DEPENDABILITY OF THE INFORMATION FLOW PROCESS AT AN INTERMODAL TRANSHIPMENT POINT

NIEZAWODNOŚĆ PROCESU PRZEPIYU INFORMACJI W INTERMODALNYM WĘZLE PRZELADUNKOWYM

Justyna Świeboda

Wrocław University of Technology
Politechnika Wrocławska

Abstract: *A container terminal is an inherent part of intermodal transport. Dependable operation of the system on an inland terminal affects the transport of integrated units in intermodal transport. Each logistics system is a distinguished parallel flow of cargo and information. Both of these flows are dependent on each other and have an impact on the correctness of performing tasks.*

Keywords: *dependability, intermodal transport, inland terminal, information*

Streszczenie: *Terminal kontenerowy jest nieodłącznym elementem transportu intermodalnego. Niezawodne działanie systemu na terminalu lądowym, wpływa na transport jednostek w transporcie intermodalnym. W każdym systemie logistycznym wyróżniany jest równoległy przepływ ładunku i informacji. Oba te przepływy są zależne od siebie i mają wpływ na poprawność wykonywania zadań.*

Słowa kluczowe: *niezawodność, transport intermodalny, terminal lądowy, informacja*

DEPENDABILITY OF THE INFORMATION FLOW PROCESS AT AN INTERMODAL TRANSHIPMENT POINT

1. Introduction

The inland terminal is a complex man-machine-environment system [18]. It is a load handling point where two basic functions can be distinguished. The first of them is handling of integrated load units (containers, swap bodies and semi-trailers) to put them on various means of transport. The other function involves storage of these units, i.e. warehousing. Depending on the nature of the operations at the terminal [13, 22], its location and on cooperating clients, the storage of units can last from several minutes to several dozen days. It is also possible that units are not stored at all but unloaded from one means of transport and loaded onto another one. The load handling system on a container terminal is presented in Fig. 1.

Fig. 1 Inland terminal as a system. [21]

As regards Fig. 1, there is a person at the entry to the system at a container terminal (an employee, client etc.) and also the infrastructure, thanks to which it is possible to move and handle integrated load units. Further, there is information that contains a message about the performance of various tasks. At the exit from the system, there is task implementation that can include handling or transporting units.

Studies on the inland terminal [21] distinguish two main processes, i.e. the load handling process and the information flow process. There is a research gap in the literature, as both systems were not analysed as interdependent. The authors of studies on dependability more often describe a systemic approach than a processual one. The aim of the study is the determination of the dependability of the information flow process using the example of the container terminal. In this article, the dependability of the load handling process will be presented, which was determined in the study [15].

The process in the study [10] can be defined as the achievement of the intended goals by the system by taking a few coordinated actions, the performance of a process. The notion of process is defined in several ways, including:

- a phenomenon referring to a fragment of reality and meaning transformations of the state of this fragment of reality,
- sequences of elementary changes of the state of the fragment of reality occurring in time,

- a sequence of causally connected changes occurring one after another which constitute stages, phases, stages of changing the reality,
- a sequence, development and transformation of something.

In the general aspect, a process can be defined as a sequence of mutually-related states of reality occurring one after another in time [10]:

$$P(t_i) = (S(t_i), R(t_i)) \quad (1)$$

$$S(t_i) = \{ S_l(t_i); l = 1, \dots, L \} \quad t_p < t_i < t_k \quad (2)$$

where:

$S(t_i)$ – the state of the system at time t_i ,

$S_l(t_i)$ – instantaneous value of variable S_l ,

$R(t_i)$ – the relationship between $S(t_i)$ and $S(t_{i-1})$, while the state of the system is defined by a set of values describing the system in a qualitative and quantitative manner.

The dependability of the information flow process was presented in studies [4, 5, 6, 14, 17]. These studies present basic mathematical models that describe the uncertainty of information and exploitation models and discuss advantages and disadvantages of these models. The study [9] discusses the issue of dependability of information as regards errors occurring in the system. The study [20] determines the dependability of information using critical success factors (CSF). In [3], the author draws attention to the importance of the information system in the process of the flow of materials. The flow of information initiates the performance of actions, orders, controlling signals etc. Information is an element that comes before the flow of load and signals, at the same time, what, how, where and when should happen to a given load.

For load handling in study [12], the issue of planning and optimization of container handling using the decision tree method. Modelling of dependability in the case of the transporting process in intermodal transport is presented, for example, in studies [7, 8, 23]. For comparison purposes, modelling of dependability is also considered in other branches of the transport and in logistics systems, for example [1, 2, 11, 16, 17, 19]. In all of the aforementioned studies, a systemic approach to the dependability assessment is presented, while there is no processual approach to the assessment of dependability at the container terminal.

2. Dependability of the handling process

In this article, the case of load handling in the railroad relationship is considered. This process begins the moment containers e_I , enter the inland terminal by rail transport. Next, depending on the type of the container, whether it is empty or loaded, the process is executed in a slightly different manner [15].

For empty containers, their status d_I is checked - i.e. whether the container is faulty or not. Next, the class of the container is assigned d_{II} , which provides information about its up state for use.

If the container is down state, it is placed at the storage yard and explanatory procedures are undertaken to decide what to do with this container next, the process ends at this time e_2 . If the container is up state, an appropriate class is assigned to it, and the load is accepted at the terminal by entering the load into the computer system d_{12} . Next, machine operators place loads d_{13} at the storage yard, if a load is not placed at the storage yard, it is not regarded as an error. It is a situation in which a container from a train can be loaded directly onto a truck. Next, the terminal employee enters an instruction d_{14} into the system to release the container, according to the client's order. The last operation is the loading d_{15} of a given container onto a truck and the process e_3 is completed [15].

The long path of load handling is the handling of loaded containers. After the load arrives by rail transport e_1 , the container status is checked in terms of damage to the frame and also broken seals. Next, containers are entered into the system d_{21} . If containers have not been cleared, customs clearance d_{22} takes place, usually at the inland terminal. If the customs clearance has not taken place, this is not regarded as an error or the lack of possibility of performing the task. In this study, it was accepted that a failure to perform customs clearance means that it was not necessary, and such containers were cleared earlier, e.g. at the port. The next activity in the discussed process is placement of containers at the storage yard d_{23} . This does not have to be considered an error, as in the case of empty containers. Next, according to clients' order, an instruction d_{24} to release the container is issued. The last activity is loading the container d_{25} onto a truck, and this is the moment when the process e_3 ends. The structure of the load handling process is presented in Fig. 2 [15].

Fig. 2 Structure of the load handling process. [15]

An event that initiates the load handling process is “entering” e_1 (acceptance/entry of an integrated load unit into the terminal/entry of the train onto the terminal) and the end event is its “exit” e_3 (release of an integrated load unit). The analysed process also includes the end of the system marked as e_2 , which is the end of the process in the case of a damaged, empty container. The path in the serial structure that begins from d_1 applies to the handling of an empty container, while the path beginning from d_2 concerns the loaded container [15].

The ETA method was used to determine all 23 possible sequences of the handling process [15]. Research was performed at the inland terminal, which made it possible to calculate the probability $P_x(d_i)$ of individual actions for an empty container and a loaded container. The dependability of the handling process was determined in the study [15] and it amounts to:

$$R_{ol}=0,97 \times 0,76 = 0,73. \quad (3)$$

The dependability of the handling process at the inland terminal equals 0.73. To make the dependability of the handling process as high as possible, both processes of handling an empty container P_{op} and a loaded one P_{ol} must be implemented in a reliable manner. The lower probability index is for the loaded container handling process. This value was influenced the most by actions related to customs clearance d_{22} , as well as the placement of containers at the storage yard d_{23} . This results from the fact that non-performance of actions does not mean an error, but simply the lack of necessity of performing this action.

3. Dependability of the information process

On the basis of the study [14], the most important attributes of information were selected, which influence the quality and proper implementation of the processes. Some of these attributes presented in Table 1 concern the rules of creating a message; the sender's care is required for message preparation (this also applies to data acquisition and also to their validity).

Table 1. Attributes of information quality. [14]

Attribute	Description
Validity	The message should contain valid current information.
Timeliness	This message should be delivered on time.
Completeness	The message should contain all necessary information for the recipient.
Usefulness	The message should allow further use of the information contained in it.
Comprehensibility	The message should be completely understandable for the recipient.

This message should not contain language that is incomprehensible for the recipient (e.g. colloquial expressions), and it should not be corrected by the recipient. Next, timeliness, completeness and usefulness concern, in detail, the performance of a given action. If the message from the sender is delayed, the performance of the task will also be delayed, which can result in a pecuniary penalty. The message should contain all the most important information concerning the performance of the task, and this information should have a precise goal so that it can be processed further and used by the recipient.

The information flow process is an important element in the load handling process. An action that precedes the performance of the task in the load handling process is sending or receiving information. If the attributes presented in Table 1 are kept, the order should be fulfilled correctly. In the analysis of the dependability of the information flow process, the Event Tree Analysis tool will also be used. The first assumption in the information flow process is the arrival of the load (containers) from the port to the inland terminal by rail transport and the exit of the container takes place by road transport. Another assumption is the fact that all loads have already been cleared and no customs clearance is required at the terminal.

The first element that can be distinguished in the entire process is the client's order e_4 . The client, according to his/her own needs, sends information about the order to a seaport. At the port, in turn, a train with a load is prepared, and a notice list is drawn up in the system according to various orders. The prepared notice list is sent to the end freight forwarder at the container terminal a_1 . After the freight forwarder receives this list, the train acceptance procedure is started in the computer system. The freight forwarder analyses the received information, together with the notice list, and opens a transport order for train a_2 . After the train arrives at the terminal, a terminal employee may go on to the train inspection procedure a_3 . A visual assessment of the condition of the containers (whether the containers are not damaged, whether the seals are intact) is part of the train inspection. One of the elements of container inspection is the assessment of empty containers for loading and assigning an appropriate class of the container. After completing the container inspection procedure, machine operators can read the container status in the computer system a_4 . Depending on the intended use of the containers, machine operators put them away to the storage yard (and enter their locations into the computer system). In another case, the machine operator informs the truck driver about the loading readiness and loads the container onto the semi-trailer a_5 . After performing this activity, the freight forwarder at the terminal removes the container from the computer system e_5 . Figure 3 presents the structure of the information flow.

Fig. 3 Structure of the information flow process

Fig. 3 presents the serial structure of the information flow process between participants of the system. The process e_4 begins by sending information about the client order to the freight forwarder at the seaport and ends the moment the container is removed from the computer system at the container terminal e_5 . The information flow process is presented in Fig. 4 using the Event Tree Analysis tool.

Fig. 4 Event tree for the information flow process.

In Fig. 4, process performance was marked as Z_1 , while no performance of the process was marked as Z_2 . 9 sequences of process performance were obtained for the information flow process. It can also be read from the process that all sub-processes must be also performed in order to complete a process. Therefore, the dependability of the information flow process R_{pi} is equal to:

$$R_{pi} = S_1 \quad (4)$$

Research was conducted at the container terminal, which allowed for determination of the probability of the occurrence of individual actions during the information flow process (Table 2).

Table 2. Probability of the occurrence of individual actions.

Action a_i	Probability $P_x(a_i)$
a_1	1.00
a_2	1.00
a_3	0.99
a_4	1.00
a_5	0.99

Considering formula 4 and table 2, it is possible to determine the dependability of the information flow process, which is equal to:

$$R_{pi} = 0.99 . \quad (5)$$

The dependability of the load handling process is equal to $R_{ol} = 0.73$, while the dependability of the information flow process is much higher and equals $R_{pi} = 0.99$. If the process is analysed using the event tree, it is only possible to determine whether a task will be implemented or not. Considering the functioning system at the inland terminal, it often happens that a task was performed but it was performed erroneously, which cannot be observed in this analysis so further considerations will include an analysis using different tools which will make it possible to analyse dependability in three states - state of fitness, state of partial fitness and state of partial unfitness.

4. Summary

Two main processes are distinguished at the inland terminal, i.e. the load handling process and the information flow process. For a system to be able to perform its assigned functions, it is important that both processes should work in a reliable manner. If interferences or delays occur in the system, this may result in pecuniary penalties being imposed and even in the termination of a commercial contract in extreme cases. Disruptions at trans-shipment points can have a negative effect on the flow of loads in intermodal transport and affect the entire logistics chain.

The article characterizes the information flow process. The first action that can be distinguished in this process is sending information with an order by the client. Next, 5 sub-processes were distinguished which follow one another and lead to a completion of the process which is the removal of the container from the computer system at the container terminal. For the purpose of the analysis of these actions, 9 elementary actions were determined using event trees. It results from the performed analysis that all sub-processes must be performed to be able to perform the information flow process correctly. The event tree tool and the determination of the probability allowed for calculating the dependability of the information flow process, which equals $R_{pi} = 0.99$. It results from the research conducted that the load handling process is less reliable than the information flow process.

Further studies will focus on determining the dependability of the entire system, considering errors occurring at each stage of these processes.

5. References

- [1] Kierzkowski A., Method for management of an airport security control system, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport (2016), <http://dx.doi.org/10.1680/jtran.16.00036>
- [2] Kierzkowski A., Kisiel T.: Simulation model of security control system functioning: A case study of the Wrocław Airport terminal, Journal of Air Transport Management, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.09.008>

- [3] Korzeń Z.: Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, Vol II. ILiM, 1999.
- [4] Nowakowski T.: Modele niepewności informacji eksploatacyjnych. *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, 35(2), 2000, str. 143-150.
- [5] Nowakowski T.: Problemy reprezentacji niepewności danych niezawodnościowych, *Zimowa Szkoła Niezawodności 1997*, str. 147-152.
- [6] Nowakowski T.: Problemy modelowania niepewności informacji w systemach logistycznych. *Logistyka*, 1, 2007.
- [7] Nowakowski, T.: Problems of Transportation Process Reliability Modelling. *Developing of transportation flows in 21st century supply chains*, 2012.
- [8] Nowakowski T., Zając M.: Analysis of reliability model of combined transportation system, In *Proceedings of conference ESREL 2005*.
- [9] Pawlak E.: Research on information system and its impact on distribution process of supply chain, *Safety and Reliability: Methodology and Applications – Nowakowski et al. (Eds)*, 2015 Taylor & Francis Group, London, pp. 2417-2423.
- [10] Powierża L., *Elementy inżynierii systemów*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997
- [11] Restel F.J.: Impact of infrastructure type on reliability of railway transportation system. *Journal of Konbin* 25 (1), 2013, pp. 21-36.
- [12] Riessen B., Negenborn R., Dekker R.: Real-time Container Transport Planning with Decision Trees based on Offline Obtained Optimal Solution, 2016.
- [13] Świeboda J.: Wąskie gardła w transporcie intermodalnym w oparciu o intermodalny węzeł przeładunkowy Cargosped w Gliwicach, *Logistyka* 2014, str. 11472-11477.
- [14] Świeboda J.: Analysis and assessment of an information subsystem in an inland container terminal/Analiza i ocena podsystemu informacyjnego w lądowym terminalu kontenerowym. *Journal of KONBiN*, 38(1), 99-130.
- [15] Świeboda J., Zając M.: The role of information in intermodal terminal operation, In: *CLC 2016: Carpathian Logistics Congress - Congress Proceedings 2017– in progress*.
- [16] Tubis A., Werbińska-Wojciechowska S: Concept of controlling for maintenance management performance: a case study of passenger transportation company. In: *Safety and reliability of complex engineered systems proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015*, pp. 1055-1063.
- [17] Valis D., Zak L., et. Al: Selected mathematical functions used for operation data information, In *22nd Annual Conference on European Safety and Reliability (ESREL)*, Amsterdam, Netherlands, September, pp. 1303-1308.
- [18] Valis D., Zając M. Vulnerability of container terminal infrastructure. *Niezawodność infrastruktur krytycznych. Preceedings of XLI Winter School of Reliability*.

- [19] Woźniak, W., Stryjski, R., Mielniczuk, J., Wojnarowski, T.: Concept for the Application of Genetic Algorithms in the Management of Transport Offers in Relation to Homogenous Cargo Transport. In 26th IBIMA Conference, Madrid 2015, pp. 2329-2339.
- [20] Zahedi F.: Reliability of information systems based on the critical success factors-formulation. *Mis Quarterly*, 1987, pp. 87-203.
- [21] Zając M., Świeboda J.: Analysis of Reshuffling Cost at a Container Terminal. In *Dependability Engineering and Complex Systems* (pp. 491-503). Springer International Publishing.
- [22] Zając M., Świeboda J.: Initial FMEA analysis of the container transport chain, Safety and Reliability: Methodology and Applications - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference, ESREL 2014, pp. 2433-2443.
- [23] Zając M., Świeboda J.: The method of error elimination in the process of container handling. In *Military Technologies (ICMT)*, IEEE, International Conference 2015, pp. 1-6.

Justyna Świeboda, MSc Eng. *Wrocław University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Department of the Operation of Logistics, Transport and Hydraulic Systems*
The Master's thesis concerned analysis and assessment of threats to the load service process in intermodal transport. Her current interests focus on the operation and dependability of the functioning of the inland terminal system.

NIEZAWODNOŚĆ PROCESU PRZEPŁYWU INFORMACJI W INTERMODALNYM WĘZLE PRZEŁADUNKOWYM

1. Wstęp

Terminal ładowy jest to złożony układ maszyna-człowiek-otoczenie [18]. Jest to punkt przeładunkowy, w którym można wyróżnić dwie podstawowe funkcje. Pierwszą z nich jest przeładunek zintegrowanych jednostek ładunkowych (kontenerów, nadwozi wymiennych lub naczep) na różne środki transportu. Drugą jest składowanie tych jednostek, czyli magazynowanie. W zależności od charakteru pracy terminala [13, 22], jego położenia, a także współpracujących klientów, składowanie jednostek może trwać od kilkunastu minut do kilkudziesięciu dni. Może również się zdarzyć tak, że jednostki nie są składowane tylko od razu następuje rozładunek z jednego środka transportu na inny środek transportu. System obsługi ładunków na terminalu kontenerowym został przedstawiony na rys. 1.

Rys. 1 Terminal ładowy jako system. [21]

W odniesieniu do rys. 1 na wejściu do systemu na terminalu kontenerowym jest człowiek (pracownik, klient itp.) a także infrastruktura dzięki, której możliwe jest przemieszczanie i przeładunek zintegrowanych jednostek ładunkowych. Dalej jest informacja, która zawiera wiadomość o wykonaniu różnych zadań. Na wyjściu z systemu jest realizacja zadań, którymi może być przeładunek albo transport jednostek.

W terminalu ładowym w pracach [21] zostały wyróżnione dwa główne procesy, jest to proces obsługi ładunku, a także proces przepływu informacji. W literaturze występuje luka badawcza, w której oba te systemy nie były rozpatrywane jako zależne od siebie. Autorzy prac dotyczących zagadnienia niezawodności opisują częściej podejście systemowe aniżeli procesowe. Celem pracy jest wyznaczenie niezawodności procesu przepływu informacji na przykładzie terminala kontenerowego. W tym artykule dla porównania zostanie przedstawiona niezawodność procesu obsługi ładunku, która została wyznaczona w pracy [15].

Proces w pracy [10] można zdefiniować jako osiągnięcie przez system zamierzonych celów poprzez realizację kilku skoordynowanych działań, wykonanie pewnego procesu.

Dependability of the information flow process at an intermodal transshipment point
Niezawodność procesu przepływu informacji w intermodalnym węźle przeładunkowym

Termin proces jest definiowany na kilka sposobów, m.in. jako:

- zjawisko odnoszące się do fragmentu rzeczywistości i oznaczające transformacje stanu tego fragmentu rzeczywistości,
- sekwencje elementarnych zmian stanu fragmentu rzeczywistości zachodzących w czasie,
- przebieg następujących po sobie powiązanych przyczynowo zmian, stanowiących stadia, fazy, etapy zmiany rzeczywistości,
- przebieg, rozwijanie się, przeobrażanie się czegoś.

W ujęciu ogólnym można zdefiniować proces jako sekwencje wzajemnie powiązanych ze sobą stanów rzeczywistości występujących po sobie w czasie [10]:

$$P(t_i) = (S(t_i), R(t_i)) \quad (1)$$

$$S(t_i) = \{ S_l(t_i); l = 1, \dots, L \} \quad t_p < t_i < t_k \quad (2)$$

gdzie:

$S(t_i)$ – stan systemu w chwili t_i ,

$S_l(t_i)$ – wartość chwilowa zmiennej S_l ,

$R(t_i)$ – relacja między $S(t_i)$ a $S(t_{i-1})$, przy czym stan systemu jest określony przez zbiór wartości opisujących system jakościowo lub ilościowo.

Niezawodność procesu przepływu informacji była poruszana m.in. w pracach [4, 5, 6, 14, 17]. W pracach tych zostały przedstawione podstawowe modele matematyczne opisujące niepewność informacyjnych eksploatacyjnych, a także omówiono wady i zalety tych modeli. W pracy [9] zostało podjęte zagadnienie niezawodności informacji w odniesieniu do występujących błędów w systemie. W pracy [20] niezawodność informacji wyznacza za pomocą critical success factors (CSF). Autor w pracy [3] zwraca uwagę na znaczenie systemu informacyjnego w procesie przepływu materiałów. Przepływ informacji inicjuje wykonanie działań, zleceń, sygnałów sterujących itd. Informacja jest elementem, który wyprzedza przepływ ładunku, jednocześnie sygnalizując co, jak, gdzie i kiedy powinno się stać z danym ładunkiem.

W przypadku obsługi ładunku w pracy [12] zostało poruszone zagadnienie planowania i optymalizacji obsługi kontenerów za pomocą metody drzew decyzyjnych. Modelowanie niezawodności w przypadku procesu transportowania w transporcie intermodalnym zostało przedstawione przykładowo w pracach [7, 8, 23]. Modelowanie niezawodności dla porównania jest również rozpatrywana w innych gałęziach transportu oraz systemach logistycznych przykładowo [1, 2, 11, 16, 17, 19]. We wszystkich wyżej wymienionych pracach zostało przedstawione podejście systemowe do oceny niezawodności, natomiast brak jest w literaturze podejścia procesowego do oceny niezawodności na terminalu kontenerowym.

2. Niezawodność procesu obsługi

W artykule rozpatrywany jest przypadek obsługi ładunku w relacji kolej-droga. Proces rozpoczyna się od wjazdu kontenerów e_1 , transportem kolejowym na terminal ładowy. Następnie w zależności od rodzaju kontenera, czy pusty czy ładowny, proces odbywa się nieco inaczej [15].

W przypadku pustych kontenerów sprawdzany jest ich stan d_1 czy kontener jest uszkodzony. Następnie nadawana jest klasa kontenera d_{11} , która daje informacje o tym, czy kontener jest zdalny pod załadunek, czy jest niezdatny. Gdy kontener jest niezdatny, kontener jest odkładany na pole składowe i wykonywane są procedury wyjaśniające, co dalej zrobić z tym kontenerem, proces w tej chwili się kończy e_2 . Gdy kontener jest zdalny i nadana jest mu odpowiednia klasa, następuje przyjęcie ładunku na terminal poprzez wprowadzenie ładunku do systemu komputerowego d_{12} . Następnie operatorzy maszyn odkładają ładunki d_{13} na pole składowe, jeżeli ładunek nie został odłożony na plac składowy, to nie jest uznawane jako błąd. Jest to sytuacja, w której kontener z pociągu może być bezpośrednio załadowany na pojazd ciężarowy. Dalej pracownik terminala zakłada zlecenie d_{14} w systemie na wydanie kontenera, wg zamówienia klienta. Ostatnią operacją jest załadunek d_{15} danego kontenera na samochód ciężarowy i następuje zakończenie procesu e_3 [15].

Druga ścieżka procesu obsługi ładunku to obsługa kontenerów ładownych. Po przyjeździe ładunku transportem kolejowym e_1 , sprawdzany jest stan kontenerów, pod względem uszkodzenia ramy, a także naruszenia plomb. Po tym kontenery zostają wprowadzone do systemu d_{21} . Jeżeli kontenery nie zostały odprawione, wykonywana jest obsługa celna d_{22} , najczęściej odbywa się to terminalu ładowym. Jeżeli obsługa celna nie została wykonana, to nie jest uznawane, jako błąd, czy brak możliwości realizacji zadania. W pracy tej zostało przyjęte, że nie wykonanie czynności obsługi celnej tzn. że nie to było konieczne, a kontenery te zostały odprawione już wcześniej np. w porcie. Kolejną czynnością w omawianym procesie, jest odłożenie kontenerów na plac składowy d_{23} . Tak jak w przypadku pustych kontenerów, nie musi to być uznawane jak błąd. Następnie wg zamówienia klientów, zakładane jest zlecenie d_{24} na wydanie kontenera. Ostatnia czynność to załadunek kontenera d_{25} na pojazd ciężarowy, i jest to chwila zakończenia procesu e_3 . Struktura działań procesu obsługi ładunku została przedstawiona na rys. 2 [15]. Zdarzeniem inicjującym proces obsługi ładunku jest „wejście” e_1 (przyjęcie zintegrowanej jednostki ładunkowej na terminal/ wjazd pociągu na terminal), a zdarzeniem końcowym jest „wyjście” e_3 (wydanie zintegrowanej jednostki ładunkowej). W rozpatrywanym procesie jest również zakończenie systemu oznaczone jako e_2 , które jest zakończeniem procesu w przypadku uszkodzonego, pustego kontenera. Ścieżka w strukturze szeregowej rozpoczynającej się od d_1 dotyczy obsługi pustego kontenera, natomiast ścieżka rozpoczynająca się od d_2 dotyczy kontenera ładownego [15].

Rys. 2 Struktura procesu obsługi ładunku. [15]

Wykorzystując metodę ETA zostały wyznaczone wszystkie możliwe 23 sekwencje procesu obsługi [15]. Na terminalu lądowym zostały przeprowadzone badania, które umożliwiły obliczenie prawdopodobieństwa $P_x(d_i)$ wystąpienia poszczególnych działań dla kontenera pustego i ładownego. Niezawodność procesu obsługi została wyznaczona w pracy [15] i wynosi:

$$R_{ol} = 0,97 \times 0,76 = 0,73. \quad (3)$$

Niezawodność procesu obsługi w terminalu lądowym jest równa 0,73. Aby niezawodność procesu obsługi była jak najwyższa, oba procesy obsługi kontenera pustego P_{op} i ładownego P_{ol} muszą być realizowane w sposób niezawodny. Niższy wskaźnik prawdopodobieństwa jest dla procesu obsługi kontenera ładownego. Na tą wartość największy wpływ miało działanie związane z obsługą celną d_{22} , a także odłożenie kontenerów na plac składowy d_{23} . Wynika to z tego, że brak realizacji działań nie oznacza błędu, a po prostu brak konieczności wykonania tego działania.

3. niezawodność procesu informacyjnego

Na podstawie pracy [14] zostały wybrane najważniejsze atrybuty informacji, które wpływają na jakość i na prawidłową realizację procesu. Część z tych atrybutów przedstawionych w tabeli 1 (aktualność, zrozumiałość) dotyczy reguł tworzenia komunikatu, wymagana jest staranność nadawcy w przygotowaniu wiadomości (dotyczy to również pozyskiwania danych, a także ich aktualności).

Tabela 1. Atrybuty jakości informacji. [14]

Atrybut	Opis
Aktualność	Komunikat powinien zawierać aktualne, bieżące informacje.
Terminowość	Komunikat powinien zostać dostarczony dokładnie na czas.
Kompletność	Komunikat powinien zawierać wszystkie niezbędne informacje dla odbiorcy.
Użyteczność	Komunikat powinien dać możliwość dalszego wykorzystania zawartych informacji.
Zrozumiałość	Komunikat powinien być całkowicie zrozumiany przez odbiorcę.

Wiadomość nie powinna również zawierać języka niezrozumiałego dla odbiorcy (np. wyrażen potocznych), a także nie powinna być poprawiana przez odbiorcę. Następnie terminowość, kompletność i użyteczność, dotyczą już szczegółowo wykonania dowolnego działania. Jeżeli komunikat od nadawcy zostanie przesłany z opóźnieniem, zadanie również zostanie wykonane z opóźnieniem, co może już skutkować karą pieniężną. Komunikat powinien zawierać wszystkie najważniejsze informacje dotyczące wykonania zadania, i te informacje powinny mieć sprecyzowany cel, by mogły być dalej przetworzone i wykorzystane przez odbiorcę.

Proces przepływu informacji jest znaczącym elementem w procesie obsługi ładunku. Działaniem poprzedzającym wykonanie zadania w procesie obsługi ładunku jest przesłanie lub odebranie informacji. W przypadku zachowania atrybutów przedstawionych w tabeli 1, zlecenie powinno zostać wykonane poprawnie. W przypadku analizy niezawodności procesu przepływu informacji, również zostanie wykorzystane narzędzie drzewa zdarzeń – (Event Tree Analysis). Pierwszym założeniem w procesie przepływu informacji jest przyjazd ładunku (kontenerów) z portu na terminal lądowy transportem kolejowym, a wyjazd kontenera odbywa się transportem drogowym. Kolejnym założeniem jest, że wszystkie ładunki zostały już odprawione, i nie jest wymagana obsługa celna na terminalu.

Pierwszym elementem jaki można wyróżnić w całym procesie jest zamówienie klienta e_4 . Klient wg własnego zapotrzebowania wysyła informację o zamówieniu do portu morskiego. W porcie natomiast wg różnych zamówień przygotowany jest pociąg z ładunkiem i lista awizacyjna w systemie. Przygotowana lista awizacyjna, wysyłana jest do spedytora docelowego terminala kontenerowego a_1 .

Po odebraniu tej listy przez spedytora, w systemie komputerowym zaczyna się procedura przyjęcia pociągu. Spedytor analizuje odebrane informacje wraz z listą awiacyjną i zakłada zlecenie transportowe na obsługę pociągu a_2 . Po przyjeździe pociągu na terminal, pracownik terminala może przejść do procedury sprawdzenia pociągu a_3 . Do sprawdzenia zaliczana jest wzrokowa ocena stanu kontenerów (czy kontenery nie są uszkodzone, czy plomby są nienaruszone). Jednym z elementów w sprawdzeniu kontenerów, jest ocena pustych kontenerów pod załadunek i nadanie odpowiedniej klasy kontenera. Po zakończeniu procedury sprawdzenia kontenerów, operatorzy maszyn mogą odczytać status kontenera w systemie komputerowym a_4 . W zależności od przeznaczenia kontenerów, operatorzy maszyn odkładają je na pole składowe (nadając im miejsce w systemie komputerowym). W innym przypadku operator maszyny informuje kierowcę naczepy o gotowości załadunku, i załadunkuje kontener na naczepę a_5 . Po wykonaniu tej czynności spedytor na terminalu usuwa kontener z systemu komputerowego e_5 . Na rys. 3 została przedstawiona struktura przepływu informacji.

Rys. 3 Struktura procesu przepływu informacji.

Na rys. 3 została przedstawiona struktura szeregową procesu przepływu informacji pomiędzy uczestnikami systemu. Proces rozpoczyna się e_4 przesłaniem informacji o zamówieniu od klienta do spedytora w porcie morskim, natomiast proces kończy się w chwili usunięcia kontenera z systemu komputerowego na terminalu kontenerowym e_5 . Za pomocą narzędzia drzewa zdarzeń, został przedstawiony proces przepływu informacji na rys. 4.

Rys. 4 Drzewo zdarzeń dla procesu przepływu informacji.

Na rys. 4 jako Z_1 oznaczono realizację procesu, natomiast jako Z_2 brak realizacji procesu. Dla procesu przepływu informacji otrzymano 9 sekwencji realizacji procesu. Z rys. 4 można też odczytać, że aby wykonać realizację procesu wszystkie podprocesy muszą zostać wykonane. Zatem niezawodność procesu przepływu informacji R_{pi} jest równa:

$$R_{pi} = S_I \quad (4)$$

Na terminalu kontenerowym zostały przeprowadzone badania, które umożliwiły wyznaczenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych działań w procesie przepływu informacji (Tab. 2).

Tabela 2. Prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych działań.

Działanie a_i	Prawdopodobieństwo $P_x(a_i)$
a_1	1,00
a_2	1,00
a_3	0,99
a_4	1,00
a_5	0,99

Biorąc pod uwagę wzór 4 i tabelę 2 można wyznaczyć niezawodność procesu przepływu informacji, która jest równa:

$$R_{pi} = 0,99 . \quad (5)$$

Niezawodność procesu obsługi ładunku jest równa $R_{ol} = 0,73$, natomiast niezawodność procesu przepływu informacji jest dużo wyższa i wynosi $R_{pi} = 0,99$. W przypadku analizy procesu za pomocą drzew zdarzeń możliwa jest tylko określenie czy zadanie zostanie zrealizowane, czy nie. Biorąc pod uwagę system funkcjonowania na terminalu lądowym, dość często zdarza się, że zadanie zostało wykonane, ale błędnie, czego nie można dostrzec z powyższej analizy, dlatego w następnych rozważaniach będzie przedstawione analiza za pomocą innych narzędzi, które umożliwiają rozpatrywanie niezawodności w trzech stanach – stanie zdatności, stanie częściowej zdatności i stanie częściowej niezdatności.

4. Podsumowanie

W terminalu lądowym wyróżniane są dwa główne procesy: proces obsługi ładunku i proces przepływu informacji. Aby system realizował przypisane mu funkcje, ważne jest by oba procesy działały w sposób niezawodny. Gdy w systemie wystąpią zakłócenia, opóźnienia, może to spowodować nałożenie kar pieniężnych, a w ekstremalnych przypadkach nawet zerwanie kontraktu handlowego.

Zakłócenia w punktach przeładunkowych mogą negatywnie wpłynąć na przepływ ładunku w transporcie intermodalnym i nieść negatywne skutki w całym łańcuchu logistycznym.

W artykule został scharakteryzowany proces przepływu informacji. Pierwszym działaniem jakie można wyróżnić w tym procesie to wysłanie informacji z zamówieniem przez klienta. Następnie wyróżniono 5 podprocesów, które występują kolejno po sobie, i prowadzą do zakończenia procesu, którym jest usunięcie kontenera z systemu komputerowego na terminalu kontenerowym. Dla potrzeb analizy tych działań, za pomocą drzew zdarzeń, wyznaczono 9 działań elementarnych. Z przeprowadzonej analizy wynika, że aby prawidłowo wykonać realizację procesu przepływu informacji, wszystkie podprocesy muszą zostać wykonane. Narzędzie drzew zdarzeń oraz wyznaczone prawdopodobieństwa, pozwoliły na obliczenie niezawodności procesu przepływu informacji, która jest równa $R_{pi} = 0,99$. Z przeprowadzonych badań wynika, że proces obsługi ładunku jest bardziej zawodny niż proces przepływu informacji.

Dalsze prace, będą ukierunkowane na wyznaczeniu niezawodności całego systemu, z uwzględnieniem błędów występujących na każdym etapie tych procesów.

5. Literatura

- [1] Kierzkowski A., Method for management of an airport security control system, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Transport (2016), <http://dx.doi.org/10.1680/jtran.16.00036>
- [2] Kierzkowski A., Kisiel T.: Simulation model of security control system functioning: A case study of the Wrocław Airport terminal, Journal of Air Transport Management, 2016 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jairtraman.2016.09.008>
- [3] Korzeń Z.: Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, Vol II. ILiM, 1999.
- [4] Nowakowski T.: Modele niepewności informacji eksploatacyjnych. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 35(2), 2000, str. 143-150.
- [5] Nowakowski T.: Problemy reprezentacji niepewności danych niezawodnościowych, Zimowa Szkoła Niezawodności 1997, str. 147-152.
- [6] Nowakowski T.: Problemy modelowania niepewności informacji w systemach logistycznych. Logistyka, 1, 2007.
- [7] Nowakowski, T.: Problems of Transportation Process Reliability Modelling. Developing of transportation flows in 21st century supply chains, 2012.
- [8] Nowakowski T., Zając M.: Analysis of reliability model of combined transportation system, In Proceedings of conference ESREL 2005.
- [9] Pawlak E.: Research on information system and its impact on distribution process of supply chain, Safety and Reliability: Methodology and

- Applications – Nowakowski et al. (Eds), 2015 Taylor & Francis Group, London, pp. 2417-2423.
- [10] Powierża L., Elementy inżynierii systemów. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997
- [11] Restel F.J.: Impact of infrastructure type on reliability of railway transportation system. *Journal of Konbin* 25 (1), 2013, pp. 21-36.
- [12] Riessen B., Negenborn R., Dekker R.: Real-time Container Transport Planning with Decision Trees based on Offline Obtained Optimal Solution, 2016.
- [13] Świeboda J.: Wąskie gardła w transporcie intermodalnym w oparciu o intermodalny węzeł przeładunkowy Cargosped w Gliwicach, *Logistyka* 2014, str. 11472-11477.
- [14] Świeboda J.: Analysis and assessment of an information subsystem in an inland container terminal/Analiza i ocena podsystemu informacyjnego w lądowym terminalu kontenerowym. *Journal of KONBiN*, 38(1), 99-130.
- [15] Świeboda J., Zając M.: The role of information in intermodal terminal operation, In: CLC 2016: Carpathian Logistics Congress - Congress Proceedings 2017– in progress.
- [16] Tubis A., Werbińska-Wojciechowska S: Concept of controlling for maintenance management performance: a case study of passenger transportation company. In: Safety and reliability of complex engineered systems proceedings of the 25th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2015, pp. 1055-1063.
- [17] Valis D., Zak L., et. Al: Selected mathematical functions used for operation data information, In 22nd Annual Conference on European Safety and Reliability (ESREL), Amsterdam, Netherlands, September, pp. 1303-1308.
- [18] Valis D., Zając M. Vulnerability of container terminal infrastructure. Niezawodność infrastruktur krytycznych. Preceedings of XLI Winter School of Reliability.
- [19] Woźniak, W., Stryjski, R., Mielniczuk, J., Wojnarowski, T.: Concept for the Application of Genetic Algorithms in the Management of Transport Offers in Relation to Homogenous Cargo Transport. In 26th IBIMA Conference, Madrit 2015, pp. 2329-2339.
- [20] Zahedi F.: Reliability of information systems based on the critical success factors-formulation. *Mis Quarterly*, 1987, pp. 87-203.
- [21] Zając M., Świeboda J.: Analysis of Reshuffling Cost at a Container Terminal. In Dependability Engineering and Complex Systems (pp. 491-503). Springer International Publishing.

Dependability of the information flow process at an intermodal transshipment point
Niezawodność procesu przepływu informacji w intermodalnym węźle przeładunkowym

- [22] Zajac M., Świeboda J: Initial FMEA analysis of the container transport chain, Safety and Reliability: Methodology and Applications - Proceedings of the European Safety and Reliability Conference, ESREL 2014, pp. 2433-2443.
- [23] Zajac M., Świeboda J.: The method of error elimination in the process of container handling. In Military Technologies (ICMT), IEEE, International Conference 2015, pp. 1-6.

Mgr inż. Justyna Świeboda, Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Eksploatacji Systemów Logistycznych, Transportowych i Układów Hydraulicznych. Praca magisterska dotyczyła analizy i oceny zagrożeń procesu obsługi ładunków w transporcie intermodalnym. Obecnie zainteresowania wiążą się z eksploatacją i niezawodnością funkcjonowania systemu na terminalu lądowym.