

ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH HỒI QUY ĐỂ MÔ HÌNH HÓA MỐI QUAN HỆ TƯƠNG QUAN GIỮA LỰC CĂNG CHỈ VÀ ĐỘ DÀY VẢI ĐẾN ĐỘ NHĂN ĐƯỜNG MAY

PHAN HÀ NHƯ NGỌC

Khoa May Thời trang, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: phanhanhungoc@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v77i5.5613>

Tóm tắt

Nghiên cứu tập trung tập trung làm rõ mối quan hệ tương quan giữa sức căng của chỉ dưới và độ dày lớp vải đến mức độ xuất hiện nếp nhăn trên đường may trong lĩnh vực may công nghiệp. Thông qua việc áp dụng phương pháp luận thiết kế thí nghiệm dựa trên quy hoạch bậc hai, đồng thời kết hợp với phân tích mô hình hồi quy đa biến, nghiên cứu đã nhận diện các yếu tố có ảnh hưởng và xác định mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố này đến sự thay đổi về chiều dài của đường may. Kết quả phân tích cho thấy độ dày vải là yếu tố chủ đạo, có ảnh hưởng lớn hơn nhiều so với lực căng chỉ dưới đến độ nhăn. Dựa trên phương trình hồi quy xây dựng được, các giá trị lực căng chỉ dưới tối ưu tương ứng với từng mức độ dày của vải đã được xác định nhằm hạn chế hiện tượng nhăn đường may.

Từ khóa: lực căng chỉ dưới, độ dày vải, nhăn đường may, hồi quy bậc hai, tối ưu hóa.

1. GIỚI THIỆU

Trong lĩnh vực may mặc, chất lượng của một sản phẩm may mặc chịu ảnh hưởng đáng kể từ các giải pháp kỹ thuật được áp dụng trong quá trình sản xuất, trong đó quy trình may giữ một vị trí đặc biệt then chốt. Hiện tượng đường may bị nhăn (seam puckering) không chỉ làm giảm giá trị thẩm mỹ mà còn ảnh hưởng đến tuổi thọ của sản phẩm và đây được coi là một lỗi phổ biến trong ngành may. Một trong những lý do chính gây ra tình trạng này xuất phát từ sự không tương thích về độ co giãn giữa vải và chỉ, dẫn đến đường may dễ bị biến dạng, từ đó làm mất đi vẻ đẹp chung của sản phẩm [1]. Để đáp ứng những yêu cầu ngày càng cao của thị trường về chất lượng và tính thẩm mỹ của sản phẩm may mặc, việc nghiên cứu các phương pháp kiểm soát hiệu quả và tối ưu hóa các yếu tố kỹ thuật liên quan là vô cùng cần thiết [2]. Theo nhiều công trình nghiên cứu, sự xuất hiện nhăn trên đường may là do ảnh hưởng từ nhiều yếu tố khác nhau, nổi bật trong số đó là lực căng của chỉ dưới và độ dày của lớp vải được sử dụng [3, 4]. Trong đó, lực căng chỉ không phù hợp có thể trực tiếp làm vải co rút dọc theo đường may [5]. Trong khi đó, độ dày của vải ảnh hưởng đến sức cản cơ học khi kim xuyên qua và mức độ chèn ép của các lớp vật liệu [6]. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng độ dày vải có tác động đáng kể đến hiện tượng nhăn đường may [7]. Do đó, việc khảo sát và mô hình hóa mối quan hệ giữa hai yếu tố chính này là một bước đi ưu tiên và cần thiết trước khi xem xét các yếu tố phụ khác. Cụ thể hơn, nếu lực căng chỉ dưới không đủ, đường may có thể bị lỏng và kém bền. Ngược lại, lực căng chỉ quá lớn lại dễ khiến vải bị kéo căng và gây nhăn. Về phần độ dày vải, yếu tố này tác động trực tiếp đến quá trình kim xuyên qua vải cũng như tương tác cơ học giữa các lớp vải với chỉ, từ đó ảnh hưởng đến mức độ nhăn hình thành [2]. Ngoài hai yếu tố chủ chốt này, các nghiên cứu còn chỉ ra rằng đặc điểm riêng của vải, loại chỉ được chọn, và mật độ mũi may cũng góp phần đáng kể vào việc hình thành lỗi nhăn trên đường may.

Trong các nghiên cứu trước đây, Dobilaitė và Jucienė (2010) đã đi sâu vào phân tích hình dạng cũng như cách phân bố nếp nhăn trên đường may, kết quả cho thấy sự ảnh hưởng đáng kể từ các yếu tố công nghệ và đặc trưng của vật liệu được sử dụng [8]. Theo một hướng tương đồng, nghiên cứu của Malek (2019) đã ứng dụng mô hình hồi quy trong việc đánh giá chất lượng đường may trên chất liệu denim, đồng thời nhấn mạnh vai trò của mật độ mũi chỉ và các đặc điểm của vải đối với kết quả đường may cuối cùng [9]. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này đề xuất một hướng tiếp cận mới bằng cách kết hợp mô hình hồi quy bậc hai với phương pháp thiết kế thí nghiệm theo quy hoạch nhân tố đầy đủ để giải quyết vấn đề. Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng mô hình và tìm ra các điều kiện tối ưu cho sự tác động qua lại giữa sức căng chỉ dưới và độ dày vải, hướng đến việc giảm thiểu hiện tượng nhăn đường may, đồng thời cải thiện chất lượng và độ ổn định trong ngành sản xuất may công nghiệp.

Mục tiêu chính của nghiên cứu là: (1) phát triển một phương trình hồi quy có thể phản ánh trung thực sự tương quan giữa các biến số kỹ thuật đầu vào và hiện tượng nhăn đường may; (2) xác định và định lượng

tầm ảnh hưởng của mỗi yếu tố; và (3) đề xuất các mức lực căng chỉ dưới tối ưu cho mỗi loại vật liệu vải khác nhau, góp phần cải thiện chất lượng của đường may thành phẩm. Kết quả nghiên cứu vừa cung cấp nền tảng khoa học giúp điều chỉnh tối ưu các thông số thiết bị may, vừa có ý nghĩa thực tiễn trong việc nâng cao hiệu quả sản xuất và chất lượng sản phẩm của ngành công nghiệp may.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Hiện tượng nhăn đường may (seam pucker) được định nghĩa là sự gợn sóng hoặc biến dạng không mong muốn của bề mặt vải dọc theo đường may [10]. Trong lĩnh vực sản xuất trang phục, việc đường may bị nhăn được xem là một khuyết điểm phổ biến và khó khắc phục, tác động không nhỏ đến vẻ đẹp bên ngoài, chất lượng toàn diện và sự thoải mái trong quá trình sử dụng sản phẩm. Một trong những phương pháp khách quan và định lượng để đánh giá mức độ nhăn là đo lường sự thay đổi (co rút) về chiều dài của đường may so với chiều dài ban đầu của mẫu vải trước khi may [8]. Khi vải bị nhăn, các sợi vải bị kéo lại gần nhau, làm cho chiều dài thực tế của đường may bị ngắn lại. Mức độ co rút này, hay "khoảng biến thiên chiều dài", tỷ lệ thuận với mức độ nhăn và đã được sử dụng như một chỉ số đáng tin cậy trong các nghiên cứu tương tự [4, 8]. Tình trạng đường may bị nhăn không những làm giảm giá trị bán ra của sản phẩm mà còn phản ánh sự chưa ổn định, thiếu nhất quán trong quy trình công nghệ được áp dụng tại xưởng sản xuất [11, 12]. Các nghiên cứu đã chỉ ra nhiều yếu tố góp phần đáng kể vào sự hình thành nếp nhăn trên đường may, có thể kể đến như các thuộc tính cơ học của vật liệu vải, tần suất mũi chỉ, tốc độ hoạt động của thiết bị, áp lực từ chân vịt và sức căng của sợi chỉ [13, 14]. Trong bối cảnh ngành công nghiệp may đang ngày càng hướng tới tự động hóa và nâng cao chất lượng sản phẩm, việc nắm bắt rõ ràng các nguyên nhân cũng như các yếu tố chính yếu dẫn đến tình trạng nhăn đường may được xem là một nhiệm vụ cấp thiết.

Trong cơ cấu hoạt động của máy may công nghiệp, chỉ dưới đóng vai trò cố định vòng chỉ ở mặt dưới của đường may. Nếu sức căng chỉ dưới không đủ, đường may có thể trở nên lỏng lẻo, dẫn tới các lỗi như bụng chỉ hay chỉ nổi lên. Ngược lại, một lực căng quá mạnh sẽ làm xô dịch các lớp vải khi may, gây ra biến dạng và hình thành nếp nhăn. Dù việc điều chỉnh chỉ trên phổ biến hơn, sự ổn định của chỉ dưới lại là yếu tố quyết định để duy trì sự cân bằng lực trong quá trình hình thành mũi may. Vì vậy, việc khảo sát ảnh hưởng của lực căng chỉ dưới là cần thiết để thiết lập chế độ may tối ưu cho từng loại vật liệu. Độ dày là một đặc tính vật lý quan trọng của vải, ảnh hưởng đến cách vật liệu bị biến dạng khi may. Công trình của Nayak (2013) đã chỉ ra rằng độ dày vải có tác động lớn đến việc hình thành nếp nhăn, theo đó vải dày hơn thường có khả năng chống nén tốt hơn, làm giảm khuynh hướng bị nhăn trong quá trình may [15]. Vì vậy, việc tìm hiểu sâu hơn về tác động của độ dày vải sẽ góp phần làm sáng tỏ mối tương quan giữa các đặc tính của vật liệu và sự xuất hiện của nếp nhăn trên đường may.

Nhiều công trình trong ngành dệt may đã sử dụng các mô hình hồi quy như một công cụ để phân tích ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật khác nhau đến chất lượng của đường may. Một ví dụ điển hình là nghiên cứu của Islam và cộng sự (2022), phương trình hồi quy được dùng để dự đoán độ bền đường may thông qua việc xem xét mật độ và kiểu mũi may, kết quả đã cho thấy một sự tương quan không tuyến tính giữa hai yếu tố này [16]. Ngoài ra, các công trình khác cũng đã ứng dụng mô hình hồi quy để đánh giá độ bền đường may, tập trung vào các yếu tố như mật độ sợi ngang, tần suất mũi chỉ, cũng như kích cỡ của kim và loại chỉ sử dụng [17].

Từ các phân tích đã nêu, có thể nhận định rằng sức căng của chỉ dưới và độ dày của vật liệu vải là hai nhân tố chính yếu, có tác động và tương tác lẫn nhau đối với sự hình thành nếp nhăn trên đường may. Việc áp dụng mô hình hồi quy bậc hai được xem là một phương pháp thích hợp để có thể phân tích một cách định lượng mối liên hệ này.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Vật liệu và thiết bị.

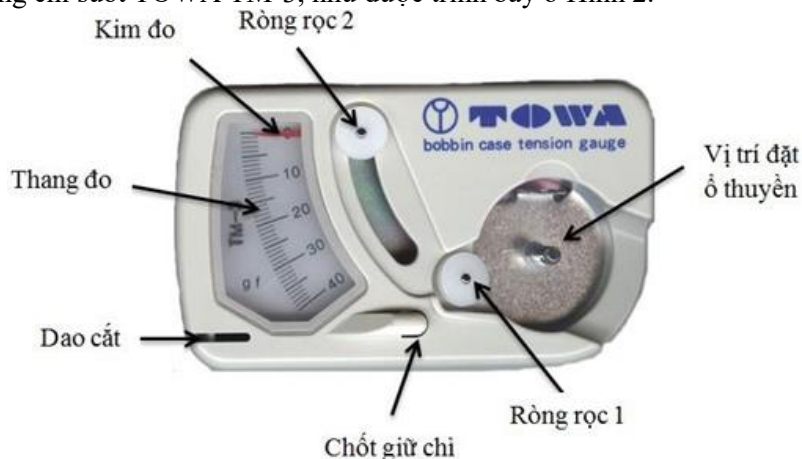
Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được thực hiện trên máy may công nghiệp một kim thương hiệu JUKI (loại máy may bằng). Việc kiểm soát chặt chẽ các thông số của vật liệu và duy trì ổn định các điều kiện thí nghiệm là yêu cầu bắt buộc để đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy cho các kết quả nghiên cứu. Các yếu tố quan trọng trong thí nghiệm được đo đạc bằng những thiết bị chuyên dùng với độ chính xác cao: Độ dày của các mẫu vải được đo bằng thiết bị đo độ dày điện tử Mitutoyo 547-301 (minh họa ở Hình 1), có khả năng đo chính xác đến 0.01mm. Quá trình đo tuân thủ theo các quy định của tiêu chuẩn ASTM D1777

ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH HỒI QUY ĐỂ MÔ HÌNH HÓA MỐI QUAN HỆ TƯƠNG QUAN

(Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn cho độ dày vật liệu dệt). Sức căng của chỉ dưới (hay chỉ suốt) được theo dõi và hiệu chỉnh bằng thiết bị đo lực căng chỉ suốt TOWA TM-3, như được trình bày ở Hình 2.



Hình 1: Máy đo độ dày điện tử Mitutoyo 547-301 – Độ chính xác 0.01mm



Hình 2: Cấu tạo máy đo lực căng chỉ TOWA TM-3

Vật liệu được chọn cho các thử nghiệm là vải dệt kim Single Jersey, làm từ 100% cotton. Lý do lựa chọn loại vải này là bởi nó rất phổ biến trong các sản phẩm may, đồng thời đặc tính co giãn, mềm và nhẹ của nó làm cho nó đặc biệt nhạy cảm với lỗi nhẵn đường may. Vì vậy, việc khảo sát các thông số may tối ưu cho loại vải này sẽ mang lại giá trị ứng dụng cao và khả năng triển khai rộng trong thực tế sản xuất. Mỗi mẫu vải được chuẩn bị với kích thước 5 cm × 27 cm, và chiều dài của đường may trên mỗi mẫu được giữ cố định ở 25 cm minh họa ở Hình 3. Quy trình may các mẫu được tiến hành hoàn toàn trên máy may JUKI DDL-8000A, đây là loại máy một kim tạo mũi thắt nút kiểu 301. Loại chỉ được dùng trong thí nghiệm là chỉ polyester có độ mảnh 030 Tex, do hãng Coats sản xuất. Trong suốt quá trình thực nghiệm, các thông số kỹ thuật chính đã được cài đặt và duy trì không đổi nhằm đảm bảo sự đồng nhất giữa các mẫu thí nghiệm, chi tiết được trình bày ở Bảng 1.



Hình 3: Hình ảnh mẫu vải tiến hành thực nghiệm

Bảng 1: Thông số kỹ thuật vật liệu và thiết bị thí nghiệm

Thông số	Mô tả
Vải	Dệt kim Single Jersey, 100% cotton
Kích thước mẫu	5 cm × 27 cm
Chiều dài đường may	25 cm
Chỉ may	Spun Polyester thread, 030 Tex, thương hiệu Coats
Kích thước kim may	75 Nm
Mật độ mũi chỉ	3–4 mũi/cm
Tốc độ may	3000 mũi/phút
Máy may	JUKI DDL-8000A
Kiểu đường may	Đường may một kim thắt nút (301)

3.2. Quy trình thực nghiệm.

- Bước 1: Chọn các nhân tố cho thực nghiệm

Nghiên cứu tập trung xem xét hai thông số kỹ thuật chính có ảnh hưởng rõ rệt đến độ nhăn đường may, đó là lực căng của chỉ dưới và độ dày của vật liệu vải. Theo đó, X_1 (lực căng chỉ dưới) cùng với X_2 (độ dày vải) được xác định là các biến độc lập (đầu vào) trong mô hình. Biến số đầu ra (hay biến phụ thuộc) của mô hình là chỉ số đo lường mức độ nhăn đường may, được thể hiện bằng sự thay đổi trong chiều dài của đường may, ký hiệu là Y (đơn vị mm). Các yếu tố khác có khả năng gây nhiễu đã được kiểm soát bằng cách giữ cố định các thông số thí nghiệm như được trình bày ở Bảng 1 (loại chỉ, kích thước kim, mật độ mũi chỉ, tốc độ máy,...). Điều này đảm bảo rằng sự thay đổi quan sát được ở biến Y chủ yếu là do tác động của các biến độc lập X_1 và X_2 . Sơ đồ mô hình nghiên cứu được trình bày trong Hình 4.



Hình 4: Sơ đồ mô tả mô hình nghiên cứu.

- Bước 2: Xác định miền giá trị các nhân tố

Dựa trên kết quả thực nghiệm thăm dò và tài liệu kỹ thuật của máy, miền giá trị của các yếu tố được thiết lập sao cho bao quát được vùng làm việc thông thường nhưng không gây hư hại mẫu. Đối với lực căng chỉ dưới X_1 (được đo bằng đơn vị milinewton, mN), chọn mức thấp nhất là 150 mN, mức cao nhất là 350 mN, và mức trung tâm là 250 mN. Tương tự, độ dày vải X_2 được khảo sát từ 0,274 mm (mỏng nhất) đến 0,372 mm (dày nhất), với mức trung bình khoảng 0,323 mm (các giá trị này đo được từ các mẫu vải cotton single jersey).

- Bước 3: Chọn mô hình phương trình hồi quy

Do hiện tượng nhăn đường may có bản chất phi tuyến, mô hình hồi quy bậc hai được chọn để phân tích. Lựa chọn mô hình này là vì nó có khả năng phản ánh cả ảnh hưởng riêng lẻ của từng yếu tố khảo sát lẫn ảnh hưởng tương tác giữa chúng đến mức độ nhăn. Phương trình hồi quy đa thức bậc hai tổng quát (1) cho hai biến độc lập X_1 và X_2 được trình bày:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 \quad (1)$$

Trong đó :

Y : Khoảng biến thiên chiều dài đường may (mm)

X_1 : Lực căng chỉ dưới (mN)

X_2 : Độ dày vải (mm)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_{12}, \beta_{11}, \beta_{22}$: là các hệ số hồi quy cần xác định

- Bước 4: Chọn phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Thiết kế thực nghiệm sử dụng phương pháp quy hoạch nhân tố toàn phần 3^2 (full-factorial 3 mức cho 2 yếu tố). Cụ thể, mỗi yếu tố X_1, X_2 được lấy tại 3 mức: thấp nhất, trung bình và cao nhất tương ứng với các giá trị đã xác định ở trên. Tổng số tổ hợp thí nghiệm là $3^2 = 9$ trường hợp. Mỗi trường hợp thí nghiệm được lặp lại 2 lần (lần may 1 và lần may 2) để lấy giá trị trung bình, nhằm giảm sai số ngẫu nhiên. Tổng cộng có $9 \times 2 = 18$ mẫu đường may được thực hiện để thu thập dữ liệu thực nghiệm khảo sát khoảng biến thiên chiều dài đường may (Y) theo các mức lực căng chỉ dưới (X_1) và độ dày vải (X_2). Kết quả đo đạc cho từng trường hợp thí nghiệm được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Dữ liệu thực nghiệm khảo sát khoảng biến thiên chiều dài đường may (Y) theo các mức lực căng chỉ dưới (X_1) và độ dày vải (X_2).

STT	Lực căng chỉ dưới X_1 (mN)	Độ dày vải X_2 (mm)	Khoảng biến thiên chiều dài đường may Y (mm)	
			Lần 1	Lần 2
1	350	0.372	0.5	0.5
2	350	0.323	1	1
3	350	0.274	2	1.5

ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH HỒI QUY ĐỂ MÔ HÌNH HÓA MỐI QUAN HỆ TƯƠNG QUAN

4	250	0.372	1	0.5
5	250	0.323	1	2
6	250	0.274	1	2.5
7	150	0.372	1	2
8	150	0.323	2	2.5
9	150	0.274	3	3

- Bước 5: Xử lý dữ liệu và Tính toán các hệ số hồi quy

- Dữ liệu thực nghiệm từ Bảng 2, bao gồm các giá trị lực căng chỉ dưới (X_1), độ dày vải (X_2) và độ nhăn đường may (Y).
- Quá trình phân tích hồi quy được thực hiện bằng phần mềm Minitab 21, với mô hình hồi quy bậc hai (quadratic regression model) nhằm mô tả mối quan hệ phi tuyến giữa các biến độc lập (X_1 , X_2) và biến phụ thuộc (Y).
- Mô hình hồi quy thu được có dạng thực nghiệm, phản ánh trực tiếp mối quan hệ giữa các biến đầu vào và kết quả đầu ra trong điều kiện sản xuất thực tế. Toàn bộ thông số hồi quy, độ phù hợp của mô hình (R^2 , R^2 hiệu chỉnh), kiểm định ANOVA và giá trị p cho từng hệ số được trình bày chi tiết trong Mục 4.1.

- Bước 6: Đánh giá mức độ phù hợp và ý nghĩa thống kê của mô hình hồi quy

Sau khi các hệ số của phương trình hồi quy được xác định, độ tin cậy và tính phù hợp của mô hình được đánh giá toàn diện thông qua các chỉ số thống kê. Quá trình đánh giá bao gồm:

- Kiểm định ý nghĩa tổng thể của mô hình:** Sử dụng kiểm định F (F-test) từ bảng Phân tích Phương sai (ANOVA). Mô hình được xem là có ý nghĩa thống kê nếu giá trị p-value tương ứng của F-value nhỏ hơn mức ý nghĩa α (thường là 0.05).
- Đánh giá mức độ phù hợp của mô hình:** Sử dụng Hệ số xác định R-squared (R-sq). Chỉ số này biểu thị phần trăm sự biến thiên của biến đáp ứng (độ nhăn) được giải thích bởi mô hình. Giá trị R-sq càng cao cho thấy mô hình càng phù hợp với dữ liệu thực nghiệm.
- Kiểm định ý nghĩa của từng hệ số hồi quy:** Sử dụng kiểm định t (t-test) cho mỗi hệ số trong mô hình. Một hệ số được coi là có ý nghĩa thống kê nếu giá trị p-value tương ứng của nó nhỏ hơn mức ý nghĩa α , cho thấy yếu tố đó có ảnh hưởng thực sự đến biến đáp ứng.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Phân tích mô hình hồi quy bậc hai và đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố

Sau khi thực hiện các thí nghiệm, dữ liệu thu thập được đã được xử lý bằng phần mềm thống kê Minitab để xây dựng và đánh giá mô hình hồi quy đa thức bậc hai. Mô hình này nhằm mục đích làm rõ mối quan hệ phi tuyến giữa các yếu tố đầu vào là lực căng chỉ dưới (X_1 , mN), độ dày vải (X_2 , mm) và biến đáp ứng là độ nhăn đường may (Y , mm).

$$Y = 8.242 - 0.027X_1 - 4.733X_2 + 0.013X_1X_2 + 3.333 \times 10^{-5}X_1^2 - 17.354X_2^2 \quad (3)$$

Độ phù hợp của mô hình được đánh giá thông qua các chỉ số R^2 và phân tích phương sai ANOVA được tóm tắt trong **Bảng 3**. Trong đó, hệ số xác định R-squared (R-sq) đạt 97.98%. Giá trị này chỉ ra rằng mô hình có khả năng giải thích tới 97.98% sự biến thiên của độ nhăn, chứng tỏ độ phù hợp rất cao với dữ liệu thực nghiệm và là một công cụ dự đoán mạnh mẽ. Để xác định tính phù hợp tổng thể của mô hình, kết quả phân tích phương sai (**Bảng 4**) cho thấy giá trị F-value là 29.07 với p-value tương ứng là 0.010. Vì p-value này nhỏ hơn mức ý nghĩa tiêu chuẩn $\alpha = 0.05$, có thể kết luận rằng mô hình hồi quy là có ý nghĩa thống kê cao, khẳng định mối quan hệ thực sự giữa các thông số công nghệ và độ nhăn đường may.

Bảng 3: Chỉ số đánh giá độ phù hợp của mô hình

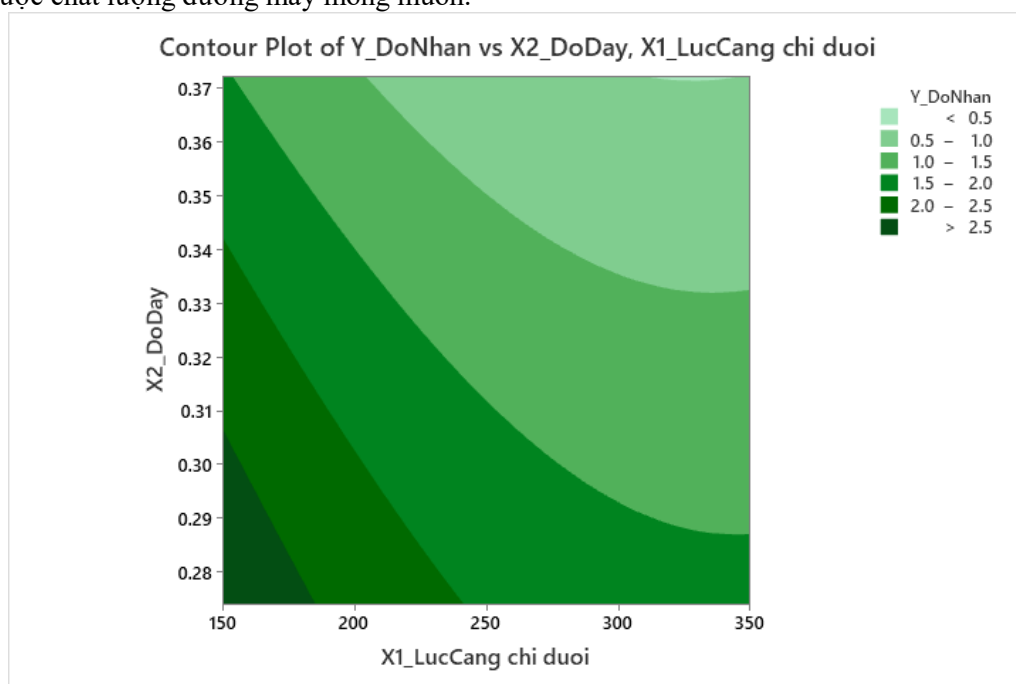
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.178406	97.98%	94.61%	79.72%

Bảng 4: Phân tích phương sai (ANOVA) cho mô hình hồi quy

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
--------	----	--------	--------	---------	---------

Regression	5	4.62674	0.925347	29.07	0.010
X1_LucCang	1	0.30116	0.301159	9.46	0.054
X2_DoDay	1	0.00061	0.000607	0.02	0.899
X1_LucCang*X1_LucCang	1	0.22222	0.222222	6.98	0.078
X2_DoDay*X2_DoDay	1	0.00347	0.003472	0.11	0.763
X1_LucCang*X2_DoDay	1	0.01563	0.015625	0.49	0.534
Error	3	0.09549	0.031829		
Total	8	4.72222			

Biểu đồ đường đồng mức (Contour Plot) – Hình 5 mô tả ảnh hưởng của lực căng chỉ dưới (X_1) và độ dày vải (X_2) đến mức độ nhăn đường may (Y). Phân tích đồ thị cho thấy các vùng giá trị độ nhăn (Y) khác nhau, được mã hóa bằng các dải màu. Vùng có độ nhăn cao nhất ($Y > 2.5$, màu xanh đậm) tập trung ở khu vực có lực căng chỉ (X_1) và độ dày vải (X_2) cùng thấp. Ngược lại, để đạt được độ nhăn thấp nhất ($Y < 0.5$, vùng màu xanh nhạt), cần điều chỉnh các thông số tiến đến khu vực có lực căng chỉ cao hơn và độ dày vải lớn hơn. Điều này phù hợp với thực tế kỹ thuật, Khi vải mỏng hơn (X_2 thấp), độ nhăn đường may tăng cao nếu lực căng chỉ không được điều chỉnh hợp lý, do cấu trúc sợi vải yếu, dễ bị kéo giãn và co rút dưới tác động của chỉ. Trong khi đó, vải dày hơn có khả năng giữ ổn định cấu trúc tốt hơn, nên mức độ nhăn giảm đáng kể nếu kết hợp với mức lực căng phù hợp. Điều này phản ánh đặc điểm công nghệ may thực tế, khi thiết lập lực căng cân cân đối với độ dày để đảm bảo chất lượng chỉ may, độ thẳng hàng và thẩm mỹ của đường may. Dạng cong của các đường viền một lần nữa khẳng định bản chất ảnh hưởng phi tuyến của các yếu tố. Do đó, đồ thị này là một công cụ hữu ích để xác định vùng làm việc tối ưu, cân bằng giữa các yếu tố để đạt được chất lượng đường may mong muốn.



Hình 5: Biểu đồ đường đồng mức (Contour Plot) thể hiện ảnh hưởng của lực căng chỉ dưới (X_1) và độ dày vải (X_2) đến mức độ nhăn đường may (Y)

4.2. Tối ưu hóa lực căng chỉ dưới theo độ dày vải để giảm thiểu độ nhăn đường may

Với mô hình hồi quy (Phương trình 3) đã được xác lập và kiểm chứng, nghiên cứu tiếp tục tiến hành tối ưu hóa lực căng chỉ dưới (X_1) cho từng loại độ dày vải (X_2) cụ thể. Mục tiêu là tìm ra điều kiện cài đặt máy sao cho khoảng biến thiên chiều dài đường may (Y) là nhỏ nhất, từ đó giảm thiểu hiện tượng nhăn. Bằng cách cố định giá trị X_2 (dựa trên độ dày của 10 mẫu vải thực tế) và tìm giá trị X_1 trong khoảng khảo sát (150 mN đến 350 mN) để giá trị Y trong Phương trình (3) đạt cực tiểu, các bộ thông số tối ưu đã được xác định (Bảng 5).

Bảng 5: Giá trị lực căng chỉ dưới (X_1) tối ưu và khoảng biến thiên chiều dài đường may (Y) dự đoán tương ứng với các độ dày vải (X_2) khác nhau

ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH HỒI QUY ĐỂ MÔ HÌNH HÓA MỐI QUAN HỆ TƯƠNG QUAN

STT	Mẫu vải	Độ dày vải trung bình $\bar{X}_2$ (mm)	Giá trị tính toán tối ưu	
			Lực căng chỉ dưới tối ưu X_1 (mN)	Khoảng biến thiên dự đoán Y (mm)
1	Trắng	0.308	350	1.279
2	Đen	0.311	330	1.246
3	Xanh lam	0.315	330	1.201
4	Hồng nhạt	0.327	330	1.061
5	Xanh ngọc bích	0.328	330	1.049
6	Đỏ tươi	0.329	330	1.037
7	Hồng đậm	0.332	330	1.001
8	Đỏ sậm	0.330	330	1.025
9	Nâu	0.344	330	0.854
10	Cam	0.349	330	0.791

4.3. Đánh giá sai số giữa giá trị thực tế và giá trị tính toán tối ưu

Để đánh giá tính khả thi và độ chính xác của các giá trị tối ưu này trong thực tế, các thí nghiệm may kiểm chứng đã được thực hiện. Mười mẫu vải với độ dày khác nhau được may với lực căng chỉ dưới đã được điều chỉnh theo các giá trị X_1 tối ưu tương ứng từ Bảng 6. Khoảng biến thiên chiều dài đường may thực tế ($\bar{Y}_{thực\ tế}$) sau đó được đo và so sánh với các giá trị Y dự đoán từ mô hình (Bảng 7).

Bảng 7: So sánh giá trị khoảng biến thiên chiều dài đường may dự đoán và thực tế sau tối ưu hóa.

STT	Mẫu vải	$\bar{Y}_{thực\ tế}$ (mm)	$Y_{dự\ đoán}$ (mm)	Sai số tương đối (%)
1	Trắng	1.25	1.279	2.32
2	Đen	1.18	1.246	5.59
3	Xanh lam	1.25	1.201	3.92
4	Hồng nhạt	1	1.061	6.10
5	Xanh ngọc bích	1	1.049	4.90
6	Đỏ tươi	1	1.037	3.70
7	Hồng đậm	0.92	1.001	8.80
8	Đỏ sậm	0.95	1.025	7.89
9	Nâu	0.80	0.854	6.75
10	Cam	0.73	0.791	8.36

Dựa vào kết quả sai số tương đối được trình bày trong Bảng 4, ta thấy có sự sai lệch không đáng kể giữa kết quả tính toán tối ưu từ phương trình hồi quy và kết quả thực tế. Hầu hết các giá trị sai số tương đối đều nằm dưới 10%, cho thấy sự phù hợp cao giữa dự đoán của mô hình và các phép đo thực nghiệm. Điều này chứng minh rằng Phương trình (3) có tính ứng dụng thực tế cao trong việc dự đoán và tối ưu hóa các thông số nhằm giảm thiểu độ nhăn cho loại vải dệt kim single jersey với độ dày vải biến thiên trong khoảng khảo sát từ 0.274 mm đến 0.372 mm. Mô hình hồi quy đã xây dựng thể hiện được khả năng nắm bắt mối quan

hệ phức tạp giữa lực căng chỉ dưới, độ dày vải và độ nhẵn đường may, cung cấp một công cụ hữu ích cho việc cải thiện chất lượng sản phẩm may mặc.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phát triển và kiểm nghiệm thành công mô hình hồi quy đa thức bậc hai để định lượng ảnh hưởng của lực căng chỉ dưới (X_1) và độ dày vải (X_2) lên độ nhẵn đường may (Y) trên vải dệt kim cotton Single Jersey. Phân tích thống kê cho thấy mô hình có độ phù hợp cao với hệ số xác định $R^2 = 97.98\%$ và $p\text{-value} = 0.010 < 0.05$, khẳng định tính ý nghĩa thống kê của mô hình. Trong các yếu tố khảo sát, lực căng chỉ dưới thể hiện ảnh hưởng đáng kể ở cả dạng tuyến tính và bậc hai, trong khi độ dày vải cho thấy ảnh hưởng gián tiếp hơn, chủ yếu thông qua tương tác và phi tuyến. Phân tích các hệ số hồi quy đã chỉ ra rằng lực căng chỉ dưới, bao gồm cả ảnh hưởng tuyến tính và bậc hai, là yếu tố có ý nghĩa thống kê nổi bật nhất trong phạm vi khảo sát.

Phân tích biểu đồ đường đồng mức (Hình 5) đã giúp làm rõ cơ chế kỹ thuật phía sau các kết quả thống kê, cho thấy độ nhẵn đường may tăng mạnh khi lực căng chỉ và độ dày vải cùng ở mức thấp. Điều này phù hợp với nguyên lý trong công nghệ may: khi lực căng không đủ để ổn định cấu trúc vải mỏng, đường may dễ bị co rút và mất thẩm mỹ. Việc kết hợp giải thích mô hình toán học với cơ sở kỹ thuật đã góp phần nâng cao tính thực tiễn của nghiên cứu trong việc thiết lập thông số may phù hợp cho từng loại vải cụ thể.

Từ mô hình toán học, các thông số kỹ thuật tối ưu đã được xác định và kiểm chứng thông qua thực nghiệm, cho thấy sai số giữa giá trị dự đoán và thực tế là thấp (hầu hết dưới 10%). Điều này khẳng định độ tin cậy và tính ứng dụng của kết quả nghiên cứu, cung cấp cơ sở khoa học và các thông số tham khảo giá trị cho ngành may nhằm kiểm soát lỗi nhẵn đường may. Kết quả nghiên cứu không chỉ có ý nghĩa về mặt học thuật mà còn mang giá trị thực tiễn trong việc tối ưu hóa thông số may, nâng cao chất lượng ngoại quan sản phẩm và hỗ trợ kiểm soát quá trình trong sản xuất công nghiệp may mặc.

Tuy nhiên, nghiên cứu vẫn còn một số hạn chế. Phạm vi vật liệu khảo sát chỉ giới hạn trên vải dệt kim Cotton Single Jersey. Thêm vào đó, nghiên cứu chưa thực hiện chuẩn hóa các biến đầu vào hoặc tiến hành phân tích độ nhạy để so sánh trực tiếp mức độ ảnh hưởng của chúng. Do đó, hướng phát triển trong tương lai nên tập trung vào: mở rộng nghiên cứu trên nhiều loại vật liệu và chỉ may khác nhau; tích hợp thêm các yếu tố công nghệ khác (tốc độ may, loại kim); và áp dụng các phương pháp như phân tích độ nhạy (sensitivity analysis) hoặc sử dụng hệ số hồi quy đã được chuẩn hóa (standardized beta coefficients) để đánh giá mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố một cách khách quan hơn, từ đó tăng tính khái quát hóa cho mô hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Fernando, S. and Jayawardena, T. (2014), "Measurement of seam puckering and influence of its causes", *Measurement*, Vol. 4 No. 4, pp. 01-07.
- [2]. Pamuk, G. (2022), "Maximization of sewing strength and minimization of seam pucker for denim fabrics using taguchi method", *Textile and Apparel*, Vol. 32 No. 3, pp. 288-295.
- [3]. Rajput, B., Kakde, M., Gulhane, S., Mohite, S. and Raichurkar, P. P. (2018), "Effect of sewing parameters on seam strength and seam efficiency", *Trends in Textile Engineering and Fashion Technology*, Vol. 4 No. 1, pp. 4-5.
- [4]. Dobilaite, V. and Juciene, M. (2006), "The influence of mechanical properties of sewing threads on seam pucker", *International Journal of Clothing Science and Technology*, Vol. 18 No. 5, pp. 335-345.
- [5]. Gümüştaş, B., Huşce, H. and Kabir, M. H. (2022), "A comprehensive study on the effect of different seam parameters on woven fabrics", *J Textile Eng Fashion Technol*, Vol. 8 No. 2, pp. 48-52.
- [6]. Domjanić, J., Kovačević, S. and Ujević, D. (2016), "An investigation of fabric properties and needle penetration force during tailoring", *Textile and Apparel*, Vol. 26 No. 1, pp. 100-108.
- [7]. Chen, D., Cheng, P. and Li, Y. (2021), "Investigation of interactions between fabric performance, sewing process parameters and seam pucker of shirt fabric", *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Vol. 16 No. 15589250211020394.
- [8]. Dobilaite, V. and Jucienė, M. (2010), "Evaluation of seam pucker using shape parameters", *Artificial Intelligence*, Vol. 16 No. 2.

- [9]. Malek, S., Kheder, F., Jaouachi, B. and Cheikhrouhou, M. (2019), “Influence of denim fabrics properties and sewing parameters upon the seam slippage and seam quality prediction”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 11 No. 1.
- [10]. Hati, S. and Das, B. R. (2011), “Seam pucker in apparels: a critical review of evaluation methods”, *Asian Journal of Textile*, Vol. 1 No. 2, pp. 60-73.
- [11]. Raluca, B. R. A. D., Eugen, H. A. L. O. I. U. and Remus, B. R. A. D. (2014), “Seam Puckering Evaluation Method For Sewing Process”, *Annals of the University of Oradea, Fascicle of Textiles, Leatherwork*, Vol. 15 No. 1.
- [12]. Nassif, N. A. A. (2013), “Evaluation of seam pucker of woven cotton fabrics using two different methods”, *Journal of American Science*, Vol. 9 No. 4, pp. 205-210.
- [13]. Goran, D., Maja, J. and Carvalho, M. (2022), “Seam pucker detection through presser foot displacement monitoring”, *Industria Textila*, Vol. 73 No. 2, pp. 145-151.
- [14]. Dobilaite, V. and Juciene, M. (2007), “Influence of sewing machine parameters on seam pucker”, *Tekstil*, Vol. 56 No. 5, pp. 293-300.
- [15]. Nayak, R., Padhye, R., Dhamija, S. and Kumar, V. (2013), “Sewability of air-jet textured sewing threads in denim”, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, Vol. 8 No. 1.
- [16]. Islam, M. M., Hossain, M. T., Repon, M. R., Islam, T., Kibria, G. and Jalil, M. A. (2022), “Seam strength prediction for different stitch types considering stitch density of cotton woven fabrics”, *Textile and leather review*, Vol. 5, pp. 53-69.
- [17]. Yassen, H. A. (2017), “Study of the Relationship between sewing and fabric Parameters and Seam Strength”, *International Design Journal*, Vol. 7 No. 2, pp. 125-129.

APPLICATION OF REGRESSION ANALYSIS TO MODEL THE CORRELATIVE RELATIONSHIP OF THREAD TENSION AND FABRIC THICKNESS ON SEAM PUCKERING

PHAN HA NHU NGOC

¹*Faculty of Garment Technology and Fashion Design, Industrial University of Ho Chi Minh City*

Corresponding author: phanhanhungoc@iuh.edu.vn

Abstract

This study focuses on elucidating the correlative relationship between bobbin thread tension and fabric thickness on the degree of seam puckering in the garment industry. By applying a second-order factorial experimental design methodology combined with multivariate regression modeling analysis, the study identified the influencing factors and determined the magnitude of their effects on seam length variation. The analysis results indicate that fabric thickness is the predominant factor affecting puckering, having a significantly larger impact compared to bobbin thread tension. Based on the developed regression equation, optimal bobbin thread tension values corresponding to each level of fabric thickness have been determined to minimize seam puckering.

Keywords: bobbin thread tension, fabric thickness, seam puckering, quadratic regression, optimization.

Ngày gửi bài: 19/5/2025

Ngày nhận đăng: 28/8/2025