

УДК 677.024

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СВОЙСТВАМИ И СТРОЕНИЕМ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ ПРИЧИННО-СЛЕДСТВЕННОЙ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ*

Г.С. СТЕПАНОВА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

В [1] изложен разработанный на кафедре ткачества МГТУ им. А.Н.Косыгина, автоматизированный метод установления причинно-следственных связей в ткачестве. Установление причинно-следственных связей в ткачестве позволяет: устранять так называемые «эффекты сопутствия» различных факторов друг на друга; обрабатывать результаты эксперимента, полученные на любых уровнях варьирования факторов, получать графы влияния различных параметров друг на друга.

Не останавливаясь подробно на методе, для лучшего восприятия дальнейшего материала изложим основополагающие соотношения для проводимых в работе соотношений. Предлагается использовать сле-

дующее соотношение: если $I_{12}:H_1 > I_{21}:H_2$, то $2 \rightarrow 1$, где J, H – соответственно информация и энтропия распределения вероятностей случайных величин. Поскольку $I_{12}=I_{21}$, то в случае, если $H_1 < H_2$, $2 \rightarrow 1$.

Величину энтропии распределения вероятностей для одномерной случайной величины можно определить по формуле:

$$H_i = \sum_1^k P(X_{k_i}) \log_2 P(X_{k_i}),$$

где $P(X_{k_i})$ – вероятность состояний случайной величины X_{k_i} .

Величина информации между i -м и j -м

* Работа выполнена под руководством проф., докт. техн. наук С.Д. Николаева.

факторами определится по формуле

$$I_{ij} = \sum_1^{k,r} P(X_{k_i}, X_{r_j}) \log_2 \frac{P(X_{k_i}, X_{r_j})}{P(X_{k_i})P(X_{r_j})},$$

где $P(X_{r_j})$ – вероятность состояний случайной величины X_{r_j} ; $P(X_{k_i}, X_{r_j})$ – вероятность состояний случайных величин X_{k_i} и X_{r_j} .

Для функционалов энтропии и информации справедливо следующее равенство:

$$\Gamma_{ij} = I_{ij} : H_i,$$

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

При расчете коэффициентов Γ_{ij} целесообразно для удобства при определении информации и энтропии использовать десятичные или натуральные логарифмы вместо логарифмов с основанием 2. Парные коэффициенты Γ_{ij} не могут служить мерой истинной тесноты связи между факторами. В качестве такой меры могут использоваться частные коэффициенты причинного влияния g_{ij} , причем $\sum \Gamma_{ij} \geq \sum g_{ij}$. Разность $\Gamma_{ij} - g_{ij}$ может служить оценкой косвенного причинного влияния X_j на X_i .

Частные коэффициенты причинного влияния не равны парным. Установление причинной связи, рассматриваемое как установление определенного соответствия множеств, можно охарактеризовать как снятие неопределенности.

В настоящей работе решены 5 задач установления причинно-следственных связей. Варьировались 19 факторов.

Первая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X_1 – заправочное натяжение; X_5 – уработка основы; X_{11} – разрывное удлинение ткани вдоль основы; X_7 – разрывная длина ткани вдоль основы; X_9 – разрывная нагрузка ткани вдоль основы; X_{13} – работа разрыва ткани вдоль основы.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Направление связи	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
1→5	0,284	0,248	0
5→11	0,389	0,389	0
11→7	0,937	0,937	0
7→9	0,469	0,469	0
9→13	0,327	0,327	0
1→11	0,363	0,363	0
5→7	0,394	0,030	0,364
11→9	0,468	0,285	0,183
7→13	0,439	0,299	0,14
1→7	0,321	0	0,321
5→9	0,404	0,208	0,196
11→13	0,394	0	0,394
1→9	0,365	0,145	0,22
5→13	0,289	0,054	0,235
1→13	0,203	0	0,203

Вторая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X_1 – заправочное натяжение; X_6 – уработка утка; X_{12} – разрывное удлинение ткани вдоль утка; X_8 – разрывная длина вдоль утка; X_{10} – разрывная нагрузка ткани вдоль утка; X_{14} – работа разрыва ткани вдоль утка.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Направление связи	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij} - g_{ij}$
1→6	0,347	0,347	0
6→12	0,467	0,467	0
12→8	0,924	0,924	0
8→10	0,247	0,247	0
10→14	0,502	0,502	0
1→12	0,481	0,319	0,162
6→8	0,427	0	0,427
12→10	0,518	0,290	0,228
8→14	0,196	0,157	0,039
1→8	0,508	0,065	0,443
6→10	0,171	0	0,171
12→14	0,183	0	0,183
1→10	0,093	0	0,093
6→14	0,166	0,117	0,049
1→14	0,051	0	0,051

Третья задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X_1 – заправочное натяжение; X_6 – уработка утка; X_{17} – толщина ткани; X_{15} – поверхностная плотность ткани; X_{16} – воздухопроницаемость; X_{18} – стойкость ткани к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов

представлены в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Направление связи	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
1→6	0,347	0,347	0
6→17	0,415	0,415	0
17→15	0,680	0,680	0
15→16	0,634	0,634	0
16→18	0,473	0,473	0
1→17	0,222	0,078	0,144
6→15	0,262	0	0,262
17→16	0,376	0	0,376
15→18	0,421	0,258	0,163
1→15	0,096	0	0,096
6→16	0,451	0,308	0,143
17→18	0,464	0,111	0,353
1→16	0,326	0,171	0,155
6→18	0,534	0,207	0,327
1→18	0,341	0,102	0,239

Четвертая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X1 – заправочное натяжение; X11 – разрывное удлинение ткани вдоль основы; X9 – разрывная нагрузка ткани вдоль основы; X19 – стойкость основы к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Направление	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
-------------	---------------	----------	----------------------

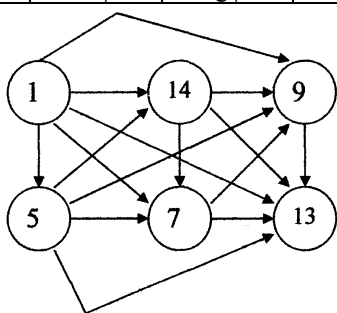


Рис. 1

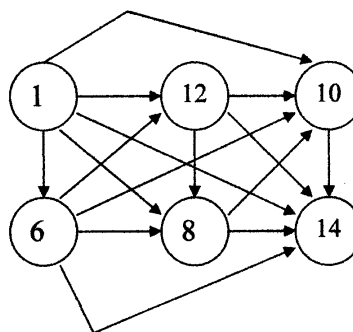


Рис. 2

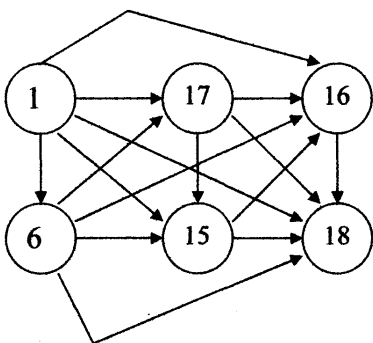


Рис. 3

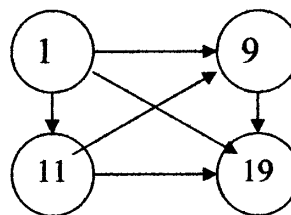


Рис. 4

связи			
1→19	0,331	0,074	0,257
11→19	0,444	0,215	0,229
9→19	0,490	0,490	0
1→9	0,365	0,195	0,17
11→9	0,468	0,468	0
1→11	0,363	0,363	0

Пятая задача. Исследованы причинно-следственные связи между следующими параметрами: X1 – заправочное натяжение; X12 – разрывное удлинение ткани вдоль утка; X10 – разрывная нагрузка ткани вдоль утка; X20 – стойкость утка к истиранию.

Результаты расчета коэффициентов представлены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

Направление связи	Γ_{ij}	g_{ij}	$\Gamma_{ij}-g_{ij}$
1→20	0,232	0,128	0,104
12→20	0,351	0,136	0,215
10→20	0,415	0,415	0
1→10	0,093	0	0,093
12→10	0,518	0,518	0
1→12	0,481	0,481	0

На рис. 1...5 представлены графы исследуемых причинно-следственных связей.

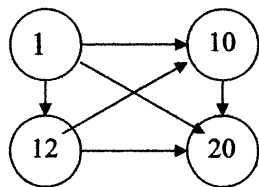


Рис. 5

Анализ таблиц и ориентированных графов позволяет сделать следующие выводы:

заправочное натяжение основы предопределяет разрывное удлинение полоски ткани как по направлению основы, так и по направлению утка;

разрывное удлинение полосок ткани в значительной степени предопределяет разрывную нагрузку полосок ткани;

полуцикловые характеристики полосок ткани являются причиной стойкости ткани на истирание;

заправочное натяжение основы практически в равной степени влияет на уработку нитей основы и утка и на разрывное удлинение полосок ткани вдоль основы и вдоль утка;

разрывное удлинение полосок ткани является причиной разрывной нагрузки полосок ткани и разрывной длины полосок ткани, те в свою очередь являются причиной работы разрыва ткани вдоль основы и утка;

заправочное натяжение основы и уработка нитей в значительной степени предопределяют толщину ткани, которая в значительной степени влияет на поверхностную плотность ткани, которая является причиной воздухопроницаемости и стойкости ткани к истиранию.

Анализ причинно-следственных связей позволяет вскрыть механизм явлений, происходящих в ткани, и устанавливает взаимосвязь между технологическими параметрами изготовления ткани, свойствами и параметрами их строения, а также свойствами используемых нитей.

Разработанная программа расчета на ЭВМ позволяет оперативно проводить все необходимые расчеты, что повышает эффективность предложенного нами метода.

ВЫВОДЫ

1. На основе бинарной причинно-следственной теории информации установлены причинно-следственные связи между параметрами строения хлопчатобумажных тканей и их физико-механическими свойствами, что позволяет прогнозировать качество вырабатываемых тканей.

2. Определены факторы, в наибольшей степени определяющие строение и свойства тканей, что позволяет управлять качеством вырабатываемых тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанова Г.С., Николаев С.Д. Автоматизированный метод установления причинно-следственных связей в ткачестве // Сб. научн. тр. аспирантов МГТУ им. А.Н. Косыгина. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина. Вып. 9, 2005.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 25.05.06.