

BADANIE SYMULACYJNE SYSTEMU PRODUKCYJNEGO JAKO PROCES INŻYNIERII OPROGRAMOWANIA

Zenobia WEISS, Jacek DIAKUN

Streszczenie: W niniejszej pracy zaproponowano zastosowanie metod inżynierii oprogramowania w badaniu symulacyjnym systemów produkcyjnych. Przedstawiono tendencje we współczesnym podejściu do tego zagadnienia, uwytatniające rolę czynnika informatycznego w tym procesie. Zebrano i omówiono podstawowe modele rozwoju oprogramowania oraz zanalizowano ich przydatność pod kątem zastosowania w projektach symulacyjnych.

Słowa kluczowe: symulacja, system produkcyjny, inżynieria oprogramowania.

1. Wstęp

Jedną z tendencji we współczesnej szeroko pojętej organizacji produkcji jest wzrost znaczenia metod symulacyjnych. W zakresie samego rozwoju metod symulacyjnych zauważalna jest z kolei rosnąca złożoność modeli symulacyjnych. Jest to bezpośrednią konsekwencją odwzorowania takich elementów systemu produkcyjnego jak: poszczególne stanowiska produkcyjne i ich rozmieszczenie, aspekty technologiczne, systemy transportowe oraz algorytmy sterowania. Istotnego znaczenia nabiera wówczas faza budowy modelu symulacyjnego. Jego znaczna komplikacja stawia przed procesem budowy modelu nowe wymagania, powodując iż dotychczas stosowane metody stają się niewystarczające. Ważny staje się tym samym problemem właściwej organizacji procesu budowy oraz weryfikacji modelu symulacyjnego.

W celu uniknięcia nieporozumień terminologicznych, w ramach niniejszej pracy symulacja w sensie numerycznym określana będzie jako przebieg symulacyjny lub realizacja algorytmu symulacji; symulacja w kontekście procesowym nazywana będzie natomiast badaniem symulacyjnym, przedsięwzięciem lub projektem symulacyjnym.

2. Tendencje w symulacji komputerowej systemów produkcyjnych

Techniki symulacyjne nie są już wyłącznie domeną ośrodków naukowych – upowszechnienie się symulacji spowodowało, iż technika ta weszła do zestawu narzędzi w nowoczesnym zarządzaniu produkcją. Konsekwencją tego jest zatrudnianie przez przedsiębiorstwa specjalistów z zakresu metod symulacyjnych; istnieją również firmy oferujące komercyjne usługi symulacyjne.

Tendencją obserwowaną we współczesnej symulacji jest wzrost złożoności samych modeli symulacyjnych. Jest to spowodowane kilkoma czynnikami, wśród których można wyróżnić: rozwój narzędzi symulacji oraz potrzebę uwiarygodnienia zastosowanych metod wobec klienta.

Znacząca większość modeli symulacyjnych systemów produkcyjnych tworzona jest w oparciu o wyspecjalizowane pod tym kątem pakiety symulacyjne. Problem wzrostu

złożoności modeli symulacyjnych jest przede wszystkim konsekwencją rozwoju tych systemów. W chwili obecnej stosuje się przede wszystkim nowoczesne symulatory systemów dyskretnych zorientowane na symulację systemów produkcyjnych. Rozwój oprogramowania tej klasy spowodował, iż narzędzia te posiadają obecnie cechy typowych środowisk tworzenia i rozwoju oprogramowania: elementy wizualne (na podobieństwo tzw. wizualnych języków programowania), wbudowane języki programowania wysokiego poziomu uwzględniające paradygmat obiektowy, operowanie złożonymi strukturami danych, zaawansowane narzędzia uruchomieniowe, obsługę nowoczesnych mechanizmów wymiany danych (np. XML) oraz interfejsy do systemów zewnętrznych (np. bazodanowych). Sam proces tworzenia modelu upodabnia się natomiast do procesu tworzenia oprogramowania; model zaś staje się złożonym programem działającym w środowisku symulatora, nabierając cech typowej aplikacji komputerowej również w aspekcie jego obsługi (menu, okna dialogowe, itp.). Wymienione czynniki wskazują na znaczny wzrost znaczenia aspektów czysto informatycznych w badaniach symulacyjnych systemów produkcyjnych.

Drugim czynnikiem wpływającym na tę tendencję są wymagania stawiane przez klienta oraz uwiarygodnienie całego badania symulacyjnego w jego oczach (dotyczy to szczególnie symulacji traktowanej usługowo). Ten właśnie aspekt powoduje, iż w praktyce zasada budowy modelu w sposób najprostszy, ale wystarczający do rozwiązania problemu według oceny i najlepszej wiedzy realizującego usługę symulacyjną, nie jest zachowana. Tworzony model jest tym samym bardziej złożony, aczkolwiek zgodny z wymaganiami klienta. Pozytywnym aspektem takiej sytuacji jest uwiarygodnienie modelu – możliwość obserwacji działającego modelu oraz tym samym jego stosunkowo prostej konfrontacji z systemem rzeczywistym wpływa pozytywnie na stosunek klienta do realizowanej usługi. Ułatwia to również realizację etapu walidacji modelu w aspekcie oceny działania modelu przez specjalistę z zakresu systemu produkcyjnego będącego przedmiotem badania (walidacja ekspercka).

3. Projekt symulacyjny a proces produkcji oprogramowania

Problematyka dotycząca metodologii badania symulacyjnego znajduje szerokie odzwierciedlenie w literaturze przedmiotu począwszy od lat 70. XX wieku, tj. od momentu upowszechnienia się metod symulacyjnych, ściśle związanego z rozwojem informatyki. Analiza bogatej literatury z tego zakresu pozwala prześledzić ewolucję poglądów na badanie symulacyjne, zarówno w sensie etapów na nie się składających jak i formy ich prezentacji.

Nadmienić należy, iż niektóre wczesne publikacje nie określają explicite etapów, składających się na badanie symulacyjne. Poszczególne etapy prezentowane są w sposób pośredni, m.in. poprzez układ samej pracy [1-4].

W przypadku formy prezentacji etapów badania symulacyjnego wyróżnić można dwa zasadnicze podejścia: przedstawienie etapów w formie kroków [5-10, 15] oraz w formie schematu blokowego [11-14] o różnym poziomie szczegółowości. Ta druga forma lepiej oddaje charakter badania – wskazuje bowiem na możliwość nawrotów do poprzednich etapów w zależności od sytuacji występującej w konkretnym badaniu (np. powrót do etapu analizy w przypadku braku możliwości walidacji modelu, tj. w sytuacji, gdy powstały model okazuje się nie reprezentować w wymagany sposób systemu modelowanego).

W przypadku etapów badania symulacyjnego przytoczona literatura jednoznacznie wskazuje na występowanie konkretnych etapów – niezmienników tego procesu. Należą do nich:

- sformułowanie problemu,
- analiza działania systemu,
- analiza danych wejściowych,
- budowa modelu symulacyjnego,
- weryfikacja i walidacja modelu,
- zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentów,
- analiza wyników,
- wdrożenie.

Działania przeprowadzane na poszczególnych etapach należą do propedeutyki symulacji i w związku z tym nie będą omawiane w ramach niniejszego referatu.

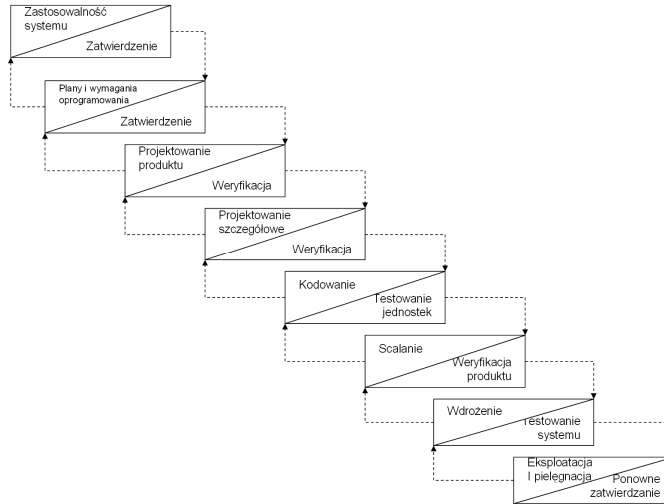
Wymienione etapy projektu symulacyjnego znajdują swoje odpowiedniki w procesie produkcji oprogramowania (tabela 1), co stanowi przesłankę do próby zastosowania wybranych aspektów odpowiedniej dziedziny informatyki (inżynierii oprogramowania – IO) w badaniu symulacyjnym.

Tab. 1. Zestawienie etapów badania symulacyjnego oraz procesu tworzenia oprogramowania

Badanie symulacyjne	Tworzenie oprogramowania
Sformułowanie problemu	Specyfikacja
Analiza działania systemu	Inicjalizacja
Analiza danych wejściowych	
Budowa modelu	Kodowanie
Weryfikacja	Testowanie
Walidacja	Walidacja
Zaplanowanie i przeprowadzenie eksperymentów	Wdrożenie i użytkowanie
Analiza wyników	
Wdrożenie	
	Pielęgnacja

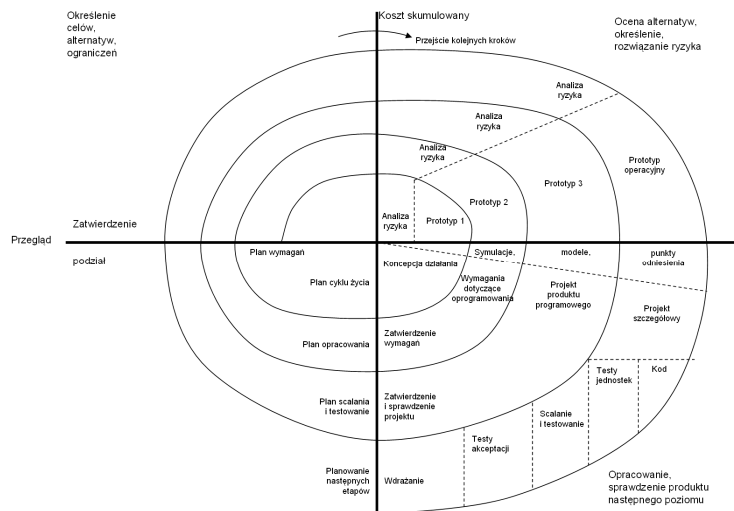
W chwili obecnej w inżynierii oprogramowania funkcjonują dwa podstawowe modele rozwoju oprogramowania: kaskadowy oraz spiralny [16], wraz z ich odmianami i rozwinięciami, m.in. modelem przyrostowym, „V” oraz „b” (wielu autorów zalicza je do modeli podstawowych [17-19]). W dalszej części referatu przedstawiona zostanie analiza możliwości zastosowania wymienionych modeli w badaniu symulacyjnym w sensie przeprowadzenia projektu symulacyjnego w oparciu o zaprezentowane modele.

Pierwszym historycznie modelem rozwoju oprogramowania jest model kaskadowy (ang. waterfall model), zaproponowany na początku lat 70. przez Royce’a [16]. Cały proces jest w nim podzielony na etapy, reprezentowany na schemacie przez odpowiadające mu bloki (rys. 1). W modelu tym zakłada się, iż rozpoczęcie prac etapu następnego może nastąpić jedynie w sytuacji zakończenia działań na etapie poprzednim. Każdy etap z kolei jest podzielony na dwie zasadnicze części: pierwsza dotyczy rzeczywistej pracy wykonanej na danym etapie, po czym następuje jej szeroko rozumiana „weryfikacja i zatwierdzanie” (element ten w wielu cytowaniach modelu kaskadowego nie jest podkreślany [17-19]).



Rys. 1. Model kaskadowy [16]

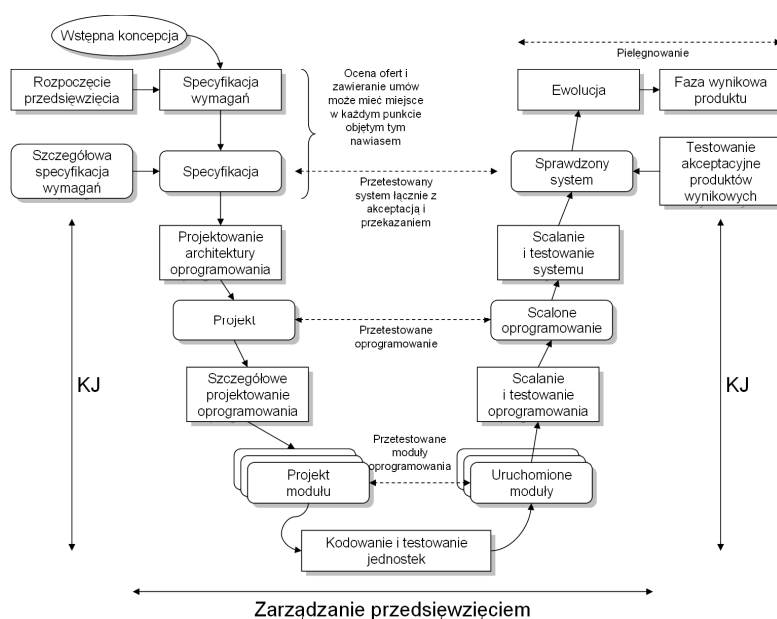
Drugi z podstawowych modeli, tj. model spiralny, zaproponowany przez Boehma [16], zakłada iteracyjny charakter procesu tworzenia oprogramowania. Model ten jest odpowiedzią na wiele niepowodzeń w realizacji przedsięwzięć informatycznych, realizowanych w oparciu o model kaskadowy, związanych z nieprecyzyjnie sformułowanymi oraz niewłaściwie rozumianymi wymaganiami dotyczącymi tworzonego systemu. Z tego powodu realizacja przedsięwzięcia podzielona jest na kilka faz (przedstawianych w postaci kolejnych rozwinięć spirali – rys. 2), w ramach których powstaje kolejna, coraz bardziej odpowiadająca wymaganiom klienta (wskutek ich coraz lepszego zrozumienia), wersja tworzonego systemu. W ramach każdej z faz (pojedynczego obrotu spirali) powtarzane są te same etapy aż do wyprodukowania ostatecznej wersji systemu, zgodnej z dobrze określonymi już wymaganiami.



Rys. 2. Model spiralny [16]

Model ten wykazuje ograniczone zastosowanie w projekcie symulacyjnym, ze względu na rzadko występującą w przedsięwzięciu tego rodzaju sytuację nieookreślenia wymagań – należy bowiem założyć, iż zamawiający taką usługę ma dobrze zdefiniowaną koncepcję budowy i działania systemu bądź też zmian w nim wprowadzanych.

Odmianą modelu kaskadowego (często występującą jako osobny model) jest tzw. model „V” (rys. 3). Wyróżnia on dwie zasadnicze fazy: analizę i projektowanie (coraz bardziej szczegółowe) oraz budowę systemu, począwszy od składowych elementarnych (moduły), aż po kompletny system. Podejście to podkreśla związki pomiędzy poszczególnymi etapami przedsięwzięcia poprzez wielokrotne testowanie poszczególnych składowych systemu w odniesieniu do szczegółowych projektów tych elementów (modułów oraz systemu).



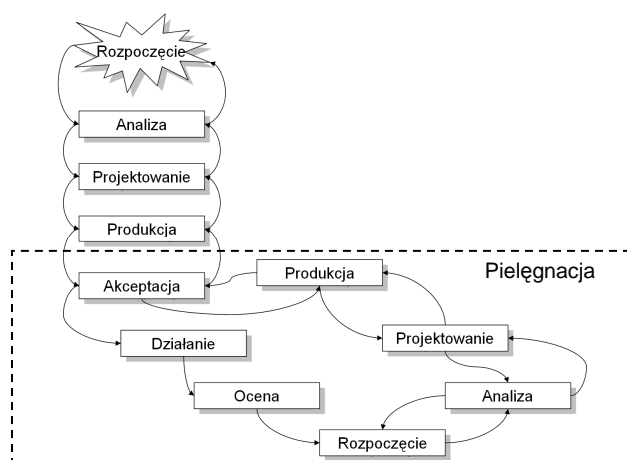
Rys. 3. Model „V” [16]

Podobnie, jak w przypadku modelu spiralnego, oparcie projektu symulacyjnego o ten model jest nieuzasadnione. Model ten, poprzez akcentowanie złożonej architektury systemu, wykazuje szczególną przydatność w procesie budowy dużych systemów, również tam, gdzie w proces ten włączeni są poddostawcy, przygotowujący określone elementy systemu (możliwość dokładnego testowania dostarczonego modułu w oparciu o szczegółowy projekt). Sytuacja taka, nawet w przypadku złożonego projektu symulacyjnego, w praktyce nie występuje.

Model „b” stanowi rozwinięcie modelu kaskadowego poprzez rozbudowę etapu pielęgnacji. Pielęgnacja oraz usprawnienia systemu traktowane są jako seria powtarzających się cykli, w których podejmowane są działania analogiczne do prac podejmowanych na początku przedsięwzięcia.

Model „b” jest modelem szczególnie interesującym w kontekście projektu symulacyjnego. Wskazuje bowiem na dwa elementy istotne w przedmiotowym zagadnieniu, pomijane przez typowe metodologie badania symulacyjnego.

Pierwszym aspektem uwzględnianym przez model „b” jest liczba modeli symulacyjnych w ramach pojedynczego badania. Typowe metodologie zakładają, iż w ramach projektu symulacyjnego powstaje jeden model, który poprzez odpowiednie sparametryzowanie pozwala na przeprowadzenie wszystkich zaplanowanych eksperymentów. W praktyce taka sytuacja nie zawsze ma miejsce – w wielu przypadkach w ramach pojedynczego projektu powstaje kilka modeli reprezentujących różne warianty systemu podlegającego badaniu. W przypadku np. różnych wariantów rozmieszczenia stanowisk produkcyjnych, dróg oraz sposobów transportu części i materiałów, uwzględnienie ich w ramach jednego modelu jest trudne technicznie, a przez to nieoptyczne – zamiast tego buduje się kilka modeli, które stanowią podstawę eksperymentu.



Rys. 4. Model „b” [16]

Model „b” wskazuje również na inny aspekt, rzadko brany pod uwagę przez typowe metodologie. Zakładają one mianowicie, iż każdy projekt symulacyjny rozpoczyna się zawsze niejako „od początku”, tzn. nie uwzględniają aspektu cyklu życia systemu produkcyjnego oraz miejsca symulacji w tym procesie. W przypadku zastosowania metody symulacyjnej dla zagadnienia rekonfiguracji systemu już istniejącego, którego aktualny wariant był już badany symulacyjnie, nie ma potrzeby realizacji wszystkich typowych etapów badania, możliwe jest bowiem wykorzystanie danych już istniejących, zarówno w postaci danych numerycznych (dane wejściowe do modelu), jak i samego modelu symulacyjnego, który w takim przypadku ulega jedynie pewnej modyfikacji (pętla modelu „b”).

4. Wnioski

W pracy przedstawiono próbę oparcia badań symulacyjnych systemów produkcyjnych o inne modele realizacji przedsięwzięć tego typu, niż przedstawiane jest to w literaturze przedmiotu. Przesłanką do zastosowania modeli pochodzących z inżynierii oprogramowania jest rosnące znaczenie czynnika informatycznego, co uzasadnia odwołanie się do dziedziny wiedzy traktującej produkcję oprogramowania w sposób systematyczny oraz formalny.

Istotnym elementem każdego przedsięwzięcia symulacyjnego jest dostosowanie ogólnego modelu do konkretnej sytuacji problemowej. Przyjęcie konkretnego modelu

realizacji projektu symulacyjnego nie oznacza braku możliwości odstępstw, a wręcz przeciwnie – powinien on być na bieżąco modyfikowany tak, aby brał pod uwagę uwarunkowania konkretnego projektu.

Zastosowanie metod inżynierii oprogramowania w badaniu symulacyjnym systemów produkcyjnych nie ogranicza się jedynie do możliwości realizacji przedsięwzięcia tego typu w oparciu o model wywodzący się z tej dziedziny. Wzrost znaczenia czynnika informatycznego pociąga za sobą konieczność weryfikacji modeli w sposób udokumentowany i usystematyzowany – zastosowanie znajdują tu więc techniki opracowane na potrzeby testowania oprogramowania. Drugim z potencjalnych obszarów wykorzystania metod IO jest dokumentowanie modelu symulacyjnego, tj. przedstawienie sposobu jego budowy oraz działania w postaci modelu conceptualnego, towarzyszącemu właściwemu modelowi numerycznemu. Działanie takie ma zapobiec niekorzystnej, aczkolwiek często występującej w praktyce sytuacji, w której jedyną formą dokumentacji staje się sam model. W konsekwencji prowadzi to do powstawania wielu problemów, m.in. zależności od użytego oprogramowania i jego wersji oraz konieczności dokładnego analizowania modeli w celu wprowadzenia w nim modyfikacji, zwłaszcza w sytuacji gdy zmiany wprowadzane są przez osobę inną niż twórca pierwotnego modelu. Zastosowanie metod IO na wymienionych wyżej etapach badania symulacyjnego będzie tematem dalszych prac prowadzonych przez autorów.

Literatura

1. Winkowski J.: Programowanie symulacji procesów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1974.
2. Evans G. W., Wallace G. F., Sutherland G. L.: Symulacja na maszynach cyfrowych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1973.
3. Barton R. F.: Wprowadzenie do symulacji i gier. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1973.
4. Martin F. F.: Wstęp do modelowania cyfrowego. Państwowe Wydawnictwa Naukowe, Warszawa, 1976.
5. Altiock T., Melamed B.: Simulation Modeling and Analysis with Arena. Academic Press, 2007.
6. Chung Ch. A.: Simulation Modeling Handbook A Practical Approach, CRC Press, London, 2004.
7. Fishman G. S.: Discrete-Event Simulation. Modeling, Programming and Analysis. Springer-Verlag, New York, 2001.
8. Fowler J. W., Rose O.: Grand Challenges in Modeling and Simulation of Complex Manufacturing Systems. Simulation, Vol. 80, 09/2004.
9. Kelton D. W., Sadowski R. P., Sturrock D. T.: Simulation with Arena. McGraw-Hill, 2003.
10. Kołodziński E.: Symulacyjne metody badania systemów. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
11. Banks J., Carson J. S., Nelson B. L., Nicol D. M.: Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall, Upper Saddle River, 2001.
12. Birta L. G., Arbez G.: Modelling and Simulation. Exploring Dynamic System Behaviour, Springer-Verlag, London, 2007.

13. Perkowski P.: Technika symulacji cyfrowej. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1980.
14. Robinson S.: Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley & Sons, West Sussex, 2004.
15. Gordon G.: Symulacja systemów. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1974.
16. Cadle J., Yeates D.: Zarządzanie procesem tworzenia systemów informatycznych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2004.
17. Górski J. (red.): Inżynieria oprogramowania w projekcie informatycznym. Mikom, Warszawa, 2000.
18. Dąbrowski W., Subieta K.: Podstawy inżynierii oprogramowania. Wydawnictwo PJWSTK, Warszawa, 2002.
19. Sommerville I.: Inżynieria oprogramowania. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2006.

Prof. dr hab. inż. Zenobia WEISS
Mgr inż. Jacek DIAKUN
Zakład Zarządzania Produkcją
Instytut Technologii Mechanicznej
Politechnika Poznańska
61-138 Poznań, ul. Piotrowo 3
tel./fax.: (0-61) 665 27 31
e-mail: zenobia.weiss@put.poznan.pl
jacek.diakun@put.poznan.pl