

УДК 677.023

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШЛИХТОВАНИЯ НИТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИНАРНОЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ

Назарова М.В., Романов В.Ю.

Камышинский технологический институт, филиал ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

В статье приведены результаты прогнозирования на ПЭВМ технологического процесса шлихтования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации. Разработанная в среде программирования MathCad программа «Прогнозирование технологического процесса шлихтования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации» позволяет получить частные коэффициенты причинного влияния и таким образом оценить интенсивность причинно-следственных связей при анализе любого количества факторов, определяющих технологический процесс шлихтования. Кроме того, были выявлены факторы в наибольшей степени определяющие процесс шлихтования нитей основы, а также в ходе исследования было установлено, что на плотность намотки на ткацкий навой оказывает влияние величина истинного приклея и скорость шлихтования.

Ключевые слова: бинарная причинно-следственная теория информации, шлихтование нитей, энтропия, парные частные коэффициенты причинного влияния

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS AUTOMATED PREDICTION OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF SIZING THREADS USING A BINARY CAUSE-AND-EFFECT INFORMATION THEORY

Nazarova M.V., Romanov V.Y.

Kamyshin Technological Institute, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

The article presents the results of the forecasting on PC of technological process of sizing based on the use of binary cause-and-effect information theory. Developed in the programming environment MathCad program «Forecasting of technological process sizing using binary cause-and-effect information theory» provides a partial factors causal influence, and thus to assess the intensity of the cause-and-effect relations in the analysis of a number of factors that determine the technological process of sizing. In addition, the identified factors to the greatest extent determine the process sizing of warp yarns, and the study found that on winding density on the warp beam affect the value true glued and speed sizing.

Keywords: binary cause-and-effect information theory, sizing threads, entropy, paired partial factors causal influence

Текстильная промышленность является одной из отраслей народного хозяйства, продукция которой идет на удовлетворение постоянно растущих потребностей общества.

Условиями выполнения этих задач являются: повышение темпов технического совершенствования производства на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, внедрения новейших высокопроизводительных станков, машин и аппаратов, постоянное совершенствование технологии производства.

Важным в текстильной промышленности является совершенствование технологического процесса подготовки нитей к ткачеству.

Одним из таких процессов является процесс шлихтования нитей основы. Любые упущения в процессе шлихтования могут нанести большой вред производству: повысить обрывность основных нитей на ткацких станках и по этой причине снизить производительность труда и оборудования, ухудшить качество производимой ткани. Ка-

чественное шлихтование можно обеспечить только в случае, если правильно выбран состав шлихты, строго соблюдены технологические регламенты приготовления шлихты и нанесение ее на нити основы. Кроме того, важным является и правильная установка технологических параметров шлихтования, наиболее важным из которых является натяжение нитей при шлихтовании.

Поэтому решение задачи оценки напряженно-деформированного состояния х/б пряжи при шлихтовании является актуальной. Правильная установка уровня натяжения нитей при шлихтовании позволит оперативно влиять на ход технологического процесса, вследствие чего снизится обрывность нитей в ткачестве и увеличится производительность как в шлихтовании, так и в последующих технологических процессах.

Из анализа работ известно, что технологический процесс шлихтования из всех процессов подготовки нитей к ткачеству является наименее изученным. Так как проведение экспериментов на шлихтовальной

машине процесс достаточно трудоёмкий, связан с исследованием большого количества факторов, определяющих этот процесс. Поэтому правильный выбор метода прогнозирования процесса является актуальным.

В качестве метода прогнозирования технологического процесса шлихтования выбран метод бинарной причинно-следственной теории информации в связи с тем, что по сравнению с существующими методами (планирование эксперимента, корреляционный анализ), не всегда дающими хорошие результаты из-за присутствия так называемых «эффектов сопутствия» влияния различных входных параметров, эта теория позволяет устранить этот недостаток путём определения частных коэффициентов причинного влияния [2, 3].

С использованием бинарной причинно-следственной теории информации определить направленность причинно-следственных связей между исследуемыми факторами можно по значению энтропии [1, 4]. Энтропия – теоретико-информационная мера степени неопределенности случайной величины. Формулы для расчета энтропии H_p , информации Y_{ij} и парных коэффициентов Γ_{ij} причинного влияния представлены в формулах (1)–(4).

Для дискретной случайной величины, принимающей значения x_{ki} вероятностями $p(x_{ki})$, величина энтропии [5, 6]:

$$H_i = \sum_1^k p(x_{ki}) \cdot \log_2 p(x_{ki}). \quad (1)$$

Величина информации или условной энтропии между i -м и j -м факторами определяется по формуле:

$$Y_{ij} = \sum p(x_{ki}, x_{rj}) \cdot \log_2 \frac{p(x_{ki}, x_{rj})}{p(x_{ki}) \cdot p(x_{rj})}, \quad (2)$$

где $p(x_{ki})$ – вероятность состояний случайной величины x_{ki} ; $p(x_{rj})$ – вероятность состояний случайной величины x_{rj} ; $p(x_{ki}, x_{rj})$ – вероятность состояний случайных величин.

Величина энтропии определяется по формуле:

$$H_{ij} = H_j = H_i + H_{j|i} = H_j + H_{i|j}, \quad (3)$$

где H_i – энтропия распределения вероятностей для одномерной случайной величины x_{ki} ; H_j – энтропия распределения вероятностей для одномерной случайной величины x_{rj} ; H_{ij} , $H_{j|i}$ – энтропии распределения вероятностей для двумерной случайной величины (x_{ki}, x_{rj}) .

Причинная связь – это информационный канал между фактором-причиной и фактором-следствием. Следовательно, при одной и той же статистической неопределенно-

сти следствия, информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины:

$$\frac{Y_{ji}}{H_j} = \Gamma_{ji} \frac{H_i}{H_j}$$

или
$$Y_{ij} = \Gamma_{ji} \cdot H_p \quad (4)$$

где Γ_{ji} – парный коэффициент причинного влияния i -го фактора на j -й.

Нужно отметить, что парные коэффициенты Γ_{ij} не могут служить мерой истинной связи между факторами. Истинное влияние факторов друг на друга можно оценить по частным коэффициентам причинного влияния. Частные коэффициенты причинного влияния не равны парным. Равенство парных и частных коэффициентов причинного влияния соответствует случаю статистически независимых взаимодополнительных причин. Разность может служить оценкой косвенного причинного влияния.

Для прогнозирования технологического процесса шлихтования на основе метода прогнозирования с помощью бинарной причинно-следственной теории информации разработана программа автоматизированного расчёта в среде программирования MathCad – «Прогнозирование технологического процесса шлихтования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации».

В данной работе с использованием разработанной на ПЭВМ программы решалась задача установления причинно-следственных связей между параметрами технологического процесса шлихтования нитей. Установление этих взаимосвязей позволит прогнозировать свойства получаемых паковок и их качество, а также позволит при контроле и оптимизации технологического процесса «обращать» внимание на факторы, в наибольшей степени влияющие на выходные параметры процесса.

Базой исследования являлась ООО «Текстильная компания «Камышинский ХБК»». В качестве объекта исследования выбрана хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 50 текс., перерабатываемая на шлихтовальной машине ШБ-11-140. В качестве факторов, определяющих технологический процесс шлихтования, были выбраны следующие факторы: скорость шлихтования, м/мин; степень отжима нитей, %; натяжение нитей, сН; температура сушильных барабанов, град.; величина истинного приклея, %; удельная плотность наматывания на ткацкий навой, г/см³.

Расчет на ПЭВМ по разработанной программе значений энтропии показал следующие результаты:

$$H_1 = 4,171; H_2 = 4,168; H_3 = 2,688;$$

$$H_4 = 2,367; H_5 = 2,339; H_6 = 1,882.$$

Расчет на ПЭВМ парных коэффициентов причинного влияния показал следующие результаты:

$$\Gamma_{12} = 0,22; \Gamma_{13} = 0,152; \Gamma_{14} = 0,135;$$

$$\Gamma_{15} = 0,146; \Gamma_{16} = 0,106;$$

$$\Gamma_{23} = 0,126; \Gamma_{24} = 0,127; \Gamma_{25} = 0,124;$$

$$\Gamma_{26} = 0,086; \Gamma_{34} = 0,139;$$

$$\Gamma_{35} = 0,117; \Gamma_{36} = 0,092; \Gamma_{45} = 0,155;$$

$$\Gamma_{46} = 0,128; \Gamma_{56} = 0,12.$$

Для нахождения частных коэффициентов причинного влияния путем решения системы нелинейных относительно g_{ij} алгебраических уравнений на ПЭВМ получили результаты расчёта, представленные на рисунке.

Таблица 1

	1	2	3	4	5	6
1	"Причина"	"Следствие"	"γ"	"Γ"	"g"	"Г-g"
2	"Скорость шлихтования"	"Степень отжима нитей"	0.917	0.22	0.22	0
3	"Скорость шлихтования"	"Натяжение нитей"	0.633	0.152	0.124	0.028
4	"Скорость шлихтования"	"Температура сушильных барабанов"	0.562	0.135	0.09	0.045
5	"Скорость шлихтования"	"Величина истинного приклея"	0.608	0.146	0.09	0.056
6	"Скорость шлихтования"	"Удельная плотность наматывания"	0.441	0.106	0.053	0.053
7	"Степень отжима нитей"	"Натяжение нитей"	0.523	0.126	0.126	0
8	"Степень отжима нитей"	"Температура сушильных барабанов"	0.527	0.127	0.109	0.017
9	"Степень отжима нитей"	"Величина истинного приклея"	0.516	0.124	0.092	0.032
10	"Степень отжима нитей"	"Удельная плотность наматывания"	0.357	0.086	0.049	0.037
11	"Натяжение нитей"	"Температура сушильных барабанов"	0.373	0.139	0.139	0
12	"Натяжение нитей"	"Величина истинного приклея"	0.316	0.117	0.096	0.022
13	"Натяжение нитей"	"Удельная плотность наматывания"	0.249	0.092	0.063	0.029
14	"Температура сушильных барабанов"	"Величина истинного приклея"	0.367	0.155	0.155	0
15	"Температура сушильных барабанов"	"Удельная плотность наматывания"	0.303	0.128	0.109	0.019
16	"Величина истинного приклея"	"Удельная плотность наматывания"	0.28	0.12	0.12	0

Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния факторов технологического процесса шлихтования хлопчатобумажной пряжи

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

– максимальное воздействие на величину отжима, температуру сушильных барабанов и натяжение нитей при шлихтовании оказывает скорость шлихтования;

– максимальное воздействие на величину истинного приклея оказывает температура сушильных барабанов, а минимальное – скорость шлихтования.

Выводы

1. В качестве метода прогнозирования технологического процесса шлихтования для определения влияния наиболее значимых факторов технологического процесса целесообразно использовать бинарную причинно-следственную теорию информации, позволяющую идентифицировать все исследуемые факторы, устранить эффекты

сопутствия и облегчить проведение экспериментальных исследований.

2. Для более эффективного использования бинарной причинно-следственной теории информации предлагается использовать разработанную на ПЭВМ программу «Прогнозирование технологического процесса шлихтования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации».

3. В результате расчёта на ПЭВМ были выявлены факторы, в наибольшей степени определяющие процесс шлихтования.

4. Программа расчета на ПЭВМ «Прогнозирование технологического процесса шлихтования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации» позволяет оценить интенсивность причинно-следственных связей при анализе любого количества факторов.

Список литературы

1. Назарова М.В. Автоматизация расчета паковок по переходам ткацкого производства // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – 2008. – № 6. – С. 106–108

2. Назарова М.В. О концепции разработки САПР текстильных предприятий // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – 2008. – № 3. – С. 142–143.

3. Назарова М.В. Разработка автоматизированных методов проектирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 2011. – 410 с.

4. Назарова М.В., Романов В.Ю. Исследование многоцикловых и полумногоцикловых характеристик нитей до и после ткачества // Современные проблемы науки и образования. – 2010. – № 6. – С. 89–94.

5. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1988. – 469 с.

References

1. Nazarova M.V. *Izvestiya vuzov «Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti»*, 2008, no. 6, pp. 106–108.

2. Nazarova M.V. *Izvestiya vuzov «Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti»*, 2008, no. 3, pp. 142–143.

3. Nazarova M.V. *Razrabotka avtomatizirovannykh metodov proyektirovaniya tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniya tkaney zadannogo stroeniya* [Development of automated methods for design of technological processes of manufacturing a given fabric structure]. Dissertation, Moscow, 2010, 410 p.

4. Nazarova M.V., Romanov V.Yu. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2010, no. 6, pp. 89–94.

5. Nikolaev S.D. *Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametrov izgotovleniya tkaney zadannogo stroeniya i razrabotka metodov ikh rascheta* [Prediction of technological parameters of manufacturing fabric set the structure and development of methods for their calculation]. Dissertation, Moscow, 1988. 469 p.

Рецензенты:

Николаев С.Д., д.т.н., профессор, ректор ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина», г. Москва;

Юхин С.С., д.т.н., профессор, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 07.12.2012.