

Magdalena DOBRZAŃSKA
Politechnika Rzeszowska
Wydział Zarządzania
Katedra Metod Ilościowych
md@prz.edu.pl

ROZWIĄZYWANIE ZADAŃ LOGISTYCZNYCH PRZY WYKORZYSTANIU NARZĘDZIA ENTERPRISE DYNAMICS

Streszczenie. Współczesne procesy gospodarcze zmieniły w znaczny sposób swój charakter w stosunku do lat ubiegłych. Widoczne jest to szczególnie w obszarze związanym z produkcją. W chwili obecnej preferowane są elastyczne systemy produkcyjne umożliwiające produkcję krótkich serii i wielu rodzajów wyrobów. Logistyka zapewnia sprawne funkcjonowanie systemów produkcyjnych i gospodarczych. W celu zapewnienia dużej skuteczności, wysokiej efektywności i obniżenia kosztów realizowanych procesów logistycznych sięgnięto po odpowiednie programy, narzędzia symulacyjne. W artykule przedstawiono możliwości oraz korzyści, jakie wnosi zastosowanie oprogramowania do modelowania i symulacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwach.

Słowa kluczowe: logistyka, modelowanie, symulacja komputerowa, Enterprise Dynamics

SOLVING OF LOGISTICS TASKS USING ENTERPRISE DYNAMICS TOOL

Abstract. Modern economic processes have changed significantly its nature in comparison to previous years. This is particularly evident in the area related to production. At the moment they are preferred flexible manufacturing systems which enable the production of short batch size and many types of products. Logistics ensures the smooth operation of production systems and business. In order to ensure high efficiency, high effectiveness and reduction of the costs of logistics processes, appropriate programs and simulation tools have been applied. The article presents the opportunities and benefits such a software application brings for modelling and simulation of business processes.

Keywords: logistics, modeling, computer simulation, Enterprise Dynamics

1. Wstęp

Osiągnięcie sukcesu rynkowego jest jednym z głównych celów każdego przedsiębiorstwa. Firma, która osiągnęła sukces rynkowy, charakteryzuje się lepszymi niż przeciętne wynikami w danym sektorze. Mowa tu o satysfakcjonującym zysku i znacznym udziale w rynku. Jedną z determinant decydujących o osiągnięciu sukcesu rynkowego jest uzyskanie odpowiedniej pozycji konkurencyjnej. Aby osiągnąć przewagę konkurencyjną nad innymi przedsiębiorstwami, należy m.in. sprostać rosnącym wymaganiom klientów dotyczącym niskich cen oraz jakości i krótkiego czasu dostarczenia na rynek produktów lub usług. Konkurencja wymusza na przedsiębiorstwach konieczność częstych zmian produktów i usług oraz ich szybkiego wprowadzenia na rynek. Niskie koszty i krótki czas reakcji na zamówienie są bardzo ważne dla przedsiębiorstw walczących o uzyskanie przewagi na rynku. Sprostanie tym wymaganiom wymusza stosowanie narzędzi informatycznych oraz komputerowych metod modelowania i symulacji procesów produkcyjnych, logistycznych czy też transportowych¹. Do podstawowych zalet badań z wykorzystaniem modeli symulacyjnych należą przede wszystkim niższe koszty i krótszy czas badań w porównaniu do badań prowadzonych w świecie rzeczywistym. Wymienione zalety modeli symulacyjnych mają tu bardzo duże znaczenie i przyczyniają się do uzyskania przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa.

Zarówno w literaturze, jak i w rozwiązaniach praktycznych stosowanych jest wiele rozwiązań wykorzystywanych do modelowania procesów produkcyjnych i logistycznych. W dobie informatyzacji coraz powszechniej stosowane są metody modelowania i symulacji komputerowej wykorzystujące dedykowane do tych celów oprogramowanie. Celem niniejszego artykułu jest zaprezentowanie możliwości oraz korzyści, jakie wnosi zastosowanie oprogramowania do modelowania i symulacji procesów zachodzących w przedsiębiorstwach.

2. Narzędzia informatyczne wspomagające modelowanie i symulację procesów

Rozwój technik informatycznych przyczynił się w znacznym stopniu do rozwoju oprogramowania wykorzystywanego do modelowania i symulacji. Narzędzia informatyczne obecne na rynku są coraz bardziej dostępne i charakteryzują się również większą uniwersalnością.

¹ Bendkowski J., Matuszek M.: Logistyka Produkcji, praktyczne aspekty, cz. I, Planowanie i sterowanie produkcją. Gliwice 2013; Łunarski J.: Projektowanie procesów technicznych, produkcyjnych i gospodarczych. Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2014.

Metody modelowania i symulacji komputerowej stosuje się wtedy, gdy uzyskanie rozwiązania metodami analitycznymi jest zbyt skomplikowane, a bezpośrednie eksperymentowanie na systemie rzeczywistym jest zbyt pracochłonne, kosztowne lub niemożliwe do przeprowadzenia. Modelowanie i symulacja procesów umożliwia ich analizę oraz prześledzenie sposobu funkcjonowania, trwającego niekiedy wiele lat, w o wiele krótszym czasie, nawet w ciągu kilku sekund. Dzięki zastosowaniu modeli symulacyjnych możliwe jest zweryfikowanie przyjętych założeń jeszcze przed ich zastosowaniem oraz wychwycenie wszelkich nieprawidłowości, które mogą wystąpić w czasie trwania rzeczywistego procesu.

Zachodzące obecnie procesy produkcyjne, logistyczne czy też transportowe są procesami złożonymi i często bardzo skomplikowanymi. Budowane dla tych procesów modele matematyczne opierają się na zaawansowanym aparacie matematycznym, w związku z czym wydłuża się ich czas powstawania. W takiej sytuacji korzystnym jest zastosowanie gotowych komputerowych metod modelowania i symulacji. W przypadku metod komputerowych model matematyczny może być zaimplementowany za pomocą języków programowania lub specjalistycznych narzędzi przeznaczonych do modelowania i symulacji. W większości przypadków dostępne na rynku oprogramowanie pozwala na budowanie modeli z gotowych obiektów, dla których należy określić parametry wejściowe, związki z innymi obiektami oraz prawidłowość przebiegu procesu. Po zbudowaniu modelu symulacyjnego przeprowadza się na nim eksperymenty symulacyjne. Proces zachodzący w trakcie eksperymentu jest odzwierciedleniem procesu rzeczywistego. Badanie procesu za pomocą modeli symulacyjnych umożliwia analizowanie charakterystyk procesu zachodzącego podczas trwania eksperymentu symulacyjnego oraz umożliwia określenie wpływu parametrów wejściowych na zachowanie modelowanego procesu. Podczas symulacji procesu można przeprowadzić większą liczbę eksperymentów, wykorzystując do tego różne wartości parametrów wejściowych. Otrzymane wyniki, które najczęściej przedstawiane są w formie raportów i wykresów, poddawane są dalszej analizie i pozwalają na wybranie optymalnego rozwiązania. Opracowany model symulacyjny może być również poddawany ciągłym modyfikacjom, a dla powstałych nowych wersji modelu można przeprowadzić kolejne eksperymenty symulacyjne. Wykorzystanie narzędzi komputerowych do modelowania i symulacji znacznie skraca czas analizy modelowanego procesu, a tym samym pozwala na szybkie podjęcie decyzji.

Narzędzia do modelowania symulacyjnego są zróżnicowane pod względem dostępnych opcji i możliwości, a w związku z tym również i ceny. Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania ich w przemyśle należy mieć na uwadze fakt, że systemy produkcyjne oprócz tego, że są bardzo złożone to również są specyficzne w poszczególnych branżach. Dlatego też w przypadku narzędzi do symulacji komputerowych nie ma uniwersalnego oprogramowania. Przy wyborze oprogramowania należy kierować się celem symulacji oraz rodzajem procesu poddanego analizie. Poniżej przedstawione zostały główne obszary związane

z zarządzaniem procesami gospodarczymi, w których ma zastosowanie modelowanie i symulacja komputerowa:²

- logistyka produkcji,
- zarządzanie przepływem towarów w jednostkach gospodarczych nieprodukcyjnych,
- zarządzanie łańcuchem dostaw,
- procesy wytwórcze,
- reorganizacja i przepływ pracy,
- analiza ryzyka.

W przypadku procesów logistycznych związanych z zarządzaniem oraz przepływem surowców i produktów najbardziej rozpowszechnione są narzędzia: Enterprise Dynamics, Flexsim, Dosimis, Arena, Visual Simulation. W dalszej części pracy opisany zostanie przykład modelowania i symulacji, w ramach którego wykorzystano oprogramowanie Enterprise Dynamics.

3. Modelowanie procesów logistycznych z zastosowaniem oprogramowania Enterprise Dynamics

Enterprise Dynamics jest programem umożliwiającym tworzenie modeli do symulacji procesów m.in. transportowych, produkcyjnych, składowania i dystrybucji³. Wszystkie te procesy mieszczą się w szerokim obszarze logistyki. Budowa modelu symulacyjnego polega na wybraniu i rozmieszczeniu obiektów w przestrzeni roboczej programu, określeniu powiązań pomiędzy obiektami oraz wprowadzeniu parametrów wejściowych dla poszczególnych obiektów. Definiowane dla poszczególnych obiektów parametry wejściowe mogą być opisane za pomocą wartości stałej, rozkładu prawdopodobieństwa lub wyrażenia zapisanego w języku programowania 4DScript. Język programowania 4DScript dostępny w pakiecie programu Enterprise Dynamics pozwala także na tworzenie własnego interfejsu użytkownika oraz realizację własnych obiektów i tworzenie własnych funkcji⁴.

Określenie powiązań pomiędzy obiektami ma na celu zdefiniowanie kierunku przepływu strumieni. Oprócz możliwości budowy modeli symulacyjnych Enterprise Dynamics daje również sposobność prowadzenia badań symulacyjnych opracowanych modeli. Otrzymane z przeprowadzonych eksperymentów wyniki mogą być prezentowane za pomocą raportów oraz wykresów.

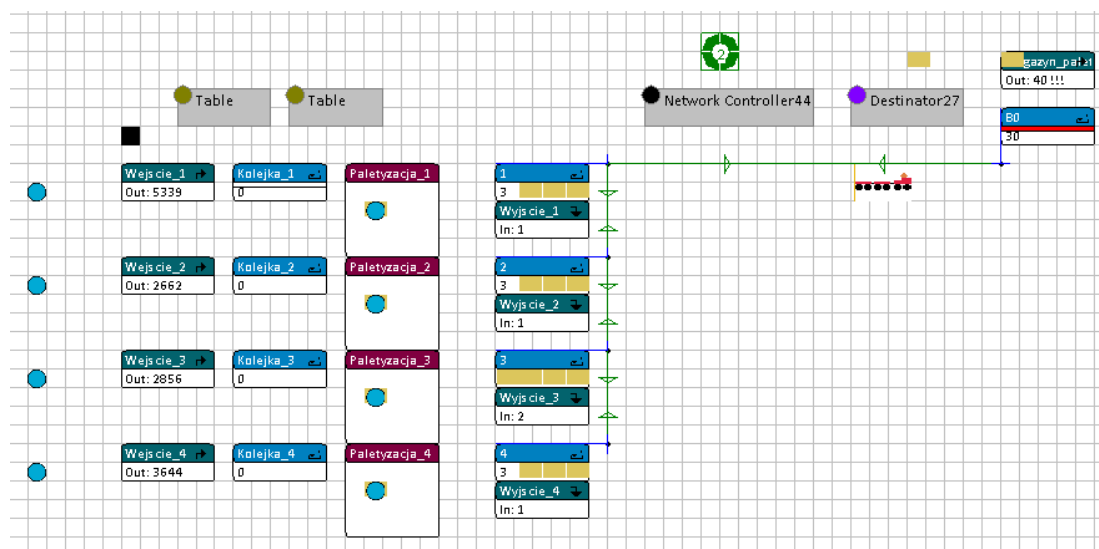
² Burduk A.: Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych. Politechnika Wrocławska, Wrocław 2013.

³ <http://www.incontrols.com>.

⁴ Zdanowicz R., Świder J.: Komputerowe modelowanie procesów wytwórczych. Politechnika Śląska, Gliwice 2013.

Jako przykład wykorzystania programu Enterprise Dynamics do modelowania procesów logistycznych przedstawiono opracowany model procesu kompletacji i paletyzacji przeprowadzanego na czterech liniach. Zaprezentowany przykład ma na celu pokazać przede wszystkim możliwości programu oraz potencjalne korzyści wynikające z zastosowania tego typu narzędzi.

Do stanowiska kompletacji i paletyzacji z jednej strony dostarczane są produkty w stałym takcie czasowym. Z drugiej strony dostarczane są z magazynu skrzynie paletowe transportowane na dwóch przyczepach holowanych przez pojedynczy wózek – ciągnik. Linie zasilają stanowiska kompletacji i paletyzacji w różne produkty, w związku z tym pracują z różną częstotliwością. Wózek transportowy dostarcza na przyczepach skrzynie na poszczególne linie zgodnie z określonym algorytmem zapewniającym utrzymanie bezpiecznego poziomu ilości skrzyń paletowych znajdujących się w buforach przy poszczególnych stanowiskach paletyzacji. Celem opracowania modelu i przeprowadzenia na nim badań symulacyjnych było określenie stopnia wykorzystania wózka transportowego i określenie wykorzystania pojemności buforów zasilanych przez wózek transportowy. Opracowany model procesu kompletacji i paletyzacji został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Model procesu kompletacji i paletyzacji

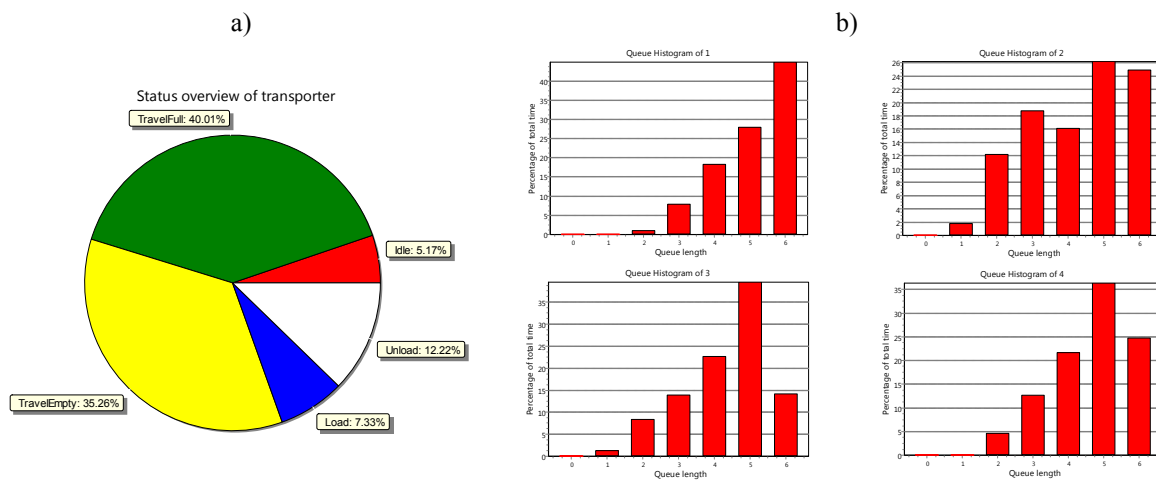
Źródło: Opracowanie własne.

Zbudowanie modelu wymagało zastosowania dostępnych w bibliotece programu obiektów. Konieczne było również użycie języka programowania 4DScript do opracowania harmonogramu pracy wózka transportowego oraz algorytmu zapewniającego utrzymanie stałego – bezpiecznego poziomu ilości skrzyń paletowych znajdujących się w buforach przy poszczególnych stanowiskach paletyzacji. W modelu przyjęto, że produkty z linii zasilających pojawiają się na *Wejściach* od 1 do 4. Wejścia zamodelowano za pomocą obiektów *Source*.

Czasy przybycia produktów określono za pomocą parametru *InterArrivalTime*. Produkty te trafiają następnie na stanowiska paletyzacji (*Paletyzacja_1-Paletyzacja_4*) zamodelowane za pomocą obiektów *Assembler*, gdzie realizowany jest proces paletyzacji produktów. Ponieważ każda linia dostarcza inny produkt, dlatego też w obiektach odpowiedzialnych za proces paletyzacji ustawiono różne parametry wejściowe charakterystyczne dla poszczególnych linii, definiujące czas paletyzacji (parametr *CycleTime*) oraz liczby produktów umieszczanych na paletach (parametr *Bill of Material*). Zestaw parametrów wejściowych został również określony dla wózka transportowego. Wykorzystano w tym przypadku obiekt *Advanced Transporter*, dla którego zdefiniowano m.in. prędkość poruszania się wózka, czas potrzebny na pobranie i rozładunek skrzyń paletowych (parametry *Speed*, *Load Time*, *Unload Time*). Dzięki zastosowaniu obiektu *Advanced Transporter* możliwe było również zaprojektowanie dróg transportowych, po których porusza się wózek. Drogi te zostały utworzone za pomocą obiektów *Network Node*, *Node Manipulator* oraz *Network Controller*. Proces załadunku i rozładunku wózka transportowego został opracowany przy wykorzystaniu języka skryptowego 4DScript. W tym celu posłużono się m.in. funkcjami *AdvancedTransporter_PickAtom* oraz *AdvancedTransporter_PlaceAtom*. W opracowanych skryptach wykorzystano również standardowe dla języków programowania elementy oraz dostępny w języku 4DScript mechanizm obsługi zdarzeń dla obiektów.

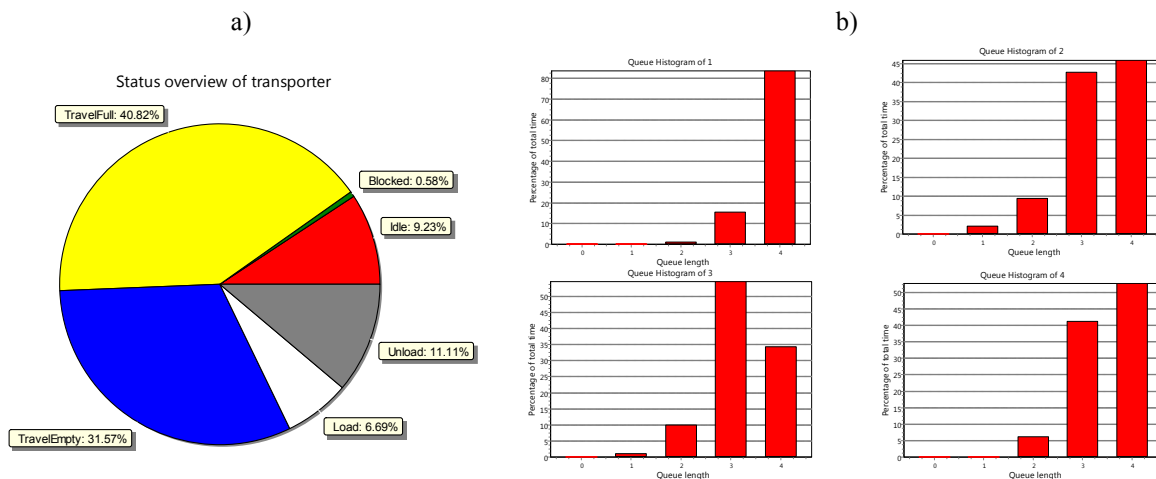
Tak opracowany model wykorzystano do badań symulacyjnych. W pierwszej kolejności przyjęto stałe wartości czasów zasilania i określono pojemności buforów zaopatrywanych przez pojazd na sześć jednostek paletowych. Przed rozpoczęciem symulacji przyjęto, że w każdym buforze przystanowiskowym znajdują się trzy skrzynie paletowe. Wyniki symulacji przedstawiono na rysunku 2. Rysunek 2a pokazuje wykorzystanie czasu pracy wózka. Rysunek 2b ilustruje wypełnienie poszczególnych buforów przystanowiskowych.

W rzeczywistych warunkach pracy występują zawsze odchylenia od przyjętego taktu pracy. W kolejnym etapie procesu symulacji przyjęto odchylenia od stałego taktu wykorzystując do tego celu jeden z zaimplementowanych rozkład prawdopodobieństwa. Ponieważ w pierwszym etapie w buforach przystanowiskowych przez większość czasu znajdowała się duża liczba skrzyń paletowych (rys. 2b) zajmująca niepotrzebnie przestrzeń roboczą ograniczono pojemność buforów do czterech. Wyniki przeprowadzonych symulacji przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 2. Wyniki symulacji ze stałym czasem zasilania: a) stany pracy wózka transportowego, b) wypełnienie poszczególnych buforów

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 3. Wyniki symulacji ze zmiennym czasem zasilania: a) stany pracy wózka transportowego, b) wypełnienie poszczególnych buforów

Źródło: Opracowanie własne.

Wprowadzone poprawki nie spowodowały przestojów stanowisk do kompletacji i paletyzacji. W dalszym ciągu występują jednak duże stany skrzyń pałowych w buforach przystanowiskowych. Wykorzystując środowisko Enterprise Dynamics i modyfikując parametry modelu, można by było przeprowadzić szereg kolejnych symulacji mających za zadanie udoskonalenie zachodzących procesów i konfiguracji modelowanego systemu.

4. Podsumowanie

Techniki modelowania pozwalają na uzyskanie odpowiedzi na kluczowe pytanie: jak poszczególne procesy powinny wyglądać, aby zostały zrealizowane cele przedsiębiorstwa i jego klientów? Coraz bardziej powszechne staje się wykorzystywanie programów wspomagających modelowanie i symulację jako narzędzi koniecznych do prawidłowego zaprojektowania i obsługi systemów produkcyjnych. Zmiany w rzeczywistym systemie wymagają dużych środków finansowych, dlatego też dużo tańsze i przede wszystkim łatwiejsze jest przeprowadzanie eksperymentów na modelach symulacyjnych. Korzystanie z tego typu oprogramowania przynosi rozmaite korzyści, do których zalicza się np. redukcja kosztów działania, lepsze zrozumienie danego systemu, obniżenie ryzyka niepowodzenia, przyspieszenie zmian w strukturze systemu oraz minimalizacja kosztów inwestycji. Dla procesu symulacji ważne jest dokonanie wyboru odpowiedniego oprogramowania ze względu na postawione cele oraz późniejszą jakość podejmowanych decyzji.

W wykorzystaniu narzędzi wspomagających proces modelowania i symulacji istotną kwestią jest zwrócenie uwagi na to, aby potencjalne korzyści wynikające z ich stosowania były większe od poniesionych nakładów związanych z ich realizacją. Symulacja daje najlepsze rezultaty, gdy zostaje przeprowadzona w odpowiednim czasie, tj. już na początku opracowania projektu. Umożliwia ona wtedy przyjęcie odpowiednich parametrów projektowanego systemu już w fazie początkowej, gdzie koszty realizacji zaproponowanych zmian są znacznie mniejsze. Późniejsze fazy realizacji projektu charakteryzują się bowiem mniejszym poziomem swobody na dokonanie zmian. Wtedy też zwykle pojawiają się dodatkowe koszty wpływające na to, że nakłady na modelowanie mogą przewyższyć przyszłe zyski.

Przedstawione i wykorzystane w artykule narzędzie do modelowania i symulacji, jakim jest program Enterprise Dynamics, ułatwia podejmowanie decyzji oraz daje możliwość wprowadzania zmian w projektowanym systemie logistycznym bez ponoszenia dodatkowych kosztów. Umożliwia szybkie zbadanie wielu wariantów związanych z konfiguracją systemu i przeprowadzenie szeregu analiz.

Bibliografia

1. Bendkowski J., Matuszek M.: Logistyka Produkcji, praktyczne aspekty, cz. I, Planowanie i sterowanie produkcją. Gliwice 2013.
2. Burduk A.: Modelowanie systemów narzędziem oceny stabilności procesów produkcyjnych. Politechnika Wroclawska, Wrocław 2013.

3. Łunarski J.: Projektowanie procesów technicznych, produkcyjnych i gospodarczych. Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2014.
4. Zdanowicz R., Świder J.: Komputerowe modelowanie procesów wytwórczych. Politechnika Śląska, Gliwice 2013.
5. <http://www.incontrolsim.com>.