ДОДАТОК А

Апробація результатів досліджень

Міністерство освіти і науки України

NURE

Харківський національний університет радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam

http://itez.zntu.edu.ua/

http://kafea.kdu.edu.ua

Міністерство освіти і науки України Харківський національний університет радіоелектроніки

кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР)

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2) [електронне видання]

УДК 004.942

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ

Є.Г. Федосєєв
Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14
E-mail: yevhen.fedosieiev@nure.ua

Анотація: Дано визначення імітаційному моделюванню. Розглянуто застосування, мету, види та методи імітаційного моделювання.

Ключові слова: імітаційне моделювання, застосування, мета, види, методи

ANALYSIS OF METHODS OF SIMULATION MODELING OF ASSEMBLY PROCESSES

E.G. Fedoseev
Kharkiv National University of Radio Electronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14
E-mail: yevhen.fedosieiev@nure.ua

Annotation: The definition of simulation modeling is given. The application, purpose, types and methods of simulation modeling are considered.

Keywords: simulation modeling, application, purpose, types, methods

Вступ. Імітаційне моделювання (ситуаційне моделювання) – метод дослідження, при якому система, що вивчається, замінюється моделлю, яка з достатньою точністю описує реальну систему (побудована модель описує процеси так, як вони проходили б у дійсності), з якою проводяться експерименти, з метою отримання інформації про цю систему. Таку модель можна використовувати в часі, як для одного, так і багатьох випробувань. При цьому результати будуть визначатися випадковим характером процесів. За цими даними можна отримати достатньо стійку статистику. Експериментування з моделлю називають імітацією (імітація – це збагнення суті явища, не вдаючись до експериментів на реальному об'єкті).

Імітаційне моделювання – це окремий випадок математичного моделювання. Існує клас об'єктів, для яких з різних причин не розроблені аналітичні моделі, або не розроблені методи рішення отриманої моделі. В цьому випадку аналітична модель замінюється імітатором або імітаційною моделлю.

Імітаційним моделюванням іноді називають отримання приватних чисельних рішень сформульованої задачі на основі аналітичних рішень або за допомогою чисельних методів.

Імітаційна модель – логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері в цілях проектування, аналізу та оцінки функціонування об'єкта, яким в нашому випадку є технологічний процес складанні приладів з модульною конструкцією.

Застосування імітаційного моделювання є доречним у наступних випадках:

– коли дорого або неможливо експериментувати на реальному об'єкті;

– коли неможливо побудувати аналітичну модель: в системі є час, причинні зв'язку, наслідок, нелінійності, стохастичні (випадкові) змінні;

– необхідно зімітувати поведінку системи в часі.

Мета імітаційного моделювання полягає у відтворенні поведінки досліджуваної системи на основі результатів аналізу найбільш суттєвих взаємозв'язків між її елементами або іншими словами – розробці симулятора досліджуваної предметної області для проведення різних експериментів.

Розрізняють наступні види імітаційного моделювання:

– дискретно-подієве моделювання – підхід до моделювання, що пропонує абстрагуватися від безперервної природи подій і розглядати тільки основні події, що моделюється, такі, як: «очікування», «обробка замовлення», «рух з вантажем», «розвантаження» та інші. Дискретно-подієве моделювання найбільш розвинене і має величезну сферу додатків – від логістики та систем масового обслуговування до транспортних і виробничих систем. Цей вид моделювання найбільш підходить для моделювання виробничих процесів. Заснований Джеффрі Гордоном в 1960-х роках;

– системна динаміка – парадигма моделювання, де для досліджуваної системи будуються графічні діаграми причинних зв'язків і глобальних впливів одних параметрів на інші в часі, а потім створена на основі цих діаграм модель імітується на комп'ютері. По суті, такий вид моделювання більш всіх інших парадигм допомагає зрозуміти суть того, що відбувається виявлення причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами і явищами. За допомогою системної динаміки будують моделі бізнес-процесів, розвитку міста, моделі виробництва, динаміки популяції, екології та розвитку епідемії. Метод заснований Джеєм Форрестер в 1950 роках;

– агентне моделювання – відносно нове (1990-2000 рр.). Це напрямок в імітаційному моделюванні, яке використовується для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами і законами (як в інших парадигмах моделювання), а навпаки, коли ці глобальні правила і закони є результатом індивідуальної активності членів групи. Мета агентних моделей – отримати уявлення про ці глобальні правила, загалом поведінці системи, виходячи з припущень про індивідуальний, приватному поведінці її окремих активних об'єктів і взаємодії цих об'єктів в системі. Агент – якась сутність, що володіє активністю, автономним поведінкою, може приймати рішення відповідно до деяких наборів правил, взаємодіяти з оточенням, а також самостійно змінюватися.

Основними методами імітаційного моделювання є: аналітичний метод, метод статичного моделювання і комбінований метод (аналітико-статистичний) метод.

Аналітичний метод застосовується для імітації процесів в основному для малих і простих систем, де відсутній фактор випадковості. Наприклад, коли процес їх функціонування описаний диференціальними або інтегродиференціальним рівняннями. Метод названий умовно, так як він об'єднує можливості імітації процесу, модель якого отримана у вигляді аналітично замкнутого рішення, або рішення отриманого методами обчислювальної математики.

Метод статистичного моделювання спочатку розвивався як метод статистичнихвипробувань (Монте-Карло). Це – чисельний метод, що складається в одержанні оцінок імовірнісних характеристик, які збігаються з рішенням аналітичних задач (наприклад, з рішенням рівнянь і обчисленням певного інтеграла). Надалі цей метод став застосовуватися для імітації процесів, що відбуваються в системах, всередині яких є джерело випадковості або які схильні до випадкових впливів. Він отримав назву методу статистичного моделювання.

Комбінований метод (аналітико-статистичний) дозволяє об'єднати гідності аналітичного і статистичного методів моделювання. Він застосовується в разі розробки моделі, що складається з різних модулів, що представляють набір як статистичних так і аналітичних моделей, які взаємодіють як єдине ціле. Причому в набір модулів можуть входити не тільки

модулі відповідні динамічним моделям, але і модулі відповідні статичним математичниммоделям.

Імітаційне моделювання виконується в декілька етапів:

– формулювання мети моделювання;

– побудова концептуальної моделі (математичної моделі);

– вибір апарату моделювання (система, мова програмування тощо);

– планування експерименту;

– виконання експерименту

– обробка, аналіз і інтерпретація даних експерименту [10].

Висновки. Імітаційне моделювання дозволяє врахувати максимально можливе число чинників при ухваленні управлінських рішень і є найбільш потужним засобом аналізу складних систем і процесів. Розробка імітаційної моделі надає можливості візуалізації процесуроботи системи в часі, схематичного завдання її структури і видачі результатів в графічному вигляді. Це дозволяє наочно уявити отримане рішення і оцінити його ефективність мінімізувавши витрати коштів та часу на його реалізацію.

Імітаційне моделювання є основою для створення нових технологій управління, авикористання сучасного програмного забезпечення не лише робить цей метод усе більш доступним для фахівців-практиків, але і дозволяє використовувати його в навчальному процесі при підготовці кваліфікованих фахівців.

ЛІТЕРАТУРА

1. Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група BHV, 2005. – 352 с.

2. Уривський Л.О. Імітаційне моделювання систем і процесів у телекомунікаціях: Навчальний посібник / Л.О. Уривський, А.В. Мошинська С.О. Осипчук. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 202 с.

3. Буяк Л. М. Імітаційне моделювання: методи і програми мовою С++ / Л. М. Буяк, В. К. Паучок. – Тернопіль : ТНЕУ, 2008. – 152 с.

4. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування : практикум / Ю. В. Жерновий ; М-во освіти і науки України, Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.

5. Law Averill M. Simulation modeling and analysis / Averill M. Law, W. David Kelton. – 2nd ed.– Singapore, 1991. – 755 p.

Науковий керівник: *Аллахверанов Рауф Юсіфович, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри КІТАР, Харківського національного університета радіоелектроніки*

ДОДАТОК Б

Код програми

```
% конфігурації робота

q1 = [-pi/2;1;pi/2];
q2 = [-pi/2;3;pi/2];
q3 = [-pi;3;0];
q4 = [-pi;2.25;0];

 % визначення маніпулятора та блоку

 r = robot([dh(0,0,2,q1(1)); dh(-pi/2,0,q1(2),0); dh(0,0,1,q1(3))], ['r', 'p', 'r'],...
        'RobotGrasper', rp2t(roty(-pi/2),[0;0;0.5]),...
        'RobotGrasperSize', 1,...
        'RobotRange', [-pi, pi; 0, 4; -pi, pi],...
        'RobotCylinderRadius', 0.25,...
        'RobotCylinderApprox', 16,...
        'RobotColor', [0,0.25,0.65],...
        'RobotGrasperColor', [0,0.5,1],...
        'RobotExColor', 'g',...
        'RobotEdgeColor', 'none',...
        'RobotModel', 'rangeex');
b = cuboid(0.5,0.5,2,'BlockColor','y','BlockEdgeColor',[0.75,0.75,0]);
b = block_move(b, rp2t(eye(3),[5.125;0;1]));

% глобальна система координат, маніпулятор та блок у початковій позиції

 clf
axis([-4 6 -6 4 -2 6])
grid on
csys_plot(csys(eye(4), 'CSysAxisLength', axis));
camlight
```

```
b = block_plot(b, 'surf');
b = block_plot_csys(b);
r = robot_plot(r, 'surf');
h = text(-5,0,6,'Press any key...');
pause;  delete(h);

% перша частина завдання: маніпулятор ловить блок

 [q,v,t] = trajectory(0:0.025:2, q1, q2, 'poly3');
r = robot_motion(r, q);
r = robot_catch(r, b);
 % друга частина завдання: маніпулятор рухає блок і скидає його в остаточне положення

[q,v,t] = trajectory(0:0.025:3, q2, q3, 'poly3');
r = robot_motion(r, q);
r = robot_drop(r);

% третя частина завдання: маніпулятор повертає початкову позицію, уникаючи блоку

[q,v,t] = trajectory(0:0.025:1.5, q3, q4, 'poly3');
r = robot_motion(r, q);
[q,v,t] = trajectory(0:0.025:1.5, q4, q1, 'poly3');
r = robot_motion(r, q);
```

ДОДАТОК В

Демонстраційний матеріал

Формат	Позиція.	ПОЗНАЧЕННЯ	НАЙМЕНУВАННЯ	Кільк.	Примітки
			Текстові документи		
А4	1	ГЮІК 519.87.22 ПЗ	Пояснювальна записка	78	с.
			Інші документи		
			Апробація результатів		
			досліджень	5	с.
А4	2		Код програми	2	с.
А4	3		Демонстраційний матеріал	12	с.

Змін.	Арк	Номер докум.	Підпис	Дата	ГЮІК 519.87.22ВД			
Розроб.		Федосєєв Є.Г.			Імітаційне моделювання технологічного процесу складання приладів з модульною конструкцією Відомість кваліфікаційної роботи	Літера	Арку	Аркуш
Переві		Аллахверанов Р.Ю.				Н	1	1
						Кафедра КІТАР ХНУРЕ		
Н.конт		Стародубцев М.Г						
Затв.		Невлюдов І.Ш.						