

Komitet redakcyjny:

Dr hab. inż. Anna Kozłowska (redaktor naczelny)
Prof. dr hab. Joanna Cygler (współpraca)
Prof. dr hab. Tomasz Gołębiowski (współpraca)
Prof. dr hab. Włodzimierz Januszkiewicz (współpraca)
Dr hab. Paweł Lesiak (współpraca)
Prof. dr hab. Krystyna Michałowska-Gorywoda (współpraca)
Prof. dr hab. Joanna Plebaniak (redaktor statystyczny)
Klaudiusz Kaleta (sekretarz redakcji)

Rada naukowa:

Prof. dr hab. Halina Brdulak — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Prof. Ludovít Dobrovský, Ph.D. — Uniwersytet Techniczny w Ostrawie (Czechy)
Prof. dr hab. Danuta Kempny — Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach
Mgr Joanna Mildner-Woś — Bombardier Transportation (ZWUS) Polska Sp. z o.o.
Prof. Ing. Vladimír Modrák — Uniwersytet Techniczny w Koszycach (Słowacja)
Prof. dr hab. Czesław Skowronek — Wyższa Szkoła Finansów i Zarządzania w Siedlcach
Prof. dr hab. Michał Trocki — Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
Dr Marzena Walczak — Izba Celna w Warszawie
Prof. dr hab. Jarosław Witkowski — Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu
Dr hab. Rafał Matwiejczuk — Uniwersytet Opolski

Adres redakcji:

00-252 Warszawa, ul. Podwale 17 lok. 2
tel. 795 155 583, e-mail: gml@pwe.com.pl
strona internetowa: www.gml.pl

Informacje dla autorów, zasady recenzowania i lista recenzentów są dostępne na stronie internetowej czasopisma. Wersja drukowana miesięcznika jest wersją pierwotną. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowania redakcyjnego oraz dokonywania skrótów w nadesłanych artykułach.

„Gospodarka Materialowa i Logistyka” jest czasopismem punktowanym przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (8 punktów).

Wydawca:

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
00-252 Warszawa, ul. Podwale 17 lok. 2
Strona internetowa: www.pwe.com.pl
© Copyright by Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A., Warszawa 2019

Warunki prenumeraty:

Cena prenumeraty krajowej w 2019 r.: roczna 718,80 zł; półroczna 323,46 zł. Cena pojedynczego numeru 59,90 zł. Nakład: 850 egz.

Prenumerata u Wydawcy:

Roczna 25% taniej
Półroczna 10% taniej
Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne SA
Dział Handlowy
ul. Podwale 17 lok. 2, 00-252 Warszawa,
tel. (22) 828-19-61, e-mail: handel@pwe.com.pl

Prenumerata u kolporterów:

Garmond Press — tel. (22) 837 30 08,
<http://www.garmondpress.pl/prenumerata>
Kolporter — tel. (22) 355 04 72 do 75,
<http://dp.kolporter.com.pl>
Ruch — tel. 801 800 803, (22) 693 70 00 w godz. 7–17,
e-mail: prenumerata@ruch.com.pl,
lub na stronie: www.prenumerata.ruch.com.pl
Poczta Polska — infolinia: 801 333 444,
<http://www.poczta-polska.pl/prenumerata>
Sigma-Not — tel. (22) 840 30 86,
e-mail: bok_kol@sigma-not.pl
As Press — tel. (22) 750 84 29, (22) 750 84 30;
GLM — tel. (22) 649 41 61,
e-mail: prenumerata@glm.pl, <http://www.glm.pl>
Skład: Koncept, tel. 501 132 246
Druk: Sowa Sp. z o.o.

Spis treści

Technologie podwójnego zastosowania w logistyce cywilnej i wojskowej. Teoria i praktyka

- Jolanta Żak, Piotr Gołębiowski, Roland Jachimowski
Wybrane aspekty modelowania rozwoju systemu transportowego z uwzględnieniem aspektu środowiskowego 2
Selected aspects of the transport system development modeling with regard to the environmental aspect

- Katarzyna Głodowska, Andrzej Świdorski
Istotność doboru technologii transportowej w zastosowaniu do optymalizacji procesu transportu wewnętrznego w strefie kompletacji 8
Importance of selection of transport technology for the optimization of internal transport process in the complete zone

- Magdalena Kijek, Łukasz Rykała, Jarosław Zelkowski
Rozmyta metoda wyboru kierowcy do realizacji zadań transportowych 15
Fuzzy method of driver selection for realization of transport tasks

- Paweł Ślaski
Modelowanie procesów logistycznych w notacjach BPMN i eEPC 25
Modeling of logistic processes in notation BPMN AND eEPC

- Krzysztof Ficoń, Grzegorz Krasnodębski
Suboptymalizacja krytycznych parametrów kolejki w systemach masowej obsługi 31
Suboptimization of critical railway parameters in mass systems

- Spis treści artykułów zamieszczonych na płycie CD 40

Szanowni Czytelnicy i Autorzy

Archiwalne artykuły z lat 2014–2018 dostępne są na stronie internetowej pisma. Co miesiąc wraz z nowym numerem GMIL-u kolejny numer archiwalny: <http://www.gml.pl/archiwum>

Jolanta Żak

E-mail: j.zak@wt.pw.edu.pl

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Inżynierii Systemów Transportowych i Logistyki

Piotr Gołębiowski

E-mail: pgolebiowski@wt.pw.edu.pl

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Inżynierii Systemów Transportowych i Logistyki

Roland Jachimowski

E-mail: rjach@wt.pw.edu.pl

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Inżynierii Systemów Transportowych i Logistyki

Wybrane aspekty modelowania rozwoju systemu transportowego z uwzględnieniem aspektu środowiskowego

Selected aspects of the transport system development modeling with regard to the environmental aspect

Dynamiczny rozwój transportu jest istotnym czynnikiem rozwoju gospodarczego i znaczącym źródłem uciążliwości dotyczących głównie negatywnego wpływu na środowisko. Jedną z metod pozwalających na poprawę sytuacji w tym obszarze jest racjonalne planowanie rozwoju systemu transportowego. W artykule omówiono problematykę modelowania rozwoju systemu transportowego. Scharakteryzowano problemy środowiskowe, które są brane pod uwagę przy modelowaniu rozwoju systemu transportowego. Ponadto omówiono koncepcję modelu rozwoju proekologicznego systemu transportowego, będącego rozwinięciem modelu proekologicznego systemu stanowiącego efekt prac nad projektem EMITRANSYS. Wskazano jego elementy oraz zastosowanie.

Słowa kluczowe:

modelowanie systemów transportowych, proekologiczny system transportowy, EMITRANSYS

Dynamic development of transport is important factor of economic development and significant source of nuisance regarding mainly negative impact on environment. One of methods to improve situation is rational planning of transport system development. Article discusses problem of transport system development modelling. Environmental problems, which are taken into account were characterized. Concept of model for pro-ecological transport system development, which is an extension of model constituting effect of work on EMITRANSYS project, was discussed. Its elements and application were indicated.

Key words:

modelling of transport systems, pro-ecological transport system, EMITRANSYS

Wstęp

Transport drogowy odgrywa bardzo istotną rolę w społecznym i gospodarczym funkcjonowaniu poszczególnych państw. Należy zauważyć jednak, że ma on szkodliwy wpływ na zdrowie i życie ludzkie oraz na środowisko naturalne. Analizując dane z poszczególnych krajów członkowskich Unii Europejskiej należy stwierdzić, że transport odpowiada za wytworze-

nie ok. 28% całkowitej wielkości emisji CO₂ do atmosfery, przy czym za wytworzenie około 84% wielkości emisji tego sektora odpowiada transport drogowy. W związku z tym podejmowane są intensywne działania zmierzające do ograniczenia szkodliwego wpływu transportu poprzez działania legislacyjne, a w szczególności poprzez integrację polityki transportowej z polityką ekologiczną. Wynikiem tych prac jest przede wszystkim zaostreżenie norm dotyczących

emisji spalin przez pojazdy samochodowe oraz promocja alternatywnych źródeł energii do napędzania pojazdów (Merkisz, Pielecha i Radzimirski, 2012). Regulacje prawne Unii Europejskiej wprowadzają uwarunkowania prawne dotyczące obciążenia zanieczyszczającego środowisko opłatami. Wysokość opłat uzależniona jest od norm emisyjności spalin dla pojazdów (Merkisz, Pielecha i Fuć, 2013).

Największe i najbardziej uciążliwe negatywne skutki dla środowiska powoduje silnik spalinowy. Podczas jego pracy do atmosfery emitowane są szkodliwe substancje, będące pochodnymi spalnego paliwa. Wydzielane substancje można podzielić na toksyczne oraz nietoksyczne. Do grupy substancji toksycznych należą:

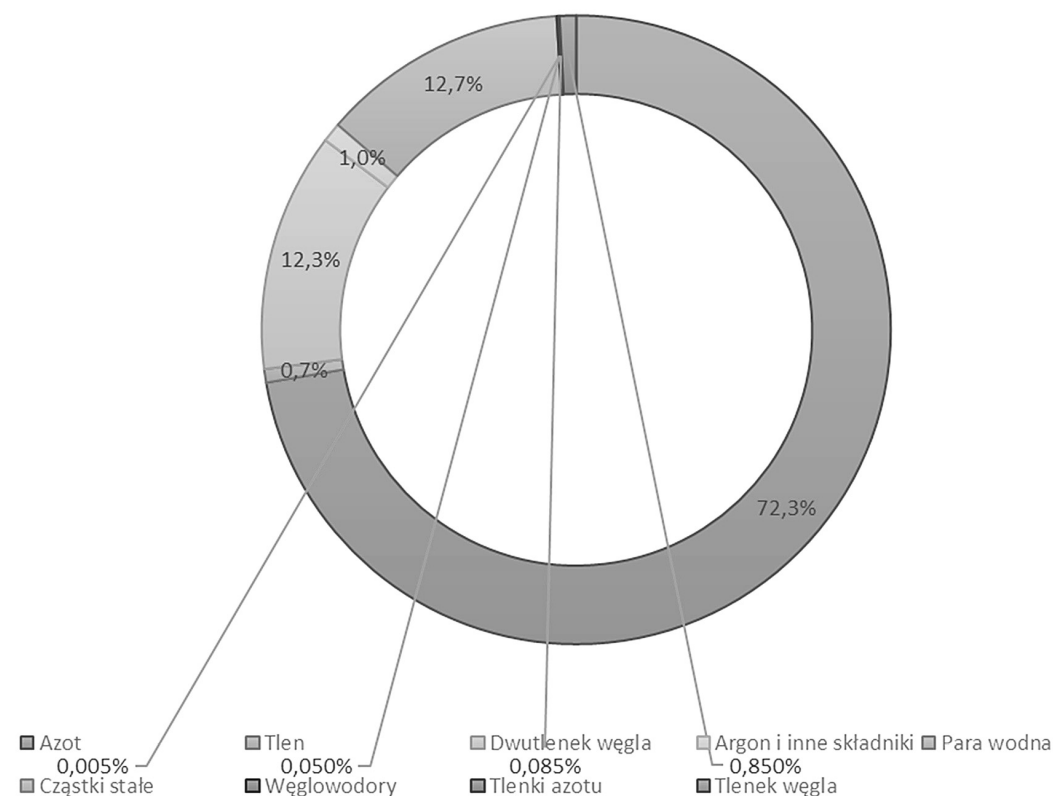
- tlenek węgla CO,
- węglowodory HC,
- tlenki azotu NO_x,
- cząstki stałe PM,
- pyły,
- dioksyny,
- metale ciężkie wytwarzane są przez katalizatory samochodowe,
- ozon.

Do związków nietoksycznych należą:

- dwutlenek węgla CO₂,
- azot N₂,
- tlen O₂,
- para wodna.

Rysunek 1

Skład chemiczny spalin



Źródło: opracowanie własne.

Skład chemiczny spalin przedstawiono na rysunku 1.

Spalanie paliw jest procesem bardzo szkodliwym zarówno dla życia i zdrowia człowieka jak i dla środowiska naturalnego. W związku z tym, dążąc do ograniczenia negatywnego wpływu transportu na środowisko, Unia Europejska opracowała ograniczenia legislacyjne związane z limitowaniem emisji spalin w sprzedawanych nowych pojazdach.

Wyżej wymienione zagadnienia należy szczególnie uwzględnić przy analizie problemu rozwoju systemu transportowego. Poprzez rozwój systemu transportowego można rozumieć wybór najkorzystniejszego wariantu w dwóch obszarach: modernizacji lub budowy infrastruktury (zarówno liniowej jak i punktowej) oraz zakupu nowych środków transportu, które mogą przyczynić się do ograniczenia negatywnego wpływu transportu na środowisko — w tym głównie na życie i zdrowie człowieka. Należy zauważyć, że planowanie rozwoju systemu transportowego stanowi istotny element polityki każdego kraju, który ma bezpośredni wpływ na jego sytuację gospodarczą oraz społeczno-ekonomiczną. Mając na względzie istotność oraz złożoność tego zagadnienia, należy dążyć do tego, aby było ono rozpatrywane z wykorzystaniem metod ilościowych i modeli matematycznych, które są implementowane z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi informatycznych.

W artykule omówiono problematykę modelowania rozwoju systemu transportowego z wykorzystaniem narzędzi informatycznych. Wskazano obszary, których dotyczy problematyka rozwoju. Scharakteryzowano problemy środowiskowe, które są brane pod uwagę przy modelowaniu rozwoju systemu transportowego. Ponadto omówiono koncepcję modelu rozwoju systemu transportowego z uwzględnieniem aspektu środowiskowego, będącego rozwinięciem modelu proekologicznego systemu transportowego *MEST*, będącego efektem prac nad projektem *EMI-TRANSYS* — Kształtowanie proekologicznego systemu transportowego realizowanego przez Politechnikę Warszawską i Politechnikę Poznańską. Wskazano jego elementy oraz zastosowanie.

Modelowanie rozwoju systemu transportowego

Transport należy rozpatrywać jako jeden wielki system. Zatem do jego analizy należy wykorzystać teorię systemów. Zasadniczym elementem tej teorii jest określenie celu działania systemu. W przypadku działania systemu transportowego jest to przemieszczanie pasażerów i ładunków określonych typów w czasie i w przestrzeni. Ze względu na złożoność systemu transportowego, aby móc prowadzić badania, należy budować modele stanowiące uproszczony obraz rzeczywistości. Uproszczenie powinno być zależne od celu badawczego, który model ma pomóc badaczowi osiągnąć.

Przemieszczanie osób i ładunków powoduje konieczność wykorzystania wielu elementów systemu transportowego. Istotnym jest, aby odróżnić te elementy systemu, które są zaangażowane w obsługę pasażerów i (lub) ładunków. Zatem system transportowy tworzą takie elementy, jak: drogi, linie kolejowe, drogi lotnicze i inne (infrastruktura liniowa) oraz środki transportowe (samochody, autobusy, pociągi, samoloty i inne). Istotną rolę ogrywają także stacje i przystanki, a także urządzenia zabezpieczenia ruchu (znaki drogowe, sygnalizacja świetlna) (infrastruktura punktowa) wraz z przepisami bezpieczeństwa ruchu. Dodatkowo (oprócz środków technicznych i organizacyjnych) należy wziąć pod uwagę środki ludzkie — personel wykonujący zadania w systemie transportowym.

Jak już wspomniano powyżej, ze względu na trudność badania rzeczywistych systemów transportowych, badania przeprowadzane są na odpowiednich modelach. Modele te powinny odzwierciedlać złożoność i współzależność zjawisk zachodzących w systemie transportowym oraz między nim a otoczeniem. Należy podkreślić, że w analizach należy

uwzględnić wpływ działalności systemu transportowego na środowisko naturalne. Zakres (czyli dokładność) odwzorowania elementów systemu transportowego zawsze wynika z celu i zakresu prowadzonych badań.

Jednym z zastosowań modeli w zakresie systemu transportowego jest badanie różnych wariantów rozwoju systemu. Opracowując koncepcję rozwoju systemu transportowego, należy brać pod uwagę zależności między przewidywaną wielkością zadań, potencjałem systemu transportowego, a kosztem realizacji tych zadań (Cupryjak i Wasiak, 2013), (Lewczuk i in., 2014). Uwzględniana w planach rozwoju transportu modernizacja i rozbudowa sieci transportowej oraz dostosowanie środków przewozowych do określonych wymagań nie to nie tylko zbudowanie zintegrowanej sieci transportowej i zwiększenie zdolności przewozowych systemu ale także i poprawa bezpieczeństwa i ochrona środowiska (Jacyna i Merkiś, 2014), (Jacyna, Wasiak i in., 2014).

Badanie rozwoju systemu transportowego polega na sprawdzeniu wpływu danych rozwiązań opracowanych w ujęciu wariantowym odpowiadającym kolejnym etapom realizacji inwestycji, która powoduje zmianę struktury i charakterystyk sieci transportowej. Analiza problemu pozwoli na odpowiedź np. na pytanie ile środków należy przeznaczyć na modernizację konkretnego połączenia lub zakup konkretnego środka transportu. Należy jednak zauważyć, że rozłożenie środków finansowych wiąże się ściśle z rozłożeniem potoku ruchu w sieci transportowej (Jacyna, Kłodawski i in., 2014), (Jacyna-Gołda, Żak i Gołębiowski, 2014), (Merkiś-Guranowska i Pielecha, 2014).

Ocena jakości doboru wyposażenia systemu transportowego (stanu infrastruktury oraz suprastruktury) do zadań przewozowych z centralnego punktu widzenia (z punktu widzenia planisty chcącego wybrać konkretne rozwiązanie dla danej inwestycji), wymaga odwzorowania w modelu wszystkich jego charakterystyk, które są istotne z punktu widzenia prowadzonych badań. Badanie wpływu różnych strategii rządowych np. polityki transportowej na zachowanie nabywców oraz dostawców usług transportowych uwarunkowane stanem wyposażenia (Gołębiowski, Jachimowski i in., 2013). Analiza ta jest możliwa jedynie w przypadku, gdy dany organ dysponuje odpowiednimi narzędziami badawczymi — np. komputerowym modelem ruchu opracowanym dla danego obszaru. Aby go przygotować należy odwzorować rozłożenie potoku ruchu w systemie transportowym z wykorzystaniem aparatu matematycznego. Należy to zrobić w sposób dostatecznie dokładny, aby możliwa i wystarczająca była ocena stopnia dostosowania charakterystyk elementów infrastruktury do realizowanych zadań

(Jacyna, Kłodawski i in., 2014), (Jacyna-Golda, Lewczuk i in., 2014).

Planowanie rozwoju systemu transportowego z uwzględnieniem aspektów środowiskowych jest wieloaspektowym problemem. Należy wziąć tu pod uwagę (Jacyna, Kłodawski i in., 2014):

- obecne i przyszłe potrzeby nabywców usług transportowych,
- potencjał techniczny dostawców usług transportowych i ich zdolność do wprowadzania zmian,
- infrastrukturę transportową,
- wykorzystywane pojazdy,
- systemy zarządzania ruchem w poszczególnych obszarach i regionach sieci transportowej,
- politykę transportową państwa lub regionu,
- ekologiczne warunki funkcjonowania i rozwoju transportu.

Koncepcja modelu rozwoju systemu transportowego z uwzględnieniem aspektu środowiskowego

Wszystkie działania dotyczące rozwoju systemu transportowego powinny dążyć do tego, aby wdrażać koncepcję proekologicznego systemu transportowego. Bazując na definicji systemu, proekologiczny system transportowy można zdefiniować jako zbiór elementów powiązanych organizacyjnie, w sposób zapewniający skuteczne przemieszczanie pasażerów i ładunków w sieci transportowej w odniesieniu do minimalizacji zewnętrznych kosztów transportu (Ambroziak, Gołębiowski i in., 2014), (Jacyna, Kłodawski i in., 2014), Jacyna, Lewczuk i in., 2015).

Aby móc prowadzić badania nad wdrażaniem proekologicznego systemu transportowego należy zbudować jego model. W ramach realizacji projektu „EMITRANSYS” — Kształtowanie proekologicznego systemu transportowego przez Politechnikę Warszawską i Politechnikę Poznańską opracowany został matematyczny model krajowego systemu transportowego, który cały czas jest doskonalony. Model ten umożliwia badania polskiego systemu transportowego w aspekcie proekologiczności. W modelu tym odwzorowano rzeczywistą sieć transportową oraz zadania przewozowe (Jacyna i Merkisz, 2014), (Jacyna, Wasiak i in., 2014), (Jacyna, Żak i in., 2013), (Jacyna, Kłodawski i in., 2014), (Jacyna-Golda, Lewczuk i in., 2014), (Wasiak, Kłodawski i in., 2014), a także ilościowe i jakościowe cechy badanego systemu, w tym cechy istotne dla oceny poziomu szkodliwych związków emitowanych przez pojazdy.

W modelu kształtowania rozwoju krajowego systemu transportowego uwzględniono różne rodzaje transportu i interakcje występujące między nimi (Jacyna i Merkisz, 2014), (Jacyna, Wasiak i in., 2014), (Jacyna, Żak i in., 2013), (Jacyna, Kłodawski i in., 2014), (Jacyna-Golda, Lewczuk i in., 2014), (Wasiak, Kłodawski i in., 2014). Ze względu na przyjęty cel badań ważną cechą opracowanego modelu jest uwzględnienie relacji między transportem drogowym a innymi rodzajami transportu (zwłaszcza kolejowego) (Żak, Gołębiowski, 2015), (Żak, Gołębiowski, Popiela, 2018).

Biorąc pod uwagę charakter oraz zadania realizowane przez system transportowy, w modelu odwzorowano następujące właściwości (Jacyna, Kłodawski i in., 2014):

- środki transportowe wykorzystywane do realizacji zadań przewozowych,
- strukturę systemu transportowego przedstawiającą dostępne dla poszczególnych rodzajów środków transportowych rzeczywiste połączenia transportowe między źródłami i ujściami potoku ruchu,
- charakterystyki środków transportowych oraz elementów struktury systemu transportowego stanowiące odwzorowanie ich rzeczywistych właściwości istotnych z punktu widzenia rozłożenia potoku ruchu m. in. w aspekcie minimalizacji emisji szkodliwych związków spalin, np. charakterystyki techniczne, ekonomiczne, organizacyjne,
- zadania przewozowe realizowane przez system transportowy określające wielkość obciążenia systemu strumieniami ładunków i osób w relacjach przewozowych źródło — ujście,
- organizację potoku ruchu w systemie transportowym przedstawiającą sposób wykorzystania elementów infrastruktury wraz z wyposażeniem do realizowanych zadań (Jacyna, Żak i in., 2014)
- niezbędne dane odwzorowane w postaci zintegrowanej bazy danych proekologicznego systemu transportowego zawierającej parametry zarówno infrastruktury, jak i suprastruktury.

Formalnie, *Model Rozwoju Proekologicznego Systemu Transportowego (MRPST)* można zapisać jako uporządkowaną szóstkę postaci:

$$MRPST = \langle SP, GP, FP, QP, OP, ZBDP \rangle \quad (1)$$

gdzie:

MRPST — model rozwoju proekologicznego systemu transportowego,

SP — zbiór środków transportowych,

GP — struktura proekologicznego systemu transportowego,

FP — zbiór charakterystyk środków przewo-

- zowych oraz elementów struktury proekologicznego systemu transportowego,
- QP** — zadania przewozowe określone dla proekologicznego systemu transportowego,
- OP** — organizacja potoku ruchu, tj. sposób realizacji zadań przewozowych przez system transportowy,
- ZBDP** — zintegrowana baza danych proekologicznego systemu transportowego.

Jak już wspomniano powyżej, system transportowy tworzą podsystemy transportowe różnych gałęzi. Mając to na względzie, zdefiniowano zbiór numerów rodzajów transportu **RT** o postaci $RT = \{1, \dots, rt, \dots, RT\}$. Uwzględniane w badaniach gałęzie transportu oznaczane są symbolem *rt*, a ich liczba — symbolem **RT**. Powoduje to, że zbiór środków przewozowych **SP** można zdefiniować jako sumę podzbiorów **SP**(*rt*), przy czym podzbiór **SP**(*rt*) oznacza zbiór środków transportowych typu *rt*., co można zapisać następująco:

$$SP = \bigcup_{rt \in RT} SP(rt) \quad (2)$$

Ze względu na cel prowadzonych badań w modelu matematycznym zdefiniowano również rejony odwzorowujące obszary szczególnie istotne w aspekcie ochrony środowisk, np. Obszary Natura 2000, jak również obszary, na których wprowadzone są ograniczenia w ruchu pojazdów niektórych typów (Ambroziak, Gołębiowski i in., 2013). Zbiór numerów tych obszarów można zapisać w sposób następujący: **OB** = {1, ..., *ob*, ..., **OB**}.

Wszystkie elementy modelu, tj. środki transportowe i sieć transportowa wraz z ich charakterystykami, oraz zadania transportowe, czy też organizacja potoku ruchu wraz z upływem czasu podlegają pewnym zmianom. Kształtowanie proekologicznego systemu transportowego przejawiać się powinno takimi działaniami, których wpływ na system transportowy — ze względu na przyjęte proekologiczne kryteria oceny jego funkcjonowania — jest pozytywny. Zatem należy uwzględnić zbiór chwil, utożsamianych z okresami planistycznymi (Jacyna-Gołda, Gołębiowski i in., 2017), który można zdefiniować jako **T** = {1, ..., *t*, ..., **T**}. Uwzględniając upływ czasu model rozwoju proekologicznego systemu trans-

portowego można zapisać w postaci szóstki uporządkowanej:

$$MRPST(t) = \langle SP(t), GP(t), FP(t), QP(t), OP(t), ZBDP(t) \rangle \quad (3)$$

Wnioski

Podsumowując negatywny wpływ transportu na środowisko wynika m.in. z:

- emisji gazów cieplarnianych, które przyczyniają się do zmian klimatycznych,
- emisji zanieczyszczeń powietrza wpływających na zdrowie ludzi i środowisko naturalne (Ambroziak, Jacyna i in., 2013),
- przejścia obszarów cennych przyrodniczych i cięcia ich ciągłości (fragmentacji) przez nowe drogi, przyczyniające się do utraty różnorodności biologicznej,
- emisji hałasu zagrażającego ludzkiemu zdrowiu.

Należy dążyć do tego, by poszukiwać rozwiązań pozwalających na ograniczenie negatywnego wpływu transportu na środowisko. Jednym z narzędzi może być model rozwoju proekologicznego systemu transportowego, w postaci komputerowej na którym można przeprowadzać badania i dzięki temu wybrać rozwiązanie najmniej szkodzące środowisku. Do innych rozwiązań ograniczających negatywny wpływ transportu na środowisko naturalne można zaliczyć m.in.: polepszenie jakości infrastruktury drogowej, zmniejszenie zużycia paliw silnikowych, uszlachetnienie tradycyjnych paliw, stosowanie paliw alternatywnych (Pyza, Jacyna-Gołda i in., 2018), oczyszczenie spalin, zastosowanie jednostek z napędem hybrydowym umożliwiającym odzysk energii podczas hamowania, wprowadzenie opłat za korzystanie z infrastruktury i zużycie nieodnawialnej energii (Merkisz, Pielecha i Radzimirski, 2012).

Należy zauważyć także, że emisja spalin przyczynia się do powstania smogu, który na dzień dzisiejszy jest bardzo dużym problemem w Polsce. Z wykorzystaniem modelu MRPST można poszukiwać metod, które pozwolą na zmniejszenie jego szkodliwości w wybranych obszarach.

Praca naukowa zrealizowana częściowo w ramach projektu „Kształtowanie proekologicznego systemu transportowego” (EMITRANSYS), finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, wykonana przez konsorcjum naukowe Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej oraz Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej oraz częściowo w ramach pracy statutowej Politechniki Warszawskiej.

Bibliografia

- Ambroziak, T., Gołębiowski, P., Pyza, D., Jacyna-Golda, I., Merksiz-Guranowska, A., (2013). Identification and Analysis of Parameters for the Areas of the Highest Harmful Exhaust Emissions in the Model EMITRANSYS. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 20, no. 3, 9–20.
- Ambroziak, T., Gołębiowski, P., Woźnicki, K., Jacyna-Golda, I., Jachimowski, R., Kłodawski, M., Lewczuk, K., Szczepański, E., (2014). Wariantowe rozłożenie potoku ruchu w zadanej sieci przy uwzględnieniu kosztów zewnętrznych. *Logistyka*, nr 4, 1605–1616.
- Ambroziak, T., Jacyna, M., Gołębiowski, P., Wasiak, M., Żak, J., (2013). Wpływ rozłożenia potoku ruchu w sieci transportowej na poziom emisji CO₂ przez środki transportu. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 97, 9–18.
- Cupryjak, P., Wasiak, M., (2013). Uwarunkowania modelowania przewozu ładunków. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 97, 63–71.
- Gołębiowski, P., Jachimowski, R., Lewczuk, K., Szczepański, E., Wasiak, M., (2013). Uwarunkowania prawne kształtowania proekologicznego systemu transportowego. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Transport*, z. 97, 135–145.
- Jacyna, M., Kłodawski, M., Wasiak, M., Żak, J., (2014). *Model symulacyjny EMITRANSYS jako narzędzie do analizy i planowania rozwoju krajowego systemu transportowego*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Jacyna, M., Lewczuk, K., Szczepański, E., Gołębiowski, P., Jachimowski, R., Kłodawski, M., Pyza, D., Sivets, O., Wasiak, M., Żak, J., Jacyna-Golda, I., (2015). Effectiveness of national transport system according to costs of emission of pollutants. W: *Safety and Reliability: Methodology and Applications* [CD-ROM]. CRC Balkema, 559–567.
- Jacyna, M., Merksiz, J., (2014). Proecological approach to modelling traffic organization in national transport system. *Archives of Transport*, vol. 30, iss. 2, 31–41.
- Jacyna, M., Wasiak, M., Lewczuk, K., Kłodawski, M., (2014). Simulation model of transport system of Poland as a tool for developing sustainable transport. *Archives of Transport*, vol. 31, iss. 3, 23–35.
- Jacyna, M., Żak, J., Jacyna-Golda, I., Merksiz, J., Merksiz-Guranowska, A., Pielecha, J., (2013). Selected Aspects of the Model of Proecological Transport System. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 20, no. 3, 193–202.
- Jacyna, M., Żak, J., Pyza, D., Gołębiowski, P., (2014). Technical and environmental limitations of pro-ecological transport system designing. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 21, no. 4, pp. 555–564.
- Jacyna-Golda, I., Żak, J., Gołębiowski, P., (2014). Models of traffic flow distribution for scenarios of the development of proecological transport system. *Archives of Transport*, vol. 32, iss. 4, 17–28.
- Jacyna-Golda, I., Gołębiowski, P., Izdebski, M., Kłodawski, M., Jachimowski, R., Szczepański, E., (2017). The evaluation of the sustainable transport system development with the scenario analyses procedure. *Journal of Vibroengineering*, vol. 19, iss. 7, 5627–5638.
- Jacyna-Golda, I., Lewczuk, K., Szczepański, E., Gołębiowski, P., (2014). *Rozłożenie ruchu w sieci transportowej z zastosowaniem modelu EMITRANSYS w aspekcie planowania rozwoju systemu transportowego*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Kowalewicz, A., (2009). *Podstawy procesów spalania*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Merksiz, J., Pielecha, J., Fuć, P., (2013). *Badania i analizy zużycia energii i emisji zanieczyszczeń przez pojazdy w sieci drogowej*. Warszawa: Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN.
- Merksiz, J., Pielecha, J., Radzimirski, S., (2012). *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- Merksiz-Guranowska, A., Pielecha, J., (2014). *Emisja zanieczyszczeń z pojazdów samochodowych a parametry ruchu drogowego*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Pyza D., Jacyna-Golda I., Golda P., Gołębiowski P., (2018). Alternative Fuels and Their Impact on Reducing Pollution of the Natural Environment, *Rocznik Ochrona Środowiska*, t. 20, 819–836.
- Wasiak, M., Kłodawski, M., Lewczuk, K., Jachimowski, R., Szczepański, E., (2014). Chosen aspects of simulation model to designing proecological transport system. *Journal of KONES Powertrain and Transport*, vol. 21, no. 4, 525–532.
- Żak J., Gołębiowski P., Popiela K., (2018). Selected Aspects of the Environmental Friendliness Assessment of Railway Transport Using the Indicator Method. *Transport Means 2018. Proceedings of 22nd International Scientific Conference. Part II*, Kaunas: Publishing House „Technologija”, 950–955.
- Żak, J., Gołębiowski, P., (2015). Comparative analysis of the rail and road transport in the CO₂ emission. *Combustion Engines*, nr 3, 944–951.

Księgarnia internetowa Polskiego Wydawnictwa Ekonomicznego
zaprasza na zakupy **z rabatem 15%**

www.pwe.com.pl



Katarzyna Głodowska

E-mail: katarzyna.glodowska@wat.edu.pl; nr ORCID: 0000-0003-1234-7506
Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Andrzej Świderski

E-mail: andrzej.swiderski@its.waw.pl; nr ORCID: 0000-0001-7451-916
Instytut Transportu Samochodowego

Istotność doboru technologii transportowej w zastosowaniu do optymalizacji procesu transportu wewnętrznego w strefie kompletacji

Importance of selection of transport technology for the optimalization of internal transport proces in the complete zone

Celem artykułu jest zaprezentowanie istotności doboru technologii transportu wewnętrznego w strefie kompletacji. Omówiono zagadnienia dotyczące procesu kompletacji, znaczenia transportu wewnętrznego w tym procesie, ze szczególnym uwzględnieniem ilości czasu poświęcanego na przemieszczanie. W wyniku potrzeby optymalizacji czasu poświęcanego na przemieszczanie w strefie kompletacji scharakteryzowano i zaprezentowano dobór odpowiedniej technologii transportu wewnętrznego dla tego procesu. Ze względu na dużą ilość kryteriów jakie należy przeanalizować przed podjęciem decyzji o zastosowaniu danej technologii, skupiono się tylko na wybranych. Literatura przedmiotu szeroko traktuje o doborze technologii. W dobie informatyzacji dąży się do usprawniania wszystkich możliwych procesów poprzez automatyzację procesów, co nie zawsze jest konieczne. W artykule zaprezentowane zostały również wady technologii automatycznych.

Słowa kluczowe:

technologia, transport, kompletacja, magazyn

The aim of the article is to present the significance of the good of internal transport technology in the picking zone. Issues regarding the picking process and the importance of internal transport in this process are discussed, with particular emphasis on the amount of time devoted to shipment. As a result of the need to optimize the time spent on moving in the picking zone, the selection of an appropriate internal transport technology for this process has been characterized and presented. Due to the large number of criteria to be analyzed before deciding to use a given technology, only the selected ones were focused. The literature on the subject is widely regarded as the choice of technology. In the era of computerization, the aim is to improve all possible processes by automating processes, which is not always necessary. The article also presents the disadvantages of automatic technologies.

Key words:

technology, transport, completion, warehouse

Wstęp

Proces kompletacji w literaturze definiowany jest jako zespół logistycznych czynności operacyjnych i organizacyjnych, w wyniku których następuje zestawienie asortymentów, towarów zgodnie z zaleceniami wewnętrznymi w systemie magazynowym, sporządzonym na podstawie zamówień odbiorców (Korzeń, 1999). PN-N-01800: 1984 Jest to to też operacja

w procesie magazynowym, polegająca na pobraniu zapasów ze stosów lub urządzeń do składowania w celu utworzenia zbioru zapasów zgodnie ze specyfikacją asortymentową i ilościową dla określonego odbiorcy (Niemczyk, 2006). W ujęciu procesowym jest to szereg czynności, wykonywanych w odpowiedniej kolejności i posiadający swój cel. Proces ten realizowany jest w strefie kompletacji. Strefa kompletacji jest jedną z czterech stref występujących w magazynie

nie. Pełni ona bardzo ważną rolę, niekiedy uważaną za kluczową. Efektywność, z jaką wykonywany jest proces kompletacji bezpośrednio rzutuje na poziom obsługi klienta. Istotne jest, aby zamówiony towar był prawidłowo skompletowany pod względem asortymentowym oraz ilościowym w taki sposób, aby do strefy wydań trafił na czas, umożliwiając tym samym wysłanie go w terminie nie przekraczalnym w stosunku do oczekiwanego. Od realizacji tego procesu będzie zależało zadowolenie klienta, który jest ostatnim i najważniejszym ogniwem w tym łańcuchu. Dobór odpowiedniej technologii dla procesu kompletacji jest czynnikiem warunkującym jego efektywność. Im większa efektywność, tym większe zadowolenie klienta. Technologia w strefie kompletacji dotyczy między innymi transportu wewnętrznego. Zaś technologia transportu wewnętrznego, to sposób realizacji programu transportu i magazynowania wynikającego z zadania logistycznego w obiektach logistycznych. Do podstawowych technologii transportu wewnętrznego zalicza się technologie; ręczne, zmechanizowane, automatyczne.

W artykule zaprezentowano technologie transportu wewnętrznego, omówiono istotność transportu wewnętrznego w badanej strefie kompletacji oraz scharakteryzowano dobór odpowiedniej technologii w strefie kompletacji.

Znaczenie transportu wewnętrznego w strefie kompletacji

Proces transportu występuje w każdym obiekcie logistycznym, jest jego integralnym elementem. W jaki sposób zostanie on zorganizowany, będzie bezpośrednio wpływać na efekt końcowy całego funkcjonowania łańcucha logistycznego. Zadowolenie klienta jest głównym celem realizacji procesu logistycznego. Proces transportu warunkuje terminowe dostarczenie zamówionego towaru. Istotne zatem wydaje się być zwrócenie szczególnej uwagi na proces transportu wewnętrznego w strefie kompletacji. Na transport wewnętrzny składają się wszelkie operacje, które w efekcie końcowym doprowadzą do wysyłki gotowych produktów. Transport bliski wymaga (Zbichrowski, 1972):

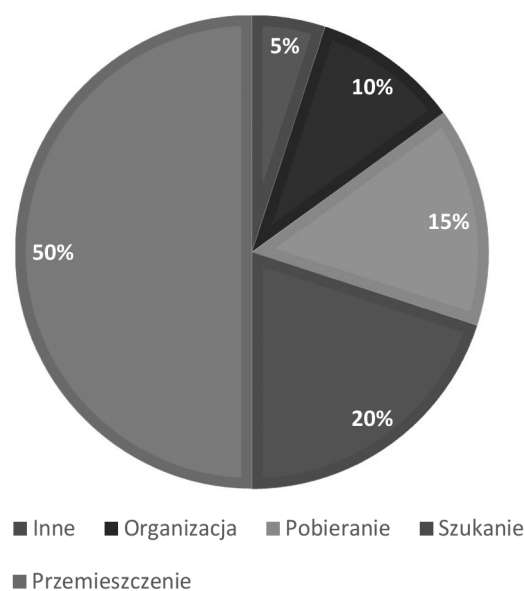
- maksymalnej szybkości transportowania przy zachowaniu wszelkich warunków bezpieczeństwa i nie uszkodzenia przewożonych towarów,
- krótkich czasów załadunku i wyładunku,
- krótkich dróg transportowych,
- stosowania odpowiednich środków transportowych,
- niedopuszczania do przeładowywania lub niewielkiej ilości przeładunków.

Transport wewnętrzny jest istotnym źródłem kosztów w funkcjonowaniu każdego przedsiębiorstwa

z uwagi na wysoką energochłonność i pracochłonność (załadunek, wyładunek, przeładunek).

W strefie kompletacji wyróżnia się takie czynności, jak: organizacja, szukanie, pobieranie, przemieszczanie i inne (rys 1.). Poddając bardziej szczegółowej analizie wymienione czynności zauważa się, iż największy procentowy udział w całym procesie kompletacji zajmuje przemieszczanie, stanowi bowiem blisko połowę czasu. W celu optymalizacji tego procesu należy skupić się na skracaniu czasu poświęcanego na przemieszczanie w strefie kompletacji. W literaturze (Tompkins, 2003; Kłodawski, 2012; Józwiak 2017) odnajduje się stwierdzenia, że proces kompletacji jest nie tylko niezwykle istotny dla całego procesu magazynowego, jednocześnie jest najbardziej czasochłonny ze wszystkich procesów magazynowych.

Rysunek 1
Procentowy udział czynności magazynowych w procesie kompletacji




















Źródło: opracowanie własne na podstawie 0.

Zagadnienie optymalizacji transportu wewnętrznego nabiera coraz większego znaczenia. Każdy produkt posiada tylko wtedy określoną wartość, kiedy można nim dysponować w miejscu i czasie, w którym jest on potrzebny. Nie należy traktować transportu wewnętrznego jako odrębnej czynności, zaś jako integralny elementu procesu. Jest to proces związany z realizacją konkretnego zadania, w systemie, tworzenie ścisłych powiązań w zintegrowanych łańcuchach pozwala na racjonalizację i optymalizację tego procesu. Wspomagającym narzędziem do realizacji procesu transportowego jest karta przebiegu czynno-

Rysunek 2

Karta czynności dla wybranego procesu

KARTA PRZEBIEGU CZYNNOŚCI			KPC	Karta nr1	Arkusz nr 1	Arkuszy 1
Przedmiot pracy:			Zestawienie			
Czynność: Komplectowanie towarów			Symbol	Metoda dotychczasowa	Metoda proponowana	Oszczędność
Miejsce: Magazyn zamknięty				975	975	0
Wykonawca: Magazynier				-	-	0
Metoda: Dotychczasowa				10	10	0
Początek Obserwacji: Pobranie druku kompletacji				280	141	139
Koniec obserwacji: Składowanie skompletowanego zamówienia			Czas (s)	1265	1126	139
Sporządził:			Odległość (m)	45	25	20
Czas (s)	Odległość (m)	Symbol	Opis			Sprzęt
18	3		podejście na DOK			
10			pobranie druku kompletacji			
25	4,5		przemieszczanie się do regału			
90			kompletacja szafki łazienkowej A			
5	1		przemieszczanie się do regału			
45			kompletacja glazury B			
10	2		przemieszczanie się do regału			
240			kompletacja gresu szklanego C			
40	6		przemieszczanie się do regału			
420			kompletacja glazury F			
12	2,5		przemieszczanie się do regału			
180			kompletacja szupka łazienkowego H			
40	6		przejsie na DOK			

Źródło: 0

ści dla dowolnie realizowanego zamówienia. Karta ta jest narzędziem, dzięki któremu można zaobserwować w jaki sposób pracownik wykonuje polecenie kompletacji zamówienia (rys. 2).

Karta ta jest prostym narzędziem, jednak bardzo dobrze obrazuje, na których etapach pracy czas należy optymalizować. Jest to narzędzie sprawdzające się w przypadku, kiedy pracownik jest głównym wykonawcą procesu, nie zaś maszyny. W przypadku technologii automatycznej są to maszyny i urządzenia, człowiek sprawuje tylko kontrolę, nie jest głównym wykonawcą procesu.

Dobór technologii transportu wewnętrznego

Odpowiedni dobór technologii transportu wewnętrznego w procesie kompletacji w magazynie jest niezwykle istotny. Wynika to przede wszystkim z czasu poświęcanego w tej strefie na przemieszczania oraz z realizacji zadania logistycznego w tym obiekcie. *Czym jest zatem zadanie logistyczne? Jest to sformalizowany sposób zapisu obciążenia projektowanego systemu logistycznego pracą. Obciążenie to wynika*

z przewidywanej struktury zleceń klientów, potencjalnej dostępności materiałów i środków obsługi oraz wymogów technicznych. Zadanie logistyczne w sposób ilościowy i jakościowy opisuje strumienie materiałów na wejściu systemu oraz zakres przekształceń tych strumieni, wymagane parametry technologiczne i organizacyjne oraz kryteria oceny jakości rozwiązania (Jacyna, 2016). Należy wziąć pod uwagę relacje zachodzące pomiędzy:

- strumieniami ładunków opisanymi ze względu na przedmiot, ilość, punkty nadania i odbioru, czas dysponowany i miejsca buforowania,
- strumieniami informacji ściśle powiązanymi z przepływami materiałów,
- wydajnością układu transportowo — magazynowego,
- jednostkowymi kosztami eksploatacyjnymi stosowanych środków,
- badanym obiektem logistycznym a otoczeniem.

Strefa kompletacji jest ściśle związana ze strefą składowania, ponieważ środki transportu wewnętrznego, wykonując zadanie logistyczne, przemieszczają się między regałami (strefa składowania). Niekiedy strefy te łączą się i omawia wspólnie. Organizacja transportu w strefie kompletacji ma bezpośredni wpływ na organizację strefy składowania i na odwrót. Doboru urządzeń transportu wewnętrznego dokonuje się dla każdej strefy indywidualnie ze względu na różnorodność wykonywanych zadań logistycznych. Należy jednak pamiętać o dążeniu do uniwersalności stosowanych urządzeń. Uniwersalność stosowanych urządzeń jest uzasadniona z ekonomicznego i organizacyjnego punktu widzenia. Prawidłowo zorganizowany transport wewnętrzny w magazynie powinien odbywać się w jak najkrótszym czasie, po jak najkrótszych drogach oraz z minimalizacją zużycia środków transportowych.

W dostępnej literaturze ujmuje się dobór technologii względem dwóch podstawowych parametrów: wysokość składowania i szerokość korytarzy roboczych. W grupie kryteriów powinny znaleźć się też takie, jak: dostępność technologii na rynku, rodzaj wyposażenia obiektów magazynowych, zbiór wszelkich parametrów (wady, zalety, wytyczne które umożliwiają dostosowanie danej technologii). Szerszy podział kryteriów zawiera się w trzech kategoriach (Jacyna, 2017):

- kategoria czynników technicznych:
 - powierzchnia obiektu magazynowego, a zwłaszcza strefy, w której będzie technologia stosowana (np. na małych powierzchniach prawdopodobnie możliwa będzie do zastosowania tylko technologia ręczna itp.),
 - kubatura obiektu magazynowego, a zwłaszcza strefy, w której będzie technologia stosowana (przypadki np. niskiej zabudowy),
 - pojemność strefy (w tym przypadku strefy kompletacji),

- wydajność procesu (nacisk na maksymalizację wydajności procesów realizowanych przy zastosowaniu danej technologii w strefie kompletacji),

- kategoria czynników ekonomicznych:
 - nakład inwestycyjny na technologię,
 - koszty eksploatacyjne i operacyjne (koszty wynikające z zastosowania danej technologii w strefie kompletacji),
- kategoria dodatkowa:
 - selektywność asortymentu (dostępność do towaru w danym momencie),
 - uniwersalność technologii (możliwość zastosowania technologii w razie wystąpienia potrzeby w innej strefie magazynowej, łatwość rekonfiguracji oraz rozbudowy układów transportu wewnętrznego),
 - bezpieczeństwo (zapewnienie na wysokim poziomie bezpieczeństwa życia i zdrowia pracowników oraz bezpieczeństwa i nie popsucia się urządzeń transportu wewnętrznego).

W celu odpowiedniego doboru technologii transportu wewnętrznego należy wszystkie te kryteria bardzo dokładnie przeanalizować.

Podstawowe środki transportu wewnętrznego, ze względu na sposób działania, dzieli się na: (Jacyna, 2017) (rys. 3)

- bierne,
- czynne o działaniu ciągłym i ograniczonym obszarze działania (np. przenośniki: rolkowe, łańcuchowe, taśmowe, itp.),
- czynne o przerywanym działaniu i ograniczonym obszarze działania (dźwignice, układnice, suwnice, dźwigi, windy, itp.),
- czynne o działaniu przerywanym i nieograniczonym obszarze działania (wózki unoszące, podnośnikowe, ciągniki, itp.).

Innym kryterium klasyfikacji środków transportu wewnętrznego jest sposób wykonywania przez nie zadania:

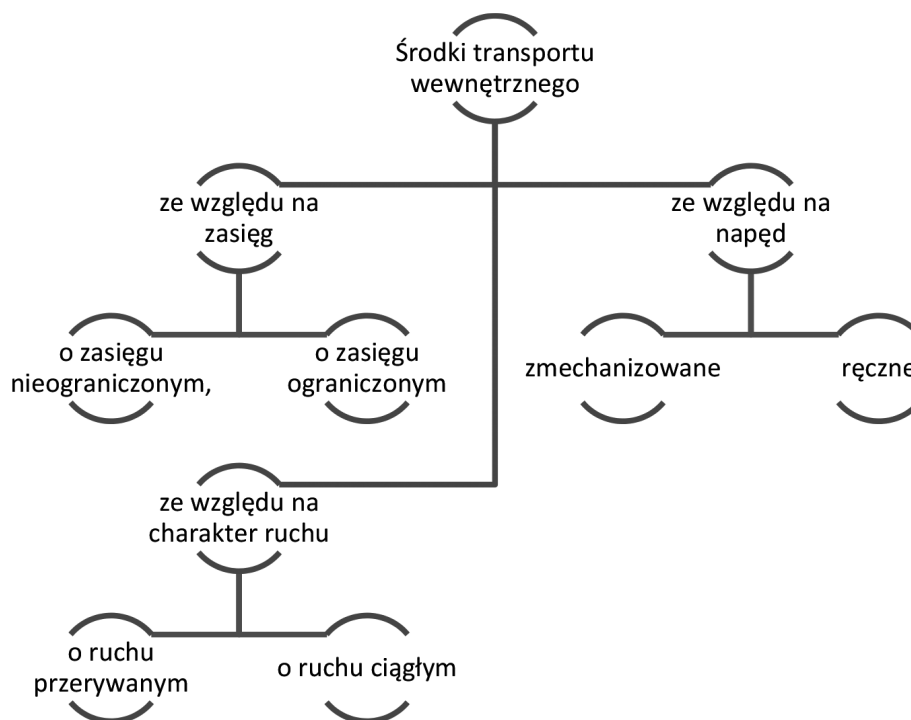
- ręczne — praca ludzka wsparta prostymi urządzeniami,
- zmechanizowane — zmniejszenie wysiłku fizycznego poprzez pracę z urządzeniami mechanicznymi,
- automatyczne — człowiek jest tylko kontrolerem, zaś całą pracę wykonują automatyczne systemy transportu wewnętrznego.

Kryterium to pokrywa się bezpośrednio z rodzajami technologii transportu wewnętrznego. Można zatem uznać, iż dobór technologii transportu wewnętrznego jest tożsamy z doбором środków transportu.

Wybór technologii jest ściśle związany z „efektem skali”, co oznacza, że stosowanie technologii automatycznych może być zasadne wtedy, kiedy w przedsiębiorstwie są duże przepływy materiałowe. W przy-

Rysunek 3

Podział środków transportu wewnętrznego



Źródło: opracowanie własne na podstawie 0

padku małych przedsiębiorstw, często z małą ilością przepływów, niemożliwe jest stosowanie technologii bardziej wydajnych, ponieważ jest to nie uzasadnione ekonomicznie. Wyższe koszty, jakie są generowane poprzez zastosowanie technologii automatycznej, mogą być dużymi oszczędnościami dla małych przedsiębiorstw.

Małe oszczędności sumują się w efekcie skali do dużych oszczędności. Z uwagi na to, dobór technologii powinien również uwzględniać „efekt skali”, w tym przypadku w kwestii ekonomicznej. Wybór pomiędzy technologiami automatycznymi, ręcznymi czy zautomatyzowanymi nie jest łatwy. Każde przedsiębiorstwo dąży do maksymalizacji zysków przy minimalizacji kosztów. Każde przedsiębiorstwo powinno być rozpatrywane indywidualnie nie tylko ze względu na swoją wielkość, ale także ze względu na postać przepływów jakie w nim występują. Szeroka analiza czynników istotnych pozwoli na właściwe dobranie odpowiedniej technologii do możliwości danego przedsiębiorstwa.

Do istotnych czynników doboru technologii należy zaliczyć jeszcze następujące (Jacyna 2017).

1. Postać logistyczna towarów — duże znaczenie będzie tu mieć sposób zabezpieczenia towarów, zuniifikowanie jednostek, powtarzalność oraz sposób oznaczenia. W przypadkach, kiedy towary będą bardzo różnorodne i ich zabezpieczenie nie będzie wystarczające, aby obsługiwać były automatycz-

nie, wówczas należy dokonywać wyboru pomiędzy technologią ręczną lub zautomatyzowaną. W przypadkach magazynów szczególnych — takich, które obsługują towary niejednorodne, często unikatowe i specyficzne czy ekskluzywne, należy z góry odrzucić technologię automatyczną. Często ze względu na swoją dużą wartość konieczna jest ich obsługa ręczna. W przypadku stosowania technologii automatycznej towary powinny być dobrze zabezpieczone, w miarę możliwości jednorodne, a ich oznaczenie łatwe do identyfikacji przez urządzenia automatyczne. Technologia automatyczna swoje najszersze zastosowanie odnajduje w obsłudze masowej towarów, gdzie jest niewielka liczba różnorodnych asortymentów.

2. Jakość nośników — w przypadku zastosowania technologii automatycznej nośniki powinny być wysokiej jakości (np. jednostki paletowe). Oznacza to, że należy zwrócić szczególną uwagę podmiotom współpracującym lub pracownikom odpowiedzialnym za umieszczanie towarów na palety, aby nie były one zniszczone lub uszkodzone. Systemy automatyczne nie będą w stanie obsługiwać takiej jednostki. W przypadku technologii ręcznej tego problemu już nie będzie, zaś w technologii zautomatyzowanej będzie miało to średni wpływ na funkcjonowanie, ponieważ dużą część czynności za pomocą maszyn i urządzeń wykonują ludzie.

3. Skala przepływów materiałowych — w kwestii ekonomicznej uzasadnione będzie stosowanie technologii automatycznej wtedy, gdy ilość przepływów materiałowych jest wysoka. Nakład finansowy, jaki zostanie poniesiony na zastosowanie automatyzacji, będzie rekompensowany dzięki dużej ilości obsłużonych jednostek towarowych. W przypadku, kiedy przepływy są małe, należy rozważyć zasadność stosowania technologii automatycznej, ponieważ może się to okazać nie zasadne ekonomicznie.
4. Substytucja kosztów pracy ludzi i urządzeń — żeby zastąpić pracę ludzką pracą urządzeń, należy dobrze to rozważyć i przeanalizować. Dokonując takiej zamiany oczekuje się nie tylko zwrotu z inwestycji, ale również zysków w postaci czasu, mniejszej liczby pomyłek, zmniejszenia ryzyka bezpieczeństwa pracy (przy pracy ludzkiej stosowane są dużo bardziej rygorystyczne przepisy bezpieczeństwa aniżeli w przypadku pracy urządzeń automatycznych), możliwości zwiększenia przepływów. Wszystkie te czynniki dążą do ograniczania kosztów oraz zwiększania satysfakcji klienta jako ostatniego ognia w tym łańcuchu.
5. Jakość usług logistycznych — im wyższa jakość usług logistycznych tym wyższa cena. W przypadku technologii automatycznej oczekuje się wysokiej jakości. Dodatkowo bardzo istotnym elementem jest możliwość śledzenia paczek, najczęściej dotyczy to towarów o wysokiej wartości lub leków.
6. Warunki pracy — ze względu na dużą różnorodność warunków pracy można dostosować daną technologię. W przypadku, kiedy występują bardzo niebezpieczne warunki (materiały wybuchowe, żrące substancje, produkty o intensywnych zapachach rażących ludzki węch oraz wiele innych), konieczność utrzymywania wysokiej sterylności w pomieszczeniach (np. leki, produkty chemiczne używane w szpitalach i inne) czy miejsca wymagające niskich temperatur, można za zasadne uznać stosowanie technologii automatycznej, zmniejszając tym samym ryzyko wystąpienia uszczerbku na zdrowiu ludzkim lub śmierci. W sytuacji, kiedy warunki pracy nie są zagrażające w znacznym stopniu pracy ludzkiej, przy zachowaniu odpowiednich warunków bezpieczeństwa miejsca pracy, należy powrócić do analizy opłacalności zastosowania odpowiedniej technologii, biorąc pod uwagę szereg wymienionych już wcześniej czynników.
7. Wskaźnik zmienności asortymentu — im ten wskaźnik wyższy tym stosowanie technologii automatycznej przestaje być opłacalne. Różnorodność asortymentu powoduje wydłużanie czasu na szukanie konkretnej pozycji zamówienia oraz wprowadzania jej do systemu. Może to okazać się nie opłacalne, ponieważ technologia automatyczna ma za zadanie optymalizować proces, w którym bierze udział, nie zaś go komplikować. Człowiek pełni tu funkcję kontrolną, nie jest wykonawcą procesu.

W przypadku, kiedy przepływ materiałów jest wysoki, zmienność asortymentu niska to stosowanie technologii automatycznej wydaje się być celowe, należy jednak przeprowadzić szeroką i dogłębną analizę, przed podjęciem ostatecznej decyzji.

8. Integracja z systemami informatycznymi — w każdym przedsiębiorstwie w stosowane są systemy informatyczne, mniej lub bardziej rozbudowane. W celu pełnej automatyzacji procesu transportu z zastosowaniem technologii automatycznej, konieczna jest integracja z pozostałymi systemami. Niezbędny jest przepływ informacji o np. ilość posiadanego asortymentu, czasach dostawy, dostępności asortymentu czy najbliższej dostawie. Tylko w pełni zintegrowane systemy pozwolą na swobodny przepływ informacji, które są kluczowe do optymalizacji procesu. Optymalizacja ta jednocześnie dąży do minimalizacji kosztów oraz maksymalizacji zysków przy jednoczesnym zmniejszaniu wykozystania zasobów przedsiębiorstwa.

Aspekt oczekiwanej wydajności procesu transportu wewnętrznego, a tym samym całego obiektu magazynowego i generowanych przez niego kosztów jest kluczowy, kiedy dokonuje się wyboru pomiędzy technologiami: ręcznymi, zmechanizowanymi czy automatycznymi. Dążąc do zastosowania technologii automatycznej i rezygnacja przy tym z pracy ludzkiej lub odwrotnie należy dokonać analizy dotyczącej struktury i natężenia przepływu materiałów oraz analizy ekonomicznej. Odpowiednio dobrana technologia powinna zapewnić maksymalizację zysków, minimalizację kosztów (eksploatacyjnych i operacyjnych) oraz minimalizację zużycia zasobów posiadanych przed przedsiębiorstwo.

Podsumowanie

Dobór technologii transportu wewnętrznego jest procesem złożonym. Jest jednak niezwykle istotnym z punktu widzenia funkcjonowania przedsiębiorstwa, które chce maksymalizować zyski przy minimalizacji kosztów oraz zużycia dostępnych zasobów. Transport wewnętrzny w strefie kompletacji jest elementem, na który poświęca się najwięcej czasu i to właśnie w tym miejscu należy szukać oszczędności. Ważne jest, aby w dążeniu do optymalizacji procesu transportu wewnętrznego nie zapomnieć o jakości. Duża ilość konkurencji powoduje, że coraz trudniej stać się bezkonkurencyjnym przedsiębiorstwem. Bardzo istotne jest zbieranie nie tylko informacji o potrzebach klienta, ale również o jego wymaganiach i poziomie zadowolenia po zakończeniu świadczenia usługi. Przyglądając się czynnikom, które należy przeanalizować oraz warunkom, które należy spełnić dobierając odpowiednią technologię zauważa się, że

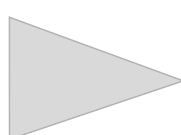
niekiedy niezasadne jest, z punktu widzenia ekonomicznego oraz wykonywanego zadania logistycznego w danym przedsiębiorstwie, stosowanie technologii automatycznej. Przed dokonaniem ostatecznego wyboru technologii można zasięgnąć opinii ekspertów oraz wykonać symulację w specjalnie do tego przeznaczonych programach. Taka symulacja pozwoli na oszczędność czasu i obniżenie kosztów w przypadku, gdy wprowadzenie danej technologii w rzeczywistości nie byłoby zasadne. Dobór technologii może odby-

wać się na poziomie projektowania przedsiębiorstwa lub w przypadku wprowadzania zmian. Każda z tych sytuacji niesie za sobą istotne ryzyko, obejmuje wiele obszarów, a w efekcie końcowym wpływa na wydajność przedsiębiorstwa. Do realizacji przedsięwzięcia należy się dobrze przygotować, pozyskać jak najwięcej niezbędnych informacji, przeprowadzić szereg analiz, a uzyskany wynik omówić i zasymulować w odpowiednim programie celem weryfikacji jego opłacalności.

Bibliografia

- Korzeń, Z. (1999) *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania Tom II*. Biblioteka Logistyczna.
- Niemczyk, A. (2006) *Zapasy i magazynowanie. Tom II*, Biblioteka Logistyczna, Poznań.
- Tompkins, J. A. White, J. A. Bozer, Y. A. Frazelle, E. H., Tanchoco, J. M. A. (2003) *Facilities planning*.
- Zbichorski, Z. (1972). *Organizacja transportu wewnętrznego w zakładach przemysłu maszynowego*. Wydawnictwa Przemysłu Maszynowego „Wema”. Warszawa.
- Filipek, I. (2015). *Analiza procesu przepływu towarów w wybranym magazynie wielkopowierzchniowym*. Politechnika Śląska. Gliwice.
- Jacyna, M. Lewczuk, K. (2016). *Projektowanie systemów logistycznych*. Wydawnictwo Naukowe PWN SA. Warszawa.
- Jacyna, M. Lewczuk, K. Bobiński, A. (2016) *Kształtowanie obiektów magazynowych w aspekcie wizualizacji w 3D*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- Jacyna, M. Lewczuk, K. Bobiński, A. (2017) *Modelowanie i symulacja obiektów magazynowych 3D*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa.
- Fijałkowski, J. (2003). *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- Bartholdi, J. J., Hackman, S. T. (1998) *Warehouse & Distribution Science*. Georgia Institute of Technology. Atlanta.
- Kłodawski, M. Jacyna M. (2009). Pracochłonność procesu komisjonowania dla wariantowego rozmieszczenia asortymentu w strefie kompletacji. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*. Warszawa.
- Jóźwiak, A. Guciewski, Ł. (2017). Influence of modern transportation devices on the commodities flow in high ceiling warehouses, *Systemy Logistyczne Wojsk* 46. Warszawa.
- Jóźwiak, A. Guciewski, Ł. (2017). Zastosowanie analizy ABC w magazynach wysokiego składowania. *Gospodarka Materialowa i Logistyka* nr 5/2017.
- Jóźwiak, A. Kula, D. (2018). Powierzchnie magazynowe w Polsce w latach 2008–2014. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, nr 5. PWE
- Jóźwiak, A. Świderski, A. (2017). Algorytmy sztucznej inteligencji w logistyce, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, z. 117. Warszawa.
- Waśniewski, T. R. Ślaski, P. (2018). Modelowanie procesu identyfikowalności wyrobów za pomocą technologii RFID. *Gospodarka Materialowa i Logistyka*, nr 5. PWE.
- Waśniewski, T. R. Laskowski, D. (2016). Wirtualne sterowanie magazynami. *Systemy Logistyczne Wojsk* nr 44. WAT.
- Świderski, A. Jóźwiak, A. Jachimowski, R.: Operational quality measures of vehicles applied for the transport services evaluation using artificial intelligence methods. Maintenance and reliability.
- Brzeziński, M. Gawryluk, M. Głodowska, K. (2017). Modelowanie procesów magazynowych. *Systemy Logistyczne Wojsk* nr 47. Warszawa.
- Głodowska, K. (2018). Karta cykli transportowych jako narzędzie do analizy. *Systemy Logistyczne Wojsk* nr 49 (tom 2). Warszawa.
- Głodowska, K. (2017). The information system in the machine exploitation management. *Systemy Logistyczne Wojsk* nr 47 (tom 2). Warszawa.
- Gontarczyk, M. Kijek, M. Owczarek, P. Zelkowski, J. (2018). Identyfikacja cech determinantą procedury oceny systemów logistycznych. *Gospodarka Materialowa i Logistyka* 5/2018.
- Ślaski, P. (2018). Model of the integrated logistics processes management in the supply chain, artykuł, *Gospodarka Materialowa i Logistyka* 12/2018, PWE Warszawa. s. 12.
- Ślaski, P. (2018). Optimization of Goods Group Order-Process Approach. *Advances in Economics and Business*. nr 2.

Gospodarka Materialowa i Logistyka



www.gmil.pl
tel. 795 155 583

Magdalena Kijek

e-mail: magdalena.kijek@wat.edu.pl; nr ORCID: 0000-0002-2557-5287

Wojkowska Akademia Techniczna, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Łukasz Rykała

e-mail: lukasz.rykala@wat.edu.pl; nr ORCID: 0000-0002-2301-3280

Wojkowska Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy Maszyn

Jarosław Zelkowski

e-mail: jaroslaw.zelkowski@wat.edu.pl; nr ORCID: 0000-0002-6698-2938

Wojkowska Akademia Techniczna, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Rozmyta metoda wyboru kierowcy do realizacji zadań transportowych

Fuzzy method of driver selection for realization of transport tasks

Wzrost zapotrzebowania na usługi transportowe wymusza na przedsiębiorstwach transportowych konieczność stosowania nowoczesnych rozwiązań. A zatem firmy oprogramowania umożliwiające śledzenie oraz kontrolę nad przewożonym ładunkiem, powinny w pełni wykorzystywać ich możliwości. Dokonując analizy i oceny parametrów jazdy można uzyskać oszczędności związane ze zmniejszeniem kosztów transportu. Pozwoli to także na zwiększenie użyteczności pojazdów, która przyczynia się do efektywnego zarządzania flotą transportową. W artykule przedstawiono analizę przedsiębiorstwa zajmującego się transportem materiałów sypkich. Na podstawie zgromadzonych danych przedstawiono autorki rozmyty model Takagi-Sugeno oceny i wyboru realizatora zadań transportowych.

Słowa kluczowe:

logika rozmyta, zadanie transportowe, Takagi-Sugeno, optymalizacja

The increase in the demand for transport services forces transport companies to use modern solutions. Using software that enables tracking and control of the transported cargo, companies should make full use of their capabilities. By analyzing and assessing the driving parameters, they will allow them to save on transport costs. It will also allow to increase the usability of vehicles, which contributes to increasing the effective management of the transport fleet. The article presents an analysis of an enterprise dealing with the transport of loose materials. Based on the collected data, the author's Takagi-Sugeno fuzzy model was presented to assess and select the performer of transport tasks.

Key words:

fuzzy logic, transportation task, Takagi-Sugeno, optimization

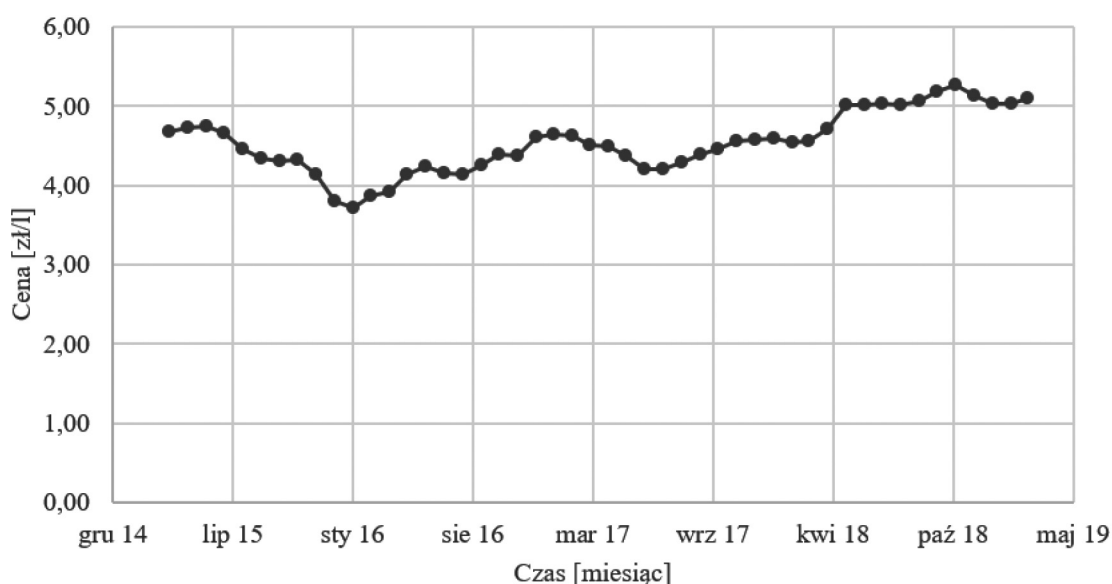
Wstęp

Transport drogowy pomimo dużej szkodliwości dla środowiska naturalnego (stosowanie energii nieodnawialnej) jest nadal przodującą gałęzią transportu towarów. Wiąże się to przede wszystkim z szybkością i dostępnością realizacji zadań transportowych poprzez wykorzystywane rozbudowanych sieci dróg i autostrad. W dobie wysokiej cyfryzacji coraz częściej klienci wykorzystując e-commerce i m-commerce chcą, aby realizacja ich dostaw przebiegała szybko, sprawnie i elastycznie do ich potrzeb. Rośnie zatem zapotrzebowanie na usługi transportowe, któ-

rych realizatorami zadań są firmy transportowe (Ślaski 2018). Następuje również wzrost ceny za usługi przewozowe. Jednak przedsiębiorstwa transportowe obecnie borykają się z wieloma problemami. Pierwszym kluczowym obszarem jest niedobór kadrowy, który obecnie jest jednym z największych wyzwań zarówno dla polskich, jak i europejskich przewoźników. Według danych z badania Grupy Transporeon „Dostępność, Stawki i Technologia: Europejskie Badanie Transportu drogowego 2018” aż 71% przewoźników poszukuje obecnie do pracy kierowców (www.mercareon.com). Drugim zasadniczym obszarem jest brak pojazdów do realizacji przewozów.

Rysunek 1

Średnia cena ON w okresie kwiecień 2014 — marzec 2019



Źródło: opracowanie własne.

Czynniki te powodują wzrost kosztów transportu, które dodatkowo są napędzane przez rosnące ceny ON. Na rysunku 1 przedstawiono średnią cenę za liter ON w okresie 5 lat (Bankier.pl). Na podstawie wykresu możemy zaobserwować wzrost ceny ON, znaczącym momentem był kwiecień 2018, kiedy osiągnęła poziom powyżej 5 zł i utrzymuje się do dnia dzisiejszego.

Przedsiębiorstwa transportowe zatem, aby sprostać niekorzystnej sytuacji na rynku, coraz częściej poszukują rozwiązań w cyfryzacji procesów (Zelkowski, Kijek, Owczarek, Gontarczyk 2018).

Na podstawie badania opracowanego przez Grupę Transporeon na 1000 europejskich przewoźnikach (Dostępność, stawki & Technologia: Europejskie Badanie Transportu drogowego 2018) 2/3 przewoźników widzi szansę na rozwój poprzez wykorzystanie inteligentnych systemów IT. Zastosowanie tych systemów nie tylko pozwoli im na ograniczenie przerw w pracy kierowców, ale także umożliwia wykorzystać optymalnie swoją flotę transportową pod kątem redukcji pustych przebiegów, optymalizacji przestrzeni ładunkowej, a także zapewnić kontrolę pracy swoich kierowców (tj. zużycie paliwa, czas przeciążania silnika czy przekroczenie prędkości).

W artykule przedstawiono dane firmy transportowej, oferującej usługi przewozu materiałów sypkich. Uzyskane dane umożliwiają opracowanie autorskiego algorytmu oceny i selekcji realizatora zadań transportowych.

Charakterystyka problemu badawczego

Realizacja usług transportowych nie opiera się jedynie na dostarczeniu ładunku do klienta (Ślaski, Mitkow, Brzeziński, Zelkowski 2017). Zadanie transportowe powinno być analizowane pod kątem wieloaspektowym tj. bezpieczeństwa, satysfakcja klientów czy też sposób prowadzenia przez kierowców, który jest kluczowy dla przedsiębiorstw transportowych (Brzeziński, Kijek, Głodowska, Owczarek, Zelkowski, Bartosiak 2018). Bardzo ważnym czynnikiem generującym koszty transportowe jest zatem zużycie paliwa, podobnie jak inne aspekty związane z samą jazdą. Do kluczowych parametrów jazdy powinno się uwzględniać takie czynniki jak (Kijek, Brzeziński, Zelkowski, Rykała 2018), (Świder 2012):

- *Styl jazdy*, czyli zgodność ze standardami, ograniczeniami i wszystkimi przepisami w ruchu drogowym. Tak więc miarą tego sposobu prowadzenia pojazdu może być niska liczba wykroczeń drogowych (lub ich brak) lub przekroczeń prędkości na trasie.
- *Wskaźnik wypadkowości* jest związany ze stylem jazdy, częstotliwością uszkodzenia pojazdu podczas wykonywania zadań transportowych.
- *Sposób użytkowania pojazdu* jest kosztowną częścią każdej floty. Od tego parametru bezpośrednio związana jest bowiem awaryjność pojazdów. Działanie pojazdu zależy od techniki jazdy (tj. średniej

liczby hamowań lub zatrzymań, czasu ruchu bezwładności lub przeciążeń silnika).

- **Zużycie paliwa**, analizując ilość zużytego paliwa, można ustalić, czy dany kierowca jechał ekonomicznie. Technika jazdy może zostać ustalona, na podstawie danych o prędkości, o procencie drogi na najwyższym biegu, a przede wszystkim o procencie załadowania pojazdu itp.
- **Bezpieczeństwo przewożonego ładunku**, jest to kluczowy parametr bezpośrednio związany z innymi, ponieważ zależy od niego czy przewożony ładunek zostanie dostarczony do odbiorcy w odpowiedniej jakości.
- **Komunikacja z klientem** — kierowca poprzez bezpośrednią realizację zadań transportowych staje się tzw. „wizytówką” firmy. To w dużej mierze od niego zależy stopień zadowolenia klienta i chęci dalszej współpracy.
- **Sposób obsługi pojazdów** — ważnym aspektem w eksploatacji floty transportowej jest dokonywanie przeglądów okresowych a także codziennej obsługi pojazdów. Zwiększa to przede wszystkim ich niezawodność, która jest bezpośrednio powiązana z czasem dostarczenia ładunku do klienta.

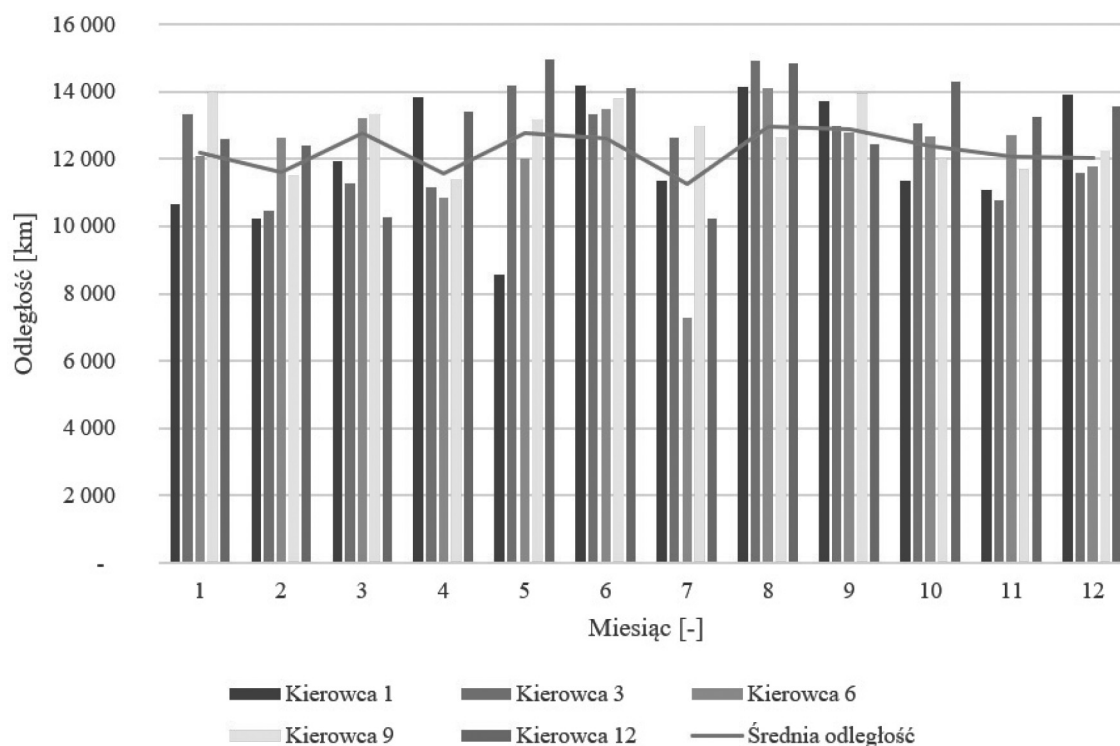
Przedmiotem badań jest przedsiębiorstwo transportowe mające swoją siedzibę w województwie pod-

laskim. Działalność opiera się na świadczeniu usług w zakresie przewozu materiałów sypkich tj.: zboża, pasze dla zwierząt, substancje i dodatki do pasz, warzywa itp. Przedsiębiorstwo posiada certyfikat GMP+ (Good Manufacturing Practice Plus), który podnosi poziom bezpieczeństwa przewożonych produktów, a tym samym posiada ugruntowaną pozycję w transporcie zbóż ekologicznych. Poprzez stosowanie zasad dotyczących zapewnienia wysokiej jakości i czystości przewożonego towaru, który sklasyfikowany jest według różnych kategorii. Kategorie te mówią m.in. o warunkach przewozu — czy skrzynia ładunkowa powinna być umyta czy też nie. Flotę transportową firmy stanowią ciągniki siodłowe o napędzie 4x2 marki Volvo. Przedsiębiorstwo zatrudnia 14 kierowców i 3 osoby odpowiedzialne za organizację przewozu. Do opracowania przedstawionej analizy wykorzystano dane uzyskane z oprogramowania Dynafleet z okresu 1 roku. Przedsiębiorstwo oferuje swoje usługi transportowe na arenie międzynarodowym, w takich krajach jak: Niemcy, kraje Beneluxu, Dania, Francja, Włochy, Austria, Czechy, Słowacja, Węgry, Litwa, Łotwa oraz Estonia.

Rysunek 2 przedstawia dane statystyczne 5 wybranych kierowców w poszczególnych miesiącach. Można zaobserwować dużą zmienność pokonanej odległości w zakresie około 7 tysięcy do 15 tysięcy kilome-

Rysunek 2

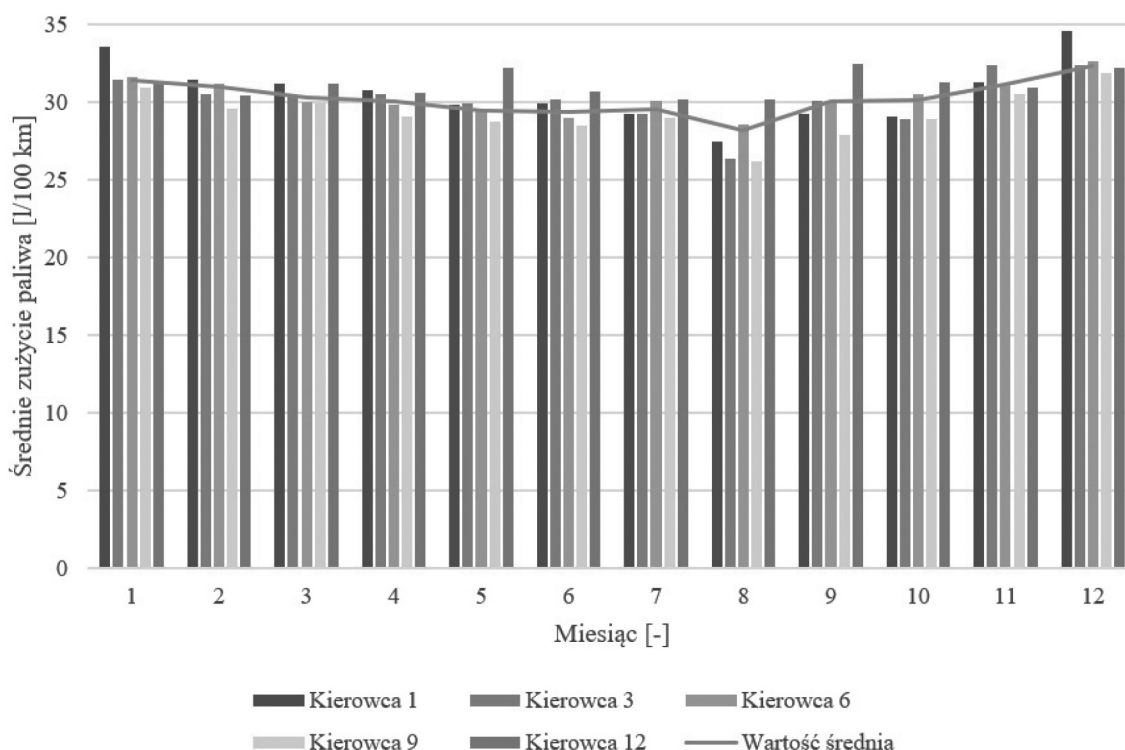
Przejechana odległość w ciągu roku dla kierowców: 1, 3, 6, 9 i 12



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 3

Średnie zużycie paliwa w ciągu roku dla kierowców: 1, 3, 6, 9, 12



Źródło: opracowanie własne.

trów. Średnia odległość przejechanych kilometrów jest na poziomie 12 254 km. Kierowca 1 jedynie w miesiącach: kwiecień, czerwiec, sierpień, wrzesień i grudzień miał liczbę przejechanych kilometrów wyższą od średniej wartości wszystkich kierowców, natomiast w pozostałych miesiącach wartość ta znacznie się różniła. W miesiącu maj 2015 miał bowiem ledwie 8 tys. przejechanych kilometrów. Można zatem sądzić, iż jest wyraźna dysproporcja w prawidłowym rozdzielaniu realizacji zadań.

Średnie zużycie paliwa dla wszystkich kierowców w badanym roku wynosiło 30,25 [l/100 km] (rys. 3.). Zaobserwowano, iż miesiące zimowe są kluczowe, ponieważ następuje wtedy największe zużycie paliwa. Dla kierowcy 1 w styczniu 2015 wartość ta wynosiła 33,6 [l/100 km], natomiast w grudniu ta dochodziła do 34,6 [l/100 km]. Najmniejsze zużycie paliwa natomiast było w okresie letnim, tj. sierpniu 2015 — maksymalna wartość zużycia wynosiła bowiem 30 [l/100 km].

Do analizy wzięto również pod uwagę, istotny aspekt, jakim jest procent drogi wykonywanej z ładunkiem przez poszczególnych kierowców (rys. 4.). Średnia wartość dla wszystkich kierowców w badanym okresie wynosi 82,82%. Wiąże się to przede wszystkim, iż przedsiębiorstwo poprzez posiadany certyfikat GMP+ musi dostosowywać swoją skrzynię ładunkową do poszczególnych kategorii (grup) prze-

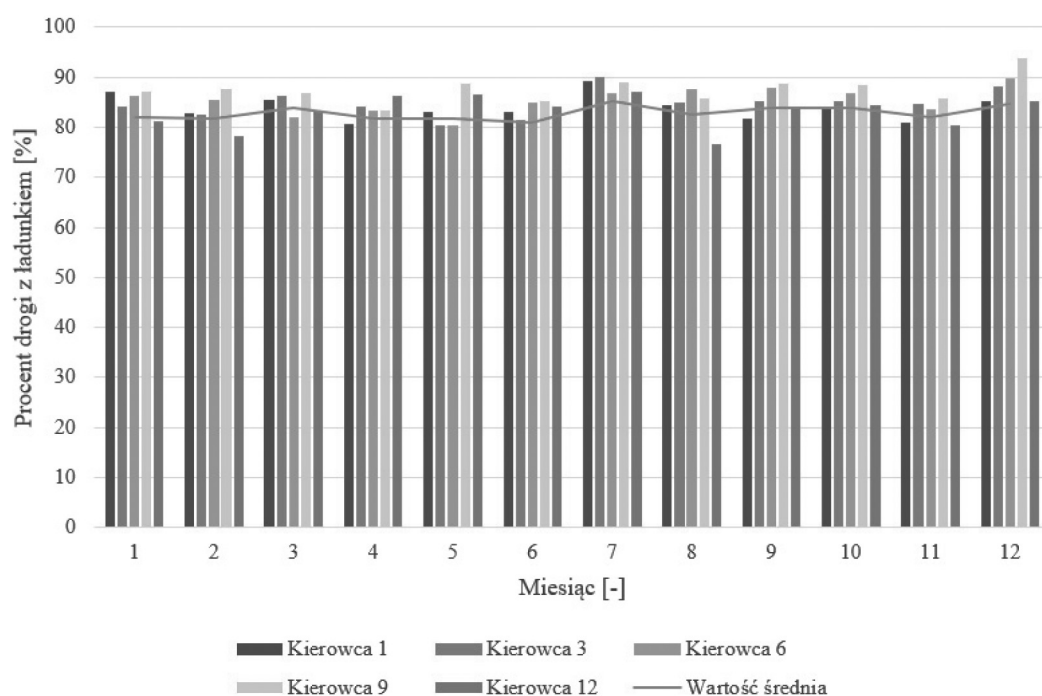
wożonego ładunku. Kierowcy często muszą pokonywać dodatkowe kilometry, ponieważ często występują problemy ze znalezieniem myjni w pobliżu miejsca dostarczenia towaru, szczególnie uciążliwe jest to poza granicami kraju.

Na rysunku 5 przedstawiono procent czasu przeciążenia silnika, średnia wartość w ciągu roku wynosiła 4,48. Obrazuje to styl jazdy kierowców, gdzie kierowca 3 w porównaniu do innych charakteryzuje się najniższą wartością tego parametru. Czas obciążenia silnika jest ważnym elementem, bowiem nadmierne jego obciążenie nie tylko zwiększa spalanie, ale może doprowadzić do poważnych awarii pojazdu tj. uszkodzenia wielu elementów silnika oraz układu przeniesienia napędu. Jest to zatem parametr kosztotwórczy dla właścicieli przedsiębiorstw, bowiem złe użytkowanie pojazdu niesie ze sobą nie tylko konsekwencje w postaci wzrostu kosztów przewozu, ale również związanych z ich późniejszą obsługą. Analiza uzyskanych danych wskazała, iż bezpośredni wpływ na zróżnicowanie przedstawionych wyników ma dobór trasy oraz warunki atmosferyczne. 12 i 9 kierowca nadmiernie obciążali silnik, w porównaniu do pozostałych kierowców. Najwyższą wartość tego parametru miał kierowca 12 w grudniu 2015 r. — 9,1%.

Ostatnim zestawieniem jest wykres przedstawiający liczbę przejechanych kilometrów w stosunku do całkowitego zużycia paliwa (rys. 6.). Średnia liczba

Rysunek 4

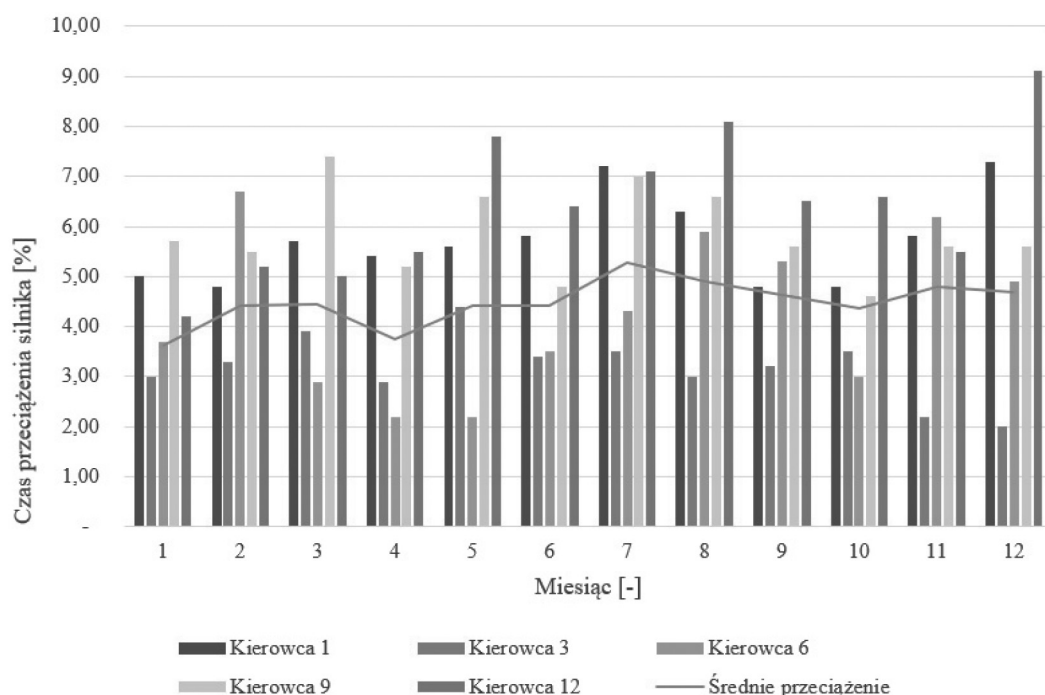
Procent drogi z ładunkiem w ciągu roku dla wybranych kierowców: 1, 3, 6, 9 oraz 12



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5

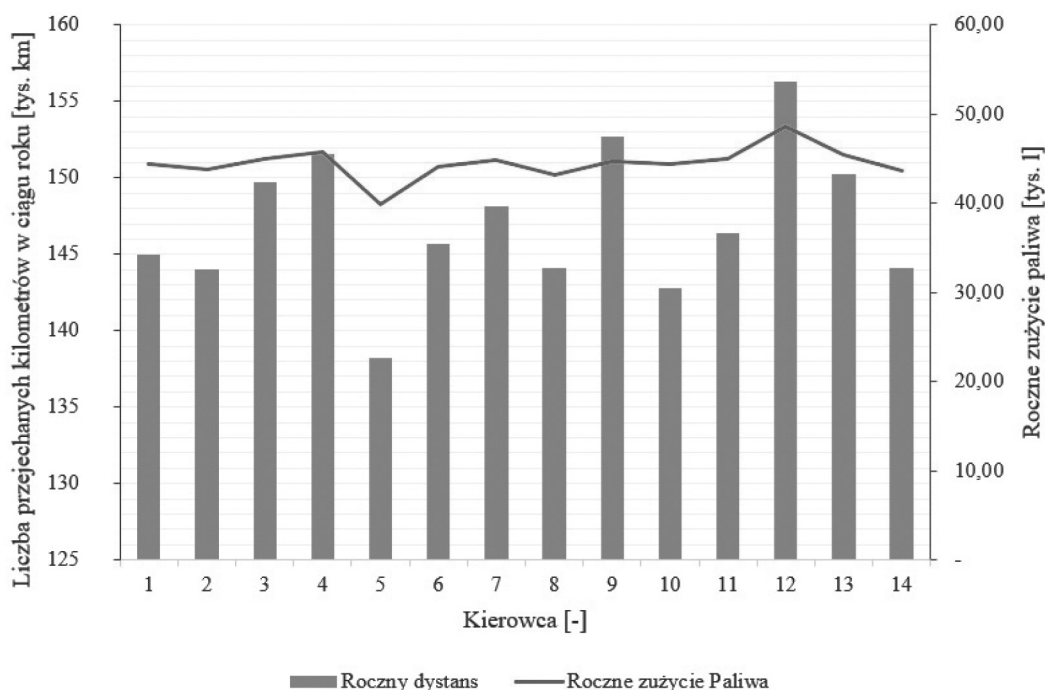
Czas przeciężenia silnika w trakcie realizacji zadań transportowych w poszczególnych miesiącach dla wybranych kierowców: 1, 3, 6, 9 oraz 12



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 6

Liczba przejechanych kilometrów do rocznego zużycia paliwa dla wszystkich kierowców w ciągu roku



Źródło: opracowanie własne.

przejechanych kilometrów dla wszystkich kierowców wynosiła 147 tys. km. Możemy zaobserwować znaczne wahania w przejechanych odległościach dla poszczególnych kierowców w ciągu roku w stosunku do średniego przebiegu. Wspomniane maksymalne wahanie wynosi 7 tys. km (kierowca 5), natomiast największy dystans przejechał kierowca 12 (156 tys. km). Średnia wartość całkowitego zużycia paliwa w badanym przedsiębiorstwie wynosi 44,5 tys. l.

Na podstawie przedstawionej analizy poszczególnych kierowców, możemy zaobserwować zróżnicowanie w osiągniętych wynikach. Dlatego aby móc w pełni wykorzystywać posiadane oprogramowanie, przedsiębiorstwo musi zacząć dokonywać oceny pracy poszczególnych kierowców. Ocena ta pozwoli na poprawę między innymi stylu jazdy, co bezpośrednio przyczyni się do zmniejszenia kosztów transportu (niższe zużycie paliwa) oraz zwiększyć rezerwę pojazdów. Z uwagi na problemy kadrowe związane z niewystarczającą liczbą chętnych do pracy w zawodzie kierowcy, należy przeprowadzać specjalistyczne szkolenia swojej personelu poprzez analizę ich osiągniętych parametrów transportu. Natomiast kierowców, którzy osiągają najlepsze wyniki gratyfikować. W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona metodyka oceny realizacji zadań transportowych z wykorzystaniem modelu logiki rozmytej Takagi-Sugeno.

Rozmyta metoda wyboru i oceny realizatora zadań transportowych

Kluczowym czynnikiem wpływającym na koszty przewozu ładunku jest zużycie paliwa. Poprzez zastosowanie odpowiedniej techniki jazdy (optymalny rozkład obciążenia, unikanie zbędnego hamowania oraz przeciążeń silnika itp.) pozwala na zmniejszenie zużycia paliwa oraz zwiększenie rezerwy pojazdów. Dodatkowym czynnikiem warunkującym prawidłowość funkcjonowania organizacji przewozów, jest dobór racjonalnej trasy. Dobry stan nawierzchni zmniejsza opory toczenia i pozwala na mniejsze straty energii dla pojazdu. Na podstawie danych, można stwierdzić, iż każdy kierowca posiada swój styl jazdy. Osoby wykonujące zawód kierowcy, posiadają duże doświadczenie, jednakże nie wystarcza to w pełni do zmieniających się warunków na drodze. Opracowanie metodyki tworzenia tzw. wzorcowego profilu kierowcy, pozwoli nie tylko na wybór odpowiedniego realizatora zadań, ale także na ocenę pozostałych i wskazania im możliwości poprawy stylu jazdy. Proponowane podejście opiera się na wykorzystaniu jednego z modeli logiki rozmytej, jakim jest model Takagi-Sugeno

(w skrócie T–S). Ten specyficzny model układu logiki rozmytej różni się od najczęściej stosowanego modelu Mamdaniego charakterem zbiorów przynależności warstwy wyjściowej, które stanowią zbiory nie-rozmyte (wartości rzeczywiste). Układy tego typu posiadają jednak pewne ograniczenia, tzn. zbiory wyjściowe mogą być pojedynczymi wartościami lub mogą zostać opisane funkcjami liniowymi. Takie podejście umożliwia przede wszystkim łączenie podstawowej zalety zbiorów rozmytych, a więc możliwości nieprecyzyjnego, słownego opisu sygnałów wejściowych z dokładnymi, konkretnymi wynikami, np. badań eksperymentalnych. Dodatkową zaletą stosowania modeli T–S jest możliwość ich „strojenia” za pomocą sztucznych sieci neuronowych, tzw. ANFIS (Demuth, Beale, Hagan 2018). Pozwala to na optymalny dobór liczby i rozmieszczenia przestrzennego zbiorów rozmytych w warstwie wejściowej pod kątem minimalizacji błędów wskazań modelu w stosunku do danych wyjściowych. Takie działanie jest możliwe z uwagi na duże podobieństwo w budowie sztucznych sieci neuronowych i układów logiki rozmytej. Modelowanie oparte na metodach sztucznej inteligencji, tj. Sztucznych sieciach neuronowych lub logice rozmytej, jest przedmiotem różnych artykułów naukowych (Świderski, Józwiak, Jachimowski 2018), (Rykała 2018), (Typiak, Rykała 2019), (Kijek, Brzeziński, Zelkowski

Rykała 2018), (Świderski, Dębicka, Józwiak, Mitkow, 2018), (Brzeziński, Kijek, Gontarczyk, Rykała, Zelkowski 2017), (Świderski 2013), (Józwiak, Świderski 2017).

Przedstawiono model układu logiki rozmytej T–S, który wraz z opracowanym algorytmem umożliwia wybór odpowiedniego sterownika dla wyznaczonego zadania transportowego. Utworzony model logiki rozmytej został opracowany przy użyciu biblioteki Fuzzy Logic Toolbox w oprogramowaniu Matlab/Simulink. Składa się z trzech sygnałów wejściowych, jednego sygnału wyjściowego oraz 36 reguł określających bazę wiedzy modelu.

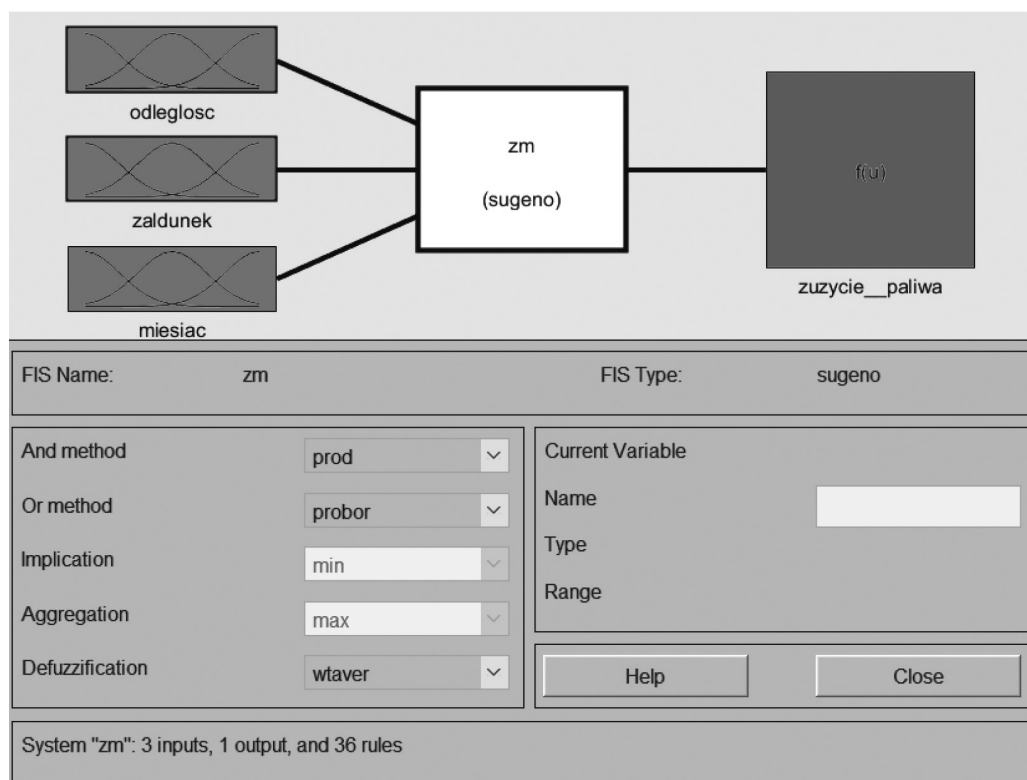
Wspomniana struktura ma następujące sygnały wejściowe:

- odległość — przejechana odległość [km],
 - załadunek — procent przebytej odległości przy pełnym obciążeniu [%],
 - miesiąc — nr miesiąca [–].
- Z kolei sygnał wyjściowy to:
- zużycie paliwa — średnie zużycie paliwa [l/100 km].

Na rysunku 8, 9, 10 i 11 przedstawiono wspomniane sygnały wejściowe i ich podział na zbiory przynależności. Z kolei sygnał wyjściowy podzielono na 8 wartości liczbowych należących do zbioru [28,29,30,31,32,33,34,37].

Rysunek 7

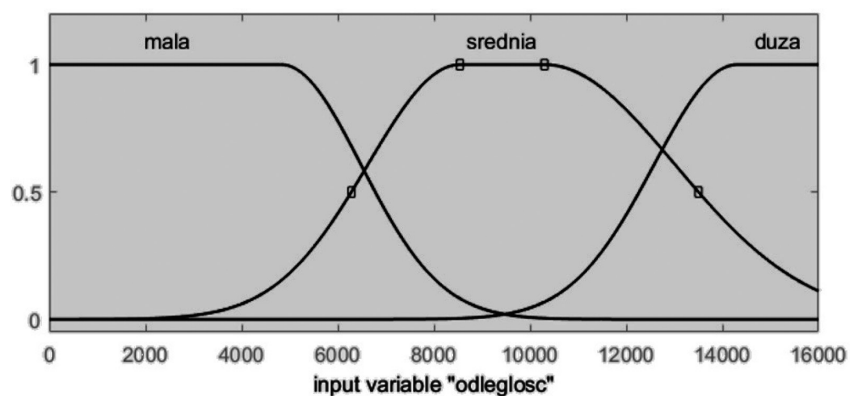
Struktura zaprojektowanego rozmytego modelu



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 8

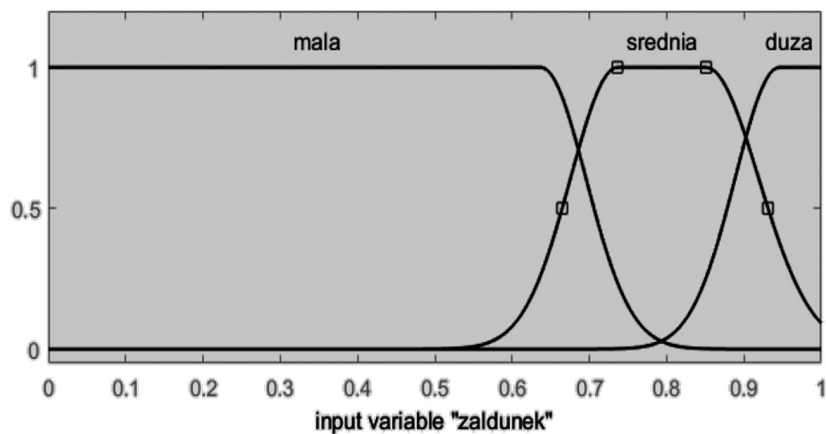
Podział zmiennej odległość na zbiory przynależności



Źródło: opracowanie własne.

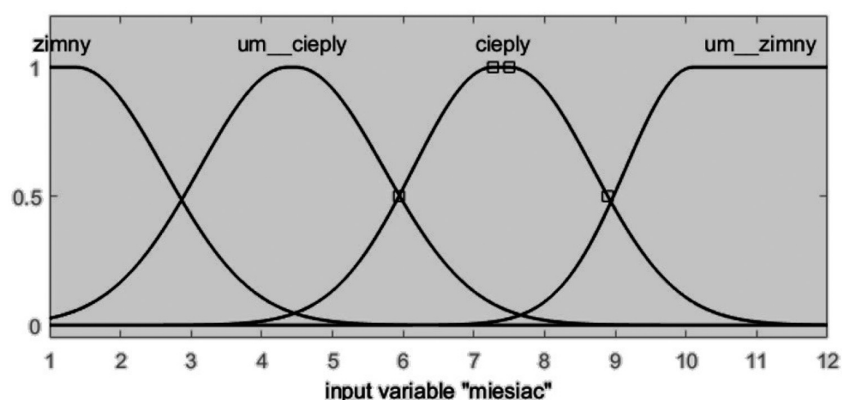
Rysunek 9

Podział zmiennej załadunek na zbiory przynależności



Rysunek 10

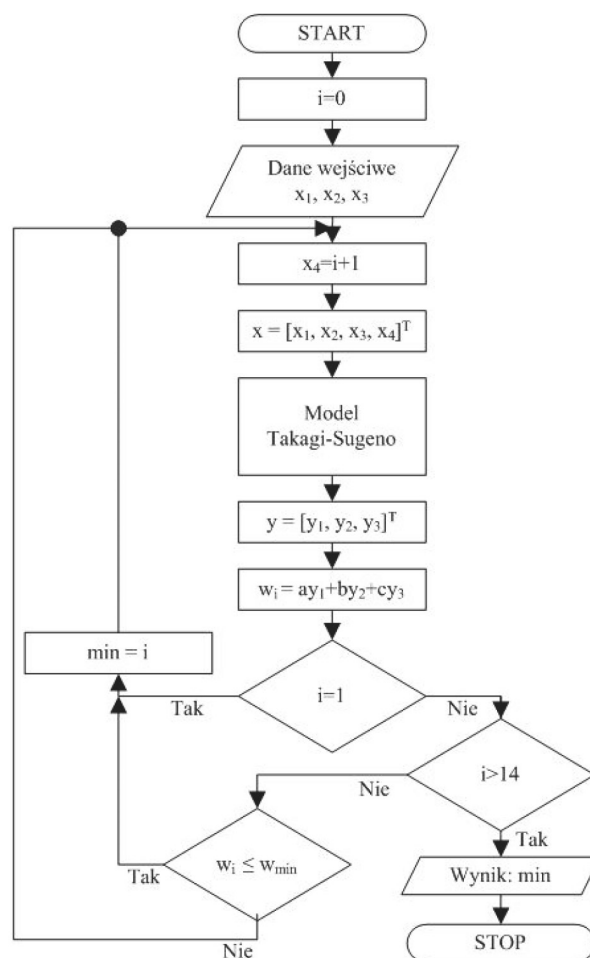
Podział zmiennej miesiąc na zbiory przynależności



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 11

Algorytm oceny i wyboru realizatora zadań transportowych



Źródło: opracowanie własne.

Natomiast w celu wyboru optymalnego kierowcy można zastosować poniższy algorytm uwzględniający szereg dodatkowych czynników. Na schemacie proponowanego algorytmu przyjęto następujące zmienne (rys. 11): x_1 — przebyta odległość [km], x_2 — pro-

cent przebytej odległości przy pełnym obciążeniu [%], x_3 — miesiąc nr [–], x_4 — nr kierowcy (1, 2, ..., 14) [–], y_1 — średnie zużycie paliwa [l/100 km], y_2 — procent przebytej odległości na neutralnym biegu [%], y_3 — procent przebytej odległości przy przeciążeniu silnika pojazdu [%]. Zmienna w jest funkcją celu, której parametry: a , b , c zależą od preferencji osoby zarządzającej transportem w firmie.

Wynikiem algorytmu jest wyznaczenie optymalnego kierowcy (tzw. wzorcowego profilu kierowcy), poprzez minimalizującą wspomnianą funkcję celu w , aby wykonać wyznaczone zadanie transportowe.

Podsumowanie

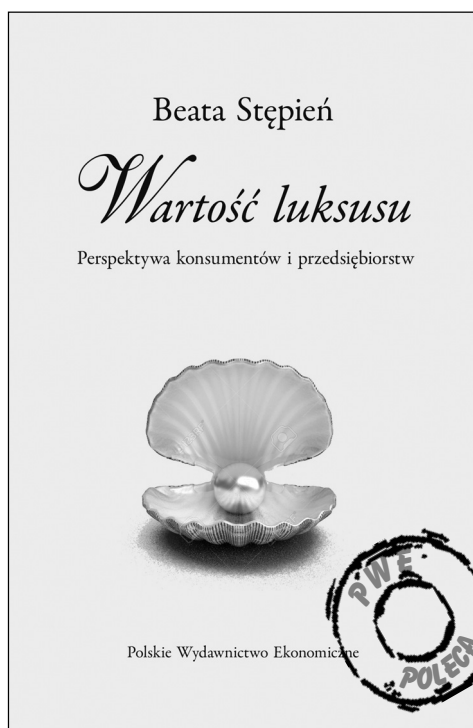
Rynek usług transportowych dynamicznie się rozwija, odnotowuje wzrost ilości przewożonych ładunków. Głównym determinantem tych zmian są klienci, którzy poszukują takich rozwiązań, aby ich towar był przewieziony: szybko, bezpiecznie i przy stosunkowo niewielkich kosztach. Aby realizacja usług transportowych przebiegała sprawnie niezbędne są wszelkie rozwiązania wspierające zarządzanie flotą transportową firmy.

Dokonując racjonalnego doboru realizatora zadań transportowych wykorzystano model Takagi-Sugeno, który jest powszechnie wykorzystywany do optymalizacji procesów z różnych dyscyplin. Zaproponowany algorytm pozwala określić przewidywane parametry pracy kierowcy. Ponadto pozwala na określenie wzorcowego profilu, który może służyć do oceny i poprawy wykonywanej pracy. Dalszym kierunkiem prac będzie budowa systemu neuronowo-rozmytego, tzw. ANFIS. System zostanie wykorzystany do weryfikacji uzyskanych wyników i doboru parametrów funkcji przynależności minimalizujących błąd odwzorowania. Utylitarny cel artykułu został spełniony — opracowano rozmyty model T-S do oceny i wyboru realizatora zadań transportowych. Poczynione badania, stanowią próbę budowy bazy dla systemu eksperckiego.

Bibliografia

- Brzeziński, M., Kijek, M., Głodowska, K., Owczarek, P., Zelkowski, J., Bartosiak, P. (2018) Aspects of improvement in exploitation process of passenger means of transport, *Journal of Advanced Transportation*, ISSN: 0197–6729 (Print), ISSN: 2042–3195 (Online), Article ID 5062165. 335–350, <https://doi.org/10.1155/2018/5062165>.
- Brzeziński, M., Kijek, M., Gontarczyk, M., Rykała, Ł., Zelkowski, J. (2017). Fuzzy modeling of evaluation logistic systems. *Transport Means 2017*. Kowno: Proceedings of the 21th International Conference. 377–382.
- Brzeziński, M., Kijek, M., Zelkowski, J. (2017). Rozmyty model organizacji dostaw z uwzględnieniem systemu eksploatacji pojazdów samochodowych, *Gospodarka Materialowa i Logistyka*. 5/2017. 581–593.
- Demuth, H., Beale, M., Hagan, M. (2018). *Neural network toolbox™*. Reference. pp. 493–496. <http://www.egospodarka.pl/154159,Polski-transport-w-2019-r,1,39,1.html> (20.03.2019).
- <https://www.pwc.pl/pl/media/2018/2018-10-19-transport-logistyka-pwc-trendbook-2019.html> (20.03.2019).
- Jóźwiak, A., Świdorski, A. (2017). Algorytmy sztucznej inteligencji w logistyce. *Prace naukowe — transport*, z. 117. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. 97–108.

- Kijek, M., Brzeziński, M., Zelkowski, J., Rykała Ł. (2018). Neural Algorithm of Driver Selection for Transport Tasks, Transport Means 2018. Kowno: Kaunas University of Technology Proceedings of the 22nd International Scientific Conference, ISSN 1822-296 X (print), ISSN 2351-7034 (on-line). Tom: I, 489–494.
- Raport Transporeon Dostępność, Stawki & Technologia Europejskie Badanie Transportu Drogowego 2018
- Rykała, Ł. (2018). Modelowanie ruchu niejednorodnych brył z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji. Przegląd Mechaniczny. 5/2018. 21–26, <https://doi.org/10.15199/148.2018.5.3>.
- Ślaski, P. (2018). Model of the integrated logistics processes management in the supply chain. Gospodarka Materialowa i Logistyka. 12/2018. 12.
- Ślaski, P. (2018). Modelowanie procesu zarządzania zapasami w warunkach nieciągłości popytu. Zeszyt Systemy Logistyczne Wojsk. nr 49 Tom 2. Warszawa. WAT. 185–194, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.7145>.
- Ślaski, P. (2018). Analiza modeli ilościowych zastosowanych w logistyce wojskowej. Modelowanie procesu magazynowego. W: M. Brzeziński (red.). Modelowanie systemów i procesów logistycznych w aspekcie technologii podwójnego zastosowania (rozdział 2.3., 2.3.1.). Warszawa: Wojskowa Akademia Techniczna. ISBN 978-83-7938-219-4.
- Ślaski, P., Mitkow, S., Brzeziński, M., Zelkowski, J. (2017). Organization of Technical Equipment Operation in the Planned and Preventive System; Proceedings of 21st International Scientific Conference. Transport Means 2017, Litwa.
- Świder, P. (2012). Teoria ruchu samochodów cz. 1, Kraków: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej. 17–49.
- Świderski A., Dębicka E., Jóźwiak A., Mitkow Sz., Modelowanie neuronowe w zastosowaniu do oceny ryzyka w eksploatacji środków transportu, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, z. 121, Warszawa, 2018
- Świderski, A. (2013). Modelowanie neuronowe w zastosowaniu do oceny jakości w logistyce. Gospodarka Materialowa i Logistyka, 5/2013. 619–629.
- Świderski, A., Dębicka, E., Jóźwiak, A., Mitkow, Sz. (2018). Modelowanie neuronowe w zastosowaniu do oceny ryzyka w eksploatacji środków transportu. Prace naukowe — transport, z. 117. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. 381–390.
- Świderski, A., Jóźwiak, A., Jachimowski R. (2018). Operational quality measures of vehicles applied for the transport services evaluation using artificial neural networks. Eksploatacja i Niezawodność — Maintenance and Reliability, 20 (2). 292–299, <https://doi.org/10.17531/ein.2018.2.16>.
- Tadeusiewicz, R. (1993). Sieci neuronowe. Warszawa: Akademicka Oficyna Wydawnicza (Vol. 180). 27–47.
- Typiak, A., Rykała, Ł. (2018). Research of an omnidirectional mecanum-wheeled platform with a fuzzy logic controller. Journal of KONES. 25.
- Żak J., Modelowanie procesów transportowych metodą sieci faz. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Transport 99, Warszawa 2013.
- Żak J., Parametryzacja elementów procesu transportowego. Logistyka 4/2011.
- Żak J., Wybrane aspekty dynamiki procesu transportowego. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Transport z 97, Warszawa 2013.
- Żak, J. (2005). Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej. 39–40.
- Zelkowski, J., Kijek, M., Owczarek, P., Gontarczyk, M. (2018). Analiza i ocena operatorów logistycznych w Polsce, Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej Problemy transportu w inżynierii logistyki część 3, Zeszyt 120, 2018, ISSN 1230-9265. 459-470.



Globalna fala demokratyzacji luksusu i dynamicznie rosnące grupy aspirujących konsumentów z szybko rozwijających się gospodarek skłaniają do pytań:

- jak luksus postrzegany jest współcześnie, co obecnie stanowi o jego wartości?
- jakie cechy luksusu konsumenci z nowych rynków cenią najwyżej i dlaczego?
- jak zmienia się globalny biznes związany z luksusem i dokąd zmierza?

Książka *Wartość luksusu. Perspektywa konsumentów i przedsiębiorstw* jest próbą odpowiedzi na te pytania. Ukazano w niej, jak konsumenci postrzegają i hierarchizują poszczególne składniki wartości dóbr uważanych za zbędne, a których sprzedaż od dekad dynamicznie rośnie. Opisano zawłości pojmowania luksusu i rozwoju rynku dóbr luksusowych przez pryzmat stopniowych odstępstw od reguł, którym hołdowano przez wieki. W monografii podjęto też próbę empirycznego zbadania, jak postrzegają dobra luksusowe konsumenci na wschodzących rynkach luksusu (z Polski, Turcji, Arabii Saudyjskiej, Indii i Portugalii) i jakie czynniki różnicują to postrzeganie w kategoriach wartości, które symbolizują w porównaniu z konsumentami z tzw. starej kolebki luksusu. Wykazano, że to segmenty konsumentów skonstruowane na podstawie kryteriów psychograficznych najtrafniej przedstawiają zróżnicowane podejście do oceny wartości luksusu w skali międzynarodowej.

księgarnia internetowa: www.pwe.com.pl

Paweł Ślaski

E-mail: pawel.slaski@wat.edu.pl; nr ORCID: 0000-0002-1950-9910

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Logistyki, Instytut Logistyki

Modelowanie procesów logistycznych w notacjach BPMN i eEPC

Modeling of logistic processes in notation BPMN and eEPC

W artykule opisano cel oraz istotę modelowania procesów biznesowych, przedstawiono podstawowe metody modelowania oraz za pomocą notacji EPC i BPMN opracowano dwa modele procesów: logistyki odzysku oraz magazynowego.

Słowa kluczowe:

notacje EPC i BPMN, proces logistyki odzysku, proces magazynowy

The article describes the purpose and the essence of business process modeling, presents the basic modeling methods, and with the help of the EPC and BPMN notation two models of processes have been developed: the reverse logistics process and the storage process.

Key words:

EPC and BPMN notation, reverse logistics process, storage process

Wstęp

Modelowanie oznacza działanie, które polega na doborze najbardziej zbliżonego do oryginału zamiennika, zwanego modelem, który jest uproszczonym obrazem rzeczywistości, odzwierciedla powiązania i prawidłowości badanych układów [Korzeń, 1998], [Kijek, Brzeziński, Zelkowski, Gontarczyk, Rykała, 2017]. Istotą modelowania jest uzyskiwanie możliwie zgodnych z rzeczywistością doświadczalnych wyników działań, natomiast celem — opis rzeczywistości, przewidywanie zachowań, gdy obiekt znajduje się w różnych warunkach, a także ocena skutków przemian parametrów wejściowych. Adekwatność modelu do oryginału symbolizuje reprezentatywność funkcjonalną, co oznacza, że na podstawie charakterystyki modelu można dowiedzieć się o reakcji oryginału w sprecyzowanych warunkach [Kijek, Zelkowski, Teklińska, Zaborowicz, 2018]. Obiekt, jako model powinien prezentować podstawowe cechy systemu, odwzorowywać związki strukturalne i funkcjonalne w systemie, zezwalać na formułowanie decyzji, a także umożliwiać ocenę efektywności systemu.

Z systemowego punktu widzenia modele dzielą się na:

- ekspertowe,
- symulacyjne,
- referencyjne.

Modelowanie ekspertowe pozwala na gromadzenie, przechowywanie wiedzy i umiejętności ekspertów, a także wykorzystywanie i przetwarzanie jej w określonym celu.

Modelowanie symulacyjne to z reguły praca na wielomodulowym programie komputerowym, który pozwala na generowanie stanów systemu modelowanego w celu poznania przyszłych skutków działania oraz relacji pomiędzy systemem rzeczywistym a jego modelem. Zatem celem tego modelowania jest prowadzenie eksperymentów, dzięki którym możliwe jest opisanie i wyjaśnianie zachowania systemu rzeczywistego.

Modelowanie referencyjne ukierunkowane jest na zmniejszenie luki między opisem procesów, a ich realizacją przez informatyczne systemy. Modele referencyjne służą do realizacji systemów informacyjnych, które wspomagają zarządzanie procesami [Korzeń, 1999].

Modele referencyjne stosuje się w celu osiągnięcia poprawy wyników przedsiębiorstw oraz zmniejszenia ryzyka realizacji projektów. Dzięki zastosowaniu tych modeli, przedsiębiorstwo może lepiej wykorzystywać koncepcje zarządzania wraz z szybszym dostrzeżeniem efektów zmian. W ogólnym podziale modeli referencyjnych można wyróżnić trzy podstawowe grupy:

- modele referencyjne procedur,
- modele referencyjne zastosowań,
- modele referencyjne organizacji [Kasprzak, 2005].

Modele procedur umożliwiają tworzenie modeli organizacyjnych i modeli zastosowań. Modele zastosowań oraz modele organizacyjne można rozróżnić w zależności od adresata. Modele referencyjne dostarczają ogólnie uznanej wiedzy dotyczącej wybranej klasy systemów informatycznych, zawierających bieżące zalecenia w tym zakresie; są one punktem odniesienia dla profesjonalistów zajmujących się takimi systemami. Z jednej strony, modele tego typu zawierają wiedzę metodyczną dotyczącą funkcjonowania organizacji, z drugiej strony natomiast stanowią swojego rodzaju instrument zarządzania wiedzą organizacji czy też narzędzie zarządzania zmianami. Organizacje stosujące tego typu modele mogą korzystać z doświadczeń innych firm, z gotowych tworzone dla poszczególnych branż modeli referencyjnych, a więc modeli procesów charakterystycznych dla danej branży.

Opis podstawowych notacji do modelowania procesów logistycznych

Do modelowania procesów biznesowych wykorzystuje się odpowiednie koncepcje i notacje, a najpopularniejsze z nich to: kompleksowa metoda ARIS, model SCOR, notacja eEPC oraz notacja BPMN.

Koncepcja ARIS jest podstawą modelowania referencyjnego, stanowi bazę dla dużej liczby projektów, umożliwia modelowanie procesów, analizę, przebudowę i symulację ich przebiegów. Znajomość koncepcji ARIS pozwala zrozumieć złożoną rzeczywistość i podejście procesowe w organizacji. Model referencyjny w ramach platformy ARIS definiuje się, jako informacyjny model organizacji, przedstawiany w postaci graficznej, ponieważ odzwierciedla on dane, funkcje, procesy i struktury organizacyjne w danym przedsiębiorstwie. Modelowanie procesów w tej platformie to spójne przedstawianie i opisywanie zadań organizacji połączonych przez wywołujące je zdarzenia.

Metody modelowania w koncepcji ARIS związane są głównie z:

- Modelowaniem funkcji, czyli czynnością wykonywaną na obiekcie w celu uzyskania założonego celu,
- Modelem organizacji, czyli schematem organizacyjnym wyodrębnionym według określonych kryteriów,
- Modelem danych, który prezentuje zorientowany na dane obraz rzeczywistości organizacji wraz z logiczną ich strukturą,
- Modelem procesów, który jest spójnym przedstawieniem wszystkich zadań organizacji połączonych przez zdarzenia.

W zależności od poziomu i stopnia szczegółowości można wyróżnić następujące metody modelowania procesów:

- Metoda sterowanych zdarzeniami łańcuchów procesów — eEPC (ang. extended Event-Driven Process Chain),
- Łańcuch wartości dodanej,
- Diagram alokacji funkcji,
- Macierz wyboru procesu,
- Scenariusze eBusiness.

Metoda eEPC umożliwia przedstawienie procesu, jako łańcucha następujących po sobie zdarzeń i funkcji, przy czym zdarzenie jest elementem, który inicjuje wykonanie funkcji i centralnym elementem sterującym procesem, a funkcja jest zadaniem wykonywanym na obiekcie w określonym celu. Procesy reprezentowane są w tej metodzie za pomocą elementów: zdarzenia, funkcje, jednostki organizacyjne oraz obiekty informacyjne — encje. Metoda eEPC daje możliwość graficznej prezentacji zależności pomiędzy funkcjami procesu, umożliwia utworzenie modelu jednocześnie z opisem procesów gospodarczych zgodnie z ich definicją [Kasprzak, 2005].

Łańcuch wartości dodanej służy do identyfikowania funkcji, które tworzą wartość dodaną rozpatrywanej organizacji. Wykorzystuje się go do przedstawienia ogólnego schematu głównych procesów i powiązań między nimi. W łańcuchu tym procesy i funkcje połączone są w kolejności logicznej i czasowej zgodnie z ich funkcjonalną sekwencją w dodawaniu wartości.

Diagram alokacji funkcji umożliwia przypisanie zdarzeniom odpowiednich danych wejściowych i wyjściowych. W diagramie tym centralnym elementem jest funkcja, do której dołącza się dane wejścia i wyjścia (jednostka organizacyjna, klient, nośnik informacji).

Macierz wyboru procesu zawiera różne warianty poszczególnych procesów, do których przyporządkowane są scenariusze postępowania. W tym typie modelowania użytkownik może na podstawie macierzy wyboru określić, które funkcje ze scenariuszy procesów występują w organizacji.

Scenariusze eBusiness oparte są o platformę Internetu i mają za zadanie wspomagać funkcjonowanie procesów gospodarczych między organizacjami w celu tworzenia wartości dodanej dla klienta.

Kolejną koncepcją, ściśle związaną z analizą łańcucha dostaw oraz identyfikacją możliwych udoskonaleń w przepływach towarów, usług i informacji jest **model referencyjny SCOR** (ang. Supply Chain Operations Reference Model) opracowany przez Radę Łańcuchów Dostaw (ang. Supply Chain Council-SCC). Według SCOR łańcuch dostaw to: „*Zintegrowany proces planowania, pozyskiwania, wytwarzania, dostawy i zwrotów, łączący dostawców twoich dostawców z klientami twoich klientów*”.

Zgodnie z powyższą definicją każde ogniwo łańcucha dostaw niezależnie od typu działalności gospodarczej organizacji składa się ze zbioru pięciu podstawowych procesów:

- **Planowania** (związany jest on m.in. z: opracowaniem planów dla całego łańcucha, planowaniem, prognozowaniem i kontrolowaniem popytu, zarządzaniem zapasami oraz planowaniem konfiguracji łańcucha),
- **Nabycia** (dotyczy on m.in.: zarządzania procesem zaopatrzenia, wyboru dostawców oraz określenia polityki zamówień),
- **Wytwarzania** (charakteryzuje się m.in.: zarządzaniem zapasami produkcji w toku, harmonogramowaniem procesu produkcji),
- **Wysyłki** (związany jest z: zarządzaniem zapasami w transporcie, wyborem środka transportu oraz wyborem trasy przewozu towaru),
- **Logistyki** odzysku (związany z gromadzeniem, przewozem, określeniem miejsc dowozu odpadów oraz surowców wtórnych w łańcuchu dostaw).

Głównym zadaniem **SCOR** jest opis, pomiar i ocena konfiguracji łańcucha dostaw. Konfiguracja ta uzależniona jest m.in. od:

- Dostaw i rozmieszczenia towarów,
- Struktury przedsiębiorstw produkcyjnych i wykorzystywanej technologii,
- Lokalizacji towarów,
- Informacji i stopnia ich agregacji.

Organizacje wykorzystują **SCOR** również do wewnętrznej analizy za pomocą benchmarkingu, identyfikują dzięki niemu niedociągnięcia w zarządzaniu procesami oraz określają potencjalne korzyści procesów zmierzających do przeprojektowania łańcucha.

Struktura ogólna modelu **SCOR** zawiera:

- opis procesu zarządzania,
- strukturę relacji między procesami,
- mierniki wyników procesów,
- praktyki sprawowania kontroli nad wynikami,
- standardowe konfiguracje funkcjonalności [Kasprzak, 2005],

natomiast jego szczegółowy opis zawiera trzy poziomy szczegółowości. Poziom pierwszy tak jak już wspomniano, definiuje pięć podstawowych procesów — planowanie, nabycie, wytworzenie, wysyłka, odzysk. Określone są na nim cele, które przedsiębiorstwo chce osiągnąć oraz gromadzi informacje, które są niezbędne do zbudowania modelu **SCOR**. Na drugim poziomie „kategorie procesów” prezentują różnice łańcucha dostaw. Odzwierciedlają je w sposobie planowania, nabycia, wytworzenia, wysyłki towarów i odzysku, a także definiują relacje między procesami. Na podstawie zebranych informacji przez firmę, można określić oczekiwane wyniki. Poziom trzeci dopasowuje procesy, a celem jest osiągnięcie wyników wcześniej ustalonych. Wdrożenie tego poziomu pozwala na analizę elementów wejściowych i wyjściowych,

a także uchwycenie podstawowych przepływów w ramach procesów.

Zadaniem modeli referencyjnych bazujących na **ARIS** i **SCOR** jest współdziałanie z zaawansowanymi systemami informatycznymi, odpowiedzialnymi za strategiczne planowanie łańcuchów dostaw przy użyciu skomplikowanych algorytmów oraz oszacowanie ich zdolności i identyfikację dostawców oferujących wymagane oprogramowanie.

BPMN jest standardem opracowanym przez organizację Object Management Group (OMG). Celem notacji jest dostarczenie informacji do opisywania procesów biznesowych (logistycznych) w sposób przejrzysty i zrozumiały zarówno dla strategów i analityków firmy oraz programistów odpowiedzialnych za wsparcie informatyczne oraz techniczną implementację. Szczególną cechą notacji **BPMN** jest jej powszechność. Jako standard stosowany do opisu procesów uznany jest przez wiele organizacji w Polsce i na świecie i występuje w większości narzędzi do modelowania oraz praktycznie we wszystkich systemach **BPMS** (ang. Business Process Management System) dostępnych na rynku.

Przed przystąpieniem do projektowania w **BPMN** należy przeprowadzić analizę biznesową procesów oraz określić poziom szczegółowości modelowania. W notacji **BPMN** wyróżnia się trzy poziomy:

- Poziom poglądowy — Przedstawia ogólny przebieg procesu. Na tym poziomie niewymagana jest identyfikacja typów zadań oraz analiza podprocesów.
- Poziom analityczny — Na tym poziomie określone są typy zadań, rozwijane są podprocesy oraz dokonywana jest ocena dotycząca możliwości wdrożenia procesu do poziomu wykonywalnego.
- Poziom wykonywalny — Poziom ten precyzyjnie opisuje proces, typy zadań, rodzaje i parametry użytych bramek oraz zdefiniowane obiekty [Drejwicz, 2017].

Przykłady modeli wybranych procesów logistycznych opracowanych w notacjach **EPC** i **BPMN**

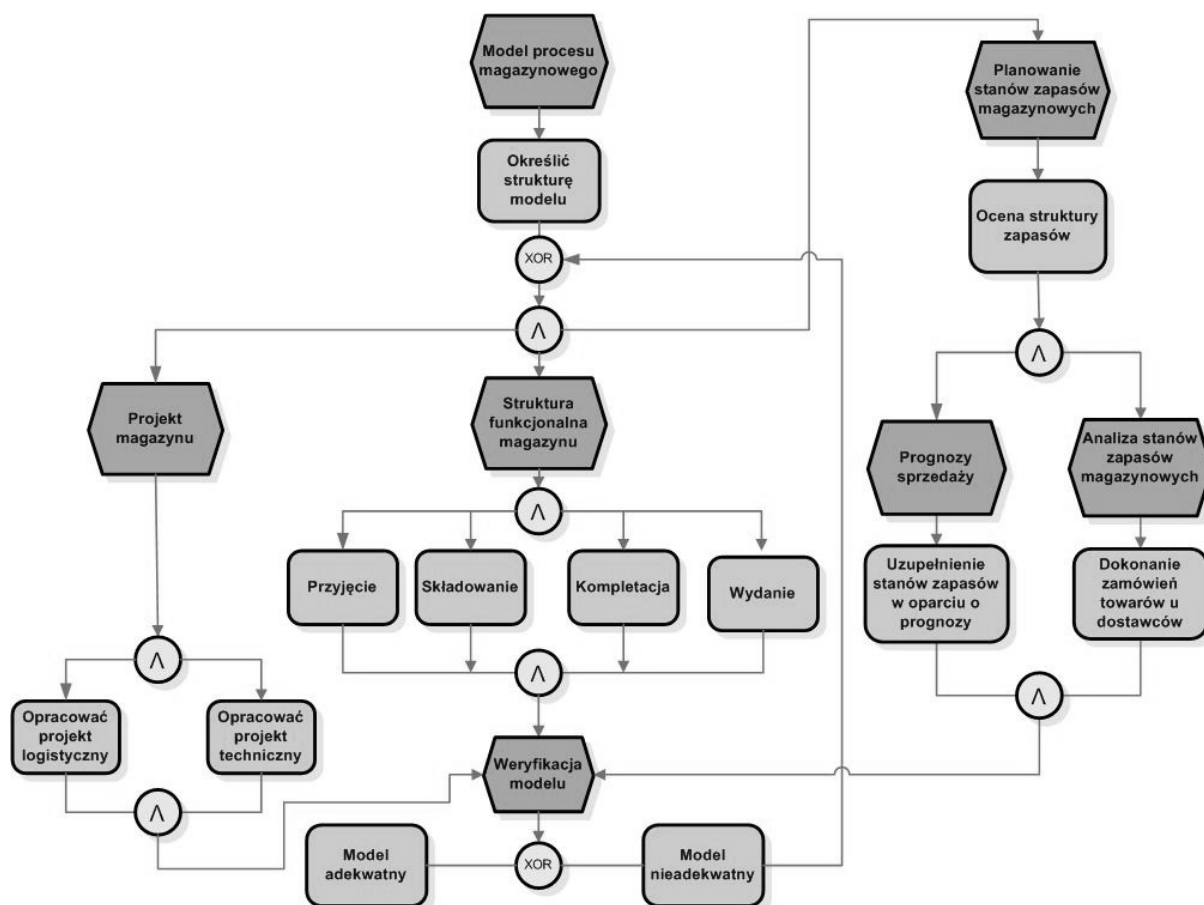
Według autora tej publikacji najskuteczniejsze i najczęściej stosowane w praktyce gospodarczej są notacje: **EPC** i **BPMN**, dlatego w dalszej części artykułu przedstawione zostały modele wybranych procesów logistycznych opracowane właśnie w tych standardach.

Rysunek 1 przedstawia model procesu magazynowego opracowany przy wykorzystaniu modelowania w notacji **EPC** i składa się z trzech podstawowych etapów:

- Projektu obiektu magazynowego.

Rysunek 1

Model procesu magazynowego w notacji EPC



Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Aris 6, 2003].

- Modelu struktury funkcjonalnej procesu.
- Planowania stanów zapasów magazynowych [Ślaski, 2017], [Ślaski, 2018].

Projekt magazynu zależy od profilu działalności przedsiębiorstwa określonej branży. Składa się z dwóch etapów:

- wykonania projektu logistycznego magazynu;
- realizacji technicznej projektu logistycznego.

Projekt logistyczny magazynu opiera się na zastosowaniu metod ilościowych, które umożliwiają obliczenie powierzchni magazynowej bez potrzeby umiejscowienia go w konkretnym obiekcie. Realizacja techniczna projektu sprowadza się natomiast do zwymiarowania projektu, tzn. przeniesienia obliczonej wielkości powierzchni do realnego magazynu. W projekcie logistycznym podstawową czynnością jest określenie tzw. indeksów handlowych, które określają ofertę artykułów dopasowanych do odbiorców i które powinny być sukcesywnie uzupełniane w oparciu o prognozy sprzedaży na min. 3–5 lat dla określonej rotacji zapasów. Do obliczenia powierzchni magazynowej niezbędne są również wymiary jednostek transportowych, profil wagowy składowanych

towarów, częstość występowania palet oraz ich średnia waga. Projekt logistyczny w celu odpowiedniej organizacji pracy powinien uwzględniać również strefy przyjęć, wysyłek, kompletacji, dróg komunikacyjnych dla sprzętu magazynowego oraz miejsc jego ładowania, a także powierzchni do składowania towarów luzem i pomieszczeń socjalno — bytowych [Łagowski, Świderski, 2016]. W realizacji technicznej projektu logistycznego na zwymiarowanym planie magazynu, w oparciu o dane dotyczące ilości miejsc paletowych i ilości poziomów składowania umiejscawia się wirtualne regały, a także dobiera się elementy tych regałów głównie pod względem wyporności belek poprzecznych [Brzeziński, Gawryluk, Głodowska, 2017].

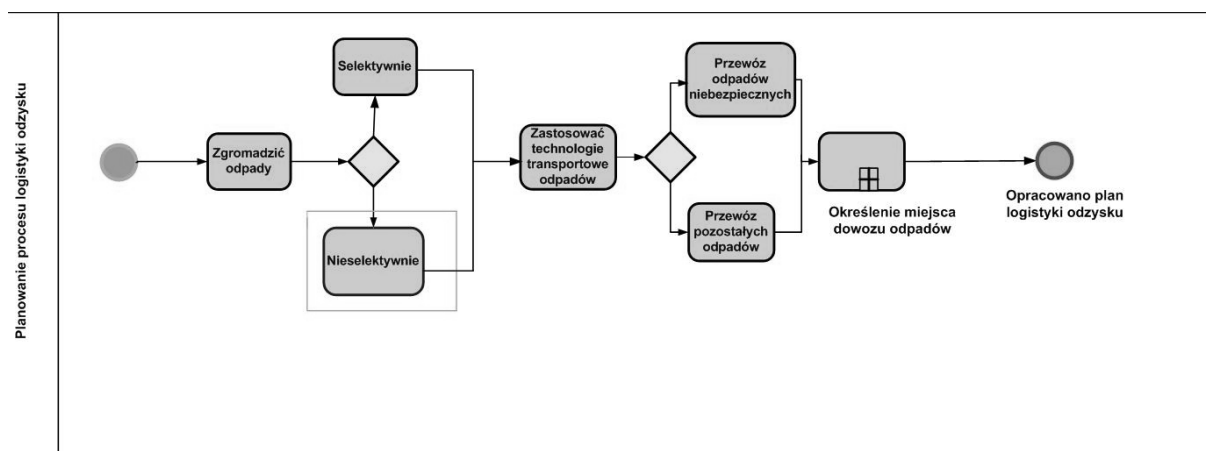
Projekt logistyczny umożliwia podejmowanie decyzji na poziomie strategicznym firmy, natomiast projekt techniczny związany jest z jego realizacją pod kątem optymalizacji powierzchni, minimalizacji kosztów etc.

Model struktury funkcjonalnej magazynu składa się z następujących faz:

- przyjęcia,

Rysunek 2

Model procesu logistyki odzysku w notacji BPMN



Źródło: opracowanie własne.

- składowania,
- kompletacji,
- wydania [Jacyna, Bobiński, Lewczuk, 2017], [Jacyna, Lewczuk, 2015].

Trzecim etapem modelu procesu magazynowego jest planowanie stanów zapasów magazynowych. Proces optymalizowania stanów magazynowych, należy rozpocząć od wyznaczenia kryteriów oceny struktury zapasów i rzeczywistego zapotrzebowania na dany asortyment. Następnie, za pomocą narzędzi informatycznych dostępnych, jako moduły z oprogramowaniem do obsługi należy regularnie dokonywać analizy stanów magazynowych. Wreszcie, na podstawie tych analiz, stosując odpowiednie założenia, powinno dokonywać się zamówień w hurtowniach czy u producenta.

Efektem końcowym tego etapu jest opracowanie strategii sterowania zapasami, określającej podstawowe parametry zamawiania, tj. stany zapasów magazynowych, ich rotację oraz wielkości dostaw.

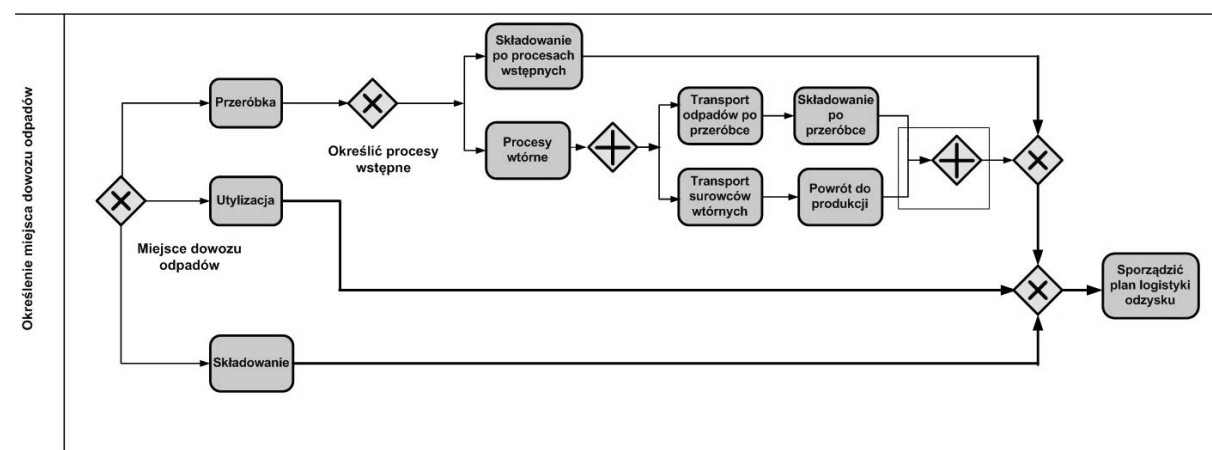
Kolejną notacją, na którą autor opracowania zwrócił uwagę ze względu na jej skuteczność i aplikacyjność to notacja BPMN.

Na rysunku 2 przedstawiony został model procesu logistyki odzysku opracowany w tym standardzie. Na uwagę w modelu zasługuje sekwencja działań związanych ze sposobem gromadzenia, technologiami transportowymi oraz określeniem miejsca dowozu odpadów.

Rysunek 3 przedstawia model podprocesu związanego ze sposobem wykorzystania surowców wtórnych oraz określeniem miejsca dowozu odpadów [Drejewicz, 2017].

Rysunek 3

Model podprocesu logistyki odzysku w notacji BPMN — określenie miejsca dowozu odpadów



Źródło: opracowanie własne.

Wnioski

Opisane w artykule notacje są skutecznymi narzędziami do specyfikowania procesów biznesowych, pozwalają bowiem na ciągłe monitorowanie, kontrolowanie i analizowanie procesów. Umożliwiają opisanie procesów w sposób zrozumiały dla odbiorcy oraz dokładne rozpoznanie ich na poziomie technicznym i aplikacyjnym. Współczesne organizacje borykają się z problemami dotyczącymi maksymalnego wykorzystania systemów informatycznych oraz zasobów finansowych, jednak powiązanie ich w jedną notację lub standard może stanowić punkt wyjścia do uzyskania przez firmę trwałej przewagi konkurencyjnej na rynku.

Przedstawione modele procesów magazynowego oraz logistyki odzysk opracowane w notacjach EPC oraz BPMN mogą przyczynić się do wyeliminowania niepewności, tym samym poprawiając synchronizację działań ogniw w łańcuchu dostaw. Efekt synergii związany z działaniami integrującymi przyczyni się do skrócenia czasu trwania obu procesów w łańcuchu dostaw, zagwarantuje odpowiedni poziom obsługi klienta oraz obniży koszty. Zastosowanie metod ilościowych i jakościowych w procesie modelowania umożliwi poprawną weryfikację oraz walidację modeli potwierdzając tym samym zgodność z wymaganiami i oczekiwaniami klienta. Poprawnie przeprowadzona weryfikacja oraz elastyczna architektura modeli umożliwią stosowanie ich w szerszej skali dla różnych przypadków funkcjonowania łańcuchów dostaw.

Bibliografia

- Aris 6. (2003). Easy Desig, Podręcznik użytkownika. Poznań: IDS Scheer.
- Brzeziński M., Gawryluk M., Głodowska K. (2017). Modelowanie procesów magazynowych. Warszawa: Systemy Logistyczne Wojsk nr 47, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.5994>.
- Drejewicz Sz. (2017). Zrozumieć BPMN, modelowanie procesów biznesowych. Warszawa: Helion.
- Jacyna M., Bobiński A., Lewczuk K. (2017). Modelowanie i symulacja obiektów magazynowych 3D. Warszawa: PWN.
- Jacyna M., Lewczuk K. (2015). Wybrane aspekty modelowania obiektów magazynowych jako elementów infrastruktury logistycznej. Poznań. Logistyka 4.
- Kasprzak T. (red.). (2005). Modele referencyjne w zarządzaniu procesami biznesu. Warszawa: Difin.
- Kijek M., J. Zelkowski J., D. Teklińska D., Zaborowicz — Malcherczyk O. (2018). Modelowanie i analiza funkcjonowania gospodarki magazynowej w przedsiębiorstwie X: Warszawa. Gospodarka Materiałowa i Logistyka, nr 5.
- Kijek M., Brzeziński M., Zelkowski J., Gontarczyk M., Rykała Ł. (2017). Fuzzy Modeling of evaluation logistics systems: Litwa. Transport Means. Proceedings of 21st International Scientific Conference.
- Korzeń Z. (1998). Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, t. 1, Projektowanie modelowanie zarządzanie: Poznań. ILiM.
- Korzeń Z. (1999). Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania, t. 2, Projektowanie modelowanie zarządzanie. Poznań. ILiM.
- Łagowski E., Świdorski A. (2016). Aplikacje dla procesów w organizacji: Warszawa. WAT.
- Orłowski K., Orłowski Ł. (2018). Modeling and optimization of the combined transportation system: Warszawa. Systemy Logistyczne Wojsk nr 11, <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.5917>.
- Owczarek P., Grzelak M. (2019). Model of product identification in a warehouse supported by Anteeo WMS: Warszawa. Gospodarka Materiałowa i Logistyka nr 1.
- Ślaski P. (2017). Zarządzanie zapasami w systemach logistycznych. Warszawa: WAT ISBN 978-83-7938-136-4.
- Ślaski P. (2018). Model of the integrated logistics processes management in the supply chain. Warszawa: Gospodarka Materiałowa i Logistyka 12, PWE, <https://doi.org/10.14738/abr.51.2457>.
- Waśniewski T. (2006). Monitorowanie zasobów logistycznych z wykorzystaniem inteligentnych metek RFID w oparciu o sieć bezprzewodową. Zarządzanie w przedsiębiorstwie. Częstochowa: XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Wyd. WIPMiFS Politechniki Częstochowskiej.

PWE poleca

HISTORIA MYŚLI EKONOMICZNEJ

Ryszard
Bartkowiak



Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

Podręcznik prezentuje rozwój myśli ekonomicznej na tle zmieniającej się gospodarki – od XVIII do końca XX wieku. Od XVIII wieku główną formą gospodarowania jest gospodarka rynkowa, dlatego ówczesne sformułowane teorie i powstałe nurty myśli ekonomicznej są w dużej części nadal aktualne i wykorzystywane w formułowaniu wytycznych dla polityki gospodarczej. Z tego powodu poznanie historii myśli ekonomicznej jest niezbędne dla zrozumienia zasad funkcjonowania współczesnej gospodarki.

www.pwe.com.pl

Krzysztof Ficoń

Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich

Grzegorz Krasnodębski

Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Dowodzenia i Operacji Morskich

Suboptymalizacja krytycznych parametrów kolejki w systemach masowej obsługi

Suboptimalization of critical railway parameters in mass systems

W pracy wskazano na możliwość wykorzystania teorii masowej do optymalizacji krytycznych parametrów kolejek, będących zjawiskiem współczesnej cywilizacji, nie tylko społecznej. Przeanalizowano mechanizm powstawania kolejek, za pomocą metod rachunku prawdopodobieństwa zidentyfikowano jego przyczyny i skutki. Rozważania teoretyczne zilustrowano na drodze analitycznej analizując dwa przykładowe warianty badawcze. Przedmiotem badań były krytyczne parametry kolejki, obejmujące średnią długość kolejki i średni czas oczekiwania. W wariantcie pierwszym skupiono się na sterowaniu intensywnością strumienia zgłoszeń, natomiast w wariantcie drugim przyjęto bardziej praktyczne sterowanie intensywnością strumienia obsługi.

Słowa kluczowe:

kolejka, czas oczekiwania, zgłoszenia, obsługa

The paper indicates the possibility of using mass theory to optimize the critical parameters of queues, which are the bane of modern civilization, not only social. The mechanism of queuing was analyzed, its causes and effects were identified using probability calculus methods. Theoretical considerations are illustrated by analytical analysis of two example research variants. The subject of the research were the critical parameters of the queue, including the average queue length and average waiting time. The first variant focused on controlling the intensity of the notification stream, while the second variant adopted a more practical control of the intensity of the service stream.

Key words:

queue, waiting time, applications, service

Wprowadzenie

Teoria kolejek (*Queue Theory*), zwana też teorią masowej obsługi jest odpowiedzią nauki na społeczne odczucie „straconego czasu”, jakie wiąże się z beczynnym oczekiwaniem w kolejce (poczekalni) na wykonanie określonej usługi (Kopocińska, 1963). Prekursorem badań nad problematyką teorii kolejek był duński inżynier A.K. Erlang (1917) pracujący w firmie telekomunikacyjnej, który swoje wyniki opublikował w roku 1909. Istotny wkład w rozwój teorii kolejek wniósł też D.G. Kendall, który w roku 1953 zaproponował specjalną notację do opisu systemów kolejkowych. Teoria masowej obsługi jest dyscypliną matematyczną opartą na ra-

chunku prawdopodobieństwa i statystyce matematycznej i należy do kategorii nauk stosowanych (Wołodin i in. 1966). Formalnie jest zaliczana do arsenału metod badań operacyjnych, choć swoim rodowodem sięga znacznie dalej niż historia badań operacyjnych. Dla potrzeb budowania użytecznych modeli prakseologicznych rozwiązujących zadania m.in. z obszaru teorii kolejek stworzyła specjalny rodzaj systemów masowej obsługi (Obretenow, Dimitrow, 1989).

Kolejka klientów oczekujących na obsługę powstaje na skutek nierównomiernego przybywania klientów lub nierównomiernej pracy systemu obsługi, albo z obu tych powodów jednocześnie. Ogólnie można określić, że problemy kolejek powstają, gdy jest zbyt dużo lub zbyt mało wymagań w stosunku

do istniejących możliwości obsługowych systemu (Zitek, 1963). W pierwszym przypadku powstaje na przykład kolejka klientów, w drugim przypadku występuje strata czasu ze strony zespołu urządzeń, personelu obsługującego itp. Te dwie sytuacje są sobie przeciwstawne, lecz pociągają za sobą straty. Istnieje więc problem optymalizacji parametrów systemu obsługi, który należy rozwiązać za pomocą metod i narzędzi naukowych.

Bezproduktywne oczekiwanie w każdej kolejce rodzi nie tylko poczucie irytacji, ale niesie ze sobą poważne konsekwencje społeczno-ekonomiczne. Tymczasem praktycznie w każdej dziedzinie życia towarzyszą nam wszechobecne kolejki, które w zależności od pewnych standardów, takich jak długość kolejki, prognozowany czas oczekiwania czy pilność danej usługi, są w różnym stopniu akceptowane lub nieakceptowane (Kopocińska, 1963). Przysłowiowe kolejki „5-minutowe” są powszechnie traktowane jako stały element zamierzonej usługi i podlegają niemal we wszystkich sferach usług pełnej akceptacji przez potencjalnych klientów. Kolejki dłuższe niż przysłowiowe 5-minut irytują klientów po każdej stronie systemu obsługi dlatego w procesie racjonalizacji, czy optymalizacji działalności usługowej powinny być skutecznie minimalizowane, w czym zasadniczo stara się pomóc naukowa teoria kolejek i jej cały aparat narzędziowy. Ponieważ zjawisko kolejek jest powszechne i masowe dlatego należy podejść do jego rozwiązania w sposób racjonalny najlepiej z wykorzystaniem dorobku współczesnej nauki (Łukaszewicz, 1965).

Z naukowego punktu widzenia problem kolejek występujący zarówno w sferze usług, jak też w obszarze produkcji wynika z dysproporcji rynkowych między intensywnością strumienia podaży (potrzeb), a intensywnością strumienia popytu (możliwości). Im większa jest przewaga popytu nad podażą, tym teoretycznie większe są kolejki w danym sektorze i dłuższy czas oczekiwania na wykonanie określonej usługi czy to materialnej, czy to niematerialnej (Kopocińska, 1963). Kolejki mogą być także konsekwencją przewagi podaży nad popytem, kiedy to usługi oczekują na swoich konsumentów. Drastycznym przykładem kolejki-input w aktualnych polskich warunkach są kolejki pacjentów do publicznej służby zdrowia, kiedy czas oczekiwania na wykonanie bardziej zaawansowanej usługi medycznej wynosi nawet kilka lat. Przykładem kolejki-output są opustoszałe nadmorskie hotele i pensjonaty po gorącym letnim sezonie plażowym. Praktycznie nie istnieje taka dziedzina celowej działalności prakseologicznej, w której nie istniałby problem kolejek i straconego czasu przede wszystkim dla podmiotów oczekujących na wykonanie określonej usługi. Syndrom kolejek szczególnie negatywnie wpływa na działalność podmiotów komercyjnych, dla których wysoka produktywność jest największym naka-

zem biznesowym. W kontekście społecznym i gospodarczym można postawić tezę, że kolejki, zwłaszcza ponadnormatywne są symbolem marnotrawstwa i nieracjonalnej organizacji prowadzonej działalności usługowej.

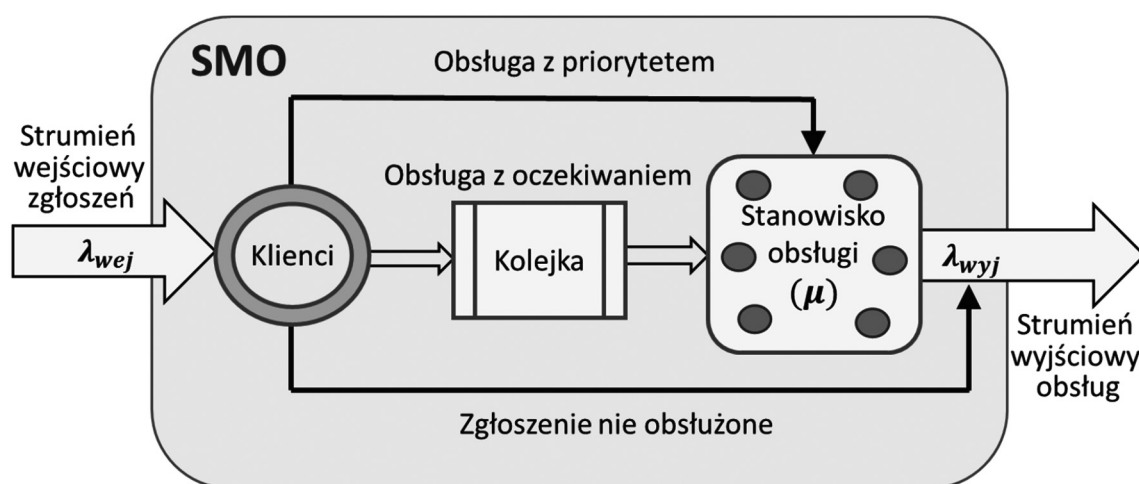
W każdym przypadku kolejki są naturalnym buforem, który w sensie organizacyjno-funkcjonalnym dopasowuje strumień podaży do strumienia popytu i eliminuje dysproporcje rynkowe. Konieczność elastycznej koordynacji tych dwóch strumieni wynika z dynamiki i losowości procesów rynkowych, które pozostają w ciągłym ruchu i dlatego ich wektory w ogólności mają różne moduły. Zarówno strumień podaży, jak też strumień popytu podlegają rozmaitym wahaniom rynkowym i zawierają w sobie pierwiastek losowości, a najczęściej są procesami stochastycznymi (Zitek, 1963). Losowość i indeterminizm tych dwóch strumieni sprawia, że procesy obsługi, w szczególności kolejki są przedmiotem głębokich analiz i poważnych teorii naukowych w szerokim nurcie teorii masowej obsługi. Docelowym rozwiązaniem tej kwestii są prakseologiczne systemy masowej obsługi (Łukaszewicz, 1965), których zasadniczym kryterium ocenowym jest w ogólności minimalizacja wielkości kolejek, będących efektem irracjonalnej organizacji procesów obsługi.

Podstawowe pojęcia teorii masowej obsługi

Prakseologiczny aspekt teorii masowej obsługi akcentuje jej powszechne kojarzenie z teorią kolejek, która jest nieodłącznym elementem wszelkiej działalności praktycznej (celowościowej). Celem teorii masowej obsługi jest proponowanie użytecznych metod analitycznych pomocnych przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z realizacją pewnych procesów, także stochastycznych (Czujew, 1973). Przykładem takiego procesu są procesy masowej obsługi, które powinny przebiegać w sposób optymalny ze względu na przyjęte kryterium — najczęściej natury ekonomicznej czy formalnej. W szczególnym przypadku teoria ta pozwala na wybór optymalnej struktury organizacyjno-funkcjonalnej prakseologicznego systemu działania. Dzięki temu znajduje ona szerokie zastosowanie w procesie podejmowania decyzji przy projektowaniu optymalnych struktur rozmaitych systemów działania, zwanych też systemami kolejkowymi lub masowej obsługi (Koning, Stoyan, 1979). Jak każda autonomiczna dyscyplina naukowa teoria masowej obsługi operuje charakterystycznym systemem pojęć i definicji (Kopocińska, 1963). Podstawowe pojęcia związane z teorią masowej obsługi to: zgłoszenie, obsługa, stanowisko obsługi, poczekalnia (kolejka), zdarzenie, strumień wejściowy, strumień wyjściowy i system masowej obsługi (rysunek 1).

Rysunek 1

Model organizacyjno-funkcyjny systemu masowej obsługi



Źródło: Opracowanie własne.

System masowej obsługi można zdefiniować, jako: celowo zaprojektowana do wykonywania określonych zadań struktura organizacyjno-funkcyjna, której zasadniczymi elementami są poczekalnia (kolejka), stanowiska (kanały) obsługi oraz strumień wejściowy i wyjściowy (Koźniewska, Włodarczyk, 1978, s. 32).

Istotnym elementem systemu masowej obsługi jest regulamin kolejki, który steruje ruchem zgłoszeń. Systemy masowej obsługi zajmują się zdarzeniami będącymi ciągiem zgłoszeń losowych wpływających do danego systemu celem wykonania określonej usługi (Łukaszewicz, 1965). Spływające zgłoszenia w zależności od stopnia zajętości stanowisk obsługi albo są obsługiwane natychmiast, albo oczekują w poczekalni na wykonanie tej obsługi, lub opuszczają dany system bez obsługi. Zarówno proces spływania zgłoszeń, jak też procesy ich obsługi mogą być losowo zakłócone przez różne czynniki, co wynika z natury procesów stochastycznych. Strumień zgłoszeń wpływających do systemu, to strumień wejściowy, natomiast strumień zgłoszeń opuszczających system, to strumień wyjściowy.

Przedmiotem szczególnego zainteresowania jest tzw. poczekalnia będąca symbolicznym miejscem, gdzie gromadzone są wpływające zgłoszenia w oczekiwaniu na obsługę. Poczekalnia służy do formułowania kolejki (w szczególności zerowej) wpływających zgłoszeń. Każda poczekalnia posiada indywidualny regulamin ustawiania zgłoszeń w kolejkę. Minimalizacja długości kolejki zgłoszeń oczekujących na obsługę jest zasadniczym kryterium oceny i funkcjonowania każdego systemu masowej obsługi (Houlden, 1964, s. 117–121).

Z teorią kolejek związane są dwa rodzaje kolejek. Pierwszy rodzaj stanowią zgłoszenia oczekujące w poczekalni na obsługę, drugi rodzaj to kanały obsługi oczekujące na klientów. W rozważaniach teoretycznych dominują kolejki odnoszone do wejściowego strumienia zgłoszeń. Celem teorii kolejek jest zaprojektowanie takiego systemu masowej obsługi, aby łączny koszt strat związanych z kolejkami był minimalny. Teoria kolejek i jej aparat narzędziowy pozwala poprawić nie tylko rynkowe standardy obsługi klienta, ale także zwiększyć efektywność społeczną i ekonomiczną prowadzonej działalności usługowej (gospodarczej), stąd jej ranga społeczna oraz ekonomiczna jest ogromna, a wyzwanie pod adresem nauki i naukowców jeszcze większe (Nogalski, Czarska, Klimek, 2010).

Zazwyczaj intensywność strumienia zgłoszeń oraz intensywność strumienia obsługi mają charakter losowy. Zgłaszanie jednostek do systemu obsługi następuje zwykle zgodnie z rozkładem Poissona, zaś czas ich obsługi według rozkładu wykładniczego (Gniedenko, Kowalenko, 1971). Duże dysproporcje między intensywnością strumienia zgłoszeń i strumienia obsługi statystycznie nie gwarantują wysokiej stabilności pracy danego systemu masowej obsługi. Bezproduktywny w tym przypadku czas oczekiwania systemu obsługi na zgłoszenie powoduje niepełne wykorzystanie mocy produkcyjnej, co implikuje niepotrzebne koszty eksploatacji pustych stanowisk obsługi. Celem strategicznym projektowanego systemu obsługi jest kryterium stabilnego, czyli skoordynowanego obciążenia wszystkich elementów organizacyjno-funkcyjnych tego systemu w dostatecznie długim okresie czasu. Z punktu widzenia teorii specyficz-

ną formę tzw. kolejki wstecznej generuje przypadek, gdy intensywność strumienia obsługi jest statystycznie znacznie większa niż intensywność wpływających do systemu zgłoszeń. W takiej sytuacji stanowiska (kanały) obsługi pozostają w pewnych okresach czasu w bezczynności tworząc specyficzny rodzaj kolejki w oczekiwaniu na zgłoszenie (Obretenow, Dimitrow, 1989).

Aparat matematyczny teorii masowej obsługi

Zakłada się że klienci zgłaszają się do systemu w losowych odstępach czasu określonych rozkładem Poissona, zgodnie z którym prawdopodobieństwo, że w ciągu T okresów przybędzie n klientów oblicza się według wzoru:

$$P_n = \frac{(\lambda T)^n}{n!} e^{-\lambda T} \quad (1)$$

gdzie:

P_n — prawdopodobieństwo przybycia n -klientów w okresie T ,

λ — średnie tempo zgłaszania się klientów (klientów/okres),

T — liczba okresów,

Aby wstępnie scharakteryzować system masowej obsługi trzeba wyznaczyć trzy podstawowe parametry: intensywność strumienia zgłoszeń, intensywność procesu obsługi oraz regulamin kolejki. Średnią intensywność strumienia zgłoszeń (λ) zdefiniujemy jako:

$$\lambda = \frac{1}{t_\lambda} \quad (2)$$

gdzie:

t_λ — średni odstęp czasu między kolejnymi zgłoszeniami wpływającymi do systemu w badanym okresie.

Średnią intensywność strumienia obsługi zdefiniujemy jako:

$$\mu = \frac{1}{t_\mu} \quad (3)$$

gdzie:

t_μ — średni czas obsługi pojedynczego zgłoszenia w badanym okresie.

Z przyjętych założeń wynika, że natężenie stru-

mienia zgłoszeń (2) i intensywność procesu obsługi (3) nie są to wielkości stałe i podlegają losowym wahaniom (Houlden, 1964). Z tego powodu obsługa wpływających zgłoszeń jest zakłócona i dlatego w przypadku najbardziej typowym, gdy intensywność zgłoszeń jest większa od intensywności obsługi w systemie tworzą się kolejki zgłoszeń czekających na obsługę. Sytuacja odwrotna, gdy intensywność obsługi jest większa od intensywności strumienia zgłoszeń też jest niekorzystna, albowiem system nie wykorzystuje swoich mocy w sposób efektywny. Najbardziej korzystna jest sytuacja, gdy intensywność obu strumieni — zgłoszeń i obsługi jest z określonym prawdopodobieństwem zbliżona do siebie, ale nie identyczna i do tego stanu w praktyce należy dążyć (Rozenberg, Prochorow, 1972).

Jeśli strumień zgłoszeń ma rozkład Poissona, a intensywność obsługi opisana jest rozkładem wykładniczym oraz w kolejce zachowana jest dyscyplina typu FIFO to funkcjonowanie takiego systemu można wyrazić za pomocą stopnia wykorzystania systemu (ρ), zwanej stałą Erlanga:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \approx \frac{\lambda}{\mu S} \quad (4)$$

gdzie:

S — liczba stanowisk obsługi.

Jeżeli $\rho > 1$ przy $t \rightarrow \infty$ kolejka rośnie do nieskończoności, natomiast gdy $\rho < 1$ problem kolejki nie istnieje. Przypadek $\rho = 1$ przy powyższych założeniach jest mało praktyczny i w dłuższych okresach czasu niestabilny. Parametr ρ pozwala wyprowadzić szereg użytecznych wzorów, jak np.:

$$\alpha_0 = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \quad (5)$$

α_0 — średnia liczba zgłoszeń w całym systemie (w kolejce i w kanałach obsługi),

$$\alpha_1 = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad (6)$$

α_1 — średnia liczba zgłoszeń oczekujących w kolejce na obsługę

$$\tau_1 = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (7)$$

τ_1 — średni czas oczekiwania w kolejce

Powyższe parametry charakteryzujące system obsługi posłużyły do stworzenia specjalnej notacji tzw. klasyfikacji Kendalla w postaci (Kendall, 1951):

$$X / Y / m \quad (8)$$

gdzie:

X — symbol rozkładu wejściowego strumienia zgłoszeń,

Y — symbol rozkładu czasów obsługi zgłoszeń,

m — liczba stanowisk (kanałów) obsługi.

Najczęściej przyjmuje się, że strumień wejściowy zgłoszeń jest opisany rozkładem Poissona (1), a czas obsługi podlega rozkładowi wykładniczemu.

Regulamin kolejki określa kolejność realizacji poszczególnych zgłoszeń i w praktyce występują trzy najbardziej typowe zasady obsługi zgłoszeń (Kozłowska, Włodarczyk, 1978):

$$\mathfrak{R} = \{FIFO, LIFO, RSS, PR\} \quad (9)$$

gdzie:

FIFO (First In First Out) — zgłoszenie, które oczekuje najdłużej w kolejce kierowane jest w pierwszej kolejności na stanowisko obsługi,

LIFO (Last In First Out) — zgłoszenia, które przybyły do systemu ostatnie zostaną obsłużone w pierwszej kolejności,

RSS (Random Selection of Service) — zgłoszenia obsługiwane są losowo, przy czym wybór każdego ze zgłoszeń jest tak samo prawdopodobny,

PR (Priority) — zgłoszenie z kolejki posiada z różnym prawdopodobieństwem pierwszeństwo obsługi przed innymi zgłoszeniami.

Formalnie w kolejce występuje jeszcze jeden przypadek, gdy nieobsłużone zgłoszenie z różnych przyczyn opuszcza kolejkę. Należy wówczas określić tą regułę, a najczęściej odnosi się ona do dopuszczalnego czasu oczekiwania w kolejce lub do aktualnej długości kolejki.

Założenia badawcze

Przedmiotem dalszych rozważań będzie modelowy system masowej obsługi, w którym interesować nas będzie głównie zachowanie się kolejki zgłoszeń oczekujących na obsługę i tzw. krytyczne parametry kolejki, obejmujące średnią długość kolejki i średni czas oczekiwania (Czujew, 1973). Na wartość tych parametrów można oddziaływać różnymi sposobami. Po pierwsze, w pewnym zakresie można sterować intensywnością strumienia zgłoszeń, a po drugie, bardziej praktyczne jest sterowanie intensywnością strumienia obsługi i na tym drugim przypadku skupimy dalsze badania. Jak wynika ze wzorów (5) i (7) długość kolejki oraz czas oczekiwania na obsługę zależą w sposób odwrotnie proporcjonalny do wartości strumienia intensywności obsługi. Wobec

tego aby poprawić te parametry, czyli udrożnić system masowej obsługi należy przy niezmiennej intensywności strumienia zgłoszeń zwiększyć intensywność strumienia obsługi (Ficoń, 2018). Zasadność tej tezy zostanie wykazana na modelowym przypadku analitycznym.

Na wstępie przyjmujemy, że mamy do czynienia z systemem obsługi bez strat, czyli klienci przebywają w systemie aż do momentu wykonania obsługi — niezależnie od długości kolejki i czasu oczekiwania (Koning, Stoyan, 1979). Badany system obsługi funkcjonuje na podstawie następujących parametrów operacyjnych:

1) Klienci zgłaszają się do systemu w tempie 4 osoby na minutę

$$\lambda \text{ os. /min} \quad (10)$$

2) Pracownik obsługuje przeciętnie 5 klientów na minutę

$$\mu \text{ os. /min} \quad (11)$$

3) Intensywność ruchu w systemie

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{4}{5} = 0,8 = 80\% \quad (12)$$

gdzie:

λ — średnie tempo zgłaszania się klientów do systemu (stopa przybycia),

μ — średnie tempo obsługi klienta (stopa obsługi).

4) Średnia liczba klientów oczekujących w kolejce na obsługę:

$$L_k = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{16}{5 * 1} = 3,2 \quad (13)$$

5) Średnia liczba wszystkich klientów obecnych w systemie:

$$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} = \frac{4}{1} = 4 \quad (14)$$

6) Średni czas oczekiwania w kolejce:

$$T_k = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} = \frac{4}{5 * 1} = 0,8 \text{ min} \quad (15)$$

7) Średni czas przebywania klientów w systemie:

$$T_s = \frac{1}{\mu - \lambda} = \frac{1}{1} = 1 \text{ min} \quad (16)$$

Jak wynika ze wzoru (12) realne wykorzystanie mocy rozpatrywanego systemu obsługi na poziomie

80%, pozornie sugeruje istnienie dużej rezerwy rzędu 20%. Rezerwa ta ze względu na losowy charakter strumienia zgłoszeń i strumienia obsługi teoretycznie nigdy nie będzie wykorzystana w całości. Ponieważ zarówno intensywność przybycia klientów, jak też intensywność obsługi klientów są zmiennymi losowymi i wahają się wobec tego operujemy jedynie ich wartościami średnimi, zmierzającymi w granicy $t \rightarrow \infty$ przy do wartości maksymalnych, gwarantujących maksymalne obciążenie systemu obsługi.

Zasadnicze charakterystyki kolejki tj. średnia długość kolejki rozumiana jako liczba klientów oczekujących w poczekalni na obsługę (L_k) oraz średni czas oczekiwania klienta w kolejce (T_k) będą analizowane w funkcji intensywności strumienia zgłoszeń (λ) dla dwóch produktywności systemu obsługi, gdy intensywność strumienia obsługi wynosi — wariant 1 $\mu_5 = 5$ klient/min i wariant 2 $\mu_6 = 6$ klient/min. Charakterystyki operacyjne kolejki dla tych wariantów zostały przedstawione odpowiednio w tabeli 1 i tabeli 2.

Tabela 1

Parametry kolejki przy intensywność obsługi
 $\mu_5 = 5$ klient/min

Lp	λ	$p(5)$	$L_k(5)$	$T_k(5)$
1.	3,00	0,600	0,900	0,300
2.	3,25	0,650	1,207	0,371
3.	3,50	0,700	1,633	0,467
4.	3,75	0,750	2,250	0,600
5.	4,00	0,800	3,200	0,800
6.	4,25	0,850	4,817	1,133
7.	4,50	0,900	8,100	1,800
8.	4,75	0,950	18,050	3,800
9.	4,80	0,960	23,040	4,800
10.	4,85	0,970	31,363	6,467
11.	4,90	0,980	48,020	9,800
12.	4,95	0,990	98,010	19,800
13.	4,97	0,994	164,673	33,133
14.	4,99	0,998	498,002	99,800
Śred.	4,32	0,864	64,519	13,077

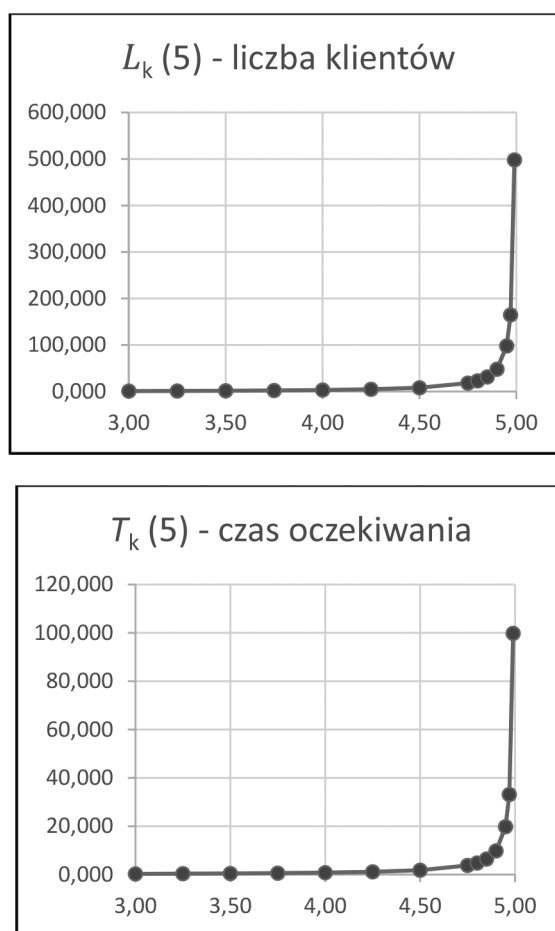
Źródło: Opracowanie własne na podstawie MS Excel.

Analiza wariantu V1

W tabeli 1 został zobrazowany wpływ strumienia intensywności zgłoszeń (λ) na kształtowanie się długości kolejki (L_k) i czasu oczekiwania w kolejce (T_k) w systemie w którym intensywność obsługi wynosi ($\mu = 5$)

Rysunek 2

Parametry kolejki w systemie $\lambda + (3 \div 5)$, $\mu = 5$



Źródło: Opracowanie własne na podstawie MS Excel.

$$L_k^5 = f(\lambda) \wedge T_k^5 = f(\lambda) \text{ dla } \mu = 5 \quad (17)$$

Jak wynika z tabeli 1 jeśli tempo zgłaszania się klientów zbliża się do tempa obsługi $\lambda \rightarrow \mu$, mimo, że stopień wykorzystania systemu nigdy nie osiągnie 100%, to kolejka i czas oczekiwania wydłużają się coraz bardziej i rosną wykładniczo (Obretenow, Dimitrow, 1989). Fakt ten doskonale ilustruje rysunek 2.

Wynika stąd wniosek, że w sytuacji gdy mamy do czynienia z losowym popytem praktycznie nie jest możliwe osiągnięcie pełnego stopnia wykorzystania systemu i jednocześnie utrzymanie wysokich standardów obsługi klienta. Zasadniczym powodem tej dychotomii jest fakt, że przy $\lambda \rightarrow \mu$ system obsługi nie może osiągnąć stabilnego stanu średniego. W tym przypadku średnia liczba klientów czekających w kolejce oraz średni czas oczekiwania na obsługę rośnie w sposób wykładniczy, co czyni taki system mało użytecznym.

Analiza wariantu V2

Praktycznym ograniczeniem problemu związane go z losowym charakterem popytu jest planowanie terminów zgłoszeń a priori, np. w postaci zdeterminowanych planów i harmonogramów realizacji zadań. Ale nie zawsze zdeterminowane planowanie terminów zgłoszeń jest możliwe. Ograniczenie takie dotyczy tzw. krytycznych systemów obsługi, których przykładem są różne służby publiczne (Nogalski, Czerska, Klimek, 2010), czy placówki ratownictwa medycznego. W takiej sytuacji racjonalnym rozwiązaniem jest zwiększenie mocy wykonawczej systemu obsługi, np. poprzez stworzenie dodatkowego stanowiska lub kanału obsługi, który będzie w stanie natychmiast świadczyć wymaganą obsługę dla losowo wpływającego zgłoszenia.

W tabeli 2 został obrazowany wpływ strumienia intensywności zgłoszeń (λ) na kształtowanie się długości kolejki (L_k) i czasu oczekiwania w kolejce (T_k) w systemie w którym intensywność obsługi wynosi ($\mu = 5$).

$$L_k^6 = f(\lambda) \wedge T_k^6 = f(\lambda) \text{ dla } \mu = 6 \quad (18)$$

Tabela 2

Parametry kolejki przy intensywność obsługi
 $\mu_6 = 6 \text{ klient/min}$

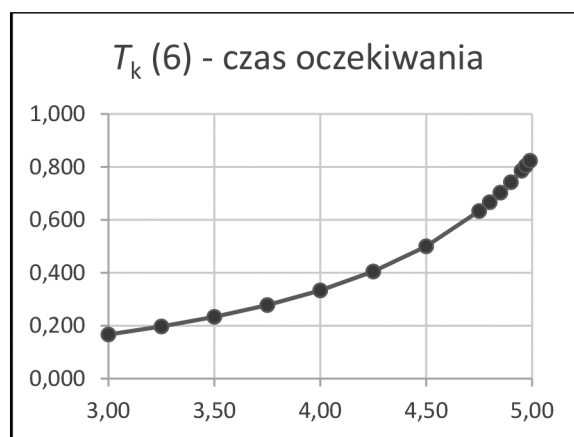
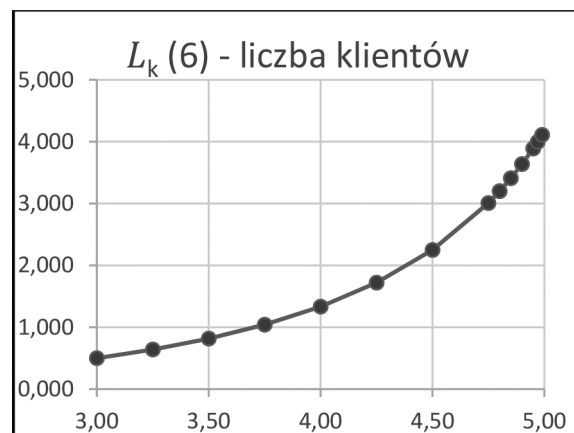
Lp	λ	$p(6)$	$L_k(6)$	$T_k(6)$
1.	3,00	0,500	0,500	0,167
2.	3,25	0,542	0,640	0,197
3.	3,50	0,583	0,817	0,233
4.	3,75	0,625	1,042	0,278
5.	4,00	0,667	1,333	0,333
6.	4,25	0,708	1,720	0,405
7.	4,50	0,750	2,250	0,500
8.	4,75	0,792	3,008	0,633
9.	4,80	0,800	3,200	0,667
10.	4,85	0,808	3,409	0,703
11.	4,90	0,817	3,638	0,742
12.	4,95	0,825	3,889	0,786
13.	4,97	0,828	3,997	0,804
14.	4,99	0,832	4,109	0,823
Śred.	4,32	0,720	2,397	0,519

Źródło: Opracowanie własne na podstawie MS Excel.

Takie rozwiązanie najczęściej implikuje dodatkowe nakłady, dlatego niezbędne jest precyzyjne zbilansowanie zamierzonych korzyści i ponoszonych kosztów. Ilustracją tej strategii jest wariant badawczy nr 2 polegający na zwiększeniu intensywności obsługi

Rysunek 3

Parametry kolejki w systemie $\lambda + (3 \div 5)$, $\mu = 6$

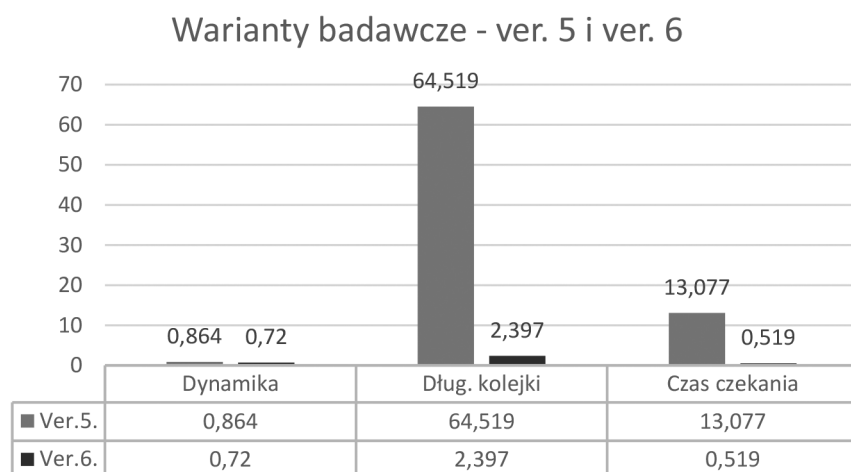


Źródło: Opracowanie własne na podstawie MS Excel.

do poziomu 6 klientów ma minutę, co szeroko obrazuje tabela 2. Jak wynika z analizy rysunku 2 i rysunku 3. powiększenie mocy obsługowej systemu zaledwie o 20% spowodowało statystyczne zmniejszenie długości kolejki prawie 27-razy oraz czasu oczekiwania na obsługę ponad 25-razy. Uzyskana redukcja długości kolejki i czasu oczekiwania jest bardzo znacząca i czyni system obsługi znacznie bardziej elastyczny i bardziej odporny na zakłócenia losowe i zwiększoną intensywność i losowość strumienia zgłoszeń.

Na rysunku 4 zostało zaprezentowane graficzne porównanie uśrednionych wartości parametrów krytycznych kolejki dla dwóch różnych strumieni intensywności obsługi — ver. 5 i ver. 6. Widać bardzo wyraźnie niezwykle pozytywny wpływ tego strumienia na parametry ilościowe kolejki w przypadku zwiększonej intensywności strumienia obsługi. Chwilowo nie wnikamy w mechanizm tego wzrostu, a notujemy jedynie jego decydujący wpływ na parametry krytyczne kolejki w badanym systemie masowej obsługi.

Rysunek 4

Porównanie średnich parametrów kolejki dla V_1 ($\mu_1 = 5$) i V_2 ($\mu_2 = 6$)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie MS Excel.

Zaprezentowane badania potwierdzają tezę, że zasadniczy wpływ na długość kolejki i czas oczekiwania przy określonej intensywności strumienia zgłoszeń ma intensywność strumienia obsługi. Znając mechanizm funkcjonowania systemu masowej obsługi intuicyjnie wiemy, że wąskim jego gardłem są kanały i stanowiska obsługi. To właśnie intensywność systemu obsługi decyduje o długości kolejki i czasie oczekiwania zgłoszeń na obsługę. Pod pojęciem intensywności strumienia obsługi będziemy rozumieć liczbę obsłużonych zgłoszeń w określonej jednostce czasu. Im więcej zgłoszeń jest obsłużonych w danej jednostce czasu, tym większa jest intensywność (sprawność) danego systemu obsługi. Aby badany system masowej obsługi spełniał kryteria stabilnej pracy intensywność obu strumieni — zgłoszeń i obsługi musi być statystycznie skorelowana i utrzymana w określonych proporcjach.

Uwagi końcowe

Prakseologiczny i bardzo powszechny problem kolejek można rozwiązać m.in. za pomocą teorii masowej obsługi, wykorzystując modele i systemy masowej obsługi. Z punktu widzenia praktyki społecznej i kryteriów gospodarczych bezproduktywne oczekiwanie w kolejce na zamierzoną obsługę jest ogromnym marnotrawstwem czasu, energii i innych resursów. Dlatego wymaga ono skutecznego rozwiązania, które można uzyskać albo na drodze odpowiednich inwestycji — z reguły poprzez zwiększenie

liczby stanowisk obsługi, albo na ścieżce bezinwestycyjnej — poprzez optymalne zorganizowanie całego procesu obsługi (Ficoń, 2008).

W pierwszym przypadku chodzi o budowę takiego systemu obsługi, który już na etapie projektowania spełnia wysokie kryteria obsługi szerokiego strumienia zgłoszeń. Najłatwiej spełnić ten warunek projektując perspektywiczny system nadmiarowy z wieloma kanałami (stanowiskami) obsługi, który obsłuży szerokie spektrum potencjalnych zgłoszeń. Takie podejście jest stosunkowo drogie i w dalszej perspektywie może być rozrzutne i zawodne. Bardziej racjonalne jest projektowanie i użytkowanie systemów elastycznych podatnych na usprawnienia, modernizację lub reorganizację, ale na drodze bezinwestycyjnej. Chodzi o to, aby wzrost intensywności strumienia obsługi, czyli produktywność całego systemu obsługi uzyskać możliwie najmniejszym nakładem sił i środków.

Takie podejście zostało zaprezentowane powyżej, a wyniki przeprowadzonych analiz i symulacji komputerowych potwierdzają jego słuszność. Bezinwestycyjne zwiększanie intensywności strumienia obsługi np. poprzez lepszą koordynację i organizację procesów obsługowych jest działaniem bardzo racjonalnym, ale nie zawsze dostatecznie skutecznym. Niekiedy potrzebne są bardziej radykalne rozwiązania także inwestycyjne, np. poprzez budowę dodatkowych stanowisk obsługi — w sensie osobowym czy materialnym. Rozwiązanie tego dylematu jest zadaniem zaliczanym do problematyki badań operacyjnych i wymaga stosowania metod optymalizacyjnych z obszaru programowania matematycznego, które obecnie są szeroko wspomagane za pomocą różnych modeli symulacji komputerowej.

Bibliografia

- Czujew J. (1973), *Badania operacji w wojsku*. Wyd. MON Warszawa, s. 225
- Erlang A. K. (1917), *Solution of some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges*. „Elektrotekniker”, vol 13/1917.
- Ficoń K. (2017), *Zastosowanie teorii masowej obsługi do analizy systemu zabezpieczenia logistycznego sytuacji kryzysowych*. ZN WAT SLW nr 47/2017.
- Ficoń K. (2018), *Port morski jako wielokanałowy system masowej obsługi*. *Gospodarka magazynowa & Logistyka*, nr 12/2018.
- Gniedenko B., Kowalenko N. (1971), *Wstęp do teorii masowej obsługi*. PWN Warszawa.
- Houlden B. T. (red.) (1964), *Z praktyki badań operacyjnych*. PWE Warszawa.
- Kendall D. G. (1951), *Some problems in the theory of queues*. *Journal of the Royal Statistical Society ser. B* no 13/1951.
- Koning D., Stoyan D. (1979), *Metody teorii masowej obsługi*. WN-T Warszawa.
- Kopocińska I., *O pewnym modelu z teorii kolejek z uwzględnieniem zniecierpliwienia klientów*. IM PAN „Zastosowania Matematyki” nr 7/1963.
- Kopociński B. (1977), *Zarys teorii odnowy i niezawodności*. PWN Warszawa 1973.
- Koźniewska I., Włodarczyk M. (1978), *Modele odnowy, niezawodności i masowej obsługi*. PWN Warszawa.
- Łukaszewicz J. (1965), *Teoria kolejek, czyli obsługi masowej*. IM PAN „Zastosowania Matematyki” 8/1965.
- Nogalski B., Czerska J., Klimek A. (2010), *Wykorzystanie metod teorii masowej obsługi i lean management w usprawnianiu procesów w zarządzaniu organizacją publiczną*. *Współczesne Zarządzanie* nr 1/2010.
- Obretenow A. Dimitrow B. (1989), *Teoria masowej obsługi*. Poradnik. PWN Warszawa.
- Rozenberg W., Prochorow A. (1972), *Teoria masowej obsługi*. PWE Warszawa.
- Wołodin B. G. i inni (1966), *Problemy rachunku prawdopodobieństwa*. PWN Warszawa.
- Zitek F. (1973), *Stracony czas. Elementy teorii obsługi masowej*. PWN Warszawa.

Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne poleca



Społeczność wokół marki wzbudza zainteresowanie podmiotów rynkowych. Geneza powstania tej formy społeczności sięga czasów, kiedy to lokalnie funkcjonujące społeczności inspirowały się wzajemnie do podejmowania decyzji zakupowych. Dziś członkowie grupy gromadzącej się wokół marki dzielą się między sobą informacjami o marce, inspirowały się jej symboliką, przesłaniem, misją. Kreuje to w efekcie lojalność klientów do marki.

W prezentowanej książce została opisana społeczność wokół marki, mechanizm jej powstawania i korzyści, jakie z niej czerpią poszczególne podmioty rynkowe. Na podstawie badań przeprowadzonych wśród fanów Legii Warszawa pokazane zostały niuanse kreowania lojalności wobec marki w odniesieniu do rynku sportowego.

Adresatami publikacji są wszyscy czytelnicy zainteresowani tematyką marki, zwłaszcza menedżerowie oraz pracownicy uczestniczący w budowaniu strategii marki, osoby z agencji reklamowych, badawczych oraz studenci marketingu uczelni ekonomicznych.

www.pwe.com.pl

1. **Joanna ANTczak**
ZARZĄDZANIE PŁYNNOŚCIĄ PRZEDSIĘBIORSTW Z BRANŻY LOGISTYCZNEJ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.6
2. **Paweł BANY**
WIZJA ZERO JAKO PARADYGMAT BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.7
3. **Sławomir BARTOSIEWICZ, Małgorzata OZIĘBŁO**
KONCEPCJA WYKORZYSTANIA CENTRÓW LOGISTYCZNYCH W WOJSKOWYM TERYTORIALNYM SYSTEMIE ZABEZPIECZENIA LOGISTYCZNEGO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.8
4. **Jerzy BERTRANDT**
BEZPIECZEŃSTWO ŻYWOŃCI I ŻYWIENIA — ISTOTNY CZYNNIK UTRZYMANIA DOBRGO STANU ZDROWIA ŻOŁNIERZY PEŁNIĄCYCH SŁUŻBĘ W SIŁACH ZBROJNYCH RP
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.9
5. **Marian BRZEZIŃSKI**
MILITARY LOGISTICS VERSUS CIVIL LOGISTICS — SIMILARITIES AND DIFFERENCES
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.10
6. **Marian BRZEZIŃSKI**
OCENA PROCESU PRZELĄDUNKÓW W REGIONALNEJ BAZIE LOGISTYCZNEJ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.11
7. **Marian BRZEZIŃSKI**
PROGNOZOWANIE STRAT TECHNIKI WOJSK LĄDOWYCH
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.12
8. **Anna BUDZIK**
WYMAGANIA TECHNICZNE DLA ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH PRZEWOŻĄCYCH ZWIERZĘTA RZEŻNE
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.13
9. **Sławomir BYŁEŃ**
EFEKTYWNOŚĆ ZARZĄDZANIA INFORMACJĄ LOGISTYCZNĄ W SIŁACH ZBROJNYCH RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.14
10. **Sławomir BYŁEŃ**
SYSTEMY INFORMATYCZNE WSPOMAGAJĄCE ZARZĄDZANIE DOZOREM TECHNICZNYM I METROLOGIĄ WOJSKOWĄ DE-TERMINANTEM BEZPIECZEŃSTWA SPRZĘTU TECHNICZNEGO SIŁ ZBROJNYCH
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.15
11. **Krzysztof FICOŃ**
ROWER ELEKTRYCZNY JAKO ALTERNATYWNYŚRODEK INDY-WIDUALNEGO TRANSPORTUMETROPOLITALNEGO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.16
12. **Maciej GIS, Piotr WIŚNIEWSKI**
EKOLOGICZNE ASPEKTY ZASILANIA SILNIKÓW GAZOWYM PA-LIEM LPG
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.17
13. **Monika GÓRSKA, Marta DAROŃ**
ZARZĄDZANIE MAGAZYNEM WYROBÓW GOTOWYCH W KON-TEKŚCIE WYSTĘPUJĄCYCH ZAKŁÓCEŃ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.18
14. **Tomasz JAŁOWIEC**
LOGISTYKA WOJSKOWA JAKO OBSZAR POZNANIA NAUK O ZARZĄDZANIU I JAKOŚCI
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.19
15. **Arkadiusz JÓZWIĄK, Paulina OW CZAREK, Dariusz C WIK, Igor BETKIER**
OCENA ZDOLNOŚCI BOJOWEJ JEDNOSTEK WOJSK LĄDOWYCH ELEMENTEM WSPIERAJĄCYM INTEROPERACYJNOŚĆ NATO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.20
16. **Paweł KLER, Marcin KALBARCZYK**
MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA EFEKTYWNOŚCI ŁAŃCUCHA DO-STAW POŁOWYCH PACZKOWANYCH RACJI ŻYWOŃCIO-WYCH W DZIAŁANIACH TAKTYCZNYCH
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.21
17. **Paweł KLER**
STANDARDY ŻYWIENIA WOJSK W DZIAŁANIACH TAKTYCZ-NYCH PODSTAWĄ WŁAŚCIWEJ REALIZACJI ZADAŃ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.22
18. **Bartosz KOZICKI, Tadeusz WAŚCIŃSKI**
WIELOWYMIAROWA ANALIZA CENY ENERGII ELEKTRYCZNEJ WYBRANYCH PAŃSTW EUROPY I PROGNOZY CENY ENERGII ELEKTRYCZNEJ W POLSCE
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.23
19. **Bartosz KOZICKI**
ANALIZA PRZEWOZU LUDZI TRANSPORTEM LOTNICZYM W PIĘ-CIU WYBRANYCH PAŃSTWACH EUROPY I PROGNOZOWANIE NA LATA 2018-2020 PRZYSZŁYCH PASAŻERÓW LINII LOTNI-CZYCH W WIELKIEJ BRYTANII
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.24
20. **Dorota KRUPNIK**
ZNACZENIE ETYKI ZAWODOWEJ DLA BEZPIECZEŃSTWA FUNKCJONOWANIA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH W CELU ZABEZPIECZENIA POTENCJAŁU OBRONNEGO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.25
21. **Dorota KRUPNIK**
ISTOTA BEZPIECZEŃSTWA W SYSTEMIE OBRONNYM W OD-NIESIENIU DO ZŁOŻONYCH PROCESÓW LIKWIDACJI SpW
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.26
22. **Dorota KRUPNIK, Aleksandra PALCZEWSKA, Marek GRĘZICKI**
LOGISTYCZNE ASPEKTY ORGANIZACJI PRAKTYK ZAWODO-WYCH W PRZEDSIĘBIORSTWACH PRZEMYSŁU OBRONNE-GO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.27
23. **Piotr KRYŚ, Waldemar IZDEBSKI**
ZNACZENIE CENTRÓW LOGISTYCZNYCH DLA FUNKCJONO-WANIA ŁAŃCUCHÓW DOSTAW
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.28
24. **Nataliya KUPRIN**
PERSISTENT TRANSFORMATION OF THE SUBJECTS OF THE NA-TIONAL ECONOMY AS A TOOL TO ENSURE THEIR COMPETITI-VENESS: EXPERIENCE OF UKRAINE
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.29
25. **Zdzisław KURASIŃSKI**
OCENA PODSYSTEMU ZABEZPIECZENIA TECHNICZNEGO WOJSK LĄDOWYCH
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.30
26. **Agnieszka LISOWSKA, Małgorzata REILLY**
WYBRANE PROBLEMY STAREGII ROZWOJU PRZESIEBIO-R-TWA INFORMATYCZNEGO
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.31
27. **Joanna MICHALIK**
WYBRANE ASPEKTY BEZPIECZEŃSTWA, HIGIENY PRACY I ERGO-NOMII NA STANOWISKU PRACY MAGAZYNIERA W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.32
28. **Dariusz NAGRABSKI**
PROCES ZAOPATRYWANIA W TECHNICZNE ŚRODKI MATE-RIALOWE REALIZOWANY PRZEZ SIŁY ZBROJNE RP
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.33
29. **Łukasz NYSZK**
BEZPIECZEŃSTWO INFORMACJI W LOGISTYCZNYM SYSTEMIE INFORMATYCZNYM KLASY CRM
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.34
30. **Krzysztof ORŁOWSKI**
WYBRANE ASPEKTY INŻYNIERII RUCHU W TRANSPORCIE DROGOWYM
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.35
31. **Krzysztof ORŁOWSKI, Daniel KALINOWSKI**
KALKULATOR OCENY RYZYKA WYPADKU DROGOWEGO JA-KO NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE PROCES ZARZĄDZANIA RYZYKIEM W PRZEDSIĘBIORSTWIE TRANSPORTOWYM
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.36
32. **Krzysztof ORŁOWSKI**
MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ROZSZERZONEJ RZECZYWI-STOŚCI DO USPRAWNINIENIA PROCESU KOMISJONOWANIA W MAGAZYNIE
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.37
33. **Krzysztof ORŁOWSKI, Krystian NOWAK**
SYMULATOR DORECZALNOŚCI JAKO NARZĘDZIE SŁUŻĄCE USPRAWNINIENIU FUNKCJONOWANIA FIRMY KURIERSKIEJ
DOI 10.33226/1231-2037.2019.5.38