УДК 677.051.185

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т.Н. ЖДАНОВА, В.М. ЕМЕЛЬЯНОВ, Т.И. ЛЕОНТЬЕВА, Т.Л. БАРКОВА

(Курский государственный технический университет)

Возможность автоматизированных систем управления текстильным производством обеспечивается наличием необходимой информации о данном процессе. Выбор оптимальных режимов работы каждого аппарата или каждой машины должен определяться с учетом связей между ними и возможности управления каждой единицей оборудования и производством в целом. По существу технологические процессы производства пряжи от сырья до готовой продукции являются одним большим процессом и могут рассматриваться как технологическая система.

Каждый технологический процесс (технология) характеризуется последовательностью операций, которые с точки зрения кибернетики можно рассматривать как некоторые черные ящики с определенными вход-выходными характеристиками. В связи с этим математическую модель, позволяющую оптимизировать процесс получения пряжи в целом и выявлять ее слабые места, представим в виде

$$\varphi_{j,i+1} = \varphi_{j,i}\left(\left\{\varphi_{j,i-1}\right\}\right), \qquad (1)$$

где j = 1; n – количество входных характеристик i+1 операции; φ – некоторая функция, связывающая j показатель i операции с входными характеристиками, которые также рассматриваются как функции.

В настоящей работе предлагается следующий подход к структурно-параметрической идентификации алгебраических моделей – на каждом этапе идентифицировать структуры с помощью процедуры регрессионного анализа с исключением незначимых переменных:

$$y = a_0 + \sum a_i x_i + \sum b_k x_i x_j + \sum c_i x_i^2 \,.(2)$$

Нетрудно видеть, что в этом случае минимальное число узлов интерполяции (при m входных переменных x) равно

$$N = m + m\frac{m-1}{2} + m + 1 = m\frac{m+3}{2} + 1 \,.(3)$$

В нашем случае максимальное число факторов m=8, то есть N=45.

На конечном этапе получения пряжи для сравнения рассмотрим математические модели двух видов:

1. формула (2);

2. $y = a_0 + a_1\sum x_i^{p_i} + a_2\sum x_j^{p_j} + a_3\sum x_k^{p_k}$, (4)

параметры и структуры которой идентифицируем алгоритмом метода группового учета аргументов по критерию баланса переменных.

Данный метод обладает селекционностью при отборе аргументов и, несмотря на некоторую потерю точности на экзаменационной выборке, в общем случае (как показывают теоретические и практические исследования) более помехозащищен и устойчив [1].

Адекватность моделей можно оценить по любому статистическому критерию на экзаменационной выборке исходных фактологических данных (например, СКО, критерии Фишера, Стьюдента, корреляции).

В рассматриваемом случае выборка исходных данных имеет мощность 50. Соотношение объемов обучающей и экзаменационной выборок по проведенным исследованиям литературных источников не имеет строго регламентированного основания и ограничивается лишь критериями статистической репрезентативности на определенном уровне значимости. Некоторые авторы предлагают использовать принцип золотого сечения (отношение 0,62:0,38). Однако при нарушении принципа нормальности закона распределения это весьма проблематично и вследствие этого нами выбран уровень отношения 0,8:0,2. Во-первых, это достаточно близко к золотому сечению, а, во-вторых, такой объем информации позволяет достаточно адекватно (по статистическим таблицам) оценить преимущество той или иной модели.

Тем не менее следует отметить, что при большом количестве переменных модель (2) не позволяет использовать и это соотношение, поэтому нами разработан специализированный алгоритм.

Это так называемое алгебраическое моделирование. По сравнению с попыткой построить общую регрессионную модель второго порядка можно попытаться оценить степень влияния каждого фактора (от первого элемента процесса до последнего) по следующей схеме.

Для каждой операции методом дисперсионного анализа определяется эффективность влияния каждого фактора на параметр оптимизации соответствующего этапа. В связи с точностью проведенных измерений предлагается ограничиться третьим знаком после запятой.

Тогда общий эффект влияния любого фактора на любом этапе можно определить как произведение соответствующих параметров на любом этапе анализа исследуемого технологического процесса. Таким образом, появляется возможность выявить узкие места и наиболее незначимые (значимые) факторы, а также оценить соотношения степеней влияния любого аргумента на любую функцию по мере продвижения по технологической цепочке (правда, от начала до конца таких вариантов слишком много – порядка 6^{18}, то есть даже в случае переборного алгоритма анализа есть смысл выделять несколько самых сильных и слабых влияний или анализировать конкретный путь).

Последний этап технологического процесса моделировался как с помощью процедур регрессионного анализа, так и с помощью метода группового учета аргументов, который позволил не только рассмотреть иные структуры математических моделей, но и, в частности, перейти от полиномной структуры к мультипликативной – – (4). Статистическая адекватность данных моделей проводилась на той же экзаменационной выборке, что и у регрессионных моделей, с целью возможности сравнения и принятия решения о выборе той или иной модели. Результаты исследований по определению параметров моделей приведены в табл.1.

Таблица 1

S	N	Структура и параметры модели	R/Rp	SKO	R/Rpe
S10	1	$1{,}523+0{,}045\,R_1^{0,5}\,R_2^{1,5}$	0,04	0,17	0,145
	2	$1{,}97+0{,}005\,R_1^{0,5}\,R_2^{1,5}+7{,}56\cdot10^{-16}\,R_1^{4,5}\,R2_2^{7,5}\,R_5^3$	1,56	0,02	0,282
	3	$1{,}26+0{,}171\,R_1^{0,5}\,R_2^{1,5}+1{,}27\cdot10^{-15}\,R_1^{4,5}\,R2_2^{7,5}\,R_5^3-$ $-0{,}06\,R_1\,R_2^2$	1,71	0,015	0,07
S11	4	$539{,}4-1{,}23\cdot10^{10}\,R_2^{-1}\,R_5^{-2,5}$	2,58	0,047	1,239
	5	$461{,}7-8{,}94\cdot10^{9}\,R_2^{-1}\,R_5^{-2,5}+2{,}186\cdot10^{-6}\,R_1^{0,5}\,R_2^2\,R_8^2$	2,62	0,019	1,372
	6	$551{,}1-1{,}36\cdot10^{10}\,R_2^{-1}\,R_5^{-2,5}-5{,}27\cdot10^{-7}\,R_1^{0,5}\,R_2^2\,R_8^2+$ $+4{,}313\cdot10^{16}\,R_1^3\,R_2^{-1,5}\,R_5^{-5}\,R_8$	2,66	0,016	1,262
S12	7	$0{,}96+5135\,R_2^{-1}\,R_8^{-4}$	2,97	0,037	1,663
	8	$7{,}78+4061\,R_2^{-1}\,R_8^{-4}-0{,}085\,R_2^{-2}\,R_5^{0,5}\,R_8^2$	3,05	0,043	1,658
	9	$6{,}02+7427\,R_2^{-1}\,R_8^{-4}-0{,}0262\,R_2^{-2}\,R_5^{0,5}\,R_8^2-9{,}04\cdot10^{10}\,R_1^{-0,5}\cdot$ $\cdot R_2^{-6}\,R_5^{1,5}\,R_8^{-20}$	3,07	0,028	1,616
S13	10	$13{,}52-0{,}616\,R_1^{0,5}\,R_8$	1,72	0,022	0,958
	11	$12{,}1-0{,}372\,R_1^{0,5}\,R_8+0{,}115\,R_1^{-4}\,R_2^{-1}$	1,81	0,021	1,592
	12	$12{,}1+0{,}31\,R_1^{0,5}\,R_8+0{,}102\,R_1^{-4}\,R_2^{-1}-$ $-0{,}358\,R_1^{0,5}\,R_2^2\,R_5^{-0,5}\,R_8$	2,07	0,019	1,569
S14	13	$27-2{,}64\cdot10^{5}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{-1,5}\,R_8^{0,5}$	1,92	0,085	0,546
	14	$20{,}6-1{,}85\cdot10^{5}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{-1,5}\,R_8^{0,5}+$ $+3{,}56\cdot10^{-7}\,R_1^{-0,5}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{2,5}$	1,95	0,086	0,732
	15	$20{,}3-1{,}82\cdot10^{5}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{-1,5}\,R_8^{0,5}+$ $+3{,}82\cdot10^{-7}\,R_1^{-0,5}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{2,5}+$ $+5{,}62\cdot10^{10}\,R_1^3\,R_2^{4,5}\,R_5^{-4,5}\,R_8^{1,5}$	1,82	0,086	0,743
S15	16	$13{,}34+3070\,R_1^{-1}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{-1}\,R_8^{-0,5}$	1,89	0,007	1,528
	17	$19{,}38+3907\,R_1^{-1}\,R_2^{-0,5}\,R_5^{-1}\,R_8^{-0,5}-173{,}2\,R_5^{-0,5}$	2,07	0,006	1,296

S	N	Структура и параметры модели	R/Rp	SKO	R/Rpe
	18	$26{,}56-2847R_1^{-1}R_2^{-0,5}R_5^{-1}R_8^{-0,5}-314R_5^{-0,5}+2{,}55\,10^{13}\cdot$ $\cdot R_1^{-2}R_2^{-1,5}R_5^{-4}R_8^{-2}$	2,29	0,05	1,447
S16	19	$4{,}35-7{,}069\cdot10^{-4}R_2^{-1}R_5^{1,5}R_8^{-0,5}$	1,48	0,015	0,223
	20	$4{,}01-1{,}78\cdot10^{-3}R_2^{-1}R_5^{1,5}R_8^{-0,5}+2{,}92\cdot10^{-3}R_5R_8^{-0,5}$	1,53	0,015	0,192

Примечание. $R_1...R_2$– факторы-аргументы; $S_{10}...S_{16}$– качественные показатели пряжи; R/Rp; R/Rpe– отношение коэффициентов парной корреляции; SKO– среднеквадратическое относительное отклонение параметров модели от исходных данных.

В ходе моделирования применяли инструментальные средства MATHCAD 7.0, пакеты прикладных программ структурно-параметрической идентификации моделей второго порядка (авторский алгоритм) и мультипликативных трехрядных моделей методом группового учета аргументов.

Исследование моделей, представленных в табл.1, показало:

– параметры моделей 1,2,3,19 и 20 плохо поддаются функциональной структурно-параметрической идентификации в рассматриваемых классах функций, что заставляет предположить доминирование стахостичности в их распределении;

– адекватными можно считать модели 6,7,11,16;

– из всех факторов, участвующих в данном исследовании, доминирующими можно считать % коротких волокон в ленте и ровнице, влажность полуфабрикатов на всех переходах, тонину волокна и неровноту ровницы; причем влияние их на качество пряжи неоднозначно, в некоторых моделях можно заметить, что для стабилизации функции отклика увеличение одних факторов можно компенсировать уменьшением других.

ВЫВОДЫ

Получены математические модели, которые можно использовать для прогнозирования качественных показателей продукции и выработки оптимальных управляющих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. –М.: Наука, 1978.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий и прядения. Поступила 01.09.01.