

JUSTYNA LEMKE

Akademia Morska w Szczecinie

MAŁGORZATA ŁATUSZYŃSKA

Uniwersytet Szczeciński

SYMULACJA KOMPUTEROWA W MODELOWANIU ALOKACJI ZASOBÓW PRODUKCYJNYCH

Streszczenie

Współcześnie uważa się, że podstawowym celem działalności przedsiębiorstwa jest tworzenie wartości dodanej, u której podstaw leży zaspokojenie materialnych i niematerialnych potrzeb interesariuszy¹. Dla przedsiębiorstwa przemysłowego oznacza to między innymi wytwarzanie takich produktów i usług, które spełniają oczekiwania klienta. Z badań prowadzonych przez Dohn wynika, iż takie cechy obsługi klienta jak: dostępność produktów z zapasu, czas, elastyczność, niezawodność czy kompletność dostaw zależą bezpośrednio od procesu produkcyjnego, szczególnie zaś od jego organizacji i realizacji, a także od posiadanych w danym okresie zdolności produkcyjnych i wykorzystania zasobów będących w dyspozycji². Znaczenie tego ostatniego elementu podkreśla również

¹ A. Lozano Platonoff, *Zarządzanie dynamiczne. Nowe podejście do zarządzania przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa 2009, s. 50–52.

² K. Dohn, *Studium oceny procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 9.

Grudzewski, twierdząc, że efektywne wykorzystanie zasobów rzeczowych, finansowych, informacyjnych i ludzkich prowadzi do realizacji celu, jakim jest zadowolenie klientów³.

Jednym z badanych aspektów wykorzystania zasobów jest ich alokacja. W przedsiębiorstwie przemysłowym proces alokacji zasobów jest szczególnie skomplikowany. Jak podaje Brzeziński „łączenie niezbędnych czynników produkcji w odpowiednim czasie i miejscu oraz sterowanie nimi i zachodzącymi między nimi proporcjami jest możliwe tylko na podstawie analizy wszystkich czynników i ich parametrów, gdyż one wpływają na przebieg procesu produkcyjnego”⁴. Dynamicznie zmieniające się otoczenie, różnorodność zasobów, jakimi firma gospodaruje, znaczna ilość informacji, jaką należy dysponować w tym procesie, a przede wszystkim zaś liczba obszarów działalności gospodarczej, na jakie wpływają decyzje związane z alokacją zasobów, skłaniają do zainteresowania się różnorodnymi narzędziami i metodami informatycznymi wspomagającymi podejmowanie decyzji w tym obszarze. Wśród wielu rozwiązań, jakie mają do dyspozycji menedżerowie, ważną rolę odgrywają metody symulacji komputerowej.

Celem artykułu jest analiza możliwości wykorzystania metod symulacji komputerowej w badaniu alokacji zasobów produkcyjnych.

1. Alokacja zasobów produkcyjnych

W literaturze przedmiotu można spotkać, w zależności od kontekstu, różnorodne rozumienie terminu alokacja. Jak twierdzi Begg, w gospodarce jest to wykaz tego, kto co robi oraz kto co dostaje⁵. W teorii ekonomii mówi się o podziale czynników produkcji (praca, kapitał, ziemia) lub inwestycji pomiędzy poszczególne zastosowania. Na poziomie zarządzania operacyjnego zaś jest to przypisanie zasobów do poszczególnych prac⁶. U Marka wskazuje

³ W.M. Grudzewski, *Charakterystyka dyscypliny zarządzanie*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw”, nr 6/2004, s. 9.

⁴ *Organizacja i sterowanie produkcją*, red. M. Brzeziński, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2002, s. 35.

⁵ D. Begg, S. Fischer, R. Dornbusch, *Mikroekonomia*, PWE, Warszawa 2007, s. 30.

⁶ D. Waters, *Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi*, PWN, Warszawa 2001, s. 32.

się na wykorzystanie zasobów w procesach wytwórczych⁷. Można przyjąć, za autorami *Ekonomii od A do Z*, że w najszerszym rozumieniu alokacją będzie przyporządkowanie zasobów, przy czym zarówno zestaw zasobów, jak i miejsce ich przeznaczenia będą zależały od kontekstu prowadzonych rozważań⁸. Bez względu na zakres prowadzonych analiz niezmiennie natomiast pozostaje to, iż u podstaw prowadzonych badań nad alokacją leży uwzględnianie specyfiki każdego zasobu, jaką jest rzadkość, substytucyjność oraz możliwość wykorzystania w różnych zastosowaniach w tym samym czasie⁹.

W literaturze przedmiotu zainteresowanie badaczy ukierunkowane jest zarówno na aspekt makro-, jak i mikroekonomiczny alokacji. Ponadto wraz z rozwojem nauki zmieniało się również podejście do jej mechanizmów w ramach samego przedsiębiorstwa. Podczas gdy zwolennicy ekonomii neoklasycznej poszukiwali prawidłowości w mechanizmie rynkowym, który sterował rozdysponowywaniem poszczególnych zasobów pomiędzy różne podmioty gospodarcze, to teoria behawioralna i bazująca na niej zasobowa szkoła myślenia strategicznego skupiły się nad zasadami użycia środków produkcji w samych przedsiębiorstwach¹⁰.

Należy podkreślić, iż obecnie pomimo dostępu do wielu źródeł informacji i szerokiej gamy możliwości ich pozyskania nie można mówić, iż firmy działają w warunkach doskonałej konkurencji, czyli przy pełnej informacji o cenach i dochodach uzyskiwanych przez konkurencję. W konsekwencji rynek nie może być jedynym mechanizmem alokacji zasobów. Drugim, jak wskazuje Coase, jest przedsiębiorstwo. Dostrzegł on, iż za decyzje niezgodne z wcześniejszymi kanonami racjonalnego gospodarowania odpowiedzialne są koszty transakcyjne. W związku z czym przedsiębiorstwo, w rozumieniu zwolenników szkoły instytucjonalnej, powinno dążyć do minimalizacji kosztów transakcyjnych. Ciągłe jednak w badaniach nad istotą przedsiębiorstwa było ono traktowane jak czarna skrzynka. Dopiero behawioryści z Simonem, Marchem i Cyertem na czele zwrócili szczególną uwagę na panujące mechanizmy alokacji zasobów

⁷ *Elementy nauki o przedsiębiorstwie*, red. S. Marek, Fundacja na rzecz Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1999, s. 309–310.

⁸ *Ekonomia od A do Z*, red. S. Sztaba, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2007, s. 18.

⁹ *Elementy nauki o przedsiębiorstwie*, dz. cyt., s. 309–310.

¹⁰ Tamże, s. 309.

wewnątrz przedsiębiorstwa. Ponownie zmianie uległ paradygmat istnienia firmy. Zwolennicy powstałej na bazie szkół biologicznej i behawioralnej teorii zasobowej firmy (RBV, ang. *resource – based view*) zauważyli, iż przedsiębiorstwo, aby przetrwać, powinno nie tyle maksymalizować zyski, co utrzymać jak najwyższą pozycję konkurencyjną na rynku. Przy czym pozycja ta zależy od odpowiedniej kompilacji zasobów i kompetencji w firmie. Jednak same unikatowe i wartościowe zasoby nie wystarczą, jeżeli jednostka nie potrafi ich efektywnie zastosować. Dla przedsiębiorstwa produkcyjnego będzie to oznaczało odpowiednie przydzielanie zasobów do zadań. Przy czym powinno dążyć się do jak najwyższego poziomu obciążenia stanowisk w kolejnych okresach planistycznych¹¹. Ponadto należy tak dobrać i skoordynować czynniki produkcji, aby uzyskać możliwie największą efektywność przy najkrótszym czasie wykonania wyrobu¹².

Równocześnie ważne jest, aby przy podejmowaniu decyzji alokacyjnych mieć na uwadze całokształt przedsiębiorstwa. Przykładowo, w pierwszym momencie alokacja, czyli przydzielenie maszyny do konkretnego zadania, może wydawać się optymalna, gdyż w pełni wykorzystana będzie jej zdolność produkcyjna. Jednak, ze względu na brak możliwości wykonywania przez obrabiarkę innych zleceń, z punktu widzenia całej firmy, taki wariant nie musi już być najkorzystniejszy¹³.

Należy zwrócić uwagę, iż w przedsiębiorstwie przemysłowym decyzji, rozdysponowując zasoby produkcyjne, z jednej strony powinni mieć na uwadze kwestie natury ekonomicznej, jak rachunek zysków i strat przy zachowaniu odpowiedniego poziomu zadowolenia interesariuszy, z drugiej zaś zobligowani są do przestrzegania norm wynikających z procesu technologicznego. Ten techniczno-ekonomiczny charakter alokacji zasobów produkcyjnych dodatkowo utrudnia właściwe rozpoznanie związanych z nią problemów i podjęcie odpowiednich decyzji. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, iż alokacja

¹¹ M.J. Euwe, H. Wortmann, *Planning Systems in the Next Century (I)*, „Computers in Industry” 34/1997, s. 233–237; *Komputerowe wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem*, red. R. Knosala, PWE, Warszawa 2007, s. 109–108.

¹² A. Rogowski, *Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie*, CeDeWu, Warszawa 2010, s. 27.

¹³ B. Liwowski, R. Kozłowski, *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Wolters Kluwer Polska, Kraków 2007, s. 61.

w powiązaniu z procesem produkcyjnym nie jest aktem jednorazowym, tylko procesem rozłożonym w czasie. W konsekwencji, biorąc pod uwagę złożoność zagadnienia alokacji zasobów produkcyjnych, jak i jego dynamikę, pozostaje wsparcie decydentów metodami symulacyjnymi.

2. Pojęcie symulacji komputerowej

W literaturze przedmiotu można zetknąć się z różnym ujmowaniem pojęcia symulacja. Potocznie mówi się, że symulacja to naśladowanie czegoś innego¹⁴, co znajduje również odbicie w wielu definicjach naukowych. Morgenthaler przykładowo twierdzi, że symulacja to odtwarzanie istoty systemu lub jego działania bez wykorzystywania jego samego¹⁵. Jednak nie tyle samo odwzorowanie jest istotne, co możliwość dokonania analiz i obserwacji. Jak podaje Witte, symulacja jest badaniem systemu przy pomocy systemu zastępczego (niem. *Ersatzsystem*)¹⁶. Klein natomiast rozumie symulację jako proces numerycznego rozwiązywania modelu polegający na wykonywaniu sekwencji obliczeń¹⁷.

O eksperymentowaniu na modelu stanowiącym odwzorowanie rzeczywistości pisze między innymi Bielecki¹⁸. Szabanowie wskazują, że badanie przeprowadzone na modelu komputerowym „polega na obserwacji i analizie zmian w czasie, zachodzących w modelu w wyniku działań wewnętrznych oraz oddziaływań zewnętrznych”¹⁹. Na aspekt obserwacji zmian w czasie jako elementu charakterystycznego dla symulacji zwraca uwagę wielu autorów. U Gajdy przeczytać można, że „symulacja to wprawianie modelu w ruch”²⁰.

¹⁴ R.F. Barton, *Wprowadzenie do symulacji i gier*, WNT, Warszawa 1974, s. 9–11.

¹⁵ R.C. Meier, W.T. Newell, H.L. Pazer, *Simulation in business and economics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ 1969, s. 2.

¹⁶ T. Witte, *Simulationstheorie und Ihre Anwendung auf betriebliche Systeme*, Gabler Verlag, Wiesbaden 1973, s. 17.

¹⁷ L.R. Klein, *Wykłady z ekonometrii*, PWE, Warszawa 1982, s. 119.

¹⁸ W.T. Bielecki, *Informatyzacja zarządzania. Wybrane zagadnienia*, PWE, Warszawa 2001, s. 62.

¹⁹ B. Szaban, J. Szaban, *Symulacja komputerowa systemów dynamicznych*, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1983, s. 21.

²⁰ J.B. Gajda, *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2001, s. 1.

Tarnowski i Bartkiewicz natomiast wskazują, że celem symulacji, oprócz badania wpływu na charakterystykę obiektu jego otoczenia i wewnętrznych właściwości, jest również odtworzenie przebiegu procesu, przy czym odwzorowanie następuje przy pomocy komputera na podstawie modelu matematycznego²¹. Wprawdzie wykorzystanie narzędzi informatycznych nie jest warunkiem koniecznym, to w praktyce, ze względu na znaczną ilość obliczeń matematycznych, przeprowadzenie symulacji wydaje się być niemożliwie bez ich użycia. Obecnie użycie komputera w symulacji uważa za tak oczywiste, że utożsamia się symulację z symulacją komputerową. Należy podkreślić, że w wielu publikacjach można również znaleźć pojęcie symulacji w powiązaniu z metodami Monte Carlo, grami operacyjnymi czy próbkowaniem modelu (symulacje stochastyczne)²². W niniejszej pracy za symulację przyjmuje się dokonywanie eksperymentów przy wykorzystaniu programu komputerowego na dynamicznym modelu odwzorującym rzeczywisty system.

Tak rozumiana symulacja posiada istotne zalety. W literaturze przedmiotu wymienia się głównie zmniejszenie kosztów i skrócenie czasu w porównaniu do analogicznych badań prowadzonych na systemie rzeczywistym²³. Mówi się również o tzw. elastyczności modelu symulacyjnego, co oznacza łatwe wprowadzanie i uwzględnianie w modelu zakłóceń, wymuszeń czy sygnałów wejściowych²⁴. Ponadto symulacja charakteryzuje się powtarzalnością eksperymentów, przy czym dokonywanie eksperymentów na modelu jest bezpieczne dla systemu realnego, gdyż nie narusza jego struktury²⁵. Co więcej, modele symulacyjne, w przeciwieństwie do innych modeli formalnych, pozwalają na odwzorowanie zjawisk związanych ze złożonymi, kompleksowymi problemami, które zachodzą w rzeczywistości²⁶.

²¹ W. Tarnowski, S. Bartkiewicz, *Modelowanie matematyczne i symulacja komputerowa dynamicznych procesów ciągłych*, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2000, s. 21.

²² J.B. Gajda, dz. cyt., s. 4.

²³ R. Zdanowicz, J. Świder, *Modelowanie i symulacja systemów produkcyjnych w programie Enterprise Dynamics*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005, s. 15.

²⁴ W. Tarnowski, S. Bartkiewicz, dz. cyt., s. 21.

²⁵ R. Zdanowicz, *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007, s. 47.

²⁶ Por. R. Zdanowicz, J. Świder, dz. cyt., s.16; W.T. Bielecki, dz. cyt., s. 63.

Jednak, jak każda metoda badawcza, również i symulacja posiada wady. Do najczęściej wymienianych w literaturze przedmiotu należą te związane z właściwościami modelu symulacyjnego. Może on być niekompletny, wieloznaczny czy nielogiczny²⁷. Ponadto zwraca się uwagę na prącochłonność budowy modelu²⁸ i zagrożenie, iż może on generować nieprzydatne wyniki. Istotnym problemem jest również wybór odpowiedniej metody symulacji.

3. Dylematy wyboru metody symulacji do badania alokacji zasobów produkcyjnych

System alokacji zasobów produkcyjnych jest podsystemem systemu produkcyjnego. W konsekwencji, wybierając metodę symulacji w kontekście przydatności do badania alokacji zasobów produkcyjnych, należy przede wszystkim rozważyć te metody, które w literaturze przedmiotu są uważane za szczególnie użyteczne w modelowaniu produkcji.

Podstawowym kryterium podziału metod symulacji jest typ modelowanego procesu. Jeżeli zmiany stanów w badanym procesie zachodzą w określonych jednostkach czasu, mówi się o symulacji dyskretnej. Metody symulacji dyskretnej można rozróżnić w zależności od realizacji opisu systemu. Dla procesów z dużą liczbą zdarzeń, gdzie system przedstawiany jest za pomocą zdarzeń i czynności ich obsługi, wybierana jest metoda planowania zdarzeń. W przypadku kiedy w systemie występuje znaczna liczba działań, a opis systemu prezentuje działania do realizacji, wskazane jest zastosowanie metody przeglądu i wyboru działań²⁹. W metodzie tej w każdym kroku symulacji sprawdzane są warunki zajścia zdarzeń zależnych od czasu i od stanu systemu. Dla systemu produkcyjnego zdarzeniami mogą być: przyjęcie zlecenia, awaria maszyny czy zakup materiałów. Należy podkreślić, iż w tym przypadku przebiegają zdarzenia zależne od innych zdarzeń, a sterowanie nimi odbywa się na podstawie warunków logicznych, jakie muszą zaistnieć, aby mogło dojść

²⁷ R. Kotowski, P. Tronczyk, *Modelowanie i symulacje komputerowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2009, s. 16.

²⁸ R. Zdanowicz, dz. cyt., s. 48.

²⁹ Z. Biniak, *Elementy teorii systemów modelowania i symulacji*, Infoplan, 2002, s. 141–169; wydanie internetowe: <http://www.finus.com.pl>, dostęp 5.07.2007.

do kolejnego zdarzenia. W konsekwencji metodę tę można zastosować dla problemów, w których występują takie mechanizmy.

Wśród metod symulacji procesów dyskretnych wymienia się również modelowanie sieciowe (sieci kolejkowe, sieci Petriego). W praktyce jednak związane jest ono z wcześniej wymienionymi metodami symulacji dyskretnej. Przykładowo, modelowanie zgodne z sieciami Petriego polega na naprzemiennym łączeniu za pomocą grafów skierowanych elementów pasywnych (miejsc) z aktywnymi (tranzycji). Dla tak utworzonej sieci określone są reguły postępowania ze znacznikami, które w punktach czasu „przechodzą” zgodnie ze zdefiniowanymi regułami pomiędzy miejscami i tranzycjami. Taka sieć odwzorowuje reguły decyzyjne wpływające na zachowanie się systemu³⁰. Głównym założeniem sieci Petriego jest występowanie zdarzeń wywołujących ruch znaczników w sposób przypadkowy. Powstaje jednak trudność w ustaleniu i zharmonizowaniu punktów czasu, w których następuje wystąpienie zdarzeń. W związku z powyższym konieczne jest zastosowanie sterowania kolejnością występowania zdarzeń³¹. Jest to nic innego jak metoda przeglądu działań.

Metody symulacji dyskretnej, utożsamiane również z modelami masowej obsługi, wykorzystywane są do wstępnej oceny parametrów systemu w ustalonym stanie, a także do oceny parametrów i decyzji na etapie projektowania i planowania systemów produkcyjnych. Dla tego typu modeli niezbędna jest znajomość charakterystyki przybywania zgłoszeń do kolejki, procesu obsługi zgłoszeń i kolejki. W wyniku symulacji uzyskuje się dwie podstawowe charakterystyki kolejek, jakimi są średnia liczba oczekujących zgłoszeń i ich czas oczekiwania³².

Dla problemów, w których zmiany zachodzą w sposób ciągły, rozmytych, słabo opisanych danymi empirycznymi o średnio- i długookresowym horyzoncie czasowym, wskazane jest zastosowanie symulacji ciągłej³³. System opisany jest w niej za pomocą równań różniczkowych³⁴. W odniesieniu do symulacji ciągłej wskazuje się na metodę dynamiki systemów. Tworzenie modelu w tej

³⁰ Tamże, s. 29–30.

³¹ Tamże, s. 45.

³² R. Zdanowicz, dz. cyt., s. 44–46.

³³ Z. Biniek, dz. cyt., s. 115.

³⁴ B.P. Ziegler, *Teoria modelowania i symulacji*, WNT, Warszawa 1985, s. 271.

konwencji polega na opisie systemu za pomocą strumieni i poziomów, gdzie strumienie określają prędkość, z jaką zasilane są poziomy³⁵. Metoda ta wykorzystywana jest przede wszystkim w celu poznania charakterystyk sprzężeń zwrotnych i analizy zależności pomiędzy strumieniami³⁶.

System produkcyjny, ze względu na to, iż zlecenia, zamówienia na materiały czy zakończenie poszczególnych operacji technologicznych zachodzą w określonych jednostkach czasu, identyfikowany jest jako dyskretny³⁷. Jednak można znaleźć liczne systemowo-dynamiczne modele obejmujące zagadnienia związane z produkcją, przy czym proces produkcyjny traktowany jest w kategorii procesu gospodarczego, a badania dotyczą głównie produkcji jako ogniwa łańcucha dostaw³⁸.

W związku z powyższym wybór adekwatnej metody zdeterminowany jest nie tyle właściwościami systemu produkcyjnego, co specyfiką problemu decyzyjnego, charakterystyką danych wejściowych czy oczekiwaniami co do rezultatów. Istotnym aspektem w tym kontekście jest analiza wymogów dotyczących szczegółowości generowanych w wyniku symulacji danych oraz okresu, jakiego ma dotyczyć podejmowana decyzja. Równocześnie należy dokonać analizy specyfiki użytych do modelowania systemu produkcyjnego zmiennych i zależności pomiędzy nimi pod względem losowości ich występowania (modele deterministyczne i stochastyczne) oraz zachowania się w czasie (modele ciągłe i dyskretny)³⁹. W przypadku kiedy oczekuje się wyników w postaci danych szczegółowych, dotyczących krótkiego okresu, należałoby symulację przeprowadzić na podstawie modeli dyskretnych. Przy badaniach odnoszących się do długiego okresu, gdzie celem symulacji jest nie

³⁵ E. Kasperska, D. Słota, *Metody matematyczne w zarządzaniu w ujęciu dynamiki systemowej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000, s. 16.

³⁶ R. Łukaszewicz, *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975, s. 36.

³⁷ O tym m.in. w: G. Gordon, *Symulacja systemów*, WNT, Warszawa 1974; L. Zawadzka, *Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją. Problemy techniczno-ekonomiczne*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2000.

³⁸ O celach modeli SD dotyczących systemów produkcyjnych m.in. w: M. Łatuszyńska, *Symulacja procesu produkcyjnego w ujęciu dynamiki systemowej*, <http://swo.ae.katowice.pl>, dostęp 3.07.2012.

³⁹ O metodach modelowania i symulacji m.in. w: H. Bossel, *Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme*, Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden 1994; A. Manikowski, Z. Tarapata, *Prognozowanie i symulacja rozwoju przedsiębiorstw*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Warszawa 2002.

tyle wyznaczenie wartości konkretnych parametrów, co poznanie zachowania się systemu, wskazane jest zastosowanie modeli ciągłych.

Podsumowanie

Z przeprowadzonych rozważań, dotyczących problematyki wyboru metody symulacji adekwatnej do badania alokacji zasobów produkcyjnych, wynika, że podejmując decyzję, należy kierować się „rachunkiem zysków i strat”. Przede wszystkim symulację należy stosować w przypadku, gdy bada się tak złożone procesy, że zastosowanie metod analitycznych jest niewskazane, a także wówczas, kiedy przeprowadzenie eksperymentów na rzeczywistym systemie jest niemożliwie lub zbyt kosztowne. Kryteria te są spełnione w przypadku badania alokacji zasobów produkcyjnych.

Ponadto alokacja, jako jedno z narzędzi pozwalających firmie na osiągnięcie przewagi konkurencyjnej, jest swoistym planem użycia zasobów w niedalekiej przyszłości do osiągnięcia strategicznych celów. Co za tym idzie, kluczowa staje się odpowiedź na pytanie, które działania sprzyjają osiągnięciu sukcesu, a które wręcz go uniemożliwiają. Poszukuje się więc w prowadzonych w tym zakresie badaniach nie tyle liczby zaangażowanych poszczególnych zasobów, co zależności pomiędzy decyzjami alokacyjnymi a zachowaniem się całego systemu. Taki zakres analiz wskazuje na dynamikę systemów jako metodę najbardziej adekwatną.

Literatura

1. Barton R.F., *Wprowadzenie do symulacji i gier*, WNT, Warszawa 1974.
2. Begg D., Fischer S., Dornbusch R., *Mikroekonomia*, PWE, Warszawa 2007.
3. Bielecki W.T., *Informatyzacja zarządzania. Wybrane zagadnienia*, PWE, Warszawa 2001.
4. Biniek Z., *Elementy teorii systemów modelowania i symulacji*, Infoplan, 2002; wydanie internetowe: <http://www.finus.com.pl>.
5. Bossel H., *Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme*, Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden 1994.
6. Dohn K., *Studium oceny procesu produkcyjnego w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.

7. *Ekonomia od A do Z*, red. S. Sztaba, Wydawnictwa Akademickie i Profesjonalne, Warszawa 2007.
8. Euwe M.J., Wortmann H., *Planning Systems in the Next Century (I)*, „Computers in Industry”, 34/1997.
9. Gajda J.B., *Prognozowanie i symulacja a decyzje gospodarcze*, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2001.
10. Gordon G., *Symulacja systemów*, WNT, Warszawa 1974.
11. Grudzewski W.M., *Charakterystyka dyscypliny zarządzania*, „Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw”, nr 6/2004.
12. Kasperska E., Słota D., *Metody matematyczne w zarządzaniu w ujęciu dynamiki systemowej*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
13. Klein L.R., *Wykłady z ekonometrii*, PWE, Warszawa 1982.
14. *Komputerowe wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem*, red. R. Konsala, PWE, Warszawa 2007.
15. Kotowski R., Tronczyk P., *Modelowanie i symulacje komputerowe*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego, Bydgoszcz 2009.
16. Liwowski B., Kozłowski R., *Podstawowe zagadnienia zarządzania produkcją*, Oficyna Wolters Kluwer Business, Kraków 2007.
17. Lozano Platonoff A., *Zarządzanie dynamiczne. Nowe podejście do zarządzania przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa 2009.
18. Łatuszyńska M., *Symulacja procesu produkcyjnego w ujęciu dynamiki systemowej*, <http://swo.ae.katowice.pl>, dostęp 3.07.2012.
19. Łukaszewicz R., *Dynamika systemów zarządzania*, PWN, Warszawa 1975.
20. Manikowski A., Tarapata Z., *Prognozowanie i symulacja rozwoju przedsiębiorstw*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Warszawa 2002.
21. *Elementy nauki o przedsiębiorstwie*, red. S. Marek, Fundacja na rzecz Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin 1999.
22. Meier R.C., Newell W.T., Pazer H.L., *Simulation in business and economics*, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ 1969.
23. *Organizacja i sterowanie produkcją*, red. M. Brzeziński, Agencja Wydawnicza Placet, Warszawa 2002.
24. Rogowski A., *Podstawy organizacji i zarządzania produkcją w przedsiębiorstwie*, CeDeWu, Warszawa 2010.
25. Szaban B., Szaban J., *Symulacja komputerowa systemów dynamicznych*, Wydawnictwo Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 1983.
26. Tarnowski W., Bartkiewicz S., *Modelowanie matematyczne i symulacja komputerowa dynamicznych procesów ciągłych*, Wydawnictwo Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 2003.
27. Waters D., *Zarządzanie operacyjne. Towary i usługi*, PWN, Warszawa 2001, s. 32.

28. Witte T., *Simulationstheorie und Ihre Anwendung auf betriebliche Systeme*, Gabler Verlag, Wiesbaden 1973.
29. Zawadzka L., *Podstawy projektowania elastycznych systemów sterowania produkcją. Problemy techniczno-ekonomiczne*, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2000.
30. Zdanowicz R., *Modelowanie i symulacja procesów wytwarzania*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
31. Zdanowicz R., Świder J., *Modelowanie i symulacja systemów produkcyjnych w programie Enterprise Dynamics*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2005.
32. Ziegler B.P., *Teoria modelowania i symulacji*, WNT, Warszawa 1985.

COMPUTER SIMULATION IN MODELING OF PRODUCTION RESOURCE ALLOCATION

Summary

The article concerns the possibility of using computer simulation methods for investigation of productive resources allocation. Discusses the nature of productive resources allocation the concept of computer simulation and indicates problems with choosing the appropriate simulation method for analysis related to the allocation of resources in the production process.

Translated by Małgorzata Łatuszyńska