

TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ MỨC ĐỘ THOẢI MÁI CỦA TRANG PHỤC BẢO HỘ

OVERVIEW OF EVALUATION METHODS FOR ASSESSING THE COMFORT LEVEL OF PROTECTIVE CLOTHING

ThS. Nguyễn Thị Hòa

Khoa Dệt may Thời trang, Trường Đại học Kinh tế – Kỹ thuật Công nghiệp

Email: nthoa@uneti.edu.vn

TÓM TẮT

Quần áo bảo hộ cần đáp ứng yêu cầu bảo vệ, hiệu suất và sự thoải mái. Sự thoải mái thường được đánh giá cả khách quan lẫn chủ quan, trong đó mỗi cách tiếp cận có ưu và nhược điểm riêng. Bài viết tổng quan các phương pháp đo lường hiện đại, gồm: đánh giá chủ quan, đo lường khách quan, kết hợp hai phương pháp, và mô hình hóa da. Kết quả cho thấy đo lường khách quan cho dữ liệu lặp lại và định lượng tốt, nhưng đôi khi khác biệt với cảm nhận thực tế; trong khi đánh giá chủ quan lại kém tin cậy do khác biệt giữa cá nhân. Do đó, việc kết hợp cả hai cách tiếp cận được xem là giải pháp hợp lý để mô hình hóa sự thoải mái của vật liệu dệt may.

Từ khóa: Sự thoải mái công thái học khi mặc; Quần áo bảo hộ; Chuyển động cơ thể người; Phương pháp đánh giá.

ABSTRACT

Protective clothing must meet requirements of protection, performance, and wearer comfort. Comfort is commonly evaluated through both subjective and objective methods, each with its own strengths and limitations. This review summarizes modern assessment approaches, including subjective evaluation, objective measurement, combined methods, and skin modeling. Findings indicate that objective methods provide repeatable and quantitative data but may deviate from actual human perception, while subjective assessments are less reliable due to individual variability. Therefore, combining subjective and objective approaches is considered a reasonable solution for modeling comfort in textile materials.

Keywords: Ergonomic wear comfort; Protective clothing; Human body movements; Evaluation methods. 

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đảm bảo sự thoải mái cho con người (HC) là một nhiệm vụ phức tạp, phụ thuộc vào trạng thái tâm lý, sinh lý, điều kiện môi trường và đặc biệt là trang phục, vốn vừa bảo vệ vừa ảnh hưởng đến cơ thể và tinh thần. Việc đánh giá tác động của trang phục đến HC càng khó khăn với quần áo bảo hộ (PC), do sự phức tạp trong tương tác giữa cơ thể và quần áo. Trong nhiều thập kỷ, đã có nhiều nghiên cứu chuyên sâu về sự thoải mái của quần áo, trong đó thoải mái nhiệt – sinh lý nhận được sự quan tâm lớn nhất [1].

Phát triển quần áo cần tính đến nhân trắc học, đặc điểm cơ sinh học và nhu cầu chức năng của người dùng, vốn có thể liên quan chặt chẽ đến đánh giá chủ quan về khả năng sử dụng, độ vừa vặn và an toàn. Khác với quần áo thường, thiết kế quần áo chức năng dựa trên các yêu cầu cụ thể của người dùng và được xác định bằng đánh giá khách quan [2]. Tuy nhiên, loại quần áo này có thể gây căng thẳng nhiệt, hạn chế chuyển động và giảm hiệu quả công việc [3]. Do đó, quy trình thiết kế phải kết hợp các yếu tố công thái học như lựa chọn vật liệu, kích thước, tạo mẫu và hoàn thiện.

Gần đây, sự quan tâm đến HC trong dệt may ngày càng tăng, đặc biệt về các khía cạnh nhiệt, xúc giác và độ vừa vặn [4]. Ngoài ra, giải phẫu học và chuyển động cơ thể cũng cần được tính đến để tối ưu sự thích ứng và thoải mái [5].

Bài viết này tổng quan các kỹ thuật đánh giá sự thoải mái khi mặc PC và quần áo thể thao theo công thái học (Hình 1), nhấn mạnh vai trò của tự do di chuyển, phòng ngừa chấn thương và nâng cao hiệu suất. Trọng tâm là xác định yêu cầu chính, giảm khó chịu và đảm bảo an toàn, nhằm đạt được sự thoải mái “lý tưởng” trong khi vẫn duy trì hiệu quả hoạt động [6].

2. CÔNG THÁI HỌC QUẦN ÁO

2.1. Tại sao cần có sự thoải mái khi mặc theo công thái học

Đảm bảo sự thoải mái khi mặc trong điều kiện cơ thể vận động là nhiệm vụ phức tạp, do sự kết hợp giữa kích thước – hình dạng cơ thể, biến thể sinh lý, đặc tính vật liệu, thiết kế trang phục, môi trường và hoạt động. Tác động của quần áo đến sự thoải mái và hiệu suất lao động hoặc thể thao đặc biệt quan trọng. Quần áo bảo hộ công nghiệp được thiết kế để bảo vệ, nhưng hiệu suất của người mặc còn phụ thuộc vào đặc thù công việc, tốc độ trao đổi chất, môi trường và đặc điểm trang phục. Các yêu cầu công thái học chính gồm: (1) độ vừa vặn; (2) giảm nhiệt, tăng thông gió thông qua thiết kế và vật liệu; (3) giảm trọng lượng, hạn chế cản trở khi làm việc; và (4) dễ dàng vận động. Người lao động phải cân bằng hiệu suất với các yêu cầu bảo hộ. Trong nhiều ngành như cứu hỏa, hóa chất, kho lạnh, quân đội, thép và lâm nghiệp, PPE giúp bảo vệ khỏi nhiệt hoặc hóa chất nhưng lại gây ra các vấn đề công thái học [7]. Nhiều tiêu chuẩn PPE đã cải thiện chất lượng và an toàn, song khi mức bảo vệ tăng, sự bất tiện công thái học cũng tăng theo.

Ở lĩnh vực cứu hỏa, nhiệt và ẩm từ cơ thể gây căng thẳng nhiệt và mệt mỏi, làm giảm hiệu suất công việc. Do đó, thiết kế quần áo và lớp vật liệu cần cân bằng giữa bảo vệ và thoải mái, ưu tiên hệ thống nhẹ, thoáng khí, nhưng vẫn đảm bảo cách nhiệt. Quần áo mỏng, nhẹ và mềm dẻo giúp tăng thoải mái, khả năng chịu nhiệt và thoát hơi, song có nguy cơ giảm khả năng chống lửa. Kết cấu vải mở có thể hỗ trợ làm mát bay hơi, nhưng đồng thời làm tăng mất nhiệt tổng thể [8].

2.2. Các đặc tính của trang phục PC

Tự do vận động: Trang phục cơ giãn, nhẹ, ít cứng và có khả năng phục hồi giúp cải thiện chuyển động và tăng sự thoải mái theo công thái học.

Giảm tải/căng thẳng: Tránh phân bố trọng lượng không đều và tải trọng nặng để giảm áp lực lên hệ cơ xương, duy trì sự thoải mái và công thái học [9].

Duy trì hình dáng cơ thể: Trang phục thiết kế phù hợp với độ cong, chuyển động cơ thể vừa tăng tính dễ mặc vừa tạo giá trị thẩm mỹ, thu hút người dùng [10].

Tính chất cơ học: Độ cứng và các đặc tính cơ học của vải ảnh hưởng trực tiếp đến tính linh hoạt và sự thoải mái của trang phục bảo hộ.

Độ thoáng khí: Khả năng quản lý ẩm, thoát mồ hôi tốt là yếu tố then chốt quyết định sự thoải mái khi mặc [11].

3. ĐO LƯỜNG SỰ THOẢI MÁI KHI MẶC THEO CÔNG THÁI HỌC

3.1. Đo lường mức độ tự do vận động

Hiệu suất con người có thể bị ảnh hưởng khi trang phục không vừa vặn, làm hạn chế phạm vi chuyển động (ROM), tầm với và sự khéo léo của bàn tay. Các nguyên tắc công thái học tập trung vào việc tối ưu độ vừa vặn, giảm trọng lượng và áp lực của trang phục thông qua thiết kế sáng tạo. Trang phục phải thoải mái, không gây trầy xước, và phù hợp với cơ học chuyển động, lực cũng như mô-men tại khớp xương.

Trong ngành may mặc, việc thử nghiệm

mẫu quần áo trên người mẫu thử nghiệm là phổ biến để tinh chỉnh trước sản xuất [12]. Người mẫu có thể ngồi, đi bộ, hoặc tham gia hoạt động thể thao phù hợp với thiết kế. Các thử nghiệm kiểm soát về độ vừa vặn và độ bền trong điều kiện thực tế, cùng với nghiên cứu sử dụng ma-nơ-canh có gắn thiết bị, cũng được áp dụng rộng rãi.

Sự phát triển của thiết bị robot mô phỏng chuyển động khớp và ROM giúp đánh giá hiệu quả quần áo trong phòng thí nghiệm. ROM là chỉ số quan trọng để so sánh thiết kế và đánh giá khả năng di chuyển của người lao động. Nghiên cứu thường đo khả năng lặp lại động tác, phạm vi với tay hoặc góc khớp, sử dụng các công cụ như máy đo góc, máy đo độ cong Leighton, hệ thống vi máy tính với chiết áp, và máy đo độ nghiêng [13].

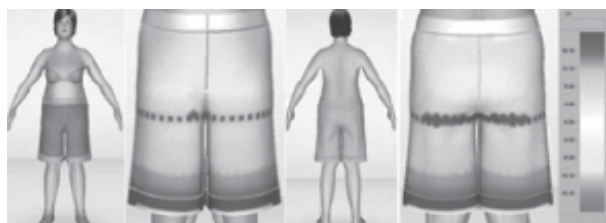
ROM có hai ưu điểm nổi bật: (1) dễ định lượng khách quan bằng góc khớp hoặc khoảng cách với, (2) có thể đo bằng các dụng cụ đơn giản, dễ sử dụng. Khả năng vận động cũng được đánh giá thông qua các thử nghiệm thực tế với người mặc. Ví dụ, hệ thống máy đo điện góc gắn cảm biến biến dạng trong lò xo bảo vệ vào da đối tượng, kết nối với bộ ghi dữ liệu để thu thập thông tin chuyển động [14].

3.2. Ảnh hưởng của sự thoải mái khi mặc theo công thái học đến sự thoải mái khi mặc theo nhiệt độ cơ thể

Những thay đổi nhằm cải thiện sự thoải mái công thái học có thể ảnh hưởng đến sự thoải mái nhiệt, do đó cần đo lường các đặc tính nhiệt để kiểm chứng [15]. Việc này có thể thực hiện thông qua thử nghiệm trên người hoặc trên ma-nơ-canh, đặc biệt quan trọng với PPE như trang phục lính cứu hỏa, nơi công thái học liên quan mật thiết đến cân bằng nhiệt.

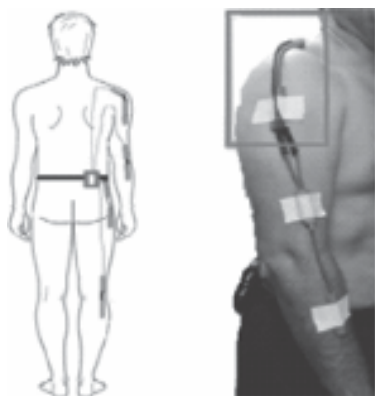


Sự thoải mái nhiệt phụ thuộc vào khả năng phục hồi độ ẩm, độ xốp, mật độ và độ thoáng khí của vải, những yếu tố cũng tác động đến sự thoải mái công thái học. Khi mật độ sợi tăng, không khí lưu thông giảm, làm tăng dẫn nhiệt và ảnh hưởng đến cân bằng nhiệt [16]. Do đó, cấu trúc vải quyết định cả tính chất nhiệt và công thái học. Các đặc tính như cản bay hơi và cách nhiệt có thể đo trực tiếp trên người; ví dụ, Taylor và cộng sự phát triển phương pháp xác định cản bay hơi hiệu quả, kết hợp với đo nhiệt lượng phân bố để đánh giá sự mất nhiệt khô và ướt.



Hình 1. Phân bố điện kế trên cơ thể của đối tượng [14]

Nhiều loại ma-nơ-canh nhiệt được phát triển: loại đồ mồ hôi thực sự như “Taro” [17], “Coppelius” [18], “Sam”. Các hệ thống này phù hợp để thử nghiệm quần áo trong nhiều môi trường, mặc dù việc so sánh kết quả vẫn phức tạp do sự khác biệt về ma-nơ-canh và trang phục.



Hình 2. Sự phân bố của các điện kế trên cơ thể của đối tượng [14]

Tổng truyền nhiệt thường được coi là tổng của truyền nhiệt khô và bay hơi, thường đo bằng ma-nơ-canh khô trong điều kiện cơ thể đồ mồ hôi [19]. Tuy nhiên, sai số có thể xảy ra trong đo cản hơi nước. Để khắc phục, mô hình nhiệt vải đồ mồ hôi đã được sử dụng để đánh giá khả năng cách nhiệt của quần áo trong cả điều kiện ít và nhiều mồ hôi.

3.3. Đo lường vật lý vải thông qua thử nghiệm người mặc

Các sản phẩm dệt may hiện đại mang lại giá trị lớn cho sức khỏe con người, nhưng mức độ chấp nhận phụ thuộc vào sự thoải mái về nhiệt và cảm giác tiếp xúc giữa vải và da. Phương pháp này đánh giá quần áo trong điều kiện sử dụng thực tế, giúp cung cấp dữ liệu khách quan hơn, thường kết hợp bảng câu hỏi và một số chỉ số sinh lý.

Mặc dù tốn kém, mất thời gian và kết quả đôi khi thiếu ổn định, thử nghiệm người mặc vẫn là kỹ thuật quan trọng trong nghiên cứu sự thoải mái, được áp dụng cho các yếu tố như độ ẩm, công thái học, nhiệt, xúc giác và thẩm mỹ. Phương pháp này cũng có thể đo lường cảm quan khách quan trong điều kiện mặc khác nhau, đặc biệt với đồ lót dệt kim.

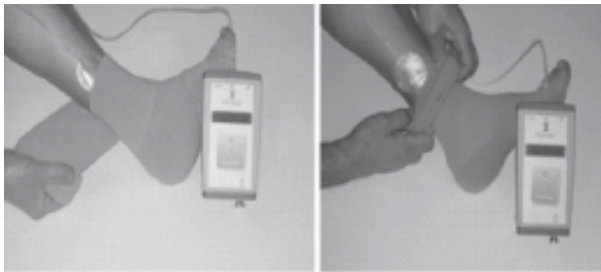
Trong thử nghiệm, đối tượng mặc quần áo nghiên cứu và đánh giá dựa trên cảm giác thoải mái. Phản hồi này tạo ra nhiều mô tả cảm quan, được phân tích theo các giao thức đã định. Dữ liệu sinh lý thu thập trực tiếp từ quá trình thử nghiệm giúp cung cấp cái nhìn sâu hơn về thiết kế công thái học của quần áo.

3.4. Đo lường sự thoải mái do áp lực, mô phỏng số áp lực lên quần áo

Mô hình hóa và mô phỏng vải dệt là

lĩnh vực nghiên cứu quan trọng, đòi hỏi sự hợp tác liên ngành giữa vật lý, cơ học, toán học và tin học. Các công cụ mô hình hóa hỗ trợ ước tính sự thoải mái cảm giác da, song vẫn cần nhiều nghiên cứu bổ sung.

Một mô hình toán học phi tuyến dựa trên lý thuyết cơ học tiếp xúc đã được phát triển để mô phỏng sự phân bố áp lực động của quần áo trên cơ thể 3D trong quá trình mặc. Kết quả cho thấy mô hình có thể dự đoán biến dạng, áp lực, ứng suất bên trong vải, cũng như ảnh hưởng của trọng lượng và lực quán tính mà không cần sản xuất thực tế.



Hình 3. Thực hiện phép đo, kết nối cảm biến với PicoPress

Tuy nhiên, do giả thiết cơ thể người là cứng nhắc, mô hình chưa thể mô phỏng chính xác biến dạng cơ thể và sự phân bố áp lực dưới da, đặc biệt với các mô mềm.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tổng quan các phương pháp tiếp cận hiện đại trong đo lường sự thoải mái khi mặc theo công thái học, bao gồm cả kỹ thuật khách quan và chủ quan. Hiện chưa có phương pháp chuẩn để đánh giá sự thoải mái, độ vừa vặn và tính năng của từng loại trang phục trong các điều kiện hoạt động khác nhau. Để đạt được mục tiêu này, cần xem xét các yếu tố liên quan đến tự do vận động, phân bố tải/căng thẳng, khả năng duy trì hình dáng cơ thể,

cũng như đặc tính cơ học, độ thoáng khí, độ mịn và độ mềm của vật liệu. Điều này đòi hỏi một cách tiếp cận đa ngành.

Có bốn kỹ thuật chính trong đánh giá sự thoải mái khi mặc: (i) đo lường khách quan, (ii) đánh giá chủ quan, (iii) kết hợp hai phương pháp, và (iv) mô hình hóa bằng máy tính sự tương tác giữa cơ thể và vải. Trong đó, đo lường khách quan có ưu điểm về tính lặp lại và độ tin cậy định lượng, song kết quả đôi khi khác biệt đáng kể so với cảm nhận thực tế. Ngược lại, đánh giá chủ quan phản ánh trực tiếp cảm giác người mặc thông qua các kỹ thuật tâm lý học, nhưng thường thiếu ổn định do phụ thuộc vào điều kiện thử nghiệm và đối tượng nghiên cứu.

Nhận thức chủ quan về sự thoải mái là kết quả của quá trình xử lý phức tạp, trong đó các kích thích từ quần áo và môi trường được truyền qua hệ thần kinh cảm giác lên não. Các thử nghiệm có thể tiến hành ở cả cấp độ vải và trang phục, với nhiều dạng thang đo và phương pháp, như thử nghiệm mặc thực tế. Tuy nhiên, độ tin cậy của phương pháp chủ quan kém hơn so với đo lường khách quan. Do vậy, việc kết hợp hai phương pháp cùng với các mô hình dự đoán là giải pháp tối ưu để nâng cao hiệu quả đánh giá. ❖

Ngày nhận bài: 06/8/2025

Ngày phản biện: 20/8/2025

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bhatia, D., Malhotra, U. (2016), "Thermophysiological wear comfort of clothing: An overview". Journal of Textile Science and Engineering, 6(2), 250.
- [2]. Kilinc-Balci, F. S. (2011), "Testing, analyzing and predicting the comfort properties of textiles". In: Song, G. (Ed.). Improving comfort in clothing. (1st ed.). Woodhead Publishing Limited (Cambridge), pp. 138-162. 📖

- [3]. Goonetilleke, R., Karwowski, W. (2016), "Advances in physical ergonomics and human factors". In: International Conference on Physical Ergonomics and Human Factors, Florida, USA, July 27-31, 2016, p. 489.
- [4]. Wang, J., Agarwal, T.-K., Liu, K., Kamalha, E. (2016), "Optimization design of cycling clothes' patterns based on digital clothing pressures". *Fibers and Polymers*, 17(9), 1522-1529.
- [5]. Patricia Dolez, V. I., Olivier, V. (2018), "Advanced characterization and testing of textiles". Elsevier Ltd. (Cambridge).
- [6]. Colovic, G. (2014), "Ergonomics in the garment industry (1st ed.)". Woodhead Publishing Limited (Cambridge).
- [7]. Williams, W. J., Roberge, R. J., Kim, J.-H., Coca, A. (2011). "Subjective perceptions and ergonomics evaluation of a liquid cooled garment worn under protective ensemble during an intermittent treadmill exercise". *Ergonomics*, 54(7), 626-635.
- [8]. Wang, F. (2014), "Clothing evaporative resistance : its measurements and application in prediction of heat strain". Department of Design Sciences, Lund University (Sweden).
- [9]. Ibrahim, F., Usman, J., Yazed, M., Norhamizan, A. (2018), "2nd International Conference for Innovation in Biomedical Engineering and Life Sciences". In: 2nd International Conference for Innovation in Biomedical Engineering and Life Sciences, 2018, vol. 67, pp. 10-13.
- [10]. Belbasis, A., Fuss, F. K. (2015), "Development of next- generation compression apparel". *Procedia Technology*, 20(July), 85-90.
- [11]. Onofrei, E., Rocha, A. M., Catarino, A. (2012), "Investigating the effect of moisture on the thermal comfort properties of functional elastic fabrics". *Journal of Industrial Textiles*, 42(1), 34-51.
- [12]. Harrison, D., Fan, Y., Larionov, E., Pai, D. K. (2018), "Fitting close-to-body garments with 3D soft body avatars VitalFit". In: 9th International Conference and Exhibition on 3D Body Scanning and Processing Technologies, 2018, pp. 184-189.
- [13]. Sadeghi, R., Mosallanezhad, Z., Nodehi-Moghadam, A., Nourbakhsh, M. R., Biglarian, A., et al. (2015), "The reliability of bubble inclinometer and tape measure in determining lumbar spine range of motion in healthy individuals and patients". *Physical Treatment Journal*, 5(3), 137-144.
- [14]. Ciesielska-wróbel, I., Denhartog, E., and Barker, R. (2017), "Measuring the effects of structural turnout suits on firefighter range of motion and comfort". *Ergonomics*, 60(7), 997-1007.
- [15]. Li, Y. (2011), "Computer aided clothing ergonomic design for thermal comfort". *Sigurnost*, 53(1), 29-41.
- [16]. Gidik, H., Ducept, S., Marolleau, A., Salaün, F., Dupont, D. (2017), "Influence of textile physical properties and thermo- hydric behaviour on comfort". *Journal of Ergonomics*, 7(6), 2-9.
- [17]. Mohamad, G. A. (2015), "The role of tests and manikin in defining fabrics thermal characteristics". *International Des. Journal*, 5(3), 995-1001.
- [18]. Jie, Y., Wenguo, W., Ming, F. U. (2014), "Coupling of a thermal sweating manikin and a thermal model for simulating human thermal response". *Procedia Engineering*, 84, 893-897.
- [19]. Nayak, R., Padhye, R. (2017), "Manikins for textile evaluation". Elsevier Ltd (Cambridge).