

Janusz SZPYTKO<sup>1</sup>  
Paweł HYLA<sup>2</sup>

### MODEL FUNKCJONALNY TERMINAŁA KONTENEROWEGO UKIERUNKOWANY NA ŚRODKI TRANSPORTU

*W pracy sformułowano w rezultacie analizy dostępnej literatury obszary prac ukierunkowane na eksploatację terminali kontenerowych. Scharakteryzowano środki transportowe stosowane w terminalach oraz przedstawiono model funkcjonalny terminala kontenerowego zorientowany na zagadnienia transportowe.*

### FUNCTIONAL MODEL OF A CARGO TERMINAL FOCUSING ON TRANSPORT DEVICES

*The paper is reviewing today problems that were undertaken regarding to container terminals operation. Used in terminals transport devices were described, as well as the functional model of the container terminal focusing on transportation problems have been discussed.*

## 1. WSTĘP

Terminale kontenerowe, zwłaszcza morskie, są przykładem problemu optymalizacji złożonego procesu przeładunkowego. Zagadnienie jest istotne z uwagi na fakt, że transport ładunków z użyciem kontenerów w skali świata wzrasta dynamicznie. Obserwowane w gospodarce światowej zmiany: globalizacja rynku [21], silna konkurencja, nowe technologie dla potrzeb wytwarzania oraz dynamiczny rozwój technologii informacyjnych [20], wygenerowały nowe koncepcje zarządzania procesem przemieszczania kontenerów [8]. Istotą działania terminala kontenerowego jest zarządzanie strumieniem przepływu ładunków, zapewnienie przemieszczania kontenerów do właściwych pól na składowisku, optymalizacja użycia dysponowanego potencjału środków transportu.

Terminale kontenerowe są przykładem rozproszonego celowo systemu transportowego (ang. *Dispersed Transport System*). Miarą możliwości działania systemu złożonego z  $n$ -tej liczby niejednorodnych środków transportu nadzorowanych przez operatorów jest ich

---

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków; al. Mickiewicza 30.  
Tel.: +48 12 6173103, Fax.: +48 12 6173531

E-mail: szpytko@agh.edu.pl

<sup>2</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki; 30-059 Kraków; al. Mickiewicza 30.  
Tel.: +48 12 6173104

E-mail: hyla@agh.edu.pl

łączy potencjał eksploatacyjny [23]. W kontenerowych terminalach morskich istotne są następujące zagadnienia:

- lokalizacja modu transportowego dostarczającego lub/i odbierającego kontenery, z uwzględnieniem dostępnego i właściwego zestawu środków transportu do prac przeładunkowych zlokalizowanych w terminalu,
- proces przemieszczania kontenerów z modów transportowych na składowisko z użyciem środków transportu do prac przeładunkowych,
- proces składowania kontenerów (długoterminowy, krótkoterminowy, specjalizowany),
- proces rejestracji kontenerów dostarczanych na pole składowe i wysyłanych do adresatów.

Terminal wykorzystuje najczęściej następujące systemy komputerowe: zarządzanie personelem, wynagrodzenia, zarządzanie materiałami, środki trwałe, księgowość i finanse, wystawianie faktur oraz system operacyjny terminala – TOS. Możliwa wersja systemu zarządzającego terminalem TOS (ang. *Terminal Operation System*) na przykładzie Bałtyckiego Terminala Kontenerowego zawiera następujące elementy:

1. *Mainsail Terminal Management System* (System Zarządzania Terminalem): zapewnia zarządzanie gospodarką magazynową w realnym czasie, elastyczne narzędzia do kontroli przepływu towarów oraz integrację z innymi istotnymi dla firmy systemami i użytkownikami portowymi;
2. *Mainsail Online* (Internetowy System Mainsail): zapewnia wzbogaconą, natychmiastową komunikację poprzez umożliwienie liniom żeglugowym i partnerom BCT (Bałtyckiego Terminala Kontenerowego) dostępu do wybranych danych terminalowych przez zrozumiałe i łatwe w obsłudze interfejsy internetowe;
3. *Forecast* (Prognoza): pomaga w łatwiejszej i szybszej komunikacji terminala z przedsiębiorstwami przewozowymi, spedytorami, odbiorcami, agentami i innymi podmiotami biorącymi udział w obrocie portowym;
4. *Spinnaker Planning Management System* (System Zarządzania Planowaniem Spinnaker): stanowisko, które udostępnia operatorowi terminala w pełni zintegrowane narzędzia planowania działań na statku, placu, w porcie i terminalu kolejowym;
5. *Traffic Control* (Kontrola Ruchu): zapewnia dynamiczną kontrolę nad techniką odpowiadającą za przeładunek, z użyciem precyzyjnych instrukcji wysyłanych drogą elektroniczną w czasie rzeczywistym.

Proces planowania i sterowania procesem przeładunkowym kontenerów w terminalach:

- jest zorientowany na potrzeby klientów i alokację dysponowanego potencjału (zasobów) i celów działania terminala w ujęciu systemowym (MBC - *Market-Based Control*) [30, 31],
- wymaga skuteczności działania terminala kontenerowego i śledzenie trajektorii ruchu kontenera (CT - *Container Tracking*) z użyciem nowoczesnych technik typu telematyka [35],
- wymaga analizy nowych projektowanych terminali w zakresie oczekiwanej pojemności metodami symulacyjnymi [32], z wykorzystaniem specjalizowanych narzędzi do projektowania z uwzględnieniem modów transportowych i kontenerów [33, 34],
- jest realizowany najczęściej z wykorzystaniem narzędzi typu agencji (AOT - *Agent-Oriented Technology*) [27, 28, 29],

- jest realizowany również z wykorzystaniem rozwijanych teorii multi-agentów typu inteligentnego zorientowanej na elastyczną alokację dysponowanego potencjału technicznego w połączeniu z zagadnieniem harmonogramowania procesu użytkowania środków transportu w funkcji skuteczności ich działania [36].

Przedmiotem artykułu jest opis sposobu modelowania terminala kontenerowego w części zorientowanej na projektowanie procesów złożonego przemieszczania ładunków i ukierunkowanych na elastyczną alokację dysponowanego potencjału technicznego.

## 2. ŚRODKI TRANSPORTOWE W TERMINAŁACH KONTENEROWYCH

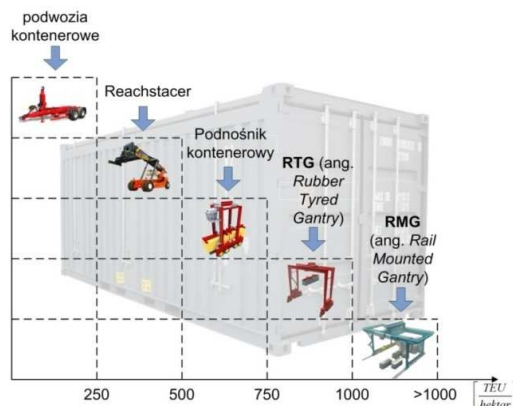
W praktyce transportowej wyróżnia się terminale kontenerowe morskie i lądowe, których zadania są przede wszystkim zorientowane na operacje związane z rozładunkiem kontenerów [11] oraz ich alokacją wspólnie ze środkami transportu.

W terminalach kontenerowych, w szczególności morskich, istotną rolę w procesach załadunkowo - rozładunkowych spełniają suwnice kontenerowe nadbrzeżne (ang. *Ship to Shore Container Cranes*) wyposażone w jedną lub dwie wciągarki. Podczas gdy główna wciągarka przemieszcza kontener ze statku na nadbrzeże, druga pomocnicza zazwyczaj pracująca w trybie automatycznym, dokonuje dystrybucji ładunku na nabrzeżu. Układy wykonawcze suwnic wyposażone są najczęściej w urządzenia chwytające typu *spreader* (ang.) dostosowane do wymiarów znormalizowanych kontenerów. Suwnice nadbrzeżne umożliwiają przeładunek około 50 - 60 kontenerów w ciągu godziny.

Funkcje transportowe wewnętrzne w terminalach kontenerowych [10] są realizowane najczęściej przez (rys.1.):

- suwnice bramowe na kołach ogumionych RTG (ang. *Rubber Tyred Gantry*),
- suwnice bramowe nadtorowe RMG (ang. *Rail Mounted Gantry*),
- przenośnik kontenerowy (ang. *straddle carrier*),
- żuraw wysięgnikowy z obrotowym nadwoziem (ang. *reachstacer*).

Istotnym zagadnieniem jest koordynacja realizowanych działań zorientowanych na kontener przez różne środki transportowe z optymalnym wykorzystaniem dysponowanych zasobów i spełnienia wymagań jakościowych (między innymi: czas, koszt). Przedmiotowe zagadnienie jest podejmowane przez różne instytucje (między innymi: ISL *Institute of Shipping Economics and Logistics* - <http://www.isl.org/index.php?lang=en>).



Rys.1. Urządzenia transportowe stosowane w terminalach kontenerowych

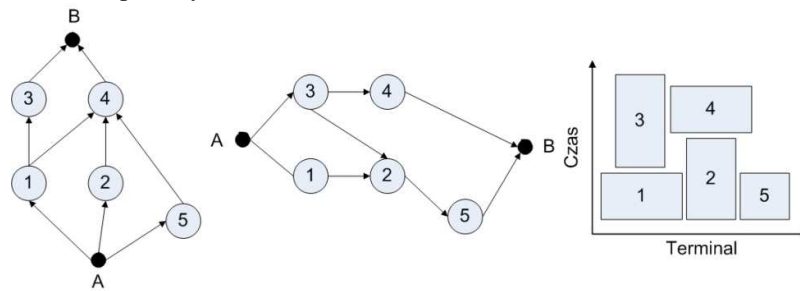
Środki transportowe operujące wewnątrz terminalu można sklasyfikować pod względem możliwości samoczynnego załadunku/ rozładunku kontenerów. Przykładami wielofunkcyjnych mobilnych środków transportu są żurawie z teleskopowym wysięgnikiem poruszające się na kołach ogumionych (ang. *reachstacer*) [22] oraz rozwiązania typu CargoBeamer oraz CargoRoo [13]. W systemie CargoBeamer jednostka ładunkowa zostaje załadowana na sanie w postaci płyty, które mogą być przemieszczane prostopadle do środka wymaganego toru środka transportu szynowego między specjalnie wyposażoną rampą na terminalu i środkiem transportu typu szynowego. Sanie są zamontowane na małych rolkach przemieszczanych po specjalnych bieżniach na środku transportowym i na platformie. Wyładunek i załadunek jednostek ładunkowych na środek transportu szynowego może być realizowany niezależnie. Rolki sanii mogą być obracane o kąt  $90^\circ$ , w rezultacie czego sanie mogą być przemieszczane także równolegle toru środka transportu. System CargoRoo jest zbudowany na bazie wagonów z platformami wyposażonych w urządzenia przeładunkowe typu mobilne roboty gaśienice z siłownikiem hydraulicznym (dwa na każdy wagon). Rozwiązanie to wymaga specjalistycznego przygotowania ramp jak i wagonów kolejowych (gniazda na mobilne jednostki przeładunkowe).

W terminalach kontenerowych stosowane są ponadto samochody ciężarowe z naczepami kontenerowymi, wagony kolejowe oraz wozy sterowane automatycznie typu AGV (ang. *Automated Guided Vehicle*) i ich zmodyfikowana wersja typu AGL (ang. *Automated Lifting Vehicle*) [6]. Wysiłek twórczy jest nadal zorientowany na zagadnienia w zakresie doskonalenia procesu eksploatacji wozów typu AGV, w szczególności w rezultacie: modelowania procesu użytkowania [15, 19], metod zarządzania zespołowego [14], projektowania autonomicznych inteligentnych algorytmów sterowania [2, 5, 18, 25] również z narzędziami wzorowanymi na mechanizmach immunologicznych człowieka typu HIA (ang. *Humour Immune Algorithm*) [26].

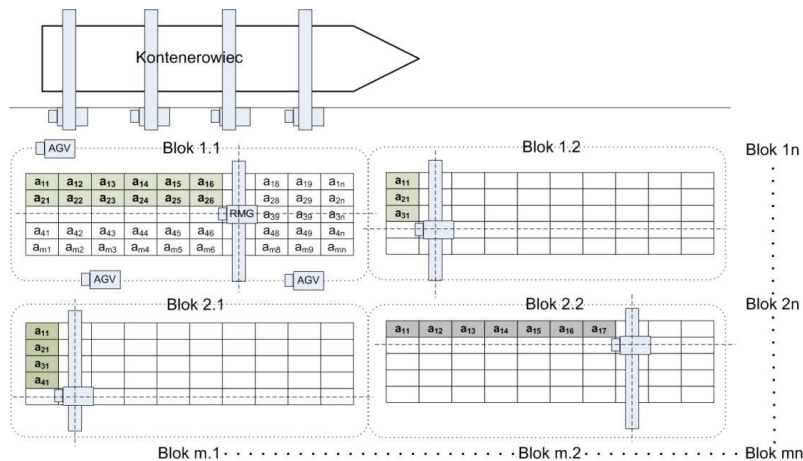
**3. MODEL FUNKCJONALNY TERMINALA**

Zadanie sterowania środkami transportowymi w terminalu kontenerowym obejmuje planowanie i dystrybucję zadań transportowych [24], z uwzględnieniem w szczególności kosztów, czasu, odległości i priorytetu. Istotnym jest również czas dostępu do określonej jednostki ładunkowej i optymalne wykorzystanie dysponowanej przez terminal przestrzeni (rys. 2). W szczególności podejmowane są prace ukierunkowane na (rys.3):

- badanie dynamiki zapełnienia terminala kontenerami (z uwzględnieniem czasów na operacje typu manipulacyjnego i składowania) [12],
- modelowania trajektorii przemieszczania ładunków w terminalu z uwzględnieniem czasu dostępu do składowanego kontenera i kosztów eksploatacji [9, 16],
- doskonalenie technik identyfikacji (w tym obrazowania technikami wizyjnymi zawartości [17]) i lokalizacji kontenerów przykładowymi technikami typu: OCR (ang. *Optic Character Recognition*), GPS (ang. *Global Positioning System*), RFID (ang. *Radio-frequency identification*), UWB (ang. *Ultra Wideband*) [1],
- zapewnienie bezpieczeństwa procesów transportowych w terminalu i wykrywania ładunków niebezpiecznych.



Rys.2. Scenariusze dostępu do wybranego ładunku w funkcji czasu



Rys.3. Szkic terminala kontenerowego dla opisu sformalizowanego

Dla potrzeb modelowania procesów transportowych terminal rozpatrywany w układzie XYZ można wyrazić  $k$ -tą liczbą bloków składowych kontenerów opisanych każdy  $n \times m$  wymiarową macierzą  $C$ , której elementy  $a_{ij}$  identyfikują istnienie kontenera w określonym miejscu na składowisku, gdzie wyraz  $a$  może przyjmować liczbę od 0 do  $P$ : 0 - brak kontenera,  $P$  - ilość warstw składowania kontenerów w określonym polu (stogu) o współrzędnych  $(k: i, j)$  na składowisku. Z uwagi na specyfikę terminalu - w skład którego wchodzi również drogi dojazdowe, drogi wewnętrzne oraz rampy przeładunkowe, obejmujące powyższe pola mogą być symbolizowane elementami którym przypisano wartość zero. Położenie środków transportu wewnątrznych w terminalach można jednoznacznie opisywać położeniem organu wykonawczego identyfikowanego w powiązaniu z osią symetrii mostu (OY), wózka (OX) i chwybaka (OZ).

Model terminala kontenerowego TK dla potrzeb projektowania strategii zarządzania można przedstawić w postaci:

$$TK = \{PC, KO, TR, ST\} \quad (1)$$

$$PC \rightarrow k \otimes C_{n \times m}(a_{i,j}, K1_{k,i,j}), \quad a_{i,j} = (0, \dots, P), \quad a_{i,j} \rightarrow (x_{ij}^C, y_{ij}^C, z_{ij}^C, t_{ij}^C) \quad (2)$$

$$KO \rightarrow (x_{ij}^K, y_{ij}^K, z_{ij}^K, t_{ij}^K) \quad (3)$$

$$TR \rightarrow \Sigma h \otimes T(h, b_{i,j}, K3_{h,i,j}), \quad h = (0, \dots, G), \quad b_{i,j} \rightarrow (x_{ij}^T, y_{ij}^T, z_{ij}^T, t_{ij}^T) \quad (4)$$

$$ST \rightarrow r \otimes E_{f \times g}(e_{i,j}, K2_{r,i,j}), \quad K2_{r,i,j} = (0, \dots, F), \quad e_{i,j} \rightarrow (x_{ij}^S, y_{ij}^S, z_{ij}^S, t_{ij}^S) \quad (5)$$

gdzie:

$a_{ij}$  - element identyfikujący położenie kontenera  $K_{kij}$  na składowisku,

$b_{ij}$  - element identyfikujący położenie kontenera  $K_{hij}$  na środka transportu w terminalu,

$C$  - macierz  $n \times m$  wymiarowa opisująca określone pole składowania kontenerów,

$E$  - macierz  $f \times g$  wymiarowa opisująca określone pole składowania kontenerów na środku transportowym zewnętrznym,

$e_{ij}$  - element identyfikujący położenie kontenera  $K_{rij}$  na środku transportowym zewnętrznym,

$F = K2_{rij} = ID$  - numer identyfikacyjny kontenera na środku transportowym zewnętrznym,

$h$  - numer  $ID = \{1 \dots G\}$  środka transportu w terminalu,

$k$  - liczba pól składowania kontenerów,

$K(1, 2, 3)$  - numer identyfikacyjny kontenera z podaniem jego lokalizacji w terminalu (1) i na środku transportowym zewnętrznym (2) - dostarczającym lub odbierającym kontener z terminala oraz własnym (3),

$K1_{kij} = ID$  - numer identyfikacyjny kontenera z podaniem jego lokalizacji w terminalu,

$KO$  - powierzchnia przeznaczona na drogi komunikacji wewnętrzne i inne budowle techniczne,

$P$  - ilość warstw składowania kontenerów w określonym polu o współrzędnych  $(i, j)$  na składowisku,

$PC$  - pole składowania kontenerów,

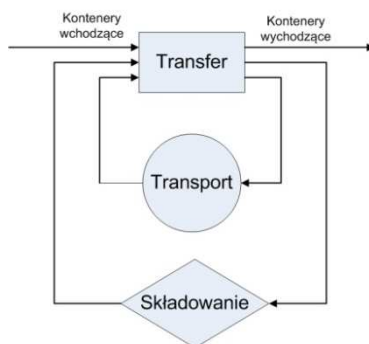
$ST$  - pole postoju zewnętrznych środków transportu kontenerów,

$t$  - czas trwania określonej czynności ( $C$  - dla kontenerów,  $K$  - dla infrastruktury,  $T$  - środków transportu terminala,  $S$  - zewnętrznego środków transportu),

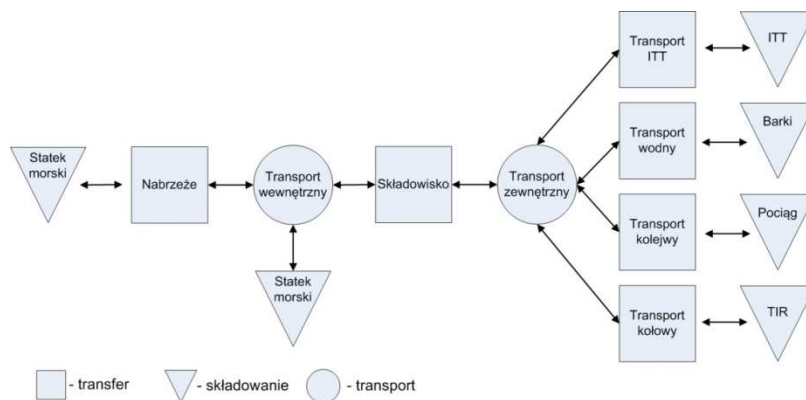
$TR$  - środki transportu kontenerów,

$x, y, z$  - współrzędne ładunku lub środka transportu lub obiektów infrastruktury w terminalu (C - dla kontenerów, K - dla infrastruktury, T - środków transportu terminala, S - zewnętrznego środków transportu),  
 $\Sigma h$  - liczba środków transportu w terminalu.

Terminal kontenerowy jest złożonym systemem eksploatacyjnym [4, 7, 23], w którym realizowany jest przepływ ładunków i obejmujący strefy: załadunku środków transportu zewnętrznego kontenerami, wyładunku kontenerów ze środków transportu zewnętrznego, przemieszczania ładunków własnymi środkami transportu, strefę buforową odgrywającą rolę magazynu. Rozróżnialne funkcje w terminalach kontenerowych obejmują: transfer, transport, składowanie (rys. 4). W praktyce mogą one stanowić dowolny ciąg logiczny zdarzeń (rys.5).



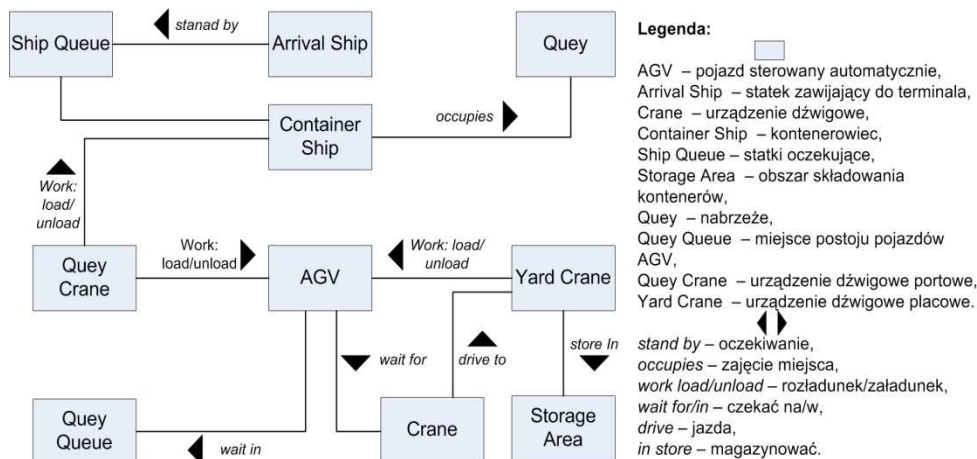
Rys.4. Podstawowe funkcje terminala kontenerowego



Rys.5. Schemat blokowy terminala morskiego

Realizowane w terminalu funkcje można wyrazić z użyciem opisu możliwych zdarzeń typu: działanie (*work*), oczekiwanie (*wait*), przemieszczanie (*drive*), składowanie/magazynowanie (*store*), oczekiwanie na podjęcie działania (*standby*), oczekiwanie z uwagi

na brak dostępu (*occupies*). Mogą być one wykorzystane do dynamicznej formuły opisu działania terminala (rys. 6).



Rys.6. Prezentacja opisowa działania terminala kontenerowego

#### 4. UWAGI KOŃCOWE

W pracy sformułowano w rezultacie analizy dostępnej literatury obszary prac ukierunkowane na eksploatację terminali kontenerowych w części zorientowanej na projektowanie procesów złożonego przemieszczania ładunków. Scharakteryzowano środki transportowe stosowane w terminalach oraz przedstawiono model funkcjonalny terminala kontenerowego.

Wybrane krytyczne problemy w terminalach obejmują między innymi: zwiększenie wydajności, zwiększenie szybkości wymiany informacji pomiędzy modami transportowymi, skrócenie czasu rozładunku/ załadunku modu transportowego. Innym istotnym zagadnieniem jest optymalizacja pojemności terminala wyrażana poprzez: wydajność systemu, zdolność przeładunkową, zdolność wykorzystania dysponowanego potencjału technicznego i innych zasobów.

*Praca finansowana ze środków budżetowych na naukę jako projekt badawczy w latach 2008 - 2011.*

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] ABIREsearch: *Electronic container tracking white paper*. New York-Londyn-Tokyo-Hong-Kong, 2004.
- [2] Bruce G., Raghavan S., Wasil E.: *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*. Springer, 2008 (ISBN 9780387777788).



- [3] Charchalis A., Krefft J.: *Main dimensions selection methodology of the container vessels in the preliminary stage*. Journal of KONES Powertrain and Transport, vol. 16, no 2, pp.71–78, Warsaw, 2009 (ISSN 1231-4005).
- [4] Chmurawa M.: *Logistyczne uwarunkowania technologii przeładunku kontenerów*. Biuletyn Maszyny Dźwigowo-Transportowe, OBRDiUT Detrans, Bytom, nr 2, 1996.
- [5] Farahani Z.F., Laporte G., Miandoabchi E., Bina S.: *Designing efficient methods for the tandem AGV network design problem using tabu search and genetic algorithm*. Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 36, pp. 996–1009, 2008.
- [6] Gademann A.J., van de Velde S.L.: *Positioning automated guided vehicles in a loop layout*. European Journal of Operational Research, vol. 127, pp. 565–573, 2000.
- [7] Günther H., Kim K.H.: *Container terminals and terminal operations*. OR Spectrum 28, pp. 437 – 445, 2006.
- [8] Heymann E.: *Prospects for the container shipping industry*. IQPC Container Terminal Business 2009, Hamburg, 2008.
- [9] Katta G.M., Liu J., Wan Y.W., Linn R.: *A decision support system for operations in a container terminal*. Decision Support Systems, no 39, pp. 309 - 332, 2005.
- [10] Kim K.H., Guenther H. (Eds): *Container terminals and cargo systems*. Design, operations management and logistics control issues. Springer Verlag, Berlin-Heiderberg, 2007 (ISBN 978-3-540-49549-9).
- [11] Kim K.H.: *Evaluation of the number of rehandles in container yard*. Comput Ind. Eng., vol. 23, no 4, pp. 701-711, 1997.
- [12] Kozan E.: *Increasing the operational efficiency of container terminals in Australia*. J. Oper. Res. Soc., vol. 48, no 2, pp. 151 -161, 1997 (ISSN 0160-5682).
- [13] Kwaśniewski S., Nowakowski T., Zając M.: *Transport intermodalny w sieciach logistycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2008.
- [14] Laporte G., Farahani R.Z., Miandoabchi E.: *Designing an efficient method for tandem AGV network design problem using tabu search*. Applied Mathematics and Computation, vol. 183, pp.1410–1421, 2006.
- [15] Liu C.L., Jula H., Ioannou P.A.: *A simulation approach for performance evaluation proposed automated container terminals*. Proceedings of the IEEE Intelligent Transport Systems Conference, Oakland, CA, pp 565-570, 2001.
- [16] Nam K.C., Ha W.I.: *Evaluation of handling systems for container terminals*. Coastal and Ocean Engineering, vol. 127, no 3, pp.171–175, 2001.
- [17] Orphan V.J., Muenchau E., Gormley J, Richardson R.: *Advanced  $\gamma$  ray technology for scanning cargo containers*. Applied Radiation and Isotopes, vol. 63, pp.723–732, 2005.
- [18] Qiu L., Hsu W.J, Huang S.Y., Wang H.: *Scheduling and routing algorithms for AGVs: a survey*. Int. J. Prod. Res., vol. 40, no 3, pp.745–760, 2002.
- [19] Sezen B.: *Modeling automated guided vehicle systems in material handling*. Dogus Ueniversitesi Dergisi, vol. 4 (2), pp.207–216, 2003.
- [20] Ślubowski S.: *Rynek transportu i logistyki w Polsce*. ING Bank Śląski, Dokument elektroniczny, 55 stron, 2007.
- [21] Szpytko J. (Red): *Reorganizacja technicznych procesów działania w przedsiębiorstwach w aspekcie globalizacji rynku*. Oficyna Cracovia, Kraków, 2000.

- [22] Szpytko J., Hyla P., Chodacki J.: *Rozwój urządzeń do obsługi kontenerowej jednostki ładunkowej*. Materiały XXII Konferencji Naukowej Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, styczeń 2009, Zeszyty Naukowe nr 12, str.157–158, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, 2009.
- [23] Szpytko J., Kocerba A.: *Wybrane aspekty bezpieczeństwa i niezawodności rozproszonych środków transportu*. ITE, Kraków-Radom, 2008 (ISBN 978-83-7204-679-6).
- [24] Wiśnicki B. (Red.): *Vademecum Konteneryzacji - Formowanie kontenerowej jednostki ładunkowej*. Wydawnictwo LINK, Szczecin, 2006 (ISBN 83-909749-9-1).
- [25] Young J.L., Suh J.H., Lee J.W., Kwon S. L.: *Driving control of an AGV for an automated container terminal using an immunized PID controller based on cell-mediated immunity*. Artif Life Robotics, vol. 9, pp.90 - 95, 2005.
- [26] Yun W.Y., Choi Y.S.: *A simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach*. Int. J Prod. Econ, vol. 59, pp. 221-240, 1999.
- [27] Buchheit M., Kuhn N., Mueller J.P., Pischel M.: *MARS: Modeling a multiagent scenario for shipping companies*, European Simulation Symposium (ESS-92), Dresden, pp.302-306, 1992.
- [28] Degano C., Pellegrino A.: *Multi-Agent Coordination and Collaboration for Control and Optimization Strategies in an Intermodal Container Terminal*. IEEE International Engineering Management Conference (IEMC-2002), Cambridge, UK, IEEE, 2002.
- [29] Thurston T., Hu H.: *Distributed Agent Architecture for Port Automation*, 26<sup>th</sup> International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC 2002), Oxford, UK. pp.81-90, 2002.
- [30] Bredin J., Kotz D., Rus D.: *Market-based Resource Control for Mobile Agents*, Proceedings of the Autonomous Agents 98' Conference, Minn. MN., pp.197-204, 1998.
- [31] Gosh S., Lee T.: *Modeling and Asynchronous Distributed Simulation: Analysing Complex Systems*. IEEE Press, New York, p.19, 2000.
- [32] Huang S.Y., Hsu W.-J., Chen C., Ye R., Nautival S.: *Capacity analysis of container terminals using simulation techniques*. International Journal of Computer Applications in Technology, vol. 32 , Issue 4, pp. 246-253, November 2008.
- [33] Asosheh A., Afshinfar A., Kharrat M., Ramezani N.: *A network model for the intelligent marine container tracking*. AIC'08: Proceedings of the 8th conference on applied informatics and communications, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS), pp. 303-308, August 2008.
- [34] Schaefer S.: *Secure trade lane: a sensor network solution for more predictable and more secure container shipments*. Companion to the 21st ACM SIGPLAN symposium on Object-oriented programming systems, languages, and applications, pp. 839 - 845, 2006.
- [35] TMS: Proceedings 6th Annual Terminal Management Seminar, *Strategies & technology to drive new operational efficiencies*, Bonhill House, London, 27 - 28 October 2008.
- [36] Hui Z., Junqing S.: *Research on Container Terminal Scheduling System Based on Multi-agent*. Case, pp.399-402, IITA International Conference on Control, Automation and Systems Engineering, 2009.