

програмне забезпечення, скорочується машинний час обчислень. Виконані тут дослідження вимагають подальшого продовження з метою їх адаптації в умовах одночасної оптимізації відношення продуктивностей і місткості нагромаджувачів, а також для оптимізації параметрів механізмів живлення.

Література

1. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д., Максимів В.М., Сорока Л.Я. Елементи теорії автоматичних ліній/ – Київ-Львів: ІЗМН, 1998. – 192 с.
2. Дудюк Д.Л. До проблем теорії автоматичних ліній // Автоматика. Автоматизація. Електричні системи і комплекси. – Херсон, №2, 1999. – С. 110-116.

УДК 681.3.06 Доц. М.І. Пилипчук, к.т.н.; доц. А.С. Григор'єв, к.т.н. – УкрДЛТУ

МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ ПРОГРАМ В EXCEL ТА ВИКОРИСТАННЯ ЇХ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Наведено розроблену авторами методику та схему алгоритму створення програм в середовищі електронних таблиць EXCEL. Методика використана при створенні програм для навчальних предметів "Основи наукових досліджень" та "Проектування деревообробного обладнання".

Doc. M. Pylypchuk, A. Grigor'ev – USUFWT

Technique of creation of programs in excel and their use in educational process

The technique developed by authors and the circuit of algorithm of creation of programs in the environment of spreadsheets EXCEL is given. The technique is used at creation of programs for a rate of the "Basis of scientific researches" and "Projection wood-working the equipment".

Під час проведення наукових досліджень та інженерного проектування деревообробного обладнання завжди є необхідність проведення значних об'ємів обчислень: статистичних, апроксимаційних, математичного планування експерименту, розрахунків на міцність, жорсткість валів і шпинделів деревообробних верстатів, розрахунок передач пасових, ланцюгових і т. ін. Цей круг задач існує вже давно і для прискорення розрахунків використовувалися такі засоби як арифмометр, логарифмічна лінійка, калькулятор, програмування спочатку на мові EOM, а потім на мові BASIC, PASCAL та DELPHI.

Одним із потужних сучасних засобів вирішення наведених задач є також електронні таблиці EXCEL, які дозволяють провести програмовані обчислення над даними, що представлені у вигляді таблиці, отримати результати обчислень в числовому вигляді і представити їх також в графічному вигляді. Слід зазначити, що для автоматизації деяких дій в середовищі EXCEL і створення макросів використовується сучасна мова програмування VISUAL BASIC, що також значно підвищує дієвість і перспективність використання EXCEL.

Для того, щоб використати можливості EXCEL і забезпечити максимальну зручність під час користування програмами розроблено такі принципи побудови програм:

- програма розташовується в окремих вікнах книги EXCEL;
- перше вікно – це вікно вводу даних;
- дані повинні розміщуватися в межах екрану, без застосування прокрутки;

- розміри приросту повинні бути максимальними, але забезпечувати розміщення даних відповідно до вищезазначених пунктів;
- жовтим кольором виділяються комірки, в які проводиться ввід даних;
- все, що треба, максимально коментується, а також наводяться довідкові дані;
- для виконання дій використовуються макроси, які включаються кнопками з відповідними написами;
- під час програмування, в першу чергу, використовуються вбудовані статистичні функції EXCEL, такі як знаходження середнього, дисперсії, найбільшого, найменшого значень вибірки, ранжування і т. ін.;
- на всіх сторінках, які необхідно друкувати, вставляються кнопки друку.

Загальна схема алгоритму створення програм в EXCEL показана на рис. 1.



Рис. 1. Загальна схема створення програм в EXCEL.

За наведеними принципами створені програми статистичного, регресивного аналізу та математичного планування експерименту, які успішно використовуються в навчальних предметах "Основи наукових досліджень" та "Проектування деревообробного устаткування".

УДК 630*3: 338

Ст. вист. Л.Д. Загвойська – УкрДЛТУ

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ДОСЛІДЖЕННІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

Йдеться про застосування імітаційного для вивчення напрямків розвитку біологічних систем, дослідження процесів функціонування складних технічних систем, а відтак оптимізації менеджменту цих систем. Подаються приклади застосування цього підходу моделювання до оптимізації менеджменту одно- та різновікових насаджень, удосконалення організації автоматизованих виробничих систем. Вказується на необхідність ознайомлення студентів із цим потужним науковим інструментарієм.

L. Zahvoyska – USUFWT

Simulation in discovering complex systems

Paper deals with cases of application simulation in discovering complex system behavior and later optimizing their management. Two examples are introduced more precisely. One of them is forest management optimizing and the other is multi stage transfer line management optimizing. Enabling students in familiarizing with simulation is stressed.

Сучасна наука покликана вирішувати дедалі складніші проблеми, які постають перед людством, водночас ефективність їх вирішення має кардинальний

вплив на його подальший розвиток. Тому дуже важливо навчати студентів нових прогресивних інструментів досліджень, які є ефективними для дослідження широкого класу явищ і процесів.

1. Імітаційне моделювання та його методологія

Багатогранність реального світу кібернетика описує за допомогою терміну система і розрізняє системи за складністю та наявністю фактора випадковості. Усвідомлюючи неможливість опису складних систем, а відтак і їх поведінки, кібернетика пропонує термін "чорна скринька", аби у такий спосіб обминути труднощі їх опису.

Як системи біологічного походження, так і системи штучні, мають складну структуру, вони характеризуються великою кількістю елементів, динамічністю зв'язків між ними і підвладністю дії збурювальних факторів. Аналітично описати взаємодію різноманітних факторів, що визначають структуру й особливості функціонування цих систем, просто неможливо. Найбільш дієвим і точним інструментом дослідження у таких випадках стає імітаційне моделювання.

За своєю суттю імітаційне моделювання – це заміна досліджуваної системи її адекватним кібернетичним аналогом та подальше дослідження його поведінки. Тому незмінним засобом реалізації імітаційних моделей є обчислювальна техніка, стрімкий розвиток якої, підсилений інтелектуалізацією програмного забезпечення, створює широкі можливості для інтенсивного використання імітаційного моделювання у практиці наукових досліджень.

Найбільш важливими аспектами застосування імітаційного моделювання [3] є:

- дослідження границь і структур систем з метою розв'язання конкретних проблем;
- виявлення та аналіз критичних елементів, складових і точок у досліджуваних системах і процесах;
- синтез та оцінка запропонованих рішень;
- прогнозування і планування розвитку досліджуваних систем.

Зокрема, якщо предметом досліджень є біологічні системи, віддалені у просторі або часі, то адекватна імітаційна модель дозволить вивчати їх, хоча у реальних умовах це неможливо. Коли ж заходить мова про проектування, то імітаційне моделювання дозволяє вивчити поведінку технічних систем без їх побудови. Воно дозволяє досліджувати системи без втручання у сам процес їх функціонування, що є особливо цінним, коли таке втручання є небезпечним, надто дорогим або може вивести систему за межі нормального функціонування чи зруйнувати.

Таким чином, імітаційне моделювання використовується для проектування, аналізу та оцінки функціонування системи різноманітної природи: біологічних, економічних, соціальних, комерційних, виробничих, транспортних і т.д. Вивчення зарубіжного досвіду говорить про те, що імітаційні методи, поряд із статистичними, є найбільш поширеними засобами теорії управління і дослідженні операцій в управлінні промисловими підприємствами та організаціями.

Відправною точкою імітаційного моделювання є припущення, що поведінку будь-якої системи можна описати динамікою її станів, кожен з яких характеризується рядом параметрів.

Перебіг часу в імітаційних моделях можна відображати двома способами: постійно збільшувати час на одну і ту ж величину (*fixed-time incrementing*), а та-

кож моделювати окремі події (*next-event incrementing*). В імітаційних моделях можна враховувати вплив випадкових факторів на перебіг процесу, що дозволяє наблизити кібернетичну модель до реальної системи.

Основними етапами імітаційного моделювання згідно з [3] є:

- **формулювання проблеми:** опис досліджуваної проблеми і визначення цілей дослідження;
- **розробка моделі:** логіко-математичний опис модельованої системи відповідно до формулювання проблеми;
- **підготовка даних:** ідентифікація, специфікація та збір даних;
- **трансляція моделі:** представлення комп'ютерно-реалізованої версії моделі;
- **верифікація:** перевірка коректності програм;
- **валідація:** оцінка необхідної точності моделювання й адекватності моделі реальній системі;
- **стратегічне і тактичне планування:** визначення умов проведення машинного експерименту з імітаційною моделлю;
- **експериментування:** прогон імітаційної моделі на ПК для отримання необхідної інформації.
- **Аналіз результатів:** вивчення результатів імітаційного експерименту для підготування висновків і рекомендацій щодо вирішення проблеми.
- **Реалізація і документування:** реалізація рекомендацій, отриманих на основі імітації, і складання документів по моделі та її використанню.

Виконуючи імітаційне моделювання, дослідник може отримати будь-яку, необхідну йому інформацію щодо стану системи. Її точність визначається насамперед рівнем адекватності моделі та умовами проведення експерименту. Імітаційне моделювання дозволяє нам більшу свободу дій, оскільки не ставить вимог до форми математичних залежностей, дозволяє вільно поєднувати детерміновані і випадкові чинники. І хоча воно не містить процедури оптимізації, але дозволяє з'ясувати наслідки обраної стратегії поведінки. Воно, образно кажучи, дозволяє принести реальний світ до лабораторії науковця.

Вищесказане можна підсумувати, зазначивши, що на сьогодні імітаційне моделювання є одним із найпотужніших і найдешевших методів дослідження складних систем, а тому далі розглянемо досвід його застосування у світовій та вітчизняній практиці наукових досліджень.

2. Імітаційне моделювання у дослідженні виробничих процесів

Ще у 70-80 рр. вітчизняні економісти вказували на тенденцію до зниження фондів віддачі у всьому народному господарстві країни, вона ж проявлялася і в економіці капіталістичних країн. І тут проявлялася не лише дія закону спадаючої віддачі. Критичним фактором було те, що об'єднуючи виробничі обладнання у технологічні потоки, автоматизовані лінії та гнучкі виробничі системи, потрібно ретельно продумати їх організацію. Інакше низькопродуктивне ненадійне обладнання блокуватиме роботу не лише сусіднього високопродуктивного обладнання, а й усієї лінії чи потоку. Для вибору оптимальної організації таких послідовних виробничих систем нами було використано підходи імітаційного моделювання [1]. Отримані результати показали, що лише завдяки оптимальній організації послідовних виробничих систем можна підвищити продуктивність їх функціонування на 3-13%, залежно від кількості об'єднаних верстатів. Крім того, застосування імітаційного моделювання дозволило зрозуміти природу утворення так званих "вузьких місць", виробити і перевірити правила їх усунення. Ці правила є релеван-

нними як на етапі проектування послідовних систем, так і на етапі розширення існуючого парку обладнання.

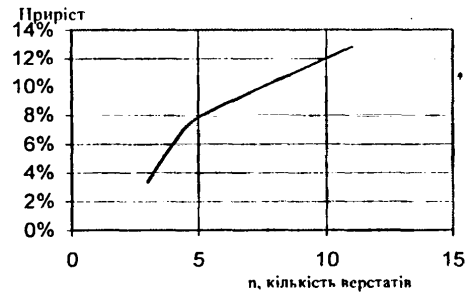


Рис. 1. Приріст продуктивності автоматизованих ліній внаслідок оптимізації послідовності верстатів залежно від кількості верстатів у лінії

Іншим прикладом застосування імітаційного моделювання для підвищення продуктивності виробничих систем може бути вибір оптимальної кількості верстатів, які обслуговує один працівник. Традиційно цей клас задач розв'язується методами регресійного аналізу та, у найпростіших випадках, теорії систем масового обслуговування. Але такий підхід не дає відповіді на запитання "чи є вибрана стратегія оптимальною?". Застосування підходів імітаційного моделювання дозволило нам виявити таку залежність між кількістю обслуговуваних робочих місць (n_{opt}) та робітниками, враховуючи співвідношення між видатками на оплату праці та вартістю обладнання (V):

$$n_{opt} = (3.93 \cdot V + 6.38)^{0.5} - 2. \quad (1)$$

Як видно з рис. 2, перевищення оптимальної кількості обслуговуваних робочих місць, яке припадає на одного робітника, приводить до значних збитків, особливо це помітно для дорогого обладнання (великих значень параметра V). Тоді час простою робітника (L_w) однак помітно зростає час непродуктивного функціонування обладнання (L_r), що узагальнюється лінією загальних втрат часу (L_t).

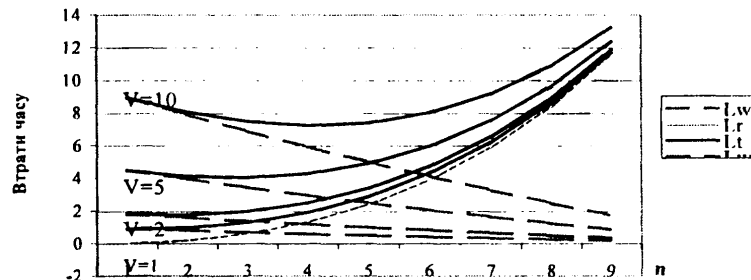


Рис. 2. Залежність втрат робочого часу від кількості робочих місць, обслуговуваних одним робітником (n) та співвідношення видатків на оплату праці та обладнання (V)

Аналогічні підходи японських вчених до дослідження ефективності режимів функціонування автоматизованих ліній викладені у [7], а американських дослідників ефективності роботи обслуговуючих систем – у роботі [5].

3. Імітаційне моделювання у дослідженні біологічних систем

Приклад використання детермінованої імітаційної моделі, реалізованої за принципом постійного приросту часу, для вибору оптимальної стратегії менеджменту різновікових лісонасаджень описаний американським економістом Buongiorno J. [4]. Ця модель дозволяє простежити ефективність стратегії менеджменту через динаміку стану лісонасадження. Критерієм оцінки ефективності менеджменту вибрано теперішню вартість лісонасадження. Модель дозволяє розрахувати проміжок часу, на якому теперішня вартість лісонасаджень досягає максимального значення, визначити оптимальний режим вирубування, його періодичність та інтенсивність, а також виконати сенситивний аналіз отриманих даних. Ілюстрацією застосування імітаційних моделей для вибору оптимальної стратегії менеджменту лісонасаджень в умовах ризику може бути подійно-орієнтована стохастична модель, що описує розвиток лісонасаджень у регіонах, де часто виникають пожежі [4]. Для опису таких випадкових подій, як пожежі, використано випадкову величину, яка розподілена за експоненційним законом. У цій моделі вартість лісу теж є стохастичною величиною (рис. 3), тому для отримання точного її значення проводиться серія кібернетичних експериментів, а для її аналізу використовуються статистичні методи. З рис. 3, що відображає результати моделювання, легко вибрати кращий період ротатії, котрий дає з 95 % рівнем ймовірності максимальну теперішню вартість лісонасадження. Однак потрібно пам'ятати, що у даному разі мова йде про середні значення, на практиці ж можливі випадки, коли індивідуальні значення виходять поза межі показаних інтервалів.

Середні значення та 95% інтервали довір'я значень вартості лісонасаджень

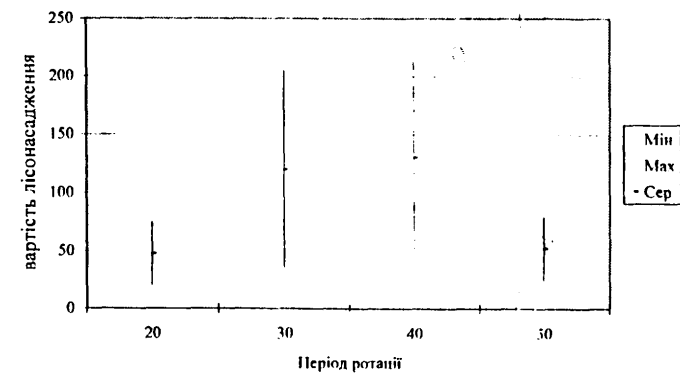


Рис. 3. Залежність теперішньої вартості лісонасадження від періоду ротатії

Ця модель дозволяє вибрати з певним рівнем імовірності оптимальну стратегію менеджменту лісонасаджень із врахуванням впливу випадкових чинників, простежити, як змінюється ця стратегія зі зміною природних умов місцевості, дозволяє менеджеру вибрати рівень надійності розрахунків з урахуванням його ставлення до ризику.

Висновки

З часу першого застосування датським математиком Ерлангом імовірнісних підходів до питань дослідження ефективності функціонування систем масового обслуговування пройшло чимало часу. Тепер імітаційне моделювання є поширеним інструментом вивчення та аналізу складних систем, незалежно від їх походження. Тому у процесі навчання студентів методології наукових досліджень необхідно велику увагу звертати на освоєння ними цього сучасного потужного й універсального інструментарію.

Література

1. Дудюк Д.Л., Максимів В.М., Сорока Л.Я., Загвойська Л.Д. та ін. Імітаційне моделювання гнучких автоматизованих ліній у лісовиробничому комплексі. (1996). Д.Л. ІСДО, – К.: 1992.
2. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. – К.: Фітосоціоцентр, 1998.
3. Принкер А. Введение в имитационное моделирование и язык SLAMPP.M.: – Мир, 1987.
4. Buongiorno J., Gilles J. Forest management and economics. Macmillan publishing company. New York. 1987.
5. Carroll J.M. Simulation using personal computer, 1985.
6. Koenigsberg E. Production lines and internal storage. Management Science. 5, 1956.
7. Okamura K., Yamashina H. Analysis of in-process buffers for multi-stage transfer line systems. Int. J. Prod. Res. 1983. Vol. 21. No 2, p. 183-195.
8. Zahvoyska L. Analysis of multi-stage transfer line systems using simulation. Report prepared for the International symposium. Prague. 1999.

УДК 658.527.011.56

Доц. Р.Я. Оріховський, к.т.н. – УкрДЛТУ

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОЗРОБКИ АЛГОРИТМІВ І ПРОГРАМ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ФАНЕРНОГО ВИРОБНИЦТВА

Розглядаються питання застосування принципів імітаційного моделювання для дослідження роботи гнучких автоматизованих ліній фанерного виробництва і оптимізації їх структури і параметрів.

Doc. R.Ya. Orikhovskiy – USUFIWT

Application of the principles of simulation for creation software for optimization of technological lines in the plywood production

The problems of use of the simulation principles for research of work of flexible transfer lines in the plywood production and for optimization theirs structure and parameters are considered.

Фанерне виробництво, як досліджуваний об'єкт, складає собою складну систему, для якої неможливо сформулювати єдиний критерій оптимальності, що всесторонньо характеризував би систему і дозволяв би оцінювати і порівнювати за його допомогою різні варіанти рішень. Значна кількість факторів, зв'язків, сто-

хастичних впливів зумовили для розв'язання задач раціонального проектування технологічних потоків фанерного виробництва використовувати методи імітаційного моделювання [1]. Метод імітаційного (статистичного) моделювання – один з найбільш потужних методів дослідження реально існуючих і спроектованих об'єктів найрізноманітнішої природи і довільної складності. Цей універсальний метод полягає в побудові так званої імітаційної моделі об'єкта дослідження і цілеспрямованому експериментуванню з нею для одержання відповідей на поставлені запитання. Метод статистичного моделювання можна розглядати, як своєрідний експериментальний метод дослідження [2]. Імітаційне моделювання передбачає вивчення об'єктів шляхом проведення експериментів на їх математичних моделях, що реалізовані на персональних комп'ютерах. Суть імітаційного моделювання роботи технологічних потоків фанерного виробництва, автоматичних ліній та інших виробничих систем полягає у побудові алгоритмів імітації (відтворення) вхідних потоків замовлень (заготовок) та процесу їх обслуговування. Крім цього, відтворюється дія на систему збурювальних факторів, взаємодія між елементами та інші умови протікання процесу. За ними алгоритмами на ПЕОМ багаторазово імітується процес функціонування досліджуваної системи, як системи масового обслуговування (СМО) [3]. Отримана інформація про стан системи та її елементів накопичується, статистично обробляється і використовується для оцінки показників якості функціонування ліній.

Існує декілька принципів імітаційного (статистичного) моделювання автоматизованих ліній [1]: принцип А_т; принцип зміни стану фаз системи; принцип послідовного проведення замовлення.

Принцип А_т базується на послідовному аналізі через постійні достатньо малі проміжки часу стану ліній та її елементів. Принцип універсальний, але не економічний. Потребує великих витрат машинного часу. Більш раціональні принципи зміни стану фаз і послідовного проведення замовлення.

За принципом зміни стану фаз процес функціонування системи розглядається як функціонування одноканальної багатофазної СМО. Зміна стану системи відбувається в момент надходження чергового замовлення (предмету праці), в момент закінчення обслуговування (обробки), в момент відмови будь-якого елемента. Моделюючий алгоритм, побудований за принципом визначення моментів зміни стану системи, простий і повністю відповідає задачам моделювання автоматизованих ліній. Процес роботи автоматизованих ліній розглядається як процес функціонування СМО. Чергове замовлення (заготовка) після закінчення обслуговування (обробки) на *i*-й фазі (операції) системи передається у буферний пристрій (накопичувач), якщо він наявний і не переповнений заготовками, які надійшли раніше, або передається в наступну (*i*+1) фазу, якщо вона вільна. В протилежному випадку *i*-та фаза простоє з обробленою на ній заготовкою до моменту звільнення наступної фази. Таким чином виникають втрати робочого часу *i*-тої фази. Після звільнення від обробленого предмету праці *i*-та фаза починає наступну операцію. Наступний предмет праці надходить з буферного пристрою при наявності хоча б однієї заготовки у ньому, або від попередньої (*i*-1) фази (верстата), якщо вона закінчила обслуговування (технологічну операцію). У разі, коли перед *i*-тою фазою немає заготовок, то вона (*i*-та фаза) простоє до моменту закінчення обробки на попередній фазі. Знову виникають так звані накладені втрати робочого ча-