

Zbigniew Bronisław Sobczyk
Politechnika Częstochowska

MODELOWANIE I SYMULACJA SYSTEMÓW UŻYTKOWANIA MASZYN W JEDNORODNYCH PROCESACH BUDOWLANYCH

Wdrażane w budownictwie systemy technologiczno-organizacyjne, przy indywidualizowaniu rozwiązań funkcjonalno-użytkowych, są przyczyną różnorodności zadań produkcyjnych. Zachowane zostają przy tym podstawowe kryteria stosowania przemysłowiczych metod realizacyjnych: jednaka technologia wykonania procesów prostych /zwanych również przez wielu autorów robotami/; powtarzalne elementy konstrukcji; analogiczne procesy wykończenia i wyposażenia. Stosowane metody organizacyjne pracy równomiernej czy mechanizacji kompleksowej znajdują szerokie zastosowanie w realizacji tych procesów. Procesy te nazywa się jednorodnymi, złożonymi procesami budowlanymi.

W odwzorowaniu matematycznym jednorodnego procesu budowlanego, jeśli za $X(t)$ przyjmie się funkcję losową stochastycznego procesu jednorodnego, to funkcję procesu jednorodnego $Y(t)$ można opisać następująco:

$$Y(t) = \mathcal{L} \cdot X(t), \quad (1)$$

gdzie \mathcal{L} - jest zbiorem operacji matematycznych, wykonywanych na funkcji $X(t)$. Operator \mathcal{L} może przy tym zależeć od wielu argumentów.

1. Modelowanie logiczne procesów jednorodnych

Jednym z najważniejszych i jednocześnie najmniej docenianych aspektów modelowania jest komunikatywność. Fazy modelowania, jakimi są konstruowanie i testowanie, pozwalają na pełne odwzorowanie systemu oryginalnego w zależności od założonego stopnia szczegółowości modelu i jego sformalizowania. Efektywność i komunikatywność modelowania zawierają następujące elementy:

- 1/ Nieformalny, przedstawiony w języku naturalnym, opis modelu i założeń wymaganych do jego skonstruowania.
- 2/ Formalny, matematyczny lub inny niedwuznaczny, opis struktury modelu.
- 3/ Symulacyjny program komputerowy.
- 4/ Przedstawienie wykonanych eksperymentów symulacyjnych wraz z ich rezultatami i analizą.
- 5/ Wnioski odnośnie zakresu zastosowania modelu, jego zasadności

i kosztów przebiegów symulacyjnych.

6/ Relacje pomiędzy modelem przedstawionym a innymi /przeszłym lub przyszłym/ modelami.

Przy modelowaniu mamy do czynienia z zależnościami między trzema głównymi elementami symulacji złożonych procesów jednorodnych: systemem oryginalnym, modelem i komputerem.

W szczególności modelowanie dotyczy zasadniczo zależności między systemem oryginalnym i modelem, natomiast symulacja związana jest głównie z zależnościami między komputerem /procesorem/ a modelami.

Struktura modelu zdarzeń dyskretnych przyporządkowana jest modelowanemu systemowi oryginalnemu i jego strukturze. Niemniej uznać można, że każdy model w opisie nieformalnym zawiera: elementy danych, zmienne opisowe oraz interakcje elementów. Ogólnie ujmując, elementami nazywa się te części, z których model jest skonstruowany, zmienne opisowe służą jako narzędzia do opisu stanów elementów w czasie, a interakcje elementów są regułami, według których elementy wzajemnie na siebie oddziałują zmieniając stany i w ten sposób determinują zmiany reakcji modelu w czasie. Elementy struktury danych, jako skrzynki zaetykietowane przez nazwy tych elementów, są odwzorowane logicznie przy wykorzystaniu języka naturalnego.

W modelowaniu dynamicznym systemu oryginalnego istotnym jest wpływ czasu:

$$\left\{ \begin{array}{l} W < t_0, t_1 > \longrightarrow Z_1 \\ W' < t_1, t_2 > \longrightarrow Z_2 \end{array} \right\} \text{ dla pewnych } t_0, t_1, t_2 \in T \quad (2)$$

gdzie przez Z - określono zdarzenie dyskretne.

Przedstawiony w nieformalnym opisie systemu oryginalnego model podstawowy pozwala uzyskać wszystkie reakcje WE/WY. Innymi słowy: jest on zasadny dla wszystkich dopuszczalnych układów eksperymentów, które opisują ograniczony zbiór warunków, w których system rzeczywisty jest obserwowany lub w których zrealizowany będzie eksperyment.

Biorąc pod uwagę bardzo dużą liczbę elementów struktury danych i interakcji, model podstawowy może być niezmiernie duży. W praktyce duży stopień złożoności modelu podstawowego uniemożliwia rozpatrywanie go jako modelu symulacyjnego.

W badaniach organizacyjnych złożonych procesów jednorodnych powszechnie zastosowanie ma quasi-symulacja. Oznacza to, że w przypadku małej ilości prób na systemie oryginalnym przyjmuje się model podstawowy jako podstawę do eksperymentów symulacyjnych. Model podstawowy złożonego procesu jednorodnego jest w badaniach reprezentantem systemu rzeczywistego i od jego prawdziwości w odwzorowaniu rzeczywistości zależy jakość i efektywność procesów symulacyjnych, przygotowujących decyzje

kompromisową.

Jeżeli z kolei zachowana jest zasadność pomiędzy strukturami modelu podstawowego a modelu scalonego, to model scalony jest zasadny względem modelu podstawowego a reakcja modelu scalonego w każdym kroku czasowym w sposób poprawny odzwierciedla reakcje modelu podstawowego /elementy, zmienne opisowe, interakcja elementów/. Model scalony stanowi podstawę do realizacji programu komputerowego.

2. Symulacja systemów użytkowania w ujęciu zdarzeń dyskretnych

Sterowanie procesem symulacyjnym polega na cyklicznym uruchamianiu odpowiednich elementów funkcjonalnych modelu oraz algorytmu symbolizującego upływ czasu. Funkcję sterowania w symulacji komputerowej reprezentują:

- zbiór instrukcji warunkowych, które reprezentują /identyfikują/ punkty w programie symulacyjnym i do których ma być skierowane dalsze sterowanie w przypadku spełnienia lub nie spełnienia danego warunku dla ocenianego punktu programu;
- instrukcja skoku, powodująca bezwarunkowe przekazanie procesowi sterowania do instrukcji warunkowej o określonym punkcie programu symulacyjnego.

W symulacji systemu użytkowania, gdzie

$$G_u = \langle U, A, E_{UA} \rangle \quad (3)$$

z wyróżnionymi zbiorami wierzchołków $U = \{U_i\}$ oraz $A = \{A_q\}$ oraz łukami E_{UA} odwzorowującymi relacje pomiędzy tymi zbiorami, poszczególne oznaczenia wyrażają:

- zbiór użytkowników /placów budów, przedsiębiorstw itp/

$$U = \{U_i\} \quad \text{dla } i = 1, 2, \dots, I$$

- zbiór stanowisk użytkowania /obiektów technicznych, zestawów, kompleksowej mechanizacji złożonych procesów jednorodnych /

$$A = \{A_q\} \quad \text{dla } q = 1, 2, \dots, Q$$

wykorzystuje się odwzorowanie systemu dyskretnych zdarzeń.

Przetwarzanie informacji o systemie oryginalnym, odwzorowane w modelu podstawowym, przebiega w najogólniej pojętym węźle informacyjnym. Węzeł ten posiada określoną charakterystykę, dzięki której dana informacja wejściowa (WE) zostaje zamieniona na informację wyjściową (WY). Ta właściwość węzła informacyjnego nazywana jest przez wielu autorów jako funkcja przejścia, operator funkcjonowania, algorytm działania.

W analizowanych systemach oryginalnych można wyróżnić kilka rodzajów

użytkowania obiektów technicznych, zależnie od celu działania, przedmiotu działania a także składu poszczególnych elementów uogólnionego obiektu technicznego jako podmiotu działania. Dla systemów użytkowania, np. maszyn do robót ziemnych można wyróżnić następujące rodzaje ich użytkowania: skrawanie gruntu z jego przemieszczaniem; skrawanie gruntu wraz z załadunkiem urobku na pojemniki samochodów; załadunek mas ziemnych do pojemników; przemieszczanie gruntu na dalsze odległości wraz ze skrawaniem. Z kolei, ze względu na zakres robót ziemnych i odległości przemieszczania skrawanego gruntu, można wyróżnić: przemieszczanie mas ziemnych w obrębie placu budowy, przemieszczanie na małe odległości; przewóz mas ziemnych na dalsze odległości, poza placem budowy. Ze względu na użytkowników możemy wyróżnić: maszyny własne przedsiębiorstwa budowlanego, maszyny specjalistyczne przewoźnika itp.

Rodzaje użytkowania obiektów technicznych w sposób istotny wpływają na technologię realizacji złożonych procesów budowlanych oraz efektywność tych procesów. Można również uznać, że technologia produkcji budowlanej wymusza niejako rodzaj użytkowania dysponowanych obiektów technicznych a tym samym wpływa na wybór zestawu mechanizacji kompleksowej.

Sposób oceny obiektu technicznego w aspekcie jego sprawności, intensywności użytkowania, wydajności czy efektywności, zależy od prawidłowo ujętego modelu implicite względnie explicite, tj. zależnie od przyjętej metody badawczej systemu oryginalnego.

W każdym jednak przypadku, strategia symulacji interakcji procesów w ujęciu zdarzeń dyskretnych powinna polegać na połączeniu procedury planowania zdarzeń oraz przeglądu zdarzeń.

Przeglądanie instrukcji programu w symulacji systemu zdarzeń dyskretnych związane jest z odbiciem struktury modelu o większym prawdopodobieństwie poprawnego wykonania programu, jak i szybszego usuwania z niego błędów w stosunku do stosowanych dotychczas metod symulacyjnych w odwzorowaniu złożonych procesów budowlanych.

3. Zasady wdrożenia symulacji organizacyjnej systemów użytkowania obiektów technicznych

Omówiona w referacie, z konieczności w bardzo ograniczonym zakresie, reguła modelowania logicznego oraz iteracji procesów na podstawie odwzorowania systemu oryginalnego w modelu podstawowym, związana jest z przestrzeganiem pewnych zasad postępowania:

- 1/ złożony proces jednorodny powinien charakteryzować się jednoznacznością odtworzenia układu technologiczno-organizacyjnego realizujących go obiektów technicznych;

- 2/ dokonany dobór zestawów mechanizacji kompleksowej procesu jednorodnego powinien być oparty na dysponowanych maszynach w jednostce organizacyjnej i ich miernikach jakości, przy posiłkowaniu się zasadą synchronizacji parametrów roboczych maszyn współpracujących do parametrów maszyny głównej w danym zestawie;
- 3/ struktura danych modelu podstawowego, jako zestaw charakterystyk obiektów technicznych, jest ekwiwalentem materii systemu oryginalnego. Dokładność badań, pomiarów i obserwacji systemu oryginalnego oraz jego adekwatność w odtworzeniu w modelu ma podstawowe znaczenie o wyniku eksperymentu;
- 4/ wyróżnione, kolejne odmiany stanu użytkowania obiektów technicznych, stanowią podstawowe wielkości jako elementy funkcjonalne w modelu symulacyjnym oraz procedurze symulacyjnej, stanowiącej składową część instrukcji eksperymentu. Od ich jednoznaczności zależy więc powodzenie eksperymentu symulacyjnego;
- 5/ na poprawność przebiegu procesu symulacyjnego i jego przydatności dla celów praktycznych ma również wpływ uwzględnienie warunków realizacji procesów jednorodnych. Ich wpływ należy uwzględnić w procedurze symulacyjnej jako elementy funkcjonalne, wprowadzane na zasadzie zdarzeń równoczesnych jako "jeden w czasie" według aktualnego stanu techniki komputerowej. W okresie wprowadzania następnych generacji komputerów, czynniki zewnętrzne mające wpływ na system oryginalny, powinny być wprowadzane do procedury symulacyjnej w ujęciu zdarzeń dyskretnych jako zdarzenia równoległe.

MODELLING AND SIMULATION OF THE SYSTEMS OF MACHINE EXPLOATATION IN HOMOGENEOUS BUILDING PROCESSES

S u m m a r y

The report presents researd work carried out within framework of the prepared habilitation dissertation.

The topics consists of general guide-lines and recommendations in the area of preparation and analysis of statistical data which forms the basis of the building simulation models.

The contents of the paper only in a slight degree concerns the paricular, mentioned in the title, problem.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИМУЛЯЦИЯ СИСТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИН В ОДНОРОДНЫХ ПРОЦЕССАХ.

Резюме

Доклад есть отчетом исследования по подготовленной диссертации на соискание высшей учебной степени. В его содержании обильно намечены и рекомендации в области приготовления и статистических анализов материала до подготовки строительных симуляционных модели комплексной механизации строительных процессов.

Wpłynęło do Redakcji 20.03.1988 r.