

ОПТИМИЗАЦИОННО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАВИСИМОСТТА МЕЖДУ ПАРАМЕТЪРА КАЧЕСТВО НА МАШИННАТА БРОДЕРИЯ И ФАКТОРИТЕ ОПЪН НА КОНЕЦА И ГЪСТОТА НА БОДА

Боряна Георгиева *)

Въведение

Машинната бродерия се налага като съвременен ефективен подход при реализацията на мотиви върху различни видове дрехи. От направения обзор върху изследванията, свързани с оптимизиране на качеството на бродираните мотиви, се оказа, че фирми като [Pfaff], [Brother] и [Janome] предлагат на пазара специализирани машини с цифрово програмно управление, предназначени за машинна бродерия. От направения обзор не се намериха, обаче, достатъчно резултати от изследвания и още по-малко оптимизационни, които да се отнасят до връзката между качеството на бродирания мотив, разглеждано като параметър на процеса и някои управляеми фактори като опъна на концата и гъстотата на бодовете при реализацията на мотива, която задача се решава по експериментален път в настоящата разработка.

Същност на изследванията

При изпълнението на научната годишна програма за 2014 г. на Научно-изследователския сектор към ТУ-София, насочена конкретно за подпомагане на научната дейност на редовните докторанти, беше закупена бродираща машина с цифрово-програмно управление, модел MC350E на фирмата Janome. На фиг. 1 е показан външният вид на машината по време на работа и в едър план - зоната на бродиране по времето на опит № 2.



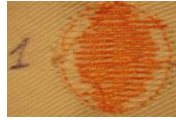




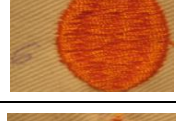
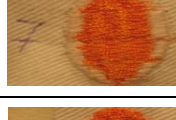


Фиг.1. Машината модел MC350E на фирмата Janome по време на работа и в едър план зоната на бродиране при провеждането на опит № 2.

В рамките на целта на разработваната от авторката дисертация беше поставена задачата за оптимизиране на качеството на изпълняваната бродерия в зависимост от опъна на концата и гъстотата на бодовете. Избран беше прост мотив – кръг с диаметър $\varnothing 20$ (mm), запълнен с един цвят.

Мотивът беше реализиран 9 пъти върху памучен плат със средна плътност и конци на специализираната фирма Madeira, като всеки бродиран мотив беше подложен на оценка от страна на десет независими оценителя.

В матрицата на таблица № 1 са намерили място факторите опън на конеца (X_1) и гъстота на бродиране на мотива (X_2) със съответните кодирани стойности, стойностите на факторите в техния явен вид (O и Г), както и поредица от 9 снимки на изпълнените мотиви.

Таблица № 1

j i	X_0	X_1 O_j (степени)	X_2 $\Gamma_j, \%$	Стойности на параметъра			Снимка на мотива за съответния опит
				Y_{ij}	$Y_{\text{средно},i}$	Y_{Mi}	
				Емпирични стойности	Средна стойност	Стойности по математическия модел	
1	+1	+1 8	+1 40	1,1,1,2,1, 1,1,1,1,1	1,1	1,19	
2	+1	0 4	+1 40	2,1,2,3,2, 1,2,3,1,2	1,9	1,72	
3	+1	-1 0	+1 40	3,1,3,3,2, 1,3,3,2,1	2,2	2,24	
4	+1	+1 8	0 100	1,2,2,1,3, 1,3,2,1,2	1,8	1,37	
5	+1	0 4	0 100	1,2,3,3,3, 2,3,2,2,3	2,4	2,39	
6	+1	-1 0	0 100	3,3,3,3,3, 3,3,3,2,3	2,9	3,02	
7	+1	+1 8	-1 160	2,1,1,1,3, 1,2,3,1,1	1,6	2,5	
8	+1	0 4	-1 160	2,2,2,1,3, 2,3,3,2,1	2,1	2,52	
9	+1	-1 0	-1 160	3,3,3,3,3, 3,3,3,3,3	3	3,73	

O – опън на конеца, измерена в степени по относителна скала (0 - 9) на машината;
Г – гъстота на бодовете, зададена в % (20 – 200%) от програмата на машината.

В същата таблица са отразени множеството стойности на параметъра (Y_{ij}) – качество на мотива, оценено по рангова скала: 1 – ниско, 2 – средно и 3 – високо, съответстващи на субективни оценки за изображението при изпълнението му върху основния плат. Деветте поредици от по 10 стойности на параметъра Y_{ij} , са усреднени, като индексите имат следния смисъл: $j \in \{1 \div 2\}$ е брояч на факторите, а $i \in \{1 \div 9\}$ – брояч на опитите. Използва се теорията на планирания експеримент [Ангелов, 2008], като в случая е изпълнен пълен факторен експеримент от типа ПФЕ 3^2 . Цели да бъде получен математико-статистически модел от втора степен от вида:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{11} \cdot X_1^2 + b_{22} \cdot X_2^2 \quad (1),$$

в който неизвестните коефициенти се пресмятат по формулите:

$$b_0 = \frac{5}{9} \sum_{j=1}^9 x_{0j} \cdot \bar{y}_j - \frac{1}{3} \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^9 x_{ij}^2 \cdot \bar{y}_j \quad (2)$$

$$b_i = \frac{1}{6} \cdot \sum_{j=1}^9 x_j \cdot \bar{y}_j \quad (3)$$

$$b_{ik} = \frac{1}{4} \cdot \sum_{i=1}^2 \cdot \sum_{j=1}^9 x_{ij} \cdot x_{kj} \cdot \bar{y}_j \quad (4)$$

$$b_{ii} = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^9 x_{ij}^2 \cdot \bar{y}_j - \frac{1}{3} \sum_{j=1}^9 \bar{y}_j \quad (5)$$

С помощта на алгоритмичен код, написан в програмната среда на MATLAB [MATLAB], са пресметнати коефициентите, проверена е тяхната значимост и е направена проверка за адекватност на модела. Моделът в неговия кодиран вид е следният:

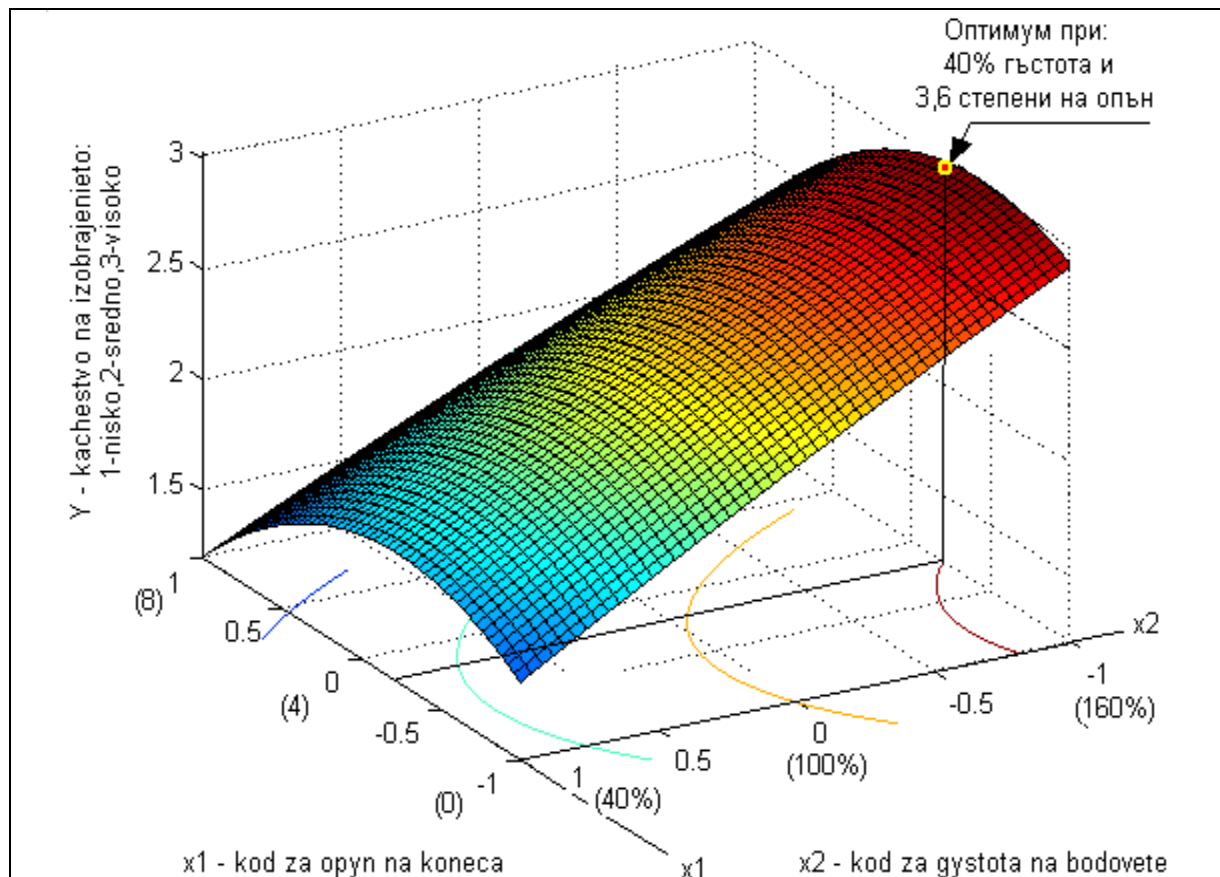
$$Y = 2,3889 - 0,6 \cdot X_1 - 0,25 \cdot X_2 + 0,075 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,0333 \cdot X_1^2 - 0,3833 \cdot X_2^2 \quad (6)$$

От стойностите и от знаците на коефициентите в модела (6) могат да се направят обобщения, свързани с конкретното факторно пространство:

- коефициентът $b_0 = 2,3889$ е най-голям спрямо останалите, от което следва, че съществуват и други фактори, които не са отчетени;
- знаците пред линейните фактори ($b_1 = -0,6$ и $b_2 = -0,25$) са отрицателни, от което следва, че с поотделното увеличаване на стойностите на отделните фактори ще намалява стойността на параметъра, като факторът X_1 (опън на конеца) влияе значително по-силно в сравнение с фактора X_2 (гъстота на бодовете);
- знакът пред псевдолинейния фактор ($b_{12} = 0,075$) е положителен, от което следва, че с едновременното увеличаване на стойностите на двата фактора се увеличава и стойността на параметъра, макар че това влияние е много по-слабо (с един порядък) спрямо линейното парциално влияние на всеки един от двата фактора;

- знаците пред квадратичните коефициенти ($b_{11}=-0,0333$ и $b_{22}=-0,3833$) са отрицателни, от което следва, че с нарастване на стойностите на двата фактора, намаляват на втора степен (квадратично) стойностите на параметъра, като квадратичното влияние (огънатостта на повърхнината на функцията), предизвикано от втория фактор (гъстотата на бодовете), е приблизително деветкратно по-силно в сравнение с това на първия – опъна на конеца.

С помощта на модела (6) и алгоритмичен код в програмната среда на MATLAB [MATLAB] е построена графиката от фиг. 2. При направените



Фиг.2. Графична зависимост на зависимостта: качество на изображението на машинно бродирания мотив в зависимост от опъна на конеца и гъстотата на бодовете.

```

clc;x=[ 1.1 1.9 2.2 1.8 2.4 2.9 1.6 2.1 3];
A=x(1)+x(2)+x(3)+x(4)+x(5)+x(6)+x(7)+x(8)+x(9);
C=x(1)+x(3)+x(4)+x(6)+x(7)+x(9)+x(1)+x(2)+x(3)+x(7)+x(8)+x(9);
D=x(1)-x(3)+x(4)-x(6)+x(7)-x(9);E=x(1)+x(2)+x(3)-x(7)-x(8)-x(9);
F=x(1)-x(3)-x(7)+x(9);H=x(1)+x(3)+x(4)+x(6)+x(7)+x(9);
I=x(1)+x(2)+x(3)+x(7)+x(8)+x(9);b0=(5*A/9)-(C/3)
b1=D/6;b2=E/6;b12=F/4;b11=(H/2)-(A/3);b22=(I/2)-(A/3);
x1=-1:0.02:1;x2=x1;[x1,x2]=meshgrid(x1,x2);
y=b0+(b1.*x1)+(b2.*x2)+(b12.*x1.*x2)+(b11.*(x1.^2))+(b22.*(x2.^2));
surf(x2,x1,y);grid;xlabel('x1 - код за опън на конеца');
ylabel('x2 - код за гъстота на бодовете');
zlabel('Y - качество на изображението: 1-ниско,2-средно,3-високо');view([-120 30])

```

проверки за значимост на коефициентите и за адекватност на модела е използван коефициента $b_{11}=-0,0333$, като с неговото изключване са пресметнати съответните коефициенти на Фишър. Видно и от графиката на фиг.2, огъването на повърхнината на функцията Y около оста X_2 е незабележимо.

Очевидно е, че комбинацията от входните фактори: *опън на конеца*, настроен на стойността 3 или 4 по скалата на машината и *гъстота на бодовете* от порядъка на 160%, настроена с помощта на управляващата програма на машината, води до максимално качество на машинно бродирания мотив. Целесъобразно е при изпълнението на машинна бродерия в рамките на факторното пространство да се работи с получените по емпиричен път оптимални стойности на факторите.

Заклучение

В резултат от направеното изследване с помощта на използваната методика и конкретно чрез математико-статистическия модел (6) е постигната оптимизация на елементите на режима – *опън на конеца* и *гъстотата на бодовете* при работа с машината Janome, модел MC350E, който резултат се явява предпоставка за постигането на по-високо качество при реализацията на машинна бродерия върху памучни тъкани.

Литература

1. Ангелов, Н.П., Учебно помагало с протоколи за лабораторни упражнения по обработване на материалите и инструментална екипировка, Издание на Техническият университет – София, 2008 г. [Ангелов,2008]
2. Каталог на бродиращи машини Brother, <http://3057.jp.all.biz/burazafm800-g4462> , [Brother]
3. Каталог на бродиращи машини Janome, <http://content.janome.com/index.cfm/Machines/Embroidery/MC350E> [Janome]
4. Каталог на бродиращи машини Pfaff Creative 2170, <http://www.pfaff.com/kr/4960.html> , [Pfaff]
5. MATLAB Image Processing Toolbox. User's Guide, “The Math-Works Inc.”, 2000. [MATLAB]

*)Авторката на настоящата статия, маг. инж.-дизайнер Боряна Георгиева Георгиева – редовна докторантка в катедра “Инженерен дизайн” в ТУ-София, има приятното задължение да изкаже своята благодарност на Научно-изследователския сектор при Техническият университет - София за финансираня през 2014 г. докторантски проект с нейното целево участие, на нейната ръководителка, проф. д-р Пенка Димитрова, както и на проф. д.т.н. инж. Николай Ангелов за оказаната методична помощ, свързана с обработването на резултатите от настоящите изследвания.