



基于特征子阵匹配的织物组织分析

袁惠芬¹, 王旭²

(1. 安徽工程科技学院 纺织面料省高校重点实验室, 安徽 芜湖 241000; 2. 东华大学 纺织学院, 上海 201620)

摘要 为能在仿制设计过程中快速且简便地提取待分析织物的完全组织循环参数, 提出一种基于特征子阵匹配的织物组织分析方法。根据织物分析得到的意匠图, 建立相应的组织矩阵。通过一维搜索方法分别找出组织矩阵经、纬向可能的循环, 并以此建立特征子阵。分别对特征子阵进行二维铺设, 根据铺设结果和组织矩阵是否匹配, 判定特征子阵是否为完全组织。研究表明, 分析完全组织循环数大的织物时, 一维搜索的方法可以优化特征子阵的寻找和选择, 通过对特征子阵的铺设并和原始意匠图的匹配, 可以实现完全组织循环参数的提取。

关键词 织物组织; 组织矩阵; 特征子阵; 矩阵变换

中图分类号: TS 107 文献标志码: A

Fabric analysis based on feature submatrix matching

YUAN Huifen¹, WANG Xu²

(1. Anhui Provincial Key Laboratory of Textile Fabric, Anhui University of Technology and Science, Wuhu, Anhui 241000, China; 2. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract In order to solve the problem as how to get weave repeat unit of unknown fabric simply and quickly during fabric copy design, this paper presented a new method of fabric analysis by using feature submatrix matching. According to weave diagram, weave matrix was established. One-dimension search method was used to find the potential repetition of the warp and the weft respectively, so feature submatrix was established. Then, feature submatrix was laid on two-dimensional plane. According to consistency between the laid feature submatrix and the original weave diagram to discriminate whether that feature submatrix is the right weave repeat unit. The results indicated that on weave repeat unit with large scale, using one-dimension search method can optimize feature submatrix finding and selecting. With laying feature submatrix and matching with original diagram, the parameter of weave repeat unit can be extracted successfully.

Key words fabric weave; weaves matrix; feature submatrix; matrix transform

仿制设计是常用的织物设计方法之一, 对织物组织进行分析是面料仿制设计和上机织制的一项重要基础性工作。纱线较粗、基础组织简单的织物, 可以通过目测或照布镜观察进行组织分析; 对于组织结构非常复杂的织物通常根据拆纱分析法在意匠纸上填入经、纬纱交织规律, 通过人工分析和判断, 最终确定组织循环。随着 CAD 技术向纺织行业的渗透, 部分原来主要依赖人工操作的技术环节, 已逐渐被计算机操作所取代^[1]。根据织物经、纬纱交织规律, 可以建立矩阵模型, 通过图像变换^[2-3]以及数学组织异化等方法^[4-5]实现原组织、变化组织、联合

组织和复杂组织等的参数化设计和上机图的自动生成。目前计算机辅助织物分析主要是通过傅里叶分析和小波分析等图像处理技术, 实现对简单织物进行经纬密度检测以及织物结构的分析与识别^[6-9]。对复杂织物的组织分析是织物分析研究领域的热点和难点^[10]。由于计算机对复杂织物和色织物的分析结果与真实结果存在一定的误差, 尚不能完全替代人工操作^[11-12]。对于一些组织循环大且交织规律非常复杂的待分析织物, 如绉组织等, 织物分析人员在得到意匠图后, 仍需大量时间进行分析和判断完全组织及其循环参数。为提高织物分析过程的效

率,降低劳动强度,本文在结合人工绘制意匠图的基础上,通过对织物组织矩阵进行特征子阵匹配的方法提取完全组织的循环参数,从而确定待分析织物的经纬交织规律。利用这种方法可以快速精确地找到待分析织物的完全组织,尤其对于大循环且交织规律复杂的织物的分析具有优势。

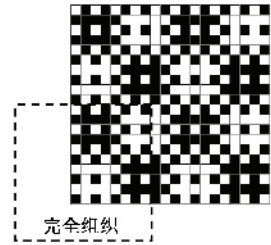
1 织物组织的矩阵模型和特征子阵

描绘出待分析的意匠图后,就可以对织物的经、纬纱交织规律进行分析。用“1”和“0”分别表示意匠图中经浮点和纬浮点,则意匠图对应 1 个组织矩阵,其中行向量表示纬纱,列向量表示经纱。这样就可以通过组织矩阵中行、列向量的分布规律来找出其中的完全组织。经、纬纱的交织规律在意匠图中存在周期性的特点。特征子阵实际上就是组织矩阵中一个能反映经纬纱交织规律周期性特征的子矩阵。待分析组织矩阵包含有多个子矩阵,寻找完全组织的过程实际上就是从组织矩阵中找到特征子矩阵的过程。判别子阵是否为特征子阵的依据是对子阵进行二维铺设,如果铺设的结果和待分析组织矩阵相等,则可以认为该子阵为特征子阵,因此,基于特征子阵匹配的方法,其研究意义在于模仿织物分析人员根据意匠图反映的周期性交织规律而得到完全组织的过程。图 1 示出某透孔组织图和相应的组织矩阵,虚线方框部分为完全组织和对应的特征子阵。

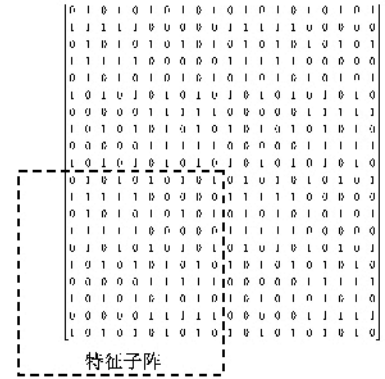
2 特征子阵的遍历算法及其改进

平纹组织是经、纬纱交织规律最简单的织物,其经、纬纱循环周期都是 2,因此,对于组织类型未知的待分析织物来说,可以认为其可能最小的特征子矩阵的行列数从 2×2 开始,这样可以通过遍历的方法,从 2 开始逐渐扩展子矩阵,并对子矩阵进行经、纬向二维铺设,根据子矩阵铺设结果与待分析矩阵是否匹配来判别子矩阵是否为特征子矩阵。

假定待分析织物为 m 行 n 列矩阵 $A_{m \times n}$,令其子矩阵为 w 行 j 列的矩阵 $B_{w \times j}$ 。为了符合织物分析的习惯,纬纱的序号是从下向上递增,经纱的序号是从左向右递增,同样组织矩阵的行标序号、列标也需要作相同的定义。子矩阵 $B_{w \times j}$ 的选择是从组织矩阵 $A_{m \times n}$ 左下角开始选择,其中下标 j 是从 2 开始以步长为 1 递增至 $n/2$ 的整数,下标 w 是从 2 开始以步



(a) 组织图和完全组织



(b) 组织矩阵和特征子阵

图 1 组织图和组织矩阵

Fig. 1 Weave diagram and weave matrix. (a) Weave diagram and weave repeat unit; (b) Weave matrix and feature sub-matrix 长为 1 递增至 $m/2$ 的整数。如图 1 所示, $B_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$; $B_{2 \times 3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$; ... 依此类推,直到 $B_{10 \times 10}$ 。子阵 $B_{w \times j}$ 的行列最大选择范围是待分析矩阵 $A_{m \times n}$ 的一半,超过一半则无法判断铺设后的结果是否与待分析矩阵匹配。对每一次选择的子矩阵 $B_{w \times j}$ 进行经、纬方向的二维铺设,并根据铺设结果是否与 $A_{m \times n}$ 匹配来判定 $B_{w \times j}$ 是否是特征子阵,直至找到符合条件的特征子阵为止,若所有的子矩阵铺设的结果都与待分析矩阵 $A_{m \times n}$ 不匹配,则表明根据当前的意匠图尚不能判定是否存在完全组织,需要重新选择取样范围后,进一步分析。

令行、列方向铺设参数分别为 h, v ,即将子矩阵 $B_{w \times j}$ 沿着水平和垂直方向铺设成 $h \times v$ 的矩形阵列 $[B_{w \times j}]_{h \times v}$,然后从左下角开始向上向右选择其中的 $m \times n$ 子阵,并与 $A_{m \times n}$ 进行比较,若相等则子阵 $B_{w \times j}$ 为特殊子阵。根据式(1)(2)计算铺设参数 h 和 v

$$h = \begin{cases} \frac{m}{w} & m \text{ 能被 } w \text{ 整除时} \\ \text{fix}\left(\frac{m}{w}\right) + 1 & m \text{ 不能被 } w \text{ 整除时} \end{cases} \quad (1)$$

$$v = \begin{cases} \frac{n}{j} & n \text{ 能被 } j \text{ 整除时} \\ \text{fix}\left(\frac{n}{j}\right) + 1 & n \text{ 不能被 } j \text{ 整除时} \end{cases} \quad (2)$$

式中 fix 为截尾取整操作 ; m, n 分别代表待分析矩阵 $A_{m \times n}$ 行、列数 ; w, j 分别代表子矩阵 $B_{w \times j}$ 行、列数。

对于图 1 所示的情况 $A_{m \times n}$,其中 $m = n = 20$,当子矩阵为 $B_{2 \times 2}$ 时 ,即 $w = j = 2$,由上面的关系式可以得到水平、垂直方向铺设参数 $h = v = 10$,铺设结果为 $[B_{2 \times 2}]_{10 \times 10}$,铺设后的结果与待分析矩阵不匹配 ,这说明 $B_{2 \times 2}$ 不是待分析织物的完全组织 ,重新选择子矩阵 ,直至子矩阵为 $B_{10 \times 10}$ 时 ,铺设结果为 $[B_{10 \times 10}]_{2 \times 2}$,可以看出铺设后的结果与待分析矩阵相匹配 ,这说明 $B_{10 \times 10}$ 是待分析织物的完全组织。

事实上 ,这里的遍历算法是一个对特征子阵进行逐步猜测和判定的过程。步长为 1 的遍历算法虽然简单 ,但是存在计算量大、费时多的缺点 ,特别是对于完全组织循环参数较大的情况 ,因此 ,有必要对算法进行相应的改进。实际上可以通过分别对行向量和列向量进行一维搜索 ,即通过行向量之间的相等关系 ,找到可能存在的纬纱循环周期。同样 ,通过列向量之间的相等关系 ,找到可能存在的经纱循环周期。由于经、纬纱的循环周期大小与其所在位置无关 ,为方便起见 ,分别以第 1 经纱列向量和第 1 纬纱行向量为标准 ,分别找出与它们相等的列向量和行向量的位置 ,从而得到可能存在的经、纬纱循环周期。这样根据经、纬纱循环周期建立子矩阵 ,并对子矩阵铺设结果与待分析矩阵是否匹配来判别子矩阵是否为特征子矩阵。

通过对组织矩阵 $A_{m \times n}$ 的第 1 纬纱和第 1 经纱进行一维搜索 ,即找到与其相等的行向量和列向量 ,并记录其所在的行、列位置。然后子矩阵 $B_{w \times j}$ 的选择就以此为标准依次进行。这样可以大大减少特征子阵的选择和判断过程。以图 1 所示的组织矩阵为例 ,即待分析组织矩阵 $A_{m \times n}$,其中 $m = n = 20$ 。如采用遍历算法 ,子矩阵的选择和判断过程需要进行 $(n/2 - 1) \times (m/2 - 1) = 81$ 次 ,才能最终得到符合条件的特征子阵。如果采用一维搜索方法 ,即首先得到与第 1 列向量相等的其他 5 个列向量 ,位置分别为第 3, 5, 11, 13, 15 ,因此 ,可能的完全循环经纱数为 2, 4 或 10。同样得到与第 1 行向量相等的其他 5 个行向量 ,位置分别为第 3, 5, 11, 13, 15 ,因此 ,可能的完全循环纬纱数为 2, 4 或 10。这样特征子阵的选择和判断过程只需要进行 $3 \times 3 = 9$ 次即可 ,如表 1 所示。

表 1 特殊子阵的选择与判断过程

Tab.1 Selection and discrimination process of feature submatrix

序号	子阵参数 j, w	铺设参数 h, v	是否匹配
1	2, 2	10, 10	否
2	2, 4	10, 5	否
3	2, 10	10, 2	否
4	4, 2	5, 10	否
5	4, 4	5, 5	否
6	4, 10	5, 2	否
7	10, 2	2, 10	否
8	10, 4	2, 5	否
9	10, 10	2, 2	是

根据一维搜索方法对特征子阵的选择和判断 ,编写了相应的 MatLab 程序 ,流程如图 2 所示。

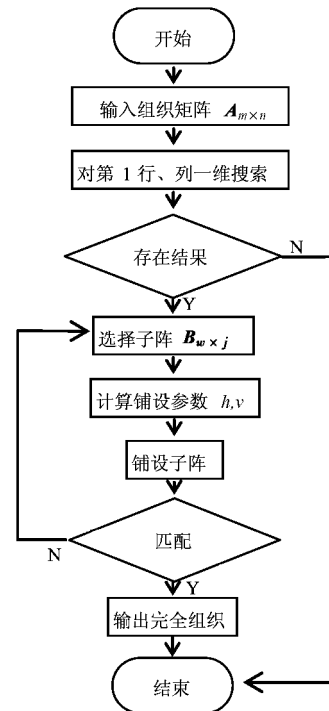


图 2 特征子阵的选择和判断程序框图

Fig.2 Scheme of MatLab program for selection and discrimination of feature sub-matrix

3 实例分析

本文通过 2 个具体实例 ,说明通过特殊子阵匹配的方法实现完全组织图的获取过程。

图 3 为某织物的意匠图。组织矩阵为 $A_{m \times n}$,其中 $m = n = 40$,通过程序对行、列一维搜索的结果显示 ,与第 1 列向量相等的其他 4 个列向量 ,位置分别为第 13, 19, 31, 37 ,因此可能的完全组织经纱数

为 12 或 18。同样方法得到与第 1 行向量相等的其他 2 个行向量,位置分别为第 19,37,因此可能的完全组织经纱数为 18。令其子矩阵为 $B_{w \times j}$,其中 $j \in \{12, 18\}, w \in \{18\}$ 。这意味着采用一维搜索算法只需要进行 2 次子阵的选择和判断。当子阵为 $B_{18 \times 12}$ 时,铺设结果与待分析组织矩阵不匹配,当子阵为 $B_{18 \times 18}$ 时,铺设结果与待分析组织矩阵匹配,因此,待分析矩阵的完全组织经纬纱循环参数均为 18。若采用遍历方法,则需要进行 $17 \times 17 = 289$ 次选择和判断。

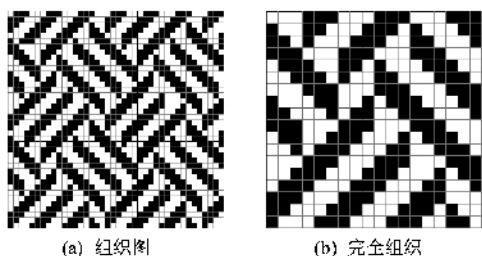


图 3 实例 1 的待分析组织图及其完全组织图

Fig.3 Weave diagram (a) and its weave repeat unit (b) of example 1

图 4 为某组织意匠图。组织矩阵为 $A_{m \times n}$,其中 $m = n = 50$,通过程序对行、列一维搜索的结果显示,与第 1 列向量相等的其他 8 个列向量的位置分别为第 8,15,19,25,32,39,43,49,因此可能的完全组织经纱数为 7,14,18 或 24。同样方法得到与第 1 行向量相等的其他 5 个行向量,位置分别为第 9,21,29,41,49,因此可能的完全组织经纱数为 8 或 20。令其子矩阵为 $B_{w \times j}$,其中 $j \in \{7, 14, 18, 24\}, w \in \{8, 20\}$ 。这意味着采用一维搜索算法需要进行 8 次子阵的选择和判断。仅当子阵为 $B_{20 \times 24}$ 时,铺设结果与待分析组织矩阵匹配,因此,待分析矩阵的完全组织经、纬纱循环参数分别为 24 和 20。

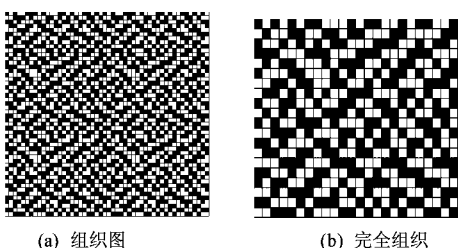


图 4 实例 2 的待分析组织图及其完全组织图

Fig.4 Weave diagram (a) and its weave repeat unit (b) of example 2

从上面的实例可以看出,通过特征子阵匹配的方法,可以实现织物分析中的完全组织的提取。在特征子阵的选择上,采用一维搜索的方法与遍历方法相比可以大幅度减少计算量。

4 结 论

根据织物分析得到的意匠图,可以建立相应的组织矩阵。基于特征子阵匹配的方法可以模仿织物分析人员根据意匠图反映的周期性交织规律得到完全组织。实验结果表明,通过对组织矩阵进行特征子阵的选择、铺设和匹配的分析方法,可以方便快捷地找到经、纬纱的周期性交织规律。同时可以看出,在组织循环较大、交织规律复杂时,通过一维搜索方法分别找出组织矩阵的经、纬向可能的循环,并以此建立特征子阵可以优化特征子阵的寻找和选择。该方法为计算机辅助织物分析提供了新的思路。

FZXB

参考文献:

[1] 张森林,姜位洪. 纺织 CAD 技术的应用及其发展方向[J]. 纺织学报, 2004, 25(3):126 - 129.
ZHANG Senlin, JIANG Weihong. The application and research direction in jacquard fabric CAD system[J]. Journal of Textile Research, 2004, 25(3):126 - 129.

[2] 施国生,梁道雷. 多臂织物组织矩阵的自动设计[J]. 纺织学报, 2002, 23(6):50 - 61.
SHI Guosheng, LIANG DaoLei. Automatic design of weave matrix for dobby fabric weaves[J]. Journal of Textile Research, 2002, 23(6):50 - 61.

[3] 施国生,张瑜秋,熊超. 图像变换在多臂织物组织设计上的应用[J]. 纺织学报, 2006, 27(7):23 - 26.
SHI Guosheng, ZHANG Yuqiu, XIONG Chao. Application of image transform technique on dobby fabric weave design[J]. Journal of Textile Research, 2006, 27(7):23 - 26.

[4] 顾平. 数学函数的组织异化数学模式: 织物规则组织 CAD 的新生成法[J]. 丝绸, 2001(11):9 - 11, 22.
GU Ping. The mathematical modes for weave differentiation with mathematical function: a new algorithm for the regular weave CAD[J]. Silk Monthly, 2001(11):9 - 11, 22.

[5] 陈俊琰,汪军. 变化及复杂织物组织的计算机自动生成[J]. 东华大学学报:自然科学版, 2007, 33(2):207 - 211.
CHEN Junyan, WANG Jun. Computer simulation for derivative weave and composed weave[J]. Journal of Donghua University: Natural Science Edition, 2007, 33(2):207 - 211.

- 量的影响[J]. 棉纺织技术, 2007, 35(2): 7-8.
- ZHANG Yi, WANG Dongming, HUANG Jingui. Analyses of influence of adding stationary flat on carding sliver and yarn quality[J]. Cotton Textile Technology, 2007, 35(2): 7-8.
- [4] 吕恒正. 并粗工艺与成纱质量关系的讨论[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(8): 3.
- LÜ Hengzheng. Discussion on relation between yarn forming quality and drawing & roving process[J]. Cotton Textile Technology, 2005, 33(8): 3.
- [5] 邵株莲, 刘承晋. 提高细纱条干均匀度的工艺优化措施[J]. 棉纺织技术, 2007, 35(1): 9-11.
- SHAO Zhulian, LIU Chengjin. Processing optimization configuraion of enhancing spinning evenness[J]. Cotton Textile Technology, 2007, 35(1): 9-11.
- [6] 张长乐. SIRO 纺纱的机理及其产品开发[J]. 棉纺织技术, 2001, 29(1): 11-14.
- ZHANG Changle. Development of products and mechanism of siro spinning[J]. Cotton Textile Technology, 2001, 29(1): 11-14.
- [7] 秦贞俊. 紧密赛络纺生产股线的技术[J]. 山东纺织科技, 2006, 47(1): 7-9.
- QIN Zhenjun. The technology of spinning elitwist ply yarn[J]. Shandong Textile Science & Technology, 2006, 47(1): 7-9.
- [8] 余桂林. 新型细纱牵伸器材及其使用效果(上)[J]. 棉纺织技术, 2007, 35(1): 23-25.
- YU Guilin. New type spinning draft apparatus and its use effect(I)[J]. Cotton Textile Technology, 2007, 35(1): 23-25.
- [9] 蔡志勇, 陈名均. 细纱牵伸器材及工艺配置堆成纱细节的影响[J]. 棉纺织技术, 2005, 33(8): 9-10.
- CAI Zhiyong, CHEN Mingjun. Influence on yarn thin place of spinning draft apparatus and technology configuratior[J]. Cootton Textile Technology, 2005, 33(8): 9-10.
- [10] 余桂林. 新型细纱牵伸器材及其使用效果(下)[J]. 棉纺织技术, 2007, 35(2): 20-23.
- YU Guilin. New type spinning draft apparatus and its use effec(II)[J]. Cotton Textile Technology, 2007, 35(2): 20-23.
- (上接第 48 页)
- [6] 孙亚峰, 陈霞, 王新厚. 机织物密度的计算机自动识别[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2006, 32(2): 83-88.
- SUN Yafen, CHEN Xia, WANG Xinhou. Automatic recognition of the density of woven fabric[J]. Journal of Donghua University: Natural Science Edition, 2006, 32(2): 83-88.
- [7] XU B. Identifying fabric structures with fast Fourier transform techniques[J]. Textile Research Journal, 1996, 66(8): 496-506.
- [8] 侯春煦, 汪剑鸣, 沈洁, 等. 单色经纱或纬纱排列的自动识别算法[J]. 天津工业大学学报, 2006, 25(5): 71-74.
- HOU Chunxu, WANG Jianming, SHEN Jie, et al. Automatic identification algorithm of solid color warp or weft arrangemen[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2006, 25(5): 71-74.
- [9] 沈建强, 耿兆丰, 邹轩, 等. 一种基于小波变换的织物组织与结构参数检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(2): 357-362.
- SHEN Jianqiang, GENG Zhaofeng, ZOU Xuan, et al. Detection method for fabric weave patterns and structural parameters based on wavelet transform[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007, 28(2): 357-362.
- [10] 张国辉. 复杂织物的组织分析[J]. 丝绸, 2006(6): 12-14.
- ZHANG Guohui. Weave analysis of complex woolen fabri[J]. Silk Monthly, 2006(6): 12-14.
- [11] 谢莉青, 于伟东. 色织物组织的灰度特征与自动识别[J]. 青岛大学学报: 工程技术版, 2007, 22(3): 1-8.
- XIE Liqing, YU Weidong. Grey features and automatic recognition of color woven fabric pattern[J]. Journal of Qindao University: E&T Edition, 2007, 22(3): 1-8.
- [12] 吴海虹, 张明敏, 潘志庚, 等. 彩色图像的织物组织自动识别[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(8): 1710-1716.
- WU Haihong, ZHANG Mingmin, PAN Zhigeng, et al. Automatic identifying fabric structure based on color images[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(8): 1710-1716.