

**Marek KARKULA**

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Zarządzania  
ul. Gramatyka 10, 30-067 Kraków  
mkarkula@zarz.agh.edu.pl

## **ANALIZA ASPEKTÓW ORGANIZACYJNYCH W SYSTEMACH LOGISTYCZNYCH – PODEJŚCIE SYMULACYJNE**

### **Streszczenie:**

Współczesne systemy logistyczne charakteryzują się wysokim stopniem złożoności. W systemach takich, oprócz zapewnienia sprawnego przepływu dóbr przez wykorzystanie odpowiednich środków technicznych, ważne jest także właściwe zorganizowanie procesów uwzględniające m.in. dostępne zasoby ludzkie, ich kwalifikacje, organizację pracy i przerw. Dokonując analizy takich systemów metodami modelowania symulacyjnego należy uwzględnić te czynniki. W artykule dokonano przeglądu zagadnień dotyczących modelowania aspektów organizacyjnych w systemach logistycznych oraz zaprezentowano przykłady ich zastosowania w wybranym środowisku symulacyjnym.

Słowa kluczowe: system logistyczny, modelowanie, symulacja, pracownik, organizacja pracy

### **WPROWADZENIE**

Zmieniająca się sytuacja na rynku, rosnąca konkurencja oraz związana z tym walka o klienta powoduje, że przedsiębiorcy szukają coraz nowszych i bardziej skutecznych metod zarządzania. Mają one na celu dopomóc w utrzymaniu lub osiągnięciu przewagi konkurencyjnej, a czasem nawet w przetrwaniu organizacji na rynku.

Współczesne przedsiębiorstwa zmuszone są do działania w wysoce złożonym, zmiennym i konkurencyjnym otoczeniu. Chcąc przetrwać w takim środowisku, muszą obserwować otoczenie, planować działania w sposób nie tylko elastyczny, ale i kreatywny. Presja ze strony międzynarodowych organizacji, wzrost globalnej komunikacji oraz obserwowany ostatnimi czasy skok technologiczny powodują zwiększanie się poziomu międzynarodowej konkurencji. Przedsiębiorstwa zmuszone są do ciągłego podnoszenia poziomu zadowolenia klienta oraz stałego poszukiwania nowych możliwości obniżania kosztów własnej działalności, a za takimi działaniami często muszą iść zmiany struktury organizacyjnej najistotniejszych procesów.

Kluczową rolę w racjonalizacji działań i procesów zachodzących w przedsiębiorstwach odgrywa w ostatnich latach logistyka, która proponuje systemowe rozwiązania organizacyjne i techniczne procesów od dostawcy przez produkcję do klienta. W warunkach, gdy wyczerpują się możliwości wzrostu efektywności ekonomicznej i utrzymania pozycji rynkowej przedsiębiorstw na drodze obniżki kosztów wytwórczości, o konkurencyjności może decydować sprawność łańcuchów i sieci oraz procesów logistycznych.

Skuteczne i efektywne zarządzanie oraz doskonalenie procesów logistycznych zachodzących w przedsiębiorstwie wymaga wcześniejszego zrozumienia tych procesów. Wśród metod wykorzystywanych w analizie procesów logistycznych szczególne miejsce zajmują metody modelowania i symulacji wykorzystujące mechanizmy zdarzeń

dyskretnych[1, 4, 5]. Ich przydatność można zauważyć przede wszystkim w sytuacji, gdy rozpatrywane procesy cechuje złożoność i dynamika. W trakcie badań symulacyjnych modeli takich procesów stawia się pytania mające na celu uzyskanie odpowiedzi na temat ich ilościowego lub jakościowego zachowania i można tutaj wymienić m.in.:

- wydajność procesów z uwzględnieniem obciążeń nominalnych, średnich czy maksymalnych,
- analizy wykorzystania zasobów, zarówno technicznych jak i ludzkich,
- identyfikacja wąskich gardeł procesów,
- analizy zapotrzebowania na materiały do produkcji w toku,
- monitorowanie długości kolejek,
- przydział personelu do realizowanych zadań (często z odpowiednimi kwalifikacjami),
- efektywność planowania i sterowania,
- wymiary buforów i miejsc składowania.

Zazwyczaj modele systemów i procesów logistycznych składają się z sieci połączonych elementów, które reprezentują zasoby techniczne (urządzenia, bufory, przenośniki, itp.) umożliwiające przepływ materiałów. W wielu przypadkach, aby dokonać właściwej oceny funkcjonowania rzeczywistego systemu należy również uwzględnić te czynniki, które ilustrują działania organizacyjne, w tym także te odnoszące się do wykorzystywanego personelu. Jednym z istotniejszych kryteriów oceny aspektów organizacyjnych badanego systemu jest nie tylko liczba wymaganych pracowników, ale często wpływ ich kwalifikacji i zasad współpracy z innymi zespołami zaangażowanymi w realizację procesów na wydajność tych procesów. W swoich pracach [7, 10, 11] autorzy wskazali, że pominięcie aspektów organizacyjnych i tych związanych z aktywnością pracowników może przyczynić się do budowy modelu odzwierciedlającego rzeczywistość z nieodpowiednią dokładnością.

W kolejnych rozdziałach artykułu omówiono podstawowe koncepcje związane z modelowaniem wymienionych powyżej aspektów z szczególnym uwzględnieniem personelu wykorzystywanego w realizowanych procesach oraz przykład ilustrujący omawiane zagadnienia.

### 1. MODELOWANIE STRUKTUR ORGANIZACYJNYCH I AKTYWNOŚCI PRACOWNIKÓW W SYSTEMACH LOGISTYCZNYCH I PRODUKCYJNYCH

W wielu przypadkach badania symulacyjne ukierunkowane są głównie na rozwiązanie problemów technicznych i w trakcie ich realizacji czynniki związane z zaangażowanym personelem są często pomijane jako mało istotne. Podejście takie niejednokrotnie jest wystarczające, jednak istnieje wiele sytuacji, gdzie wpływu wydajności czynnika ludzkiego i organizacyjnego nie powinno się pomijać. Celem uwzględniania tych czynników w trakcie badań zreguły jest potrzeba oceny wpływu człowieka i różnych form organizacyjnych na elementy techniczno-ekonomiczne systemu.

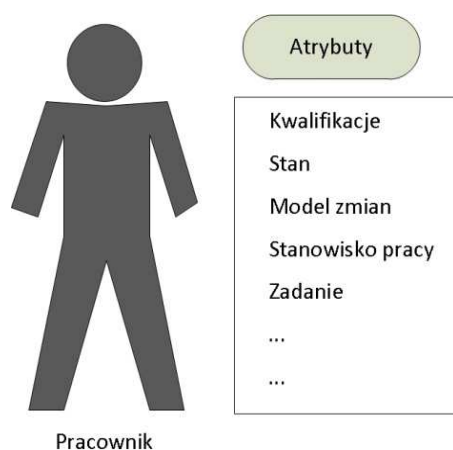
Analizowana i oceniana wydajność pracowników często jest związana z innymi zagadnieniami organizacyjnymi takimi jak:

- liczba i priorytety realizowanych zadań (duża dynamika zmian),
- praca zmianowa,
- wydajność pracy przed lub po przerwie w pracy,
- typ realizowanych zadań,

- typ pracownika (wiek, płeć, kwalifikacje),
- interakcja zachowania człowieka i struktur organizacyjnych z systemem technicznym,
- uwzględnienie zjawiska zapominania, czy zmęczenia, itp.

Chcąc zatem odwzorować w sposób wystarczająco dokładny zachowanie się człowieka będącego jednym z elementów systemu logistycznego czy produkcyjnego należy zgromadzić dużą porcję informacji.

Analizowane źródła literaturowe dotyczyły problematyki modelowania wpływu wydajności pracowników i różnych form organizacyjnych na takie wskaźniki procesów logistycznych i produkcyjnych jak: czasy cykli produkcyjnych, czasy przestojów, koszty procesów [2, 8, 9, 11, 13, 14]. W szóstej części niemieckiej normy branżowej VDI 3633 dotyczącej modelowania i symulacji procesów produkcyjnych i logistycznych nawiązano do problematyki uwzględnienia zasobów ludzkich w modelach tych procesów [12]. W dokumencie określono wytyczne narzędzi do modelowania i symulacji, w których istnieje możliwość odwzorowania pracy zespołów pracowników.



Rys. 1. Atrybuty elementu modelu symulacyjnego „Pracownik”.

Źródło: opracowanie własne.

Aby móc modelować zachowanie pracowników w interakcji z procesami i systemami wytwórczymi, logistycznymi i przepływu materiałów należy zdefiniować zestaw cech i własności ważnych z punktu widzenia funkcji jaką ma pełnić pracownik w analizowanym systemie. Takimi podstawowymi atrybutami mogą być: kwalifikacje (kompetencje) pracownika, stan w którym aktualnie się znajduje (np. bezczynność, w trakcie pracy, oczekiwanie na drugiego pracownika, w trakcie przerwy), przypisane stanowiska pracy itp. (rys. 1).

W pracy [3] autorzy przedstawili podejście do problematyki modelowania zasobów personalnych zastosowane w wybranych, przemysłowych symulatorach procesów produkcyjnych i logistycznych.

W pakiecie ARENA<sup>TM1</sup> pracownicy mogą zostać przypisani do zadań zgodnie z określonym zbiorem predefiniowanych reguł, które można dostosować do potrzeb, a kwalifikacje (kompetencje) pracownika dają możliwość wykonywania określonego zadania. Program Tecnomatix<sup>TM2</sup> (znany także pod nazwą eM-Plant) wykorzystuje koncepcje pracownika (Worker), puli pracowników (WorkerPool) o tych samych kompetencjach, stanowiska pracy (Workplace), brokera (Broker) zarządzającego ruchem pracowników pomiędzy stanowiskami pracy a pulą pracowników oraz ścieżki (FootPath), którą musi pokonać pracownik przy zmianie miejsc. Pakiet Witness<sup>TM3</sup> proponuje natomiast podejście, w którym pracownicy są elementami środowiska symulacyjnego, które mogą być wywoływane przez inne obiekty symulacji (np. maszyny, przenośniki, pojazdy itp.) w celu wykonania zadania.

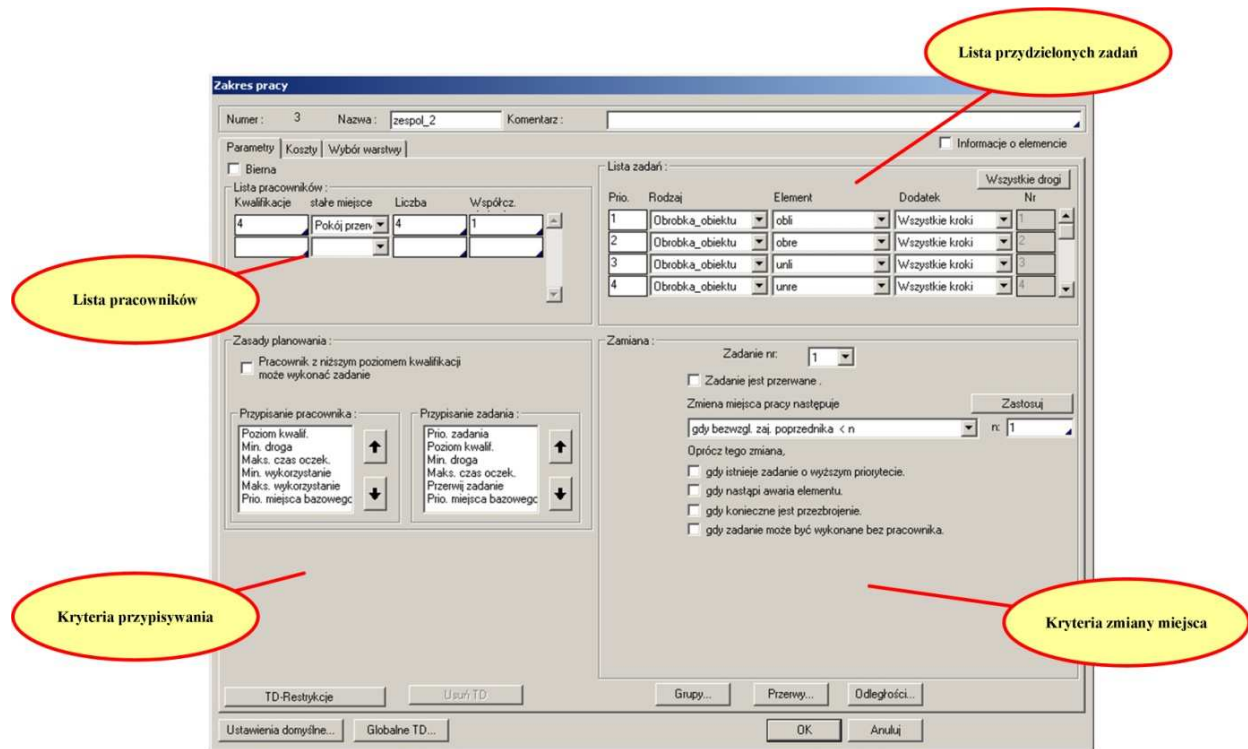
Szczegółowo omówione zostaną koncepcje reprezentacji zasobów ludzkich wykorzystane w pakiecie symulacyjnym DOSIMIS-3<sup>TM</sup>. Pakiet umożliwia odwzorowanie praktycznie wszystkich typów operacji, które realizowane są przez pracowników w rzeczywistym systemie. Najważniejszym elementem składowym biblioteki do przedstawienia koncepcji pracownika jest tzw. obszar roboczy (Workarea). W obszarze tym definiowane są m. in.:

<sup>1</sup> <http://www.arenasimulation.com>

<sup>2</sup> [http://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/tecnomatix9/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/tecnomatix9/index.shtml)

<sup>3</sup> <http://www.lanner.com>

liczba pracowników, ich kwalifikacje (mogą być różne), listy zadań dla poszczególnych osób, strategie zmiany, przerywania oraz nadawania priorytetów zadaniom. Na rysunku 2 zaprezentowane zostało okno dialogowe parametrów elementu „obszar roboczy”.



Rys. 2. Parametry elementu „Obszar roboczy” umożliwiającego definiowanie pracowników oraz zadań dla nich.

Źródło: opracowanie własne.

Zlecenia zadań pochodzą od elementów, w których te zadania będą realizowane (maszyny, miejsca montażu/demontażu, miejsca kompletacji, załadunku/rozładunku). W elementach takich należy wybrać odpowiednią strategię wykorzystania pracowników (brak –bez pracowników, 1 pracownik, minimum pracowników, maksimum pracowników).

Po zdefiniowaniu puli pracowników należy ustalić zasady, według których będzie następowało przypisywanie pracowników i zadań. Zasady przypisywania pracowników do zadań oraz zadań do pracowników odnoszą się do następujących kryteriów:

- **Poziom kwalifikacji:** Jeżeli dostępnych jest kilku beczynnych pracowników, to do realizacji następnego zadania przypisywany jest ten, który posiada kwalifikacje zdefiniowane dla zadania.
- **Minimalna droga:** Jeśli dwóch (lub więcej) pracowników posiada te same kwalifikacje, to wybierany jest ten, który jest najmniej oddalony od miejsca realizacji zadania.
- **Maksymalny czas oczekiwania:** W przypadku, gdy kilku pracowników posiada równorzędne umiejętności zadanie zostanie przydzielone temu, który był najdłużej beczynny.
- **Minimum wykorzystania:** Wybór tej reguły powoduje, że zaangażowany zostanie pracownik o najniższym aktualnie współczynniku wykorzystania.
- **Maksymalne wykorzystanie:** Dla tej reguły z puli dostępnych osób wybrany zostanie pracownik o najwyższym współczynniku wykorzystania.
- **Priorytet w miejscu bazowym:** Wybrany zostanie pracownik, dla którego zdefiniowano to samo miejsce bazowe i stanowisko pracy.

Z kolei w sytuacji kiedy w danym momencie dostępny (wolny) jest jeden pracownik oraz kilka zadań, mogą być brane pod uwagę następujące kryteria wyboru tych zadań:

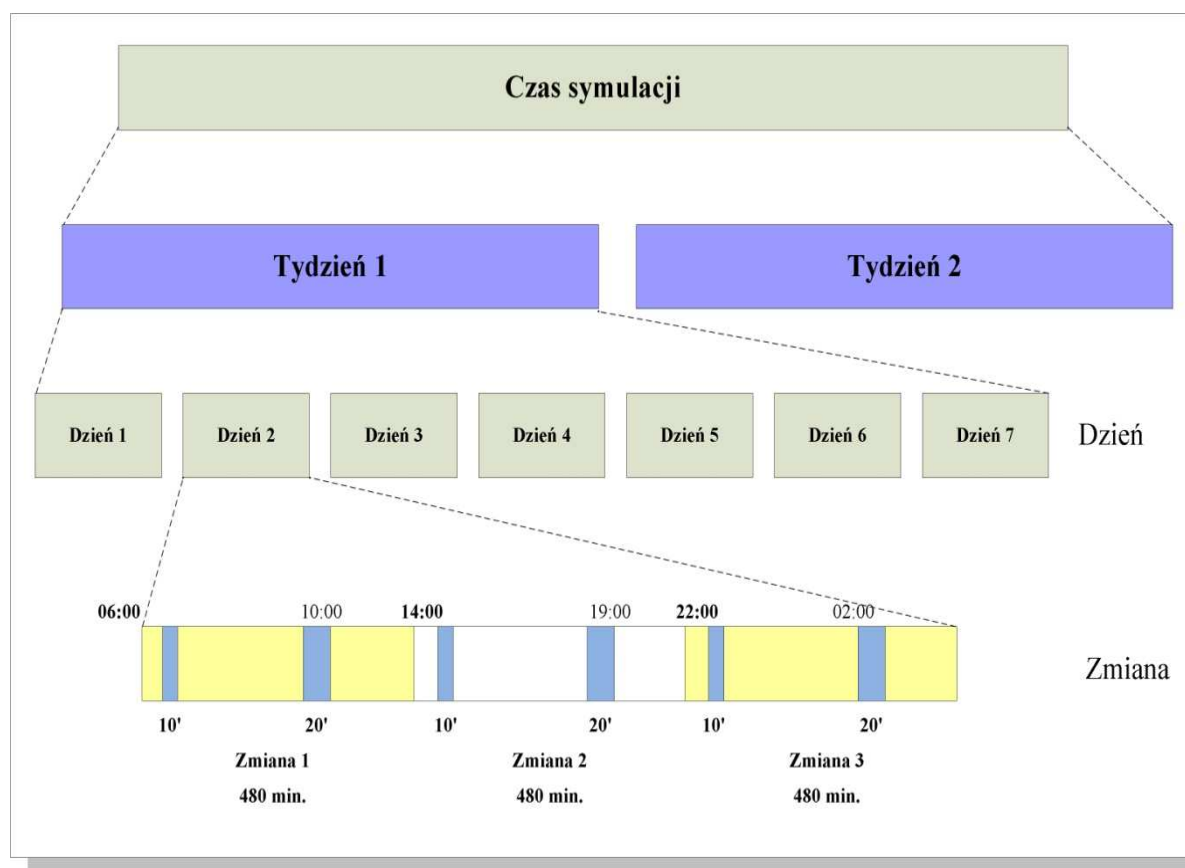
- **Priorytet zadania:** Pracownikowi zostanie przypisane zadanie z najwyższym, zdefiniowanym wcześniej priorytetem.
- **Poziom kwalifikacji:** W przypadku gdy dwa lub więcej zadań posiada taki sam priorytet, drugim kryterium może być wymagany poziom kwalifikacji do realizacji zadania. Poziom ten jest porównywany z poziomami dostępnych pracowników i wybierany jest ten o najwyższej wartości.
- **Najmniejsza odległość:** Strategia analogiczna do tej dla pracownika – są dwa zadania do wykonania z tym samym priorytetem i z wymagany tym samym poziomem kwalifikacji, wybierane jest to zadanie, które wymaga od pracownika pokonania najkrótszej odległości do przebycia.
- **Maksymalny czas oczekiwania:** Kolejne kryterium ma zastosowanie, jeżeli także odległości dla kolejnych zadań są równe, wtedy wybierane jest to zadanie, które czeka najdłużej na realizację.
- **Przerwanie zadania:** Zadania, które zostały przerwane z powodu odejścia pracowników (np. przerwy lub inne działania o wyższym priorytecie), są ponownie realizowane.
- **Priorytet miejsce bazowego:** Wybierane jest to zadanie, które należy przedzielić pracownikowi będącemu aktualnie w miejscu bazowym.

Niestandardowe reguły związane z przypisywaniem pracowników do zadań, czy zadań do pracowników mogą zostać zdefiniowane z wykorzystaniem mechanizmów tabel decyzyjnych [5, 6]. Informacje sterujące przekazywane są przez specjalną zmienną *selfdef* i możliwe jest dodawanie kolejnych ograniczeń na funkcjonowanie zespołów pracowników w modelu.

Kolejnym elementem „konceptji” pracownika w pakiecie DOSIMIS-3<sup>TM</sup> jest stanowisko pracy (Workplace), które stanowi powiązanie konkretnego miejsca w systemie z zespołem roboczym. Aby odwzorować zależności czasowo-przestrzenne wprowadza się dane (w macierzy odległości) określające czas lub drogę potrzebną na przemieszczanie się pracowników pomiędzy stanowiskami.

## 2. MODELOWANIE PRZERW W PRACY ORAZ ZAKŁÓCEŃ I AWARII

Istotnym problemem w modelowaniu procesów produkcyjnych i logistycznych jest możliwość odwzorowania różnych modeli czasowych dotyczących zarówno elementów technicznych systemu (np. przerwy w pracy maszyn i urządzeń oraz środków transportu, czasy konserwacji i planowanych przestojów) jak i wykorzystywanych zasobów ludzkich (organizacja czasu pracy – praca zmianowa, planowane przerwy w pracy, itp.). Biorąc pod uwagę wymagania dotyczące w dużej mierze elastyczności organizacyjnej współczesnych systemów i procesów przemysłowych bardzo ważną wydaje się możliwość modelowania dowolnych modeli czasowych – przykładowy zaprezentowano na rys. 3.



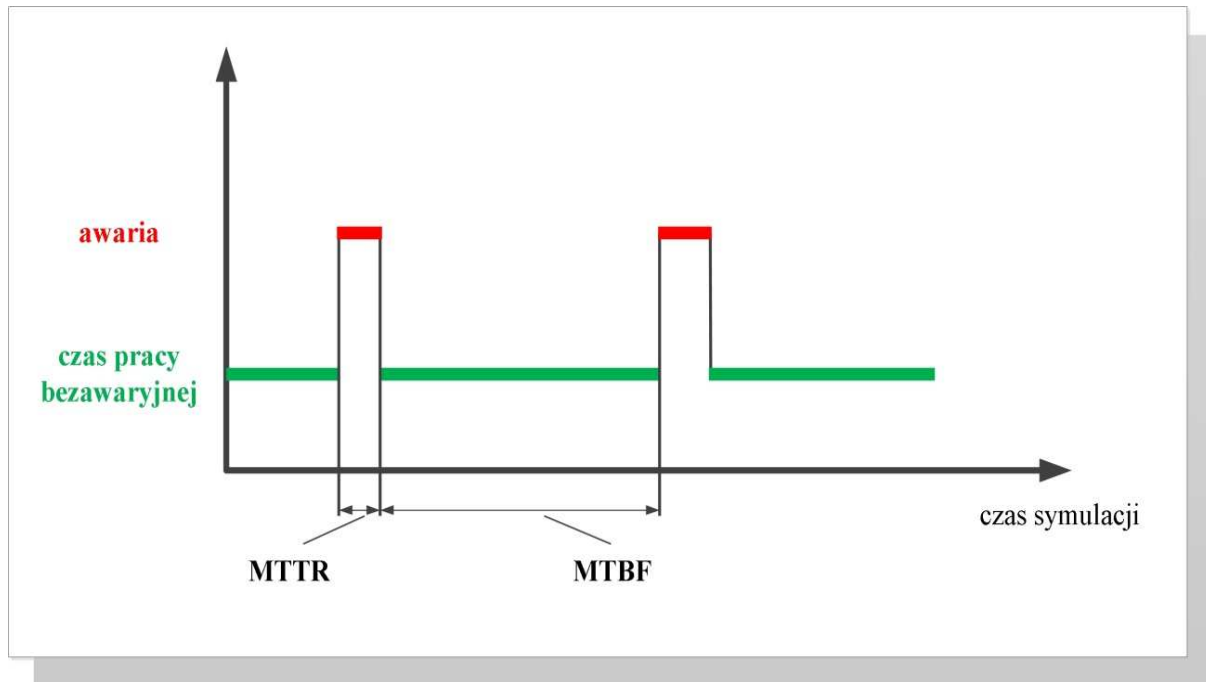
Rys. 3. Model czasowy umożliwiający rzeczywistą organizację pracy.

Źródło: opracowanie własne.

Przerwy w pracy mogą mieć charakter z góry ustalony, zaplanowany, ale także mogą mieć naturę losową. W większości przypadków rzeczywistość nie może być opisana w sposób analityczny, wiele zdarzeń jest niepoliczalnych, a dodatkowo zachodzą one przypadkowo. Do takich zdarzeń można zaliczyć zakłócenia i awarie. Ich źródłem mogą być ludzie, urządzenia, maszyny oraz wiele innych czynników. Występowanie zakłóceń wpływa na realizację zaplanowanych zadań, gdyż powodują niedyspozycyjność środków potrzebnych do realizacji zadania i spadek zdolności wytwórczych.

Do analizy wpływu zakłóceń na realizację badanych procesów wykorzystuje się także metody symulacyjne, które pozwalają wykryć moment powstania zakłócenia, ustalić czas jego trwania oraz sposób minimalizacji jego wpływu. Uwzględnienie zakłóceń podczas symulacji pozwala określić, jaki wpływ wywrą one na zachowanie się systemu, jakie dodatkowe zakłócenia mogą one spowodować i jak w ogóle wpłyną na terminowość zakończenia produkcji i realizację zamówień.

Dzięki symulacji można prześledzić różne scenariusze skutków wpływu zakłóceń i niezaplanowanych zdarzeń na terminowość, czas przebywania w systemie i obciążenia elementów składowych systemu, a także efekty podjęcia różnorodnych strategii reagowania i usuwania skutków zakłóceń. Nowoczesne pakiety symulacyjne umożliwiają modelowanie dowolnych stanów występujących w danych procesach czy systemach i to zarówno tych deterministycznych, jak i tych, które zmieniają się losowo (rys. 4) [5].



Rys. 4. Losowe awarie i zakłócenia opisane parametrami MTBF oraz MTTR.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5, 6].

Do parametrów wykorzystywanych przy opisie stanów awaryjnych należą m.in. średni czas pomiędzy uszkodzeniami (MTBF, ang. *Mean Time Between Failures*), średni czas do naprawy (MTTR, ang. *Mean Time To Repair*) czy też dyspozycyjność (AV, ang. *Availability*) systemu.

Poniżej przedstawiono zależności umożliwiające oszacowanie omawianych parametrów:

$$AV = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

zatem

$$MTBF = \frac{AV \cdot MTTR}{1 - AV}$$

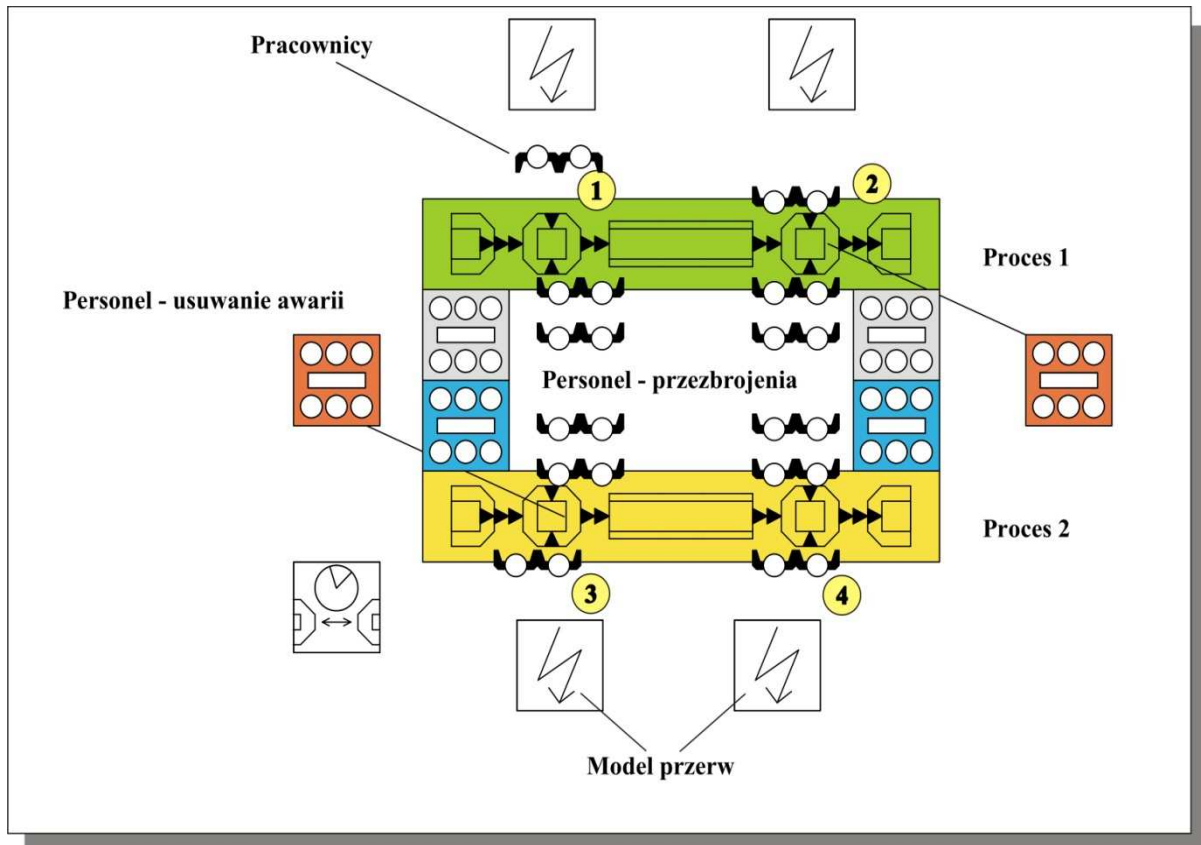
Większość omawianych komercyjnych pakietów symulacyjnych ma możliwość odwzorowywania przerw w pracy badanego systemu zarówno tych deterministycznych jak i losowych.

### 3. PRZYKŁAD ILUSTRUJĄCY PREZENTOWANE KONCEPCJĘ

Jako przykład zaprezentowany zostanie model przepływu materiałów złożony z dwóch odrębnych obszarów, w których realizowane są pewne zadania produkcyjno-montażowe w zakładzie z sektora maszynowego. Do realizacji tych procesów zaangażowani są także pracownicy. W miejscach, w których następują operacje technologiczne stworzone są po czterystanowiska dla pracowników wspomagających te operacje oraz po jednym stanowisku.

Badany system został opisany jest przez następujące dane: natężenia strumieni półproduktów dostarczanych do miejsc operacji, wielkości partii, dane techniczne transportu, czasy, organizacji pracowników. Model został zrealizowany w środowisku pakietu symulacyjnego DOSIMIS-3 [5, 6], a jego schemat graficzny i układ poszczególnych elementów został pokazany na rys. 5.





Rys. 5. Model przepływu materiałów z uwzględnieniem organizacji pracy personelu.

Źródło: opracowanie własne.

Dane wykorzystane do stworzenia modelu dotyczyły natężenia strumieni produktów obrabianych w systemie, czasów operacji maszyn, czasów przebrojeń, dostępnych zasobów ludzkich, ich kompetencji oraz przerw w pracy (planowanych) i mikroprzestojów i awarii (wynikających ze specyfiki procesu produkcyjnego). Poniżej przedstawiono podstawowe dane modelu.

**Źródło 1, źródło 2:**

W elementach typu źródło generowane są obiekty – półprodukty, które zasilają system. W omawianym przykładzie generowanie produktów odbywa się cyklicznie, zestawem taktem równym jednej minucie (tablica 1).

Tablica 1. Parametry generowania obiektów w źródłach.

	Typ produktu	Wielkość partii
Źródło 1	1	7
	2	8
	3	5
	4	5

Źródło: Opracowanie własne.

**Stacje obróbcze:**

**Process 1**

**Dane techniczne transportu:** Długość drogi 1m, prędkość transportu 0.2 m/s.

**Czas operacji:** Rozkład normalny: średnia 15 s, odchylenie standardowe 10%, potrzebnych dwóch pracowników.

**Czas przebrojenia:** 60 s (z produktu typu 1 na typ 2 oraz z typu 2 na typ1)

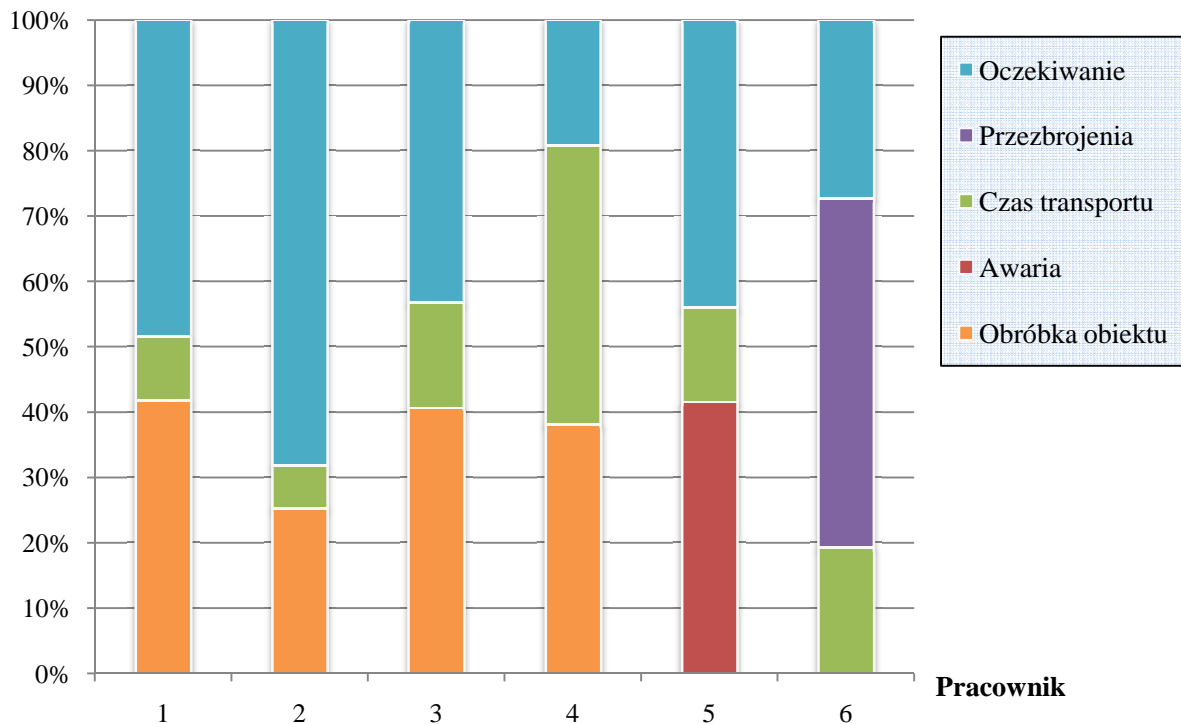


**Proces 2**

**Czas operacji:** Rozkład normalny: średnia 15 sekund, odchylenie standardowe 10%, potrzebnych dwóch pracowników.  
**Czas przebrojenia:** 75 s (z produktu typu 3na typ4oraz z typu 4 na typ3)  
**Bufory międzyoperacyjne:** Pojemność 2 palety, prędkość transportu 0,2 m/s, wymiarpalety w kierunku ruchu – 1,2 m  
**Spływ:** Przyjmowanie produktów z cyklem równym 1s.  
**Awaryjność:** Dla wszystkich stanowisk założono występowanie zakłóceń, a czasy między poszczególnymi awariami (MTBF) oraz czasy ich trwania (usuwania, MTTR) są zmiennymi losowymi opisanymi rozkładem normalnym. Parametry tych rozkładów wynoszą odpowiednio:  
 stanowisko (1): średnia 420 s, odchylenie standardowe 60 s;  
 stanowisko (2): średnia750 s, odchylenie standardowe 150 s;  
 stanowisko (3): średnia330 s, odchylenie standardowe 30 s;  
 stanowisko (4): średnia540 s, odchylenie standardowe 60 s.

Ze względu na specyfikę realizowanych zadań każdy z pracowników ma prawo do pięciominutowej przerwy na każdą godzinę pracy. Odległość pomiędzy poszczególnymi stanowiskami wyrażana jest średnim czasem jaki musi minąć na ich pokonanie i w rozpatrywanym przykładzie wynosi między 10 a 30 sekund.

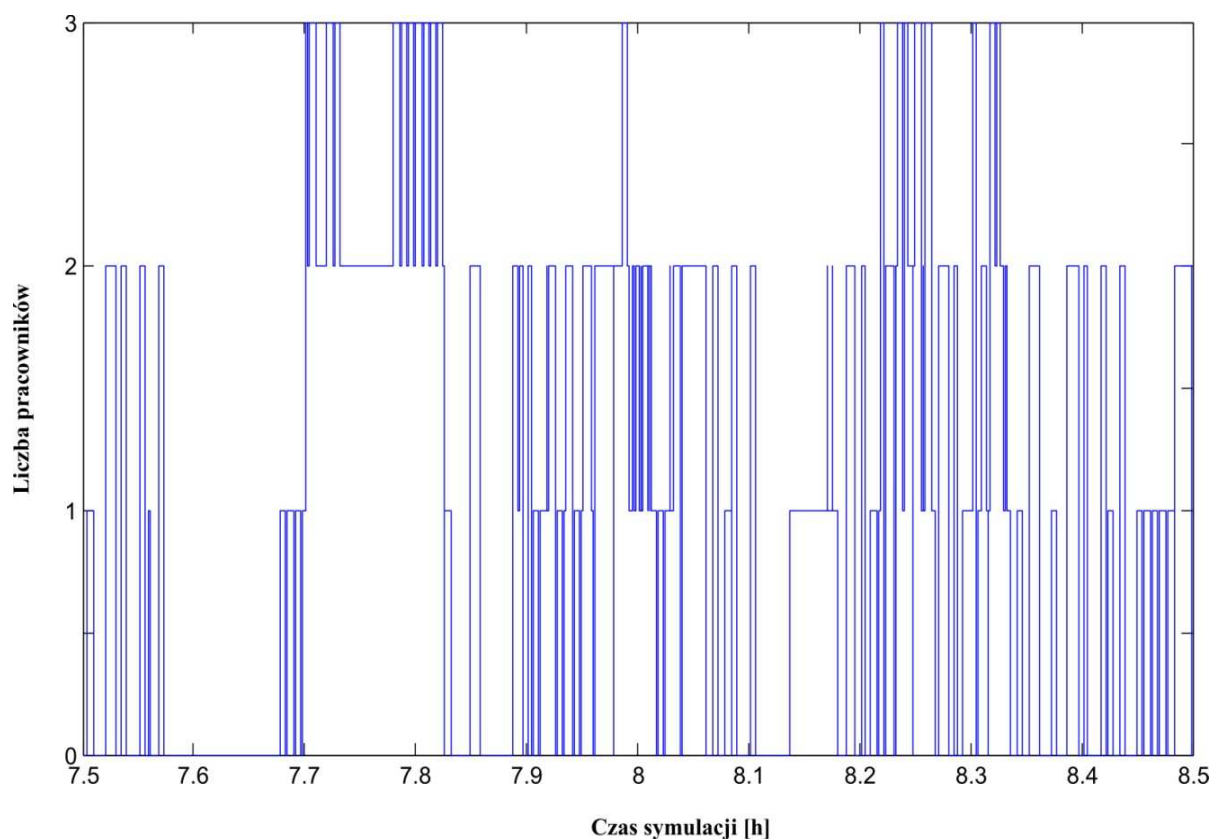
W ocenie badanego systemu bardzo przydatne są także zestawienia graficzne umożliwiające szczegółowe analizy na poziomie poszczególnych pracowników. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy diagram przedstawiający udział stanów poszczególnych pracowników, a uwzględniający: czasy oczekiwań (bezczynności), czasy wykorzystane na prace przebrojenieowe, czasy związane z pokonywaniem przestrzeni między poszczególnymi stanowiskami, czasy potrzebne na usuwanie awarii (dla pracownika należącego do zespołu usuwającego skutki awarii) oraz czasy obróbki manualnej.



Rys. 6. Analiza wyników symulacji.

Źródło: opracowanie własne.

Na rysunku 7 zaprezentowano kolejny wynik analizy modelu symulacyjnego – diagram wykorzystania pracowników dla wybranego zakresu roboczego.



Rys. 7. Analiza wyników symulacji – obłożenie pracowników dla wybranego zakresu roboczego.

Źródło: opracowanie własne.

Za pomocą tego typu wykresu, można sprawdzić, zmianę obłożenia realizowanych zadań pracownikami w czasie. Wiedza ta może posłużyć do lepszego wykorzystania dostępnego personelu.

## PODSUMOWANIE

Konkurencja wśród przedsiębiorstw branży logistycznej oraz rosnące wymagania klientów wymuszają konieczność poszukiwania nowych rozwiązań oraz obniżania kosztów swojej działalności. Jednym ze sposobów osiągnięcia tych celów jest wdrożenie w przedsiębiorstwie koncepcji i zasad zarządzania logistycznego oraz wypracowanych według nich strategii, które staną się determinantą wzrostu konkurencyjności i zwiększenia efektywności procesów. W realnych sytuacjach strategie te muszą być ciągle weryfikowane i modyfikowane oraz nadążać za nieustannie i dynamicznie zmieniającymi się uwarunkowaniami funkcjonowania firmy i to zarówno tymi wewnętrznymi, jak i zewnętrznymi.

Do najczęściej wykorzystywanych i najbardziej skutecznych narzędzi umożliwiających weryfikację tych strategii oraz wspomagających decyzje z pewnością można zaliczyć metody bazujące na modelowaniu symulacyjnym. Metody te wspomagając planowanie, nie powinny dotyczyć tylko problematyki wyboru odpowiednich zasobów technicznych, czy konfiguracji przepływu materiałów. Aby podejmować skuteczne decyzje należy brać pod uwagę także czynniki związane z obsadą i wykorzystaniem potencjału zasobów ludzkich i mieć możliwość

analizy różnych rozwiązań organizacyjnych. Wydaje się, że prezentowane metody i narzędzia spełniają te wymagania. W połączeniu z innymi modelami, np. metodami optymalizacyjnymi mogą stanowić narzędzie dające możliwość ciągłej poprawy procesów i redukcji kosztów.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Altiok T., Melamed B.: *Simulation modeling and analysis with ARENA*, Academic Press 2007.
- [2] Bernhard W., Schilling A.: *Simulation of Group Work Processes in Manufacturing*, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, pp. 881–891.
- [3] Boucher X., Bonjour E., Grabot B.: *Formalisation and use of competencies for industrial performance optimisation: A survey*, Computers in Industry, Vol. 58, Issue 2, Competence Management in Industrial Processes, February 2007, pp. 98–117.
- [4] Bukowski L., Karkula M.: *Analiza wybranych procesów logistycznych z wykorzystaniem pakietu SIMPRO* [w:] Marketing, logistyka i ludzie w zarządzaniu organizacjami, Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, Bielsko Biała, 2009, s. 235–243.
- [5] Bukowski L., Karkula M.: *Support of logistics process management with simulation techniques* [in:] Management: theory and practice. Polish and Kazakh experiences, AGH University of Science and Technology Press, 2010, pp. 183–207.
- [6] DOSIMIS-3. *Podręcznik użytkownika. Wersja 5.1*, SDZ GmbH, Dortmund 2010.
- [7] Freudenberg R., Herper H.: *Simulation of workers in manufacturing systems*, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, pp. 951–956.
- [8] Fuchs G.: *Benchmark bei der Mitarbeiterauslastung durch Personalsimulation* [in:] Integrationsaspekte der Simulation: Technik, Organisation und Personal, Karlsruhe, KIT Scientific Publishing 2010 s.
- [9] Mossa G., Mummolo G.: *Simulation modelling of both automated and human-based manufacturing and assembly line*, International Workshops on Harbour, Maritime and Multimodal Logistics Modelling and Simulation, Bergeggi/Italy, October 3–5 2002, pp. 103–111.
- [10] Qi X., Bard J.F.: *Generating labor requirements and rosters for mail handlers using simulation and optimization*, Computers and Operations Research, Vol. 33, Issue 9, September 2006, pp. 2645–2666.
- [11] Rouse W. B., Boff K. R.: *Organizational Simulation*, Wiley, New Jersey 2005.
- [12] VDI Richtlinie 3633 Blatt 6: *Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen - Abbildung des Personals in Simulationsmodellen*, Beuth-Verlag, Berlin 2001.
- [13] Zülch G., Heitz M.-J., Schindele H.: *Use of simulation for planning of work organization in highly automated production systems – two case studies*. International Journal of Production Economics, Vol. 41, 1995, pp. 429–436.
- [14] Zülch G., Krüger J., Schindele H., Rottinger S.: *Simulation-aided planning of quality-oriented personnel structures in production systems*, Applied Ergonomics, Vol. 34, Issue 4, July 2003, pp. 293–301.

## ANALYSIS OF THE ORGANIZATIONAL ASPECTS OF LOGISTICS SYSTEMS SIMULATION APPROACH

### Abstract:

Contemporary logistics systems are characterized by a high degree of complexity. In such systems, in addition to ensuring the efficient material flow through the use of appropriate technical resources, it is also important to take into account processes such as organizing human resources available, their skills, work organization and breaks. Analyzing such systems through simulation modeling methods these factors should be taken into account. In the article issues relating to organizational aspects of modeling in logistic systems and presents examples of their use in the selected simulation environment are discussed.

Key words: logistics system, modeling, simulation, worker, work organization