

М.: ЦНИИТЭИ легпром, 1988. – 164 с.

2. Единая методика конструирования одежды СЭВ, (ЕМКО РЭВ). Базовые конструкции женской одежды: Том 2. М.: ЦНИИТЭИ легпром, 1988. – 119 с.

3. Мартынова А.И. Конструирование моделирование одежды / А.И. Мартынова, Е.Г. Андреева. – М.: МГАЛПИ, 1999. – 216 с.

4. ОСТ 17-326-81. Изделия швейные, трикотажные, меховые. Фигуры женщин типовые. Размерные признаки для проектирования одежды. – М.: УНШТЭИ легпром, 1981. – 110 с.

Надійшла 13.2.2010 р.

УДК 687: 658.562+519.652

Н.В. БІЛЕЙ-РУБАН, М.М. ПАГІРЯ
Мукачівський державний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ШВЕЙНОГО ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ЕКСТРАПОЛЯЦІЙ ФУНКЦІЙ

На прикладах виробництва швейних виробів розглядаються основні методи прийняття рішень в складній багатофакторній системі, якою є швейне підприємство, аналізуються можливості методів прогнозованої оцінки з пропозицією коректного застосування математичного апарату екстраполяції.

For example the production of garments reviews the major decision in a complex multifactorial system, which has a garment factory, analyze possible methods expected evaluation with the correct application of mathematical apparatus extrapolation.

Ключові слова: моделювання технологічних процесів, екстраполяція функцій, багаточлен, ланцюговий дріб, прогнозна оцінка.

Постановка проблеми

Сьогоднішні процеси швейного виробництва в значній мірі, вирішуючи завдання проектування та виготовлення різного за призначенням одягу, продовжують залишатися доволі трудомісткими. Будучи за своєю природою гнучкими, в умовах частой зміни номенклатури та обсягів асортименту, нормального та стабільного функціонування, оптимізація наявних технологічних процесів потребує залучення науково обґрунтованих методів організації виробництва з відповідним математичним забезпеченням ЕОМ.

Завданням виробничих процесів є їх здатність виконувати наперед задані функції, зберігаючи в часі значення визначених показників в певних межах. Саме ця властивість здатна характеризувати надійність та стабільність виробництва. Проте, враховуючи сьогодення, названі характеристики є доволі комплексними і зачасти стан, який властивий працездатності чи непрацездатності підприємства можна застосовувати лише для цілком визначеного (вибраного, певного) періоду часу із обов'язковим уточненням функції об'єкту.

Об'єкти та методи досліджень

Як об'єкт досліджень обрано технологічний процес виготовлення швейних виробів, а саме таку його специфічну характеристику, як рівень використання виробничих потужностей в заданий період часу при виготовленні різних за призначенням асортиментних груп швейних виробів. Така тенденція характерна для підприємств малої та середньої потужності. Дослідження базувались на системному та комплексному підходах щодо узагальнення методів прогнозованої оцінки з використанням математичного апарату екстраполяцій функцій. Усі розрахунки проводились на ПЕОМ з використанням власного програмного комплексу, який реалізований на алгоритмічній мові FORTRAN-2003 в середовищі операційної системи ASP Linux. Автори вважають своїм обов'язком висловити щире подяку корпорації "Intel" за надання некомерційної ліцензії на використання транслятора з мови FORTRAN-2003 для операційної системи Linux.

Постановка завдання

Враховуючи інноваційні тенденції, що мають місце на сучасних успішних швейних підприємствах, щодо орієнтації на якнайповніше задоволення вимог споживача при забезпеченні рівня якості проектних робіт, актуальними є дослідження, спрямовані на вирішення завдань моделювання та оптимізації технологічних процесів з використанням методів прогнозованої оцінки [1].

Для моделювання технологічних процесів можливими є декілька підходів:

1. Організаційно-технічне моделювання, що базується на системному аналізі та синтезі інтегрованої системи, якою є виробництво, що утворене нормативною, інформаційною, механіко-технологічною, фізичною, організаційною компонентами, кожену із яких розглядають у матричному виді з подальшою побудовою статистичних моделей процесу;

2. Інформаційне моделювання процесів чи інформаційна модель, за допомогою реалізації функцій.

3. Програмно-алгоритмічне моделювання процесів, яке передбачає класичну реалізацію наступних основних кроків алгоритму:

- розробку формули, рівняння, математичного методу апроксимації;
- оцінку похибки апроксимації;
- контроль кроку числового інтегрування.

4. Програмно-математичне моделювання процесів, яке передбачає використання методів екстраполяції функцій, зокрема:

- інтерполяційного багаточлена у формі Ньютона;
- інтерполяційного ланцюгового дробу Тіле.

Перевага нами віддана четвертому підходу до моделювання та прогнозування, так як на організаційному рівні підприємства переважають інформаційні потоки. Виходячи з цього, технологічна характеристика – рівень використання виробничих потужностей – є функцією однієї інтегрованої змінної, а саме виду асортиментної групи одягу, яка відома своїми попередніми значеннями (обсягом, термінами поставки, вимогами щодо якості, конструкторсько-технологічними параметрами, вартістю тощо) в моменти часу t_0, t_1, \dots, t_n і нехай Y_0, Y_1, \dots, Y_n значення технологічної характеристики у вказані моменти часу. Потрібно дати прогноз технологічної характеристики в деякий момент часу t^* , який знаходиться за межами раніше спостережуваних даних, тобто $t^* > t_n$.

Методи дослідження

Технологічну характеристику виробничого процесу Y , як функцію однієї змінної можемо шукати:

- а) у вигляді інтерполяційного багаточлена у формі Ньютона;
- б) у вигляді інтерполяційного ланцюгового дробу Тіле.

Нехай характеристику $Y = Y(t)$ шукають у вигляді інтерполяційного багаточлена у формі Ньютона [2]. Спочатку визначимо наступні співвідношення,

$$[Y; t_0, t_1] = \frac{Y_1 - Y_0}{t_1 - t_0}, \quad [Y; t_1, t_2] = \frac{Y_2 - Y_1}{t_2 - t_1}, \dots, [Y; t_{n-1}, t_n] = \frac{Y_n - Y_{n-1}}{t_n - t_{n-1}},$$

які називають поділеними різницями 1-порядку. З них утворюють поділені різниці 2-го порядку

$$[Y; t_0, t_1, t_2] = \frac{[Y; t_1, t_2] - [Y; t_0, t_1]}{t_2 - t_0}, \dots, [Y; t_{n-2}, t_{n-1}, t_n] = \frac{[Y; t_{n-1}, t_n] - [Y; t_{n-2}, t_{n-1}]}{t_n - t_{n-2}}$$

Продовжуючи подібні утворення далі, на $k + 1$ -му кроці отримаємо поділену різницю $k + 1$ -го порядку

$$[Y; t_{i-1}, t_i, \dots, t_{i+k}] = \frac{[Y; t_i, t_{i+1}, \dots, t_{i+k}] - [Y; t_{i-1}, t_i, \dots, t_{i+k-1}]}{t_{i+k} - t_{i-1}}$$

тут $k = 2, \dots, n, i = 1, 2, \dots, n-k$.

Розташуємо поділені різниці у вигляді наступного виду:

t_0	Y_0	$[Y; t_0, t_1]$		
t_1	Y_1	$[Y; t_1, t_2]$	$[Y; t_0, t_1, t_2]$	
t_2	Y_2	$[Y; t_2, t_3]$	$[Y; t_1, t_2, t_3]$	
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	$\dots [Y; t_0, t_1, \dots, t_n]$
t_{n-2}	Y_{n-2}	$[Y; t_{n-3}, t_{n-2}]$	$[Y; t_{n-3}, t_{n-2}, t_{n-1}]$	
t_{n-1}	Y_{n-1}	$[Y; t_{n-2}, t_{n-1}]$	$[Y; t_{n-2}, t_{n-1}, t_n]$	
t_n	Y_n	$[Y; t_{n-1}, t_n]$		

Інтерполяційний багаточлен у формі Ньютона буде мати вигляд

$$Y(t) \approx N_n(t) = C_0 + C_1(t - t_0) + C_2(t - t_0)(t - t_1) + \dots + C_n(t - t_0)(t - t_1) \dots (t - t_{n-1}), \quad (2)$$

де коефіцієнти $C_i, i = 0, 1, 2, \dots, n$, будуть рівні

$$C_0 = Y_0, \quad C_1 = [Y; t_0, t_1], \quad C_2 = [Y; t_0, t_1, t_2], \quad \dots, \quad C_n = [Y; t_0, t_1, \dots, t_n] \quad (3)$$

б) Можна характеристику $Y = Y(t)$ наближати інтерполяційним ланцюговим дробом Тіле виду [4].

$$\begin{aligned}
 Y(t) \approx D_n(t) &= b_0 + \frac{t - t_0}{b_1 + \frac{t - t_1}{b_2 + \dots + \frac{t - t_{n-2}}{b_{n-1} + \frac{t - t_{n-1}}{b_n}}} = \\
 &= b_0 + \frac{t - t_0}{b_1} + \frac{t - t_1}{b_2} + \dots + \frac{t - t_{n-1}}{b_n} = b_0 + \sum_{k=1}^n \frac{t - t_{k-1}}{b_k}, \quad (4)
 \end{aligned}$$

де коефіцієнти $b_i, i = 0, 1, 2, \dots, n$, визначають за допомогою наступного рекурентного алгоритму [5]

$$b_0 = Y_0, \quad b_k = \frac{t_k - t_{k-1}}{-b_{k-1}} + \dots + \frac{t_k - t_1}{-b_1} + \frac{t_k - t_0}{Y_k - b_0}, \quad k = 1, 2, \dots, n. \quad (5)$$

Ефективність використання апаратів наближення (2)- (3) та (4)- (5) для різних класів функцій у випадку коли $t_0 < t < t_n$ досліджена в роботі [3]. В цій роботі вивчається питання ефективності екстраполяції (прогнозування) деяких важливих технологічних характеристик вказаними вище апаратами наближення.

Результати та їх обговорення

На основі власного програмного продукту, який реалізований на алгоритмічній мові Fortran-2003, була проведена серія обчислювальних експериментів з метою з'ясування ефективності запропонованих методів.

Функція виду \sqrt{t}

Виходячи із деяких додаткових інформаційних даних про технологічну характеристику $Y = Y(t)$,

припустимо, що вона ведеться подібно до функції \sqrt{t} .

Нехай відомі значення цієї характеристики в $n + 1$ точці із інтервалу (0; 2). Будемо вважати, що заміри значення шуканої функції-характеристики були зроблені через рівні проміжки часу t_0, t_1, \dots, t_n . За відомими значеннями функції у визначені моменти часу побудуємо функції прогнозування у вигляді багаточлена (2)- (3) та ланцюгового дробу (4)- (5). Для аналізу якості функцій-прогнозів, знаходимо їх значення та значення функції \sqrt{t} в деяких точках із середини інтервалу та в точках за межами інтервалу. Були проведені числові експерименти при $n = 4, 5, 6, 7$. Такі значення n характерні для асортиментних груп одягу, кожна з яких означає різний за призначенням вид швейного виробу, але в рамках спеціалізації основного виробництва.

В табл. 1 занесено результати при $n = 6$. Із цих результатів впливає наступний висновок. У випадку, коли технологічна характеристика на інтервалі (0; 2) має поведінку схожу із поведінкою функції \sqrt{t} , то лівіше від цього інтервалу з певною допустимою точністю поведінку цієї характеристики можна прогнозувати значеннями ланцюгового дробу. Водночас багаточлен в якості функції-прогнозу не придатний.

Функція виду $\ln t$

Функція-характеристика на деякому проміжку, наприклад (0.2; 2), може бути схожою із функцією $\ln t$

Деколи така схожість впливає із технологічних міркувань.

Як і у попередньому випадку, за значеннями функції-характеристики у моменти часу $t_0, t_1, \dots, t_n, n = 4, 5, 6, 7$, які рівновіддалені між собою, будувалися функції прогнозування у вигляді ланцюгового дробу та багаточлена.

В табл. 2 занесені результати деяких числових експериментів при $n = 7$. Як видно із даних таблиці, якщо момент часу t такий, що $0.2 < t < 2$, то і ланцюго-

Таблиця 1

Функція $\sqrt{t}, n = 6$

Точка	Лан.дріб	Багаточлен	Функція
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.3571	0.5977	0.5995	0.5976
0.7143	0.8452	0.8443	0.8452
1.0714	1.0351	1.0358	1.0351
1.4286	1.1952	1.1942	1.1952
1.7857	1.3363	1.3396	1.3363
2.1429	1.4638	1.4266	1.4639
2.5000	1.5811	0.9361	1.5811
2.8572	1.6900	-1.8792	1.6903
3.2143	1.7920	-11.0934	1.7928
3.5714	1.8882	-34.5509	1.8898
3.9286	1.9793	-85.6544	1.9821
4.2857	2.0658	-185.4984	2.0702
4.6429	2.1483	-365.3466	2.1547
5.0000	2.2271	-669.4544	2.2361

Таблиця 2

Функція $\ln t, n = 7$.

Точка	Лан.дріб	Багаточлен	Функція
0.2000	-1.6094	-1.6094	-1.6094
0.8429	-0.1710	-0.1712	-0.1710
1.1643	0.1521	0.1522	0.1521
1.8072	0.5918	0.5912	0.5918
2.4500	0.8961	1.3212	0.8961
2.7714	1.0194	4.0574	1.0194
3.0929	1.1292	14.5334	1.1291
3.4143	1.2282	45.9815	1.2280
3.7357	1.3185	125.367	1.3179
4.0572	1.4014	302.004	1.4005
4.3786	1.4781	659.179	1.4767

вий дріб і багаточлен можуть бути використані в якості функції прогнозу. Ситуація різко змінюється, якщо t знаходиться правіше від інтервалу. В цьому випадку ланцюговий дріб можна успішно використовувати в якості функції-прогнозу, оскільки значення ланцюгового дробу майже рівні значенням функції-характеристики. Але багаточлен при $t > 2$ значно відхиляється від значень функції-характеристики. І це відхилення дуже швидко зростає. Очевидно, що використання багаточлена в якості функції-прогнозу не буде вдалим.

Функція виду e^{rx}

Розглянемо на кінець випадок функції-характеристики вигляду функції e^{rx} . Як добре відомо, функція $y = e^t$ є розв'язком задачі Коші

$$y'(t) = y(t), \quad y(0) = 1, \quad (6)$$

яка описує багато різноманітних технічних, технологічних, економічних, організаційних та інших процесів. Функція e^{rx} сама по собі відіграє фундаментальну роль в багатьох прикладних задачах. Припустимо, що досліджувана функція-характеристика за своєю поведінкою схожа на функцію e^{rx} . Визначаємо значення функції у моменти часу t_0, t_1, \dots, t_n , де $n=4,5,6,7,8$ та будемо функції-прогнози у вигляді багаточлена та ланцюгового дробу. Проаналізуємо результати, які були отримані при $n = 8$ і містяться в табл. 3. Незважаючи на те, що за межами проміжку $(0; 2)$ і функція-прогноз у вигляді багаточлена, і функція-прогноз у вигляді ланцюгового дробу приймають значення, які дещо відрізняються від значень функції-характеристики, але їх можна рекомендувати для використання, оскільки навіть в самому крайньому випадку при $t=5.0$ їх відносні похибки відповідно рівні: 1,4 % для ланцюгового дробу і 1,9 % для багаточлена. Такі похибки, як добре відомо, є співмірними із похибками вимірювальних приладів.

Надалі аналіз функції-прогнозу необхідний для забезпечення можливості прийняття обгрунтованого рішення. При чому вдале рішення проблеми, яке дозволяє одержати хороші об'єктивні дані в ситуації, коли кінцевий результат визначається багатьма чинниками, залежить, в першу чергу, від здатності особи, що приймає рішення розпізнати поведінку функції-характеристики і з певною допустимою точністю прогнозувати вибраний технологічний показник. Зокрема, наведені в табл. 1-3 обчислювальні експерименти, свідчать, що при $1 \leq n \leq 7$ в якості функції-прогнозу можна керуватися отриманими значеннями ланцюгового дробу, а при $n \geq 8$ – як значеннями ланцюгового дробу, так і значеннями багаточлена, оскільки отримані результати співмірні.

Висновки

1. Показано, що, враховуючи важливість забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних швейних виробів, актуальними є дослідження, які спрямовані на встановлення можливості методів прогнозування оцінки при прийнятті кінцевих результатів, які мають місце на етапі оптимізації технологічних процесів виробництва швейних виробів та забезпечення їх якості.

2. Виділено основні підходи до моделювання технологічних процесів, використання яких дозволить прогнозувати результати виробництва та приймати оптимальні рішення того або іншого окремого завдання.

3. На основі власного програмного продукту, який реалізований на алгоритмічній мові FORTRAN-2003 представлено основні обчислювальні експерименти щодо програмно-математичного моделювання процесів, яке передбачає використання методів екстраполяції функцій. На основі цього, узагальнено практичне застосування функції-прогнозу, які необхідні для забезпечення можливості прийняття обгрунтованого рішення.

Література

1. Білоцька Л.Б., Білей-Рубан Н.В. Основні підходи до формалізації узагальнених цільових функцій в задачах швейного виробництва // Вісник МДУ. – 2008. – № 5. – С. 36-39.
2. Гаврилук І. П., Макаров В. Л. Методи обчислень: У 2 ч. Ч. 1 – К.: Вища школа, 1995. – 367 с.
3. Пагіря М. М. Про ефективність наближення функцій деякими типами інтерполяційних ланцюгових дробів // Мат. методи та фіз. – мех. поля. – 2003. – 46, № 4. – С. 57-64.
4. Скоробогатько В. Я. Теория ветвящихся цепных дробей и ее применение в вычислительной математике. – М.: Наука, 1983. – 312 с.

Функція e^{rx} , $n = 8$.

Точка	Лан.дріб	Багаточлен	Функція
0.0000	1.0000	1.0000	1.0000
0.5357	1.7087	1.7087	1.7087
1.0714	2.9196	2.9196	2.9196
1.6072	4.9886	4.9886	4.9886
2.1429	8.5239	8.5239	8.5239
2.5000	12.1827	12.1825	12.1827
2.8572	17.4119	17.4107	17.4120
3.2143	24.8850	24.8777	24.8860
3.5714	35.5620	35.5311	35.5681
3.9286	50.8035	50.7015	50.8354
4.2857	72.5130	72.2411	72.6561
4.6429	103.2711	102.7019	103.8433
5.0000	146.3371	145.5608	148.4173

Таблиця 3

Надійшла 7.2.2010 р.

За зміст повідомлень редакція відповідальності не несе

Повні вимоги до оформлення рукопису
<http://visniktup.narod.ru/rules/>

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 9 від 28.04.2010 р.**

Підп. до друку 26.11.2009 р. Ум.друк.арк. 18,26 Обл.-вид.арк. 22,65
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.
Наклад 100, зам. № _____

Тиражування здійснено з оригінал-макету, виготовленого
редакцією журналу “Вісник Хмельницького національного університету”
редакційно-видавничим центром Хмельницького національного університету
29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63