PROPOSAL OF A METHOD TO EVALUATE SAFETY OF THE ROAD TRANSPORT SYSTEMS OPERATION

PROPOZYCJA METODY OCENY BEZPIECZEŃSTWA DZIAŁANIA SYSTEMÓW TRANSPORTU DROGOWEGO

Maciej Woropay¹, Piotr Bojar², Grzegorz Hoppe³

(1, 2) University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz,
Uniwersytet Technologiczno – Przyrodniczy w Bydgoszczy
85 – 789 Bydgoszcz, ul. Kaliskiego 7

(3) Remondis Bydgoszcz Ltd
Remondis Bydgoszcz Sp. z o.o
85-749 Bydgoszcz ul. Inwalidów 4

e-mails: (1, 2) kem@utp.edu.pl, (3) grzegorz.hoppe@op.pl

Abstract. The transport system are sociotechnical systems in which the direct realization of the tasks is dealt with by an executive subsystem consisting of the elementary subsystems of a human – a technical object (an operator – a means of transport) type realizing the tasks within the system environment. In respect of a human located within a transport system the most significant criterion in the evaluation of the transports being realized is their safety.

Due to the complexity of the systems being analysed in the paper, it has been attempted to evaluate the influence of the forcing factors on the safety of this system operation.

Key words: transport system, folded system, forcing factors

Streszczenie. Systemy transportowe są systemami socjotechnicznymi, w których bezpośrednią realizacją zadań zajmuje się podsystem wykonawczy złożony z podsystemów elementarnych typu człowiek – obiekt techniczny (operator – środek transportu) realizujących zadania w otoczeniu systemu. Ze względu na człowieka umiejscowionego w systemie transportowym najistotniejszym kryterium w ocenie realizowanych przewozów jest ich bezpieczeństwo.

Ze względu na złożoność analizowanych systemów w pracy podjęto próbę oceny wpływu oddziaływań czynników wymuszających na bezpieczeństwo działania tego systemu.

Słowa kluczowe: system transportowy, system złożony, czynniki wymuszające

PROPOSAL OF A METHOD TO EVALUATE SAFETY OF THE ROAD TRANSPORT SYSTEMS OPERATION

1. Introduction

The transport systems are the systems the aim of which is to realize transports over the determined area, using the means of transport. The essential requirements regarding the transport systems are:

- transportation safety,
- means of transport reliability,
- transportation punctuality,
- transportation adequate frequency,
- adequate standard of the services provided.

The transport systems are an example of the sociotechnical systems of a Human – a Technical Object – an Environment <H – TO – E> type in which the direct realization of the system tasks is dealt with by an executive subsystem consisting of the elementary subsystems of a human – a technical object (an operator – a means of transport) type realizing the tasks within the system environment. Moreover, a human within the transport system may be located:

- inside the means of transport (a passenger),
- within the means of transport environment, other drivers, pedestrians, etc.

In respect of a human located within a transport system the most significant criterion in the evaluation of the transports being realized is safety.

The safety level of the task realization is influenced by the risks resulting from the interaction of the forcing factors, affecting an elementary executive subsystem.

These factors may be divided into [8]:

- ***working*** (within a system) – forcing factors affecting a means of transport as a result of realization of the usable functions,
- ***external*** - forcing factors being characteristic for interaction of the environment affection a means of transport (not depending on its functioning),
- ***antropotechnical*** - forcing factors affecting a means of transport as a result of human actions, e.g. due to an operator's faults.

The authors of the works regarding safety of the transport systems and safety of a road traffic, e.g.: [4, 5, 6, 7] evaluate the safety level of the road traffic on the basis of the databases provided by the police. These bases include data regarding the number of the road accidents which occurred within the time interval under analysis and number of fatalities and injured people resulting from the accidents occurred.

The essential source document of the accident registration system is a road events card which is filled in by the Police officers at the event site, according to their subjective judgment of the course and accompanying circumstances.

It should be noted that due to lack of diagnostic measures and no time, the state of a vehicle is not evaluated after a road event, therefore the Police reports mostly provide inappropriate driver's actions, such as (overspeeding, driving speed not adjusted to the existing road conditions etc.) as a most frequent cause of a road event.

A road event is a complex phenomenon which may result from the interaction of the aforementioned forcing factors: *working (resulting from a vehicle serviceability condition)*, *external (resulting from the environmental interaction)* and *antropotechnical (being a result of faults of a driver and people located in the system and within its environment)*.

When analysing the causes of the road accidents occurrence they should be treated as independent events which may occur individually or jointly, as shown in the table No. 1.

Table 1. Possible sequences of events leading to a road accident occurrence.

Pos.	Working factors interaction	External factors interaction	Antropotechnical factors interaction
1	1	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0
4	1	0	0
5	0	1	1
6	0	1	0
7	0	0	1
8	0	0	0

The table represents sequences of the events leading to the risk states of a transport system safety, where:

- 1 – an event in which interaction of the chosen forcing factors had an influence on the road event occurrence,
- 0 – an event in which interaction of the chosen forcing factors had no influence on the road event occurrence.

The risk state of the system safety No. 8 is an abstract state, the occurrence of which was affected by none of the system elements.

2. Object of the study

The object of the study is a generally defined transport system being a sociotechnical system of a *Human – a Technical Object – an Environment* $\langle H - TO - E \rangle$ type, the main task of which is to transport people safely within the determined quantitative and territorial range, using the means of transport being operated and maintained inside this system.

The system under investigation is included in the class of the complex real systems, performing their tasks in the defined environment [8, 9, 10, 11].

A complex system is such a system which includes sets of elements that can in turn be also complex systems interlinked by their functions and subordinated to the realization of the assigned tasks [12, 15].

An element (an elementary subsystem) is called such a system in which it is impossible to distinguish the subsystems of a lower level [14].

The complexity of a system depends both on the number of its subsystems, located on different decomposition levels, and the number of these levels.

The location of each subsystem in the system structure and its operation aim are to be taken into account when performing investigations of the system.

The subsystems located on the successive decomposition levels may be treated as indivisible objects, depending on the problem consideration circumstantiality.

The features of the system as a whole are determined not only on the basis of the features of its individual subsystems, but also on the basis of its structure.

An example of such a transport system type is a collective urban transport system. The transportation inside an urban transport system may be

performed using different means of transport. The most popular, however, is a bus transport system.

The following subsystems may be distinguished on the individual decomposition levels (Fig.1):

Figure 1. Means of transport operation and maintenance system model.

As it results from the above diagram, a human inside a transport system under analysis may be located inside the system (a bus driver or a passenger), as well as he/she may be located within the system environment (other vehicle drivers, bikers, pedestrians).

Due to differentiated location of a human and his/her safety, there is a need to build a method which would comprehensively include the forcing factors affecting this system safety operation.

3. Aim of the study

The aim of the study is to build an algorithm to evaluate the forcing factors affecting the road transport system operation safety .

4. Algorithm to evaluate transport system operation safety

The algorithm presented in the figure 2 reflects the operational procedure used when evaluating the road transport operation safety, taking into account the major forcing factors described herein.

Three essential members A, B and C may be distinguished in this algorithm, they are related to :

- A – evaluation of the means of transport operation safety ,
- B – evaluation of the interaction of the system environment affecting the operation safety of that system,
- C – evaluation of the interaction of the humans located inside the system and within its environment affecting the operation safety of that system.

The individual members of the algorithm may form separate algorithms to evaluate interaction of the forcing factors affecting the operation safety of the system under analysis. When combined they constitute a comprehensive evaluation of the transport system operation safety.

In terms of the algorithm complexity the individual blocks have been presented in a simplified form using a symbolic description, all the symbols have been explained in the table 2.

Fig. 2 Algorithm to evaluate the transport system operation safety.

Table 2. Description of the algorithm to evaluate the transport system operation safety

Block code	Code description
1	Determine a set of the road events occurred within the analysed time interval Z_i ; $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$.
2	Select the events being significant from the point of view of the system operation safety being analysed.
3	Arrange in series the events according to their occurrence date $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_k$.
4	Select the first event to be evaluated Z_i , $i = 1$.
5	Select another toad event to be analysed $Z_i + 1$.
6	Make collective evaluation of the transport system operation safety
7	Evaluate the costs due to the events occurred
8	Show the result
A	Did a damage to a subsystem of a means of transport cause the occurrence of the event under analysis ?
A1	Determine the criteria to evaluate the significance of the damaged subsystem.
A2	Evaluate the significance of the damaged subsystem.
A3	Is the damaged subsystem significant from the point of view of the means of transport operation safety?
A4	Did the damage to the significant subsystem affected the improper operator's actions?
A5	Evaluate the change level to the means of transport serviceability state as a result of the damage to the analysed subsystem.
A6	Determine a set of indices to evaluate the means of transport operation safety.
A7	Determine the criteria to evaluate the means of transport operation safety.
A8	Determine the set of indices being representative for the evaluation of the means of transport operation safety.
A9	Evaluate safety of the means of transport operation.
A10	Is the analysed event $Z_i = Z_k$? where $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$

Table 2. Description of the algorithm to evaluate the transport system operation safety – continuation.

Block code	Code description
A11	Is the resultant model adequate?
A12	Check if the event B occurred as well.
B	Did the interactions of the environment cause the occurrence of the analysed event?
B1	Did the improper state of the pavement surface cause the occurrence of the analysed event?
B11	Did the improper state of the pavement surface cause a damage to the means of transport?
B2	Did the improper road infrastructure cause the occurrence of the event?
B21	Did the improper road infrastructure cause improper actions of the people located within the system and within its environment?
B3	Did the weather conditions cause the occurrence of the event?
B31	Did the weather conditions cause improper actions of the people located within the system and within its environment??
B4	Determine a set of the indices to evaluate safe interaction of the environment affecting people and means of transport.
B5	Determine criteria to evaluate safe interaction of the environment affecting people and means of transport.
B6	Determine a set of the indices representative for evaluation of the safe interaction of the environment affecting people and means of transport.
B7	Evaluate safe interaction of the environment affecting people and means of transport.
B8	Is the analysed event $Z_i = Z_k$? where $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$
B9	Is the resultant model adequate?
B10	Check if the event C occurred as well.

Table 2. Description of the algorithm to evaluate the transport system operation safety – continuation.

Block code	Code description
C	Did the actions of the people located inside the means of transport and within its environment cause the occurrence of the event?
C1	Did the improper driver's actions cause the occurrence of the event?
C11	Did the improper driver's actions cause a damage to the means of transport subsystem?
C2	Did the improper actions of the means of transport passengers cause the occurrence of the event?
C21	Did the improper actions of the passengers affect the wrong driver's actions?
C3	Did the improper actions of the people located within the environment of the means of transport cause the occurrence of the event?
C31	Did the improper actions of the people located within the environment of the means of transport affect the wrong driver's actions?
C4	Determine a set of the indices to evaluate undesirable interactions of the people located inside the means of transport and within its environment.
C5	Determine the evaluation criteria of the safe interactions of the people located inside the means of transport and within its environment.
C6	Determine a set of the indices representative for evaluation of the interactions of the people located inside the means of transport and within its environment.
C7	Evaluate safe interaction of the people located inside the means of transport and within its environment.
C8	Is the analysed event $Z_i = Z_k$ gdzie, $i = \{1, 2, \dots, k\}$
C9	Is the resultant model adequate?

5. Summary

- The method to analyse safety of the transport system operation safety suggested herein is an innovative approach of the road transport system safety evaluation.

- The method is an universal one and it may be applied to evaluate operation safety of various types of the road transport systems.
- The components of the algorithm may constitute separate methods to evaluate interactions of the individual forcing factors affecting the safety level of the system operation under analysis.
- There is a necessity to continue further analysis of the problem described herein, in order to show precisely all the relations taking place between the individual elements of the system under analysis.

References

- [1]. Zielińska A.: *CARE – Europejska Baza Danych o Wypadkach Drogowych*. Bezpieczeństwo Ruchu Drogowego nr 3/2004 – kwartalnik motoryzacyjny Instytutu Transportu Samochodowego Warszawa 2004.
- [2]. Guzek M.: *Bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce – stan aktualny, podstawowe charakterystyki*. Materiały na VI sympozjum bezpieczeństwa systemów. Kiekrz 1996r. Wydawnictwo Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych.
- [3]. Wicher J.: *Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Wydanie 2, Warszawa 2004 .
- [4]. Praca zbiorowa pod redakcją Tomasza Szczuraszka: *Bezpieczeństwo ruchu miejskiego*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności. Warszawa 2005.
- [5] Woropay M.: *Metoda oceny realizacji procesu eksploatacji w systemie transportowym*. ITE, Bydgoszcz – Radom 1998.
- [6] Woropay M., Muślewski Ł.: *Jakość w ujęciu systemowym*. ITE, Bydgoszcz – Radom 2005.
- [7] Woropay M., Knopik L., Landowski B.: *Modelowanie procesów eksploatacji w systemie transportowym*. ITE, Bydgoszcz – Radom 2001.
- [8] Woropay M., Szubartowski M., Migawa K.: *Model oceny i kształtowania gotowości operacyjnej podsystemu wykonawczego w systemie transportowym*. ITE, Bydgoszcz – Radom 2003.
- [9] Woropay M.: *Metoda budowy wielopoziomowych systemów do badania niezawodności z elementów o wyznaczonej a priori istotności*. OPT, Katowice 1981.
- [10] Dynarski S.: *Elementy teorii systemów i cybernetyki*. PWN Warszawa 1979.
- [11] Praca zbiorowa pod redakcją G. J. Klira: *Ogólna teoria systemów*. WNT, Warszawa 1976

PROPOZYCJA METODY OCENY BEZPIECZEŃSTWA DZIAŁANIA SYSTEMÓW TRANSPORTU DROGOWEGO

1. Wprowadzenie

Systemy transportowe są systemami których celem jest realizacja przewozów po wyznaczonym obszarze, z wykorzystaniem środków transportu. Podstawowymi wymaganiami dotyczącymi systemów transportowych są:

- bezpieczeństwo przewozów,
- niezawodność środków transportu
- terminowość przewozów,
- odpowiednia częstotliwość przewozów,
- odpowiedni standard świadczonych usług.

Systemy transportowe są przykładem systemów socjotechnicznych typu Człowiek – Obiekt Techniczny – Otoczenie <C – OT – O>, w których bezpośrednią realizacją zadań systemu zajmuje się podsystem wykonawczy złożony z podsystemów elementarnych typu człowiek – obiekt techniczny (operator – środek transportu) realizujących zadania w otoczeniu systemu. Ponadto człowiek w systemie transportowym może być usytuowany:

- wewnątrz środków transportu (pasażera),
- w otoczeniu środków transportu, inni kierowcy, piesi, itd.

Ze względu na człowieka umiejscowionego w systemie transportowym najistotniejszym kryterium w ocenie realizowanych przewozów jest ich bezpieczeństwo.

Na poziom bezpieczeństwa realizacji zadań wpływają zagrożenia wynikające z oddziaływania czynników wymuszających, oddziałujących na elementarny podsystem wykonawczy.

Czynniki te można podzielić na [8]:

- ***robocze*** (w systemie) - czynniki wymuszające oddziałujące na środek transportu w wyniku realizacji funkcji użytecznych,
- ***zewnętrzne*** - czynniki wymuszające charakteryzujące oddziaływanie otoczenia na środek transportu (nie uwarunkowane jego funkcjonowaniem),
- ***antropotechniczne*** - czynniki wymuszające oddziałujące na środek transportu w wyniku działalności człowieka np. na skutek błędów operatora.

W pracach dotyczących bezpieczeństwa systemów transportowych i bezpieczeństwa ruchu drogowego np.: [4, 5, 6, 7], autorzy oceniają poziom bezpieczeństwa ruchu drogowego na podstawie policyjnych baz danych. Bazy te zawierają dane dotyczące liczby wypadków drogowych do których doszło w analizowanym przedziale czasu oraz liczby osób zabitych i rannych w wyniku zaistniałych wypadków.

Podstawowym dokumentem źródłowym systemu ewidencji wypadków jest karta zdarzeń drogowych, którą funkcjonariusze Policji wypełniają na miejscu zdarzenia, według własnej subiektywnej oceny jego przebiegu i okoliczności towarzyszących.

Należy zwrócić uwagę że po zdarzeniu drogowym nie oceniana się stanu technicznego pojazdu z powodu braku środków diagnostycznych oraz braku czasu, dlatego też jako najczęstszą przyczynę zajścia zdarzenia drogowego funkcjonariusze Policji podają niewłaściwe działania kierowcy, np.: (nadmierna prędkość, niedostosowanie prędkości do panujących warunków drogowych, itd.).

Zdarzenie drogowe jest zjawiskiem złożonym i może być skutkiem oddziaływania opisanych powyżej czynników wymuszających: *roboczych* (wynikających ze stanu zdadności pojazdu), *zewnętrznych* (wynikających z oddziaływania otoczenia) i *antropotechnicznych* (będących wynikiem błędów kierowcy i ludzi usytuowanych w systemie i jego otoczeniu).

Analizując przyczyny powstawania wypadków drogowych należy je traktować jako zdarzenia niezależne, mogące występować pojedynczo lub łącznie, co przedstawiono w tabeli nr 1.

Tabela 1. Możliwe sekwencje zdarzeń prowadzące do zaistnienia wypadku drogowego.

Lp.	Oddziaływanie czynników roboczych	Oddziaływanie czynników zewnętrznych	Oddziaływanie czynników antropotechnicznych
1	1	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0
4	1	0	0
5	0	1	1
6	0	1	0
7	0	0	1
8	0	0	0

W tabeli 1 odwzorowano sekwencje zdarzeń prowadzących do stanów zagrożenia bezpieczeństwa systemu transportowego, przy czym:

- 1 – zdarzenie polegające na tym, że oddziaływanie wybranych czynników wymuszających miało wpływ na zajście zdarzenia drogowego,
- 0 – zdarzenie polegające na tym, że oddziaływanie wybranych czynników wymuszających miało wpływu na zajście zdarzenia drogowego.

Stan zagrożenia bezpieczeństwa systemu nr. 8 jest stanem abstrakcyjnym na powstanie którego nie miał wpływu żaden z elementów systemu.

2. Obiekt badań

Obiektem badań jest ogólnie pojęty system transportowy, będący systemem socjotechnicznym typu *Człowiek – Obiekt Techniczny – Otoczenie* $\langle C - OT - O \rangle$, którego głównym zadaniem jest bezpieczne przemieszczanie ludzi w wyznaczonym zakresie ilościowym i terytorialnym, za pomocą środków transportu eksploatowanych w tym systemie.

Badany system jest zaliczany do klasy złożonych systemów rzeczywistych, realizującym zadania w określonym otoczeniu [8, 9, 10, 11].

System złożony to system, zawierający zbiory elementów, które z kolei mogą być także złożonymi systemami, powiązanymi funkcjonalnie ze sobą i podporządkowane realizacji wyznaczonych zadań [12, 15].

Elementem (podsystemem elementarnym), nazywa się taki podsystem, w którym nie da się wyodrębnić podsystemów niższego rzędu [14].

O złożoności systemu decyduje zarówno liczba jego podsystemów, usytuowanych na różnych poziomach dekompozycji, jak i liczba tych poziomów.

W trakcie badań systemu należy uwzględnić usytuowanie każdego podsystemu w jego strukturze i cel jego działania. Podsystemy usytuowane na kolejnych poziomach dekompozycji można traktować jako obiekty niepodzielne, w zależności od szczegółowości rozpatrywania problemu.

Cechy systemu jako całości określa się nie tylko na podstawie cech jego poszczególnych podsystemów, ale również na podstawie jego struktury.

Przykładem takiego typu systemu transportowego jest zbiorowy transport miejski. W transporcie miejskim przewozy mogą być realizowane z wykorzystaniem różnych środków transportu. Najpopularniejszym jest jednak system komunikacji autobusowej

W systemie miejskiej komunikacji autobusowej, na poszczególnych poziomach dekompozycji można wyróżnić następujące podsystemy (rys.1):

Rysunek 1. Model systemu eksploatacji środków transportu.

Z powyższego rysunku wynika że człowiek w analizowanym systemie transportowym może być usytuowany wewnątrz tego systemu (kierowca autobusu lub pasażer), jak również może być usytuowany w otoczeniu systemu (kierujący innymi pojazdami, rowerzyści, piesi).

Ze względu na zróżnicowane usytuowanie człowieka i jego bezpieczeństwo istnieje potrzeba budowy metody która w sposób kompleksowy uwzględni oddziaływanie czynników wymuszających na bezpieczeństwo działania tego systemu.

3. Cel pracy

Celem pracy jest budowa algorytmu oceny oddziaływań czynników wymuszających na bezpieczeństwo działania systemu transportu drogowego.

4. Algorytm oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego

Algorytm przedstawiony na rysunku 2 odzwierciedla procedurę postępowania podczas oceny bezpieczeństwa działania systemu transportu drogowego z uwzględnieniem głównych czynników wymuszających opisanych w pracy.

W algorytmie tym wyróżnić można trzy zasadnicze człony A, B i C dotyczące kolejno:

- A – oceny bezpieczeństwa działania środków transportu,
- B – oceny oddziaływania otoczenia systemu na bezpieczeństwo działania tego systemu,
- C – oceny oddziaływania ludzi usytuowanych w systemie i jego otoczeniu na bezpieczeństwo działania tego systemu.

Poszczególne człony algorytmu mogą stanowić odrębne algorytmy oceny oddziaływania czynników wymuszających na bezpieczeństwo działania analizowanego systemu. Razem stanowią kompleksową ocenę bezpieczeństwa działania systemu transportowego.

Ze względu na złożoność algorytmu poszczególne bloki przedstawiono w sposób skrótowy z opisem symbolicznym, wszystkie symbole zostały opisane w tabeli 2.

Rys. 2 Algorytm oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego.

Tabela 2. Opis algorytmu oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego.

Kod bloku	Opis kodu
1	Wyznacz zbiór zdarzeń drogowych zaistniałych w analizowanym przedziale czasu Z_i ; $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$.
2	Wybierz zdarzenia istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa działania analizowanego systemu.
3	U szereguj zdarzenia według daty zajścia $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_k$.
4	Wybierz do oceny pierwsze zdarzenie Z_i , $i = 1$.
5	Wybierz do oceny kolejne zdarzenie drogowe $Z_i + 1$.

Tabela 2. Opis algorytmu oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego – cd.

Kod bloku	Opis kodu
6	Dokonaj zbiorczej oceny bezpieczeństwa działania systemu Transportowego
7	Dokonaj oceny kosztów na skutek zaistniałych zdarzeń
8	Pokaż wynik
A	Czy przyczyną zajścia analizowanego zdarzenia było uszkodzenie podsystemu środka transportu?
A1	Ustal kryteria oceny istotności uszkodzonego podsystemu.
A2	Dokonaj oceny istotności uszkodzonego podsystemu.
A3	Czy uszkodzony podsystem jest istotny z punktu widzenia bezpieczeństwa działania środka transportu?
A4	Czy uszkodzenie podsystemu istotnego miało wpływ na niewłaściwe działania operatora?
A5	Oceń poziom zmian stanu zdadności środka transportu jako skutku uszkodzenia analizowanego podsystemu.
A6	Wyznacz zbiór wskaźników do oceny bezpieczeństwa działania środka transportu.
A7	Ustal kryteria oceny bezpieczeństwa działania środka transportu.
A8	Wyznacz zbiór wskaźników reprezentatywnych do oceny bezpieczeństwa działania środka transportu.
A9	Dokonaj oceny bezpieczeństwa działania środka transportu.
A10	Czy analizowane zdarzenie $Z_i = Z_k$? gdzie $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$
A11	Czy model wynikowy jest adekwatny?
A12	Sprawdź czy również zaszło zdarzenie B.
B	Czy przyczyną zajścia analizowanego zdarzenia było oddziaływanie otoczenia?
B1	Czy przyczyną zajścia analizowanego zdarzenia był niewłaściwy stan nawierzchni jezdni?
B11	Czy niewłaściwy stan nawierzchni jezdni był przyczyną uszkodzenia środka transportu?
B2	Czy przyczyną zajścia zdarzenia była niewłaściwa infrastruktura drogi?
B21	Czy niewłaściwa infrastruktura drogi była przyczyną niewłaściwych działań ludzi usytuowanych w systemie i jego otoczeniu?
B3	Czy przyczyną zajścia zdarzenia było oddziaływanie czynników atmosferycznych?

Tabela 2. Opis algorytmu oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego – cd.

Kod bloku	Opis kodu
B31	Czy oddziaływanie czynników atmosferycznych było przyczyną niewłaściwych działań ludzi usytuowanych w systemie i jego otoczeniu?
B4	Wyznacz zbiór wskaźników do oceny bezpiecznego oddziaływania otoczenia na ludzi i środki transportu.
B5	Ustal kryteria oceny bezpiecznego oddziaływania otoczenia na ludzi i środki transportu.
B6	Wyznacz zbiór wskaźników reprezentatywnych do oceny bezpiecznego oddziaływania otoczenia na ludzi i środki transportu.
B7	Dokonaj oceny bezpiecznego oddziaływania otoczenia na ludzi i środki transportu.
B8	Czy analizowane zdarzenie $Z_i = Z_k$ gdzie $i = \{1, 2, 3, \dots, k\}$
B9	Czy model wynikowy jest adekwatny?
B10	Sprawdź czy również zaszło zdarzenie C.
C	Czy przyczyną zajścia analizowanego zdarzenia było oddziaływanie ludzi usytuowanych w środku transportu i jego otoczeniu ?
C1	Czy przyczyną zajścia zdarzenia były niewłaściwe działania kierowcy ?
C11	Czy niewłaściwe działania kierowcy były przyczyną uszkodzenia podsystemu środka transportu ?
C2	Czy przyczyną zajścia zdarzenia były niewłaściwe działania pasażerów środka transportu ?
C21	Czy niewłaściwe działania pasażerów miały wpływ na błędne działania kierowcy ?
C3	Czy przyczyną zajścia zdarzenia były niewłaściwe działania ludzi usytuowanych w otoczeniu środka transportu ?
C31	Czy niewłaściwe działania ludzi usytuowanych w otoczeniu środka transportu miały wpływ na błędne działania kierowcy?
C4	Wyznacz zbiór wskaźników do oceny niepożądanych oddziaływań ludzi usytuowanych w środku transportu i jego otoczeniu
C5	Ustal kryteria oceny bezpiecznych oddziaływań ludzi usytuowanych w środku transportu i jego otoczeniu.
C6	Wybierz zbiór wskaźników reprezentatywnych do oceny oddziaływań ludzi usytuowanych w środku transportu i jego otoczeniu.

Tabela 2. Opis algorytmu oceny bezpieczeństwa działania systemu transportowego – cd.

Kod bloku	Opis kodu
C7	Dokonaj oceny bezpiecznego oddziaływania ludzi usytuowanych w środku transportu i jego otoczeniu.
C8	Czy analizowane zdarzenie $Z_i = Z_k$ gdzie, $i = \{1, 2, \dots, k\}$
C9	Czy model wynikowy jest adekwatny?

5. Podsumowanie

- Zaproponowany w pracy sposób analizy bezpieczeństwa działania systemu transportowego stanowi innowacyjne podejście oceny bezpieczeństwa systemów transportu drogowego.
- Metoda jest uniwersalna i może służyć do oceny bezpieczeństwa działania różnego typu systemów transportu drogowego.
- Składowe części algorytmu mogą stanowić odrębne metody oceny oddziaływania poszczególnych czynników wymuszających na poziom bezpieczeństwa działania analizowanego systemu.
- Istnieje konieczność dalszej analizy podjętego w pracy problemu w celu dokładnego ukazania wszystkich zachodzących relacji pomiędzy poszczególnymi elementami analizowanego systemu.

Prof. dr hab. inż. Maciej Woropay jest kierownikiem Katedry Eksploatacji Maszyn Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy. W pracy naukowej zajmuje się problemami dotyczącymi teorii systemów, teorii niezawodności i bezpieczeństwa oraz sterowania procesami eksploatacji w złożonych systemach biotechnicznych, a w szczególności sterowaniem tymi procesami w systemach transportu miejskiego. Jest autorem i współautorem ponad 140 prac naukowych, promotorem ponad 150 prac magisterskich i inżynierskich oraz prac doktorskich.

Mgr inż. **Piotr Bojar**, doktorant w Katedrze Eksploatacji Maszyn Uniwersytetu Technologiczno – Przyrodniczego w Bydgoszczy. W pracy naukowej zajmuje się analizą i oceną bezpieczeństwa działania rzeczywistych systemów transportu drogowego. Autor i współautor kilkunastu publikacji naukowych z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego oraz bezpieczeństwa i niezawodności obiektów technicznych.

MSc **Grzegorz Hoppe**, The President Of The Board Remondis Bydgoszcz Ltd.. The company sees about the complex waste management. The candidate for a doctor's degree of Economic Academy in Poznań