca 1995 r.
- [2] Dyrektywa 2001/14/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2001 r. w sprawie alokacji zdolności przepustowej infrastruktury kolejowej i pobierania opłat za użytkowanie infrastruktury kolejowej oraz przyznawanie świadectw bezpieczeństwa, Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich nr L75/29 z 15 marca 2001 r.
- [3] Dyrektywa 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei wspólnotowych oraz zmieniająca dyrektywę Rady 95/18/WE w sprawie przyznawania licencji przedsiębiorstwom kolejowym, oraz dyrektywę 2001/14/WE w sprawie alokacji zdolności przepustowej infrastruktury kolejowej i pobierania opłat za użytkowanie infrastruktury kolejowej oraz certyfikację w zakresie bezpieczeństwa (Dyrektywa w sprawie bezpieczeństwa kolei), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr L164/44 z 30 kwietnia 2004 r.

-
- [4] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/797 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr L138/44 z 26 maja 2016 r.
 - [5] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/798 z dnia 11 maja 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa kolei, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr L138/102 z 26 maja 2016 r.
 - [6] Norma PN-EN 50126-1:2018-02, Zastosowania kolejowe – Specyfikowanie i wykazywanie niezawodności, dostępności, podatności utrzymaniowej i bezpieczeństwa (RAMS) – Część 1: Proces ogólny RAMS.
 - [7] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1148 z dnia 6 lipca 2016 r. w sprawie środków na rzecz wysokiego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych na terytorium Unii, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej nr L194/1 z 19 lipca 2016 r.
 - [8] Pawlik M., Referencyjny model funkcjonalny wspierania bezpieczeństwa i ochrony transportu kolejowego przez systemy z transmisją danych. ISBN 978-83-7814-908-8, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2019, s. 186.

