

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

Романов В. Ю., Назарова М. В.

Камышинский технологический институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет», г. Камышин, Россия (403874, г. Камышин, ул.Ленина, 6А) ttp@kti.ru

В статье приведены результаты прогнозирования на ПЭВМ технологического процесса снования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации.

Разработанная в среде программирования MathCad программа «Прогнозирование технологического процесса снования 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 снования.

Кроме того, проведенные исследования показали, что максимальное воздействие на удельную плотность намотки основных нитей на сновальном валике оказывает натяжение нитей, максимальное воздействие на высоту баллона и натяжение нитей оказывает скорость снования, значительное влияние на натяжение нитей оказывает высота баллона, следовательно, и скорость снования, и высота баллона через другие параметры влияют на удельную плотность наматывания, в частности, через натяжение нитей.

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

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

Romanov V. Yu., Nazarova M. V.

Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, Russia (403874, Kamyshin, Lenina st. 6A) ttp@kti.ru

The article presents the results of the forecasting on PC of technological process of warping based on the use of binary cause-and-effect information theory.

Developed in the programming environment MathCad program "Forecasting of technological process of warping 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 any number of factors that determine the technological process of winding.

In addition, studies have shown that the maximum effect on the specific density of winding warp yarns to warping roller has a yarn tension, the maximum impact on the height of balloon and has a yarn tension speed warping, a significant influence on the tension of the threads has a height of balloon therefore, speed warping and the height of balloon through the other parameters affect the specific gravity of the winding, in particular, through the tension of the threads.

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

Повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции являются определяющими факторами экономического развития текстильной промышленности. Для достижения этих целей в настоящее время используется совершенствование всех сторон производства на базе новейших достижений науки, таких как механизация и автоматизация производства, использование средств современной технологии.

Из текстильных полотен, производимых в России, наибольшее распространение имеют ткани, поэтому при решении задач повышения качества получаемых тканей и повышения производительности труда в ткацком производстве большое внимание уделяется вопросам подготовки нитей к ткачеству, к которому относится снование.

Задачи, решаемые в ткачестве, при осуществлении технологического процесса снования, заключаются в повышении производительности труда и производительности оборудования; увеличении скоростного режима снования; а также улучшение качества выходящих сновальных паковок.

Для решения этих задач в настоящее время используются методы прогнозирования процесса для лучшего управления технологическим процессом снования.

Оптимальное натяжение нитей основы является обязательным условием формирования сновального вала высокого качества. Натяжение и деформация основных нитей в значительной степени определяют условия технологического процесса снования и являются главной причиной обрывности нитей. В то же время изменение натяжения нитей основы на сновальном вале является не только следствием, но и причиной изменения структуры нитей и в дальнейших процессах ткачества, что приводит к изменению строения вырабатываемой ткани.

Поэтому целью данного исследования являлось выбор оптимального метода прогнозирования технологического процесса снования с целью выявления факторов, в наибольшей степени влияющих на ход технологического процесса и качество выпускаемой продукции.

В качестве метода прогнозирования технологического процесса снования 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 [3], [2].

Бинарная причинно-следственная теория информации позволяет установить внутреннюю причинно-следственную структуру рассматриваемого процесса и оценить количественно интенсивность причинных воздействий между различными факторами.

Причинная связь представляет собой информационный канал между фактором-причиной и фактором-следствием. Следовательно, при одной и той же статистической неопределенности следствия, информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины.

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_i , 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]:

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

Величина информации или условной энтропии между i -ым и j -ым 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:

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

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_{ji} – 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 неопределенности следствия, информация, поступающая от причины, должна быть тем больше, чем больше собственная статистическая неопределенность причины:

$$\frac{Y_{ji}}{H_j} = \Gamma_{ji} \frac{H_i}{H_j} \quad \text{или} \quad Y_{ij} = \Gamma_{ji} \cdot H_i \quad (4)$$

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

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 определения частных коэффициентов причинного влияния необходимо решить систему нелинейных уравнений, состоящую из довольно большого количества уравнений.

Так как использование бинарной причинно-следственной теории информации связано с большим объёмом и сложностью расчётов, поэтому для прогнозирования технологического

процесса снования на основе этого метода разработана программа автоматизированного расчёта в среде программирования MathCad.

В данной работе, с использованием разработанной на ПЭВМ программы, решалась задача установления причинно-следственных связей между технологическими параметрами снования 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». Для исследования была использована основная хлопчатобумажная пряжа линейной плотностью 50 текс, перерабатываемая на сновальной машине СП-140.

В качестве факторов, определяющих технологический процесс снования, были выбраны следующие факторы: скорость снования, м/мин; высота баллона, мм; натяжение нити, сН; удельная плотность намотки нитей, г/см³.

Расчет на ПЭВМ по разработанной программе значений энтропии показал следующие результаты: $H_1=2.467$; $H_2=2.299$; $H_3=2.157$; $H_4=1.871$.

Расчёт на ПЭВМ парных коэффициентов причинного влияния показал следующие результаты: $\Gamma_{12}=0.201$; $\Gamma_{13}=0.185$; $\Gamma_{14}=0.107$; $\Gamma_{23}=0.18$; $\Gamma_{24}=0.158$; $\Gamma_{34}=0.163$.

Для нахождения частных коэффициентов причинного влияния, путём решения системы нелинейных относительно g_{ij} алгебраических уравнений, на ПЭВМ получили результаты расчёта, представленные на рисунке 1:

Таблица Результатов =

"Причина"	"Следствие"	"У"	"Г"	"g"	"Г-g"
"Скорость снования"	"Высота баллона"	0.495	0.201	0.201	0
"Скорость снования"	"Натяжение нити"	0.457	0.185	0.149	0.036
"Скорость снования"	"Удельная плотность"	0.264	0.107	0.051	0.056
"Высота баллона"	"Натяжение нити"	0.414	0.18	0.18	0
"Высота баллона"	"Удельная плотность"	0.364	0.158	0.129	0.029
"Натяжение нити"	"Удельная плотность"	0.351	0.163	0.163	0

Рис. 1. Результаты расчёта на ПЭВМ частных коэффициентов причинного влияния факторов технологического процесса снования хлопчатобумажной пряжи.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы:

- максимальное воздействие на удельную плотность намотки основных нитей на сновальном валике оказывает натяжение нитей;
- максимальное воздействие на высоту баллона и натяжение нитей оказывает скорость снования;

– значительное влияние на натяжение нитей оказывает высота баллона, следовательно, и скорость снования и высота баллона через другие параметры влияют на удельную плотность наматывания, в частности, через натяжение нитей.

Полученные результаты прогнозирования технологического процесса снования нитей на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации не противоречат ранее известным. Поэтому предложенный метод автоматизированного расчёта влияния факторов технологического процесса снования на качество получаемых паковок можно использовать при анализе технологического процесса снования нитей различного сырьевого состава и структуры.

Выводы

1. В качестве метода прогнозирования технологического процесса снования 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 снования на основе использования бинарной причинно-следственной теории информации».

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

4. Было установлено, что максимальное воздействие на удельную плотность намотки основных нитей на сновальном валике оказывает натяжение нитей, максимальное воздействие на высоту баллона и натяжение нитей оказывает скорость снования, значительное влияние на натяжение нитей оказывает высота баллона, следовательно, и скорость снования, и высота баллона через другие параметры влияют на удельную плотность наматывания, в частности, через натяжение нитей.

5. Программа расчета на ПЭВМ «Прогнозирование технологического процесса снования 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. Разработка автоматизированных методов проектирования технологических процессов изготовления тканей заданного строения: Дис. ... докт. техн. наук. – М., 2011. – 410 с.

3. Назарова М. В. О концепции разработки САПР текстильных предприятий // Известия вузов «Технология текстильной промышленности». – 2008. – 3. – С. 142–143.

4. Назарова М. В., Романов В. Ю. Исследование многоцикловых и полуцикловых 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. ... докт. техн. наук. – М., 1988. – 469 с.

Рецензенты:

Николаев Сергей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, ректор ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина, г. Москва.

Юхин Сергей Семёнович, доктор технических наук, профессор, проректор по учебной работе ФГБОУ ВПО «Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина, г. Москва.