

Ứng dụng chiến lược vét cạn để tối ưu cân bằng dây chuyền may công nghiệp

Application of Exhaustive Search for Optimization Assembly of Line Balancing in Garment Industry

Đinh Mai Hương^{1,2*}, Trương Văn Long¹, Đỗ Phan Thuận¹,

Phan Thanh Thảo¹, Nguyễn Đức Nghĩa¹

¹ Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội - Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

² Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội - Số 298, đường Cầu Diễn, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

Đến Tòa soạn: 04-3-2019; chấp nhận đăng: 20-03-2020

Tóm tắt

Cân bằng phụ tải dây chuyền gọi tắt là cân bằng chuyền may là một nhiệm vụ quan trọng trong ngành sản xuất may công nghiệp nhằm nâng cao năng suất, giảm thiểu các chi phí sản xuất. Một số nghiên cứu đã được tiến hành để giải bài toán cân bằng chuyền may với các mục tiêu khác nhau. Đã có nhiều tiến bộ trong các phương pháp gần đúng để giải quyết vấn đề cân bằng chuyền may. Trong các giải thuật tối ưu, chiến lược vét cạn là phương pháp tìm nghiệm thường được áp dụng trên cơ sở xem xét tất cả các phương án để tìm ra nghiệm tốt nhất. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp vét cạn là luôn tìm ra nghiệm chính xác. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu tối ưu cân bằng chuyền may khi cho trước công suất của dây chuyền với hàm mục tiêu là tối thiểu số lượng công nhân tham gia sản xuất để dây chuyền đạt hiệu quả tổ chức cao. Trên cơ sở nghiên cứu điều kiện thực tế của dây chuyền may công nghiệp, nhóm tác giả đã mô tả các ràng buộc về trình tự thực hiện, thiết bị và thời gian thực hiện. Bài báo đã đề xuất thuật toán trên cơ sở ứng dụng chiến lược vét cạn để tìm giải pháp tối ưu cho mục tiêu đã nêu. Thuật toán đã được chạy thử nghiệm trên bộ dữ liệu thực tế liên quan đến sản xuất sản phẩm Polo-Shirt tại nhà máy may Đông Văn thuộc Tổng công ty Dệt May Hà Nội. Các kết quả nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm thu được góp phần xây dựng cơ sở khoa học để giải quyết vấn đề tối ưu cân bằng chuyền may công nghiệp.

Từ khóa: Cân bằng chuyền may, kỹ thuật cân bằng, đồ thị, vét cạn.

Abstract

Assembly line balancing (ALB) is an important task for the garment industry to improve productivity and minimize production costs. Several studies on ALB have been conducted with different objectives. There has been much progress in approximate methods to solve the problem of ALB. In the optimal algorithms, the exhaustive search is the method of finding a test that is often applied on the basis of considering all options to find the best solution. The biggest advantage of the exhaustive search method is always finding the exact solution. This paper presents the optimal research results of ALB when giving the capacity of the line with the objective function of minimizing the number of workers involved in production so that the line can achieve high equilibrium efficiency. Based on the study of the actual conditions of the industrial sewing lines, the constraints on the order of execution, equipment and implementation time are described. The article has proposed an algorithm on the basis of exhaustive search applications to find the optimal solution for the stated goal. The algorithm was run and tested on the actual data set related to the production of Polo-Shirt products at Dong Van Garment Factory, Hanoi Textile & Garment Joint Stock Corporation. The results of theoretical and empirical research have contributed to building a scientific basis to solve the problem of the optimal balance of the industrial sewing lines.

Keywords: Assembly line balancing, balancing techniques, graph, exhaustive search.

1. Đặt vấn đề

Sản xuất theo dây chuyền là một phương pháp tổ chức thực hiện các công việc trong sản xuất hàng loạt. Mỗi công việc hay còn gọi là các nguyên công công nghệ (NCCN) cần có một thời gian xử lý và một tập hợp các mối quan hệ ưu tiên để xác định trình tự của

nguyên công. Nguyên công sản xuất (NCSX) gồm một số NCCN và được bố trí cho một chuỗi các vị trí làm việc trên dây chuyền, đảm bảo ràng buộc trình tự công nghệ được thỏa mãn. Vấn đề cân bằng phụ tải dây chuyền gọi tắt là cân bằng chuyền may là vấn đề phân phối thời gian cho các vị trí làm việc được đồng đều để dây chuyền đạt hiệu quả cao nhất [1, 2].

* Địa chỉ liên hệ: Tel.: (+84)947537677

Email: huongdinhmai@gmail.com

Vấn đề cơ bản của cân bằng chuyền với các mục tiêu khác nhau được phân thành 4 dạng. Dạng 1 được xây dựng nhằm tối thiểu số lượng công nhân khi cho trước nhịp dây chuyền, bài toán này tương ứng với việc thiết kế mới dây chuyền may. Trong dạng 2, cho trước số lượng công nhân, tối ưu nhịp dây chuyền. Dạng 3 liên quan đến tối đa hiệu quả dây chuyền khi đồng thời xem xét mối tương quan của số lượng công nhân và nhịp dây chuyền. Còn dạng 4 xem xét vấn đề khả thi cân bằng chuyền khi cố định cả số lượng công nhân và nhịp dây chuyền [2], [3].

Một số công trình nghiên cứu vấn đề cân bằng chuyền may dưới dạng bài toán phức tạp khi tổ hợp công việc lớn để áp dụng thuật toán giải gần đúng. Tác giả Santosh và cộng sự áp dụng phương pháp Rank Position Weight (RPW) với số lượng công nhân cho trước để tối ưu nhịp dây chuyền [4]. Tác giả Vrittika áp dụng ba phương pháp: Rank Position Weight; Largest Set Rule; Kilbridge và Wester Column với mục tiêu tối ưu nhịp dây chuyền khi cho trước số lượng công nhân, cả ba phương pháp cho kết quả khác biệt rất nhỏ [5]. Tác giả Eryuruk áp dụng hai phương pháp: Largest Set Rule và Probabilistic Line Balancing với nhịp dây chuyền cho trước để tối ưu số lượng công nhân, kết quả chỉ ra phương pháp Probabilistic Line Balancing cho phép phân chia công việc chính xác hơn nhưng số lượng công nhân nhiều hơn, phương pháp Largest Set Rule áp dụng dễ dàng và cho hiệu quả dây chuyền cao hơn [6]. Tác giả Jayakumar và cộng sự áp dụng phương pháp RPW với mục tiêu nâng cao hiệu quả dây chuyền [7]. Tác giả Chen và cộng sự đã sử dụng nhóm thuật toán di truyền để giải quyết vấn đề cân bằng dây chuyền với mục tiêu tối thiểu số lượng công nhân [8].

Có rất ít công trình quan tâm đến vấn đề cân bằng dây chuyền trong thực tế như cho phép kết hợp các loại thiết bị đặc biệt cần vốn đầu tư lớn, thời gian sử dụng cho sản xuất ngắn. Phần lớn là nghiên cứu trường hợp thời gian của các NCCN nhỏ hơn nhịp dây chuyền, mỗi NCSX chỉ cho phép có một loại thiết bị, phương pháp áp dụng thường là gần đúng, kết quả tìm được có thể là tối ưu cục bộ. Cân bằng chuyền may bằng phương pháp thủ công sẽ khó để cho kết quả tối ưu, tốn rất nhiều thời gian và công sức, do vậy việc thiết lập một phần mềm giải quyết các bài toán cân bằng dây chuyền may khi xem xét các điều kiện thực tế sản xuất là cần thiết.

Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu cân bằng chuyền may công nghiệp trong điều kiện thực tế khi cho trước công suất của dây chuyền được xác định là số lượng sản phẩm sản xuất trong một ca làm việc. Thuật toán cân bằng chuyền được xây dựng trên cơ sở ứng dụng chiến lược vét cạn để tìm giải pháp tối ưu toàn cục. Thuật toán được chạy thử nghiệm trên bộ dữ liệu thực tế của nhà máy may Đồng Văn. Giá định của

bài toán là năng lực và khả năng làm việc của công nhân là như nhau, không xét đến ảnh hưởng của bậc kỹ thuật của công nhân.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

2.1.1. Dây chuyền may thực nghiệm

Dây chuyền may sản phẩm dệt kim tại nhà máy may Đồng Văn, Tổng công ty Dệt May Hà Nội. Đây là sản phẩm truyền thống, điển hình của Tổng công ty với tỷ trọng sản xuất lớn. Hình thức tổ chức dây chuyền dạng liên hợp không chia nhóm, các thiết bị được bố trí thành hai hàng ngang, hình thức cung cấp bán thành phẩm theo tập. Dây chuyền có nhịp tự do, mức độ dao động nhịp làm việc của dây chuyền $\Delta R = \pm (10\% \times R)$, $R_{\min} = 0.9R$; $R_{\max} = 1.1R$

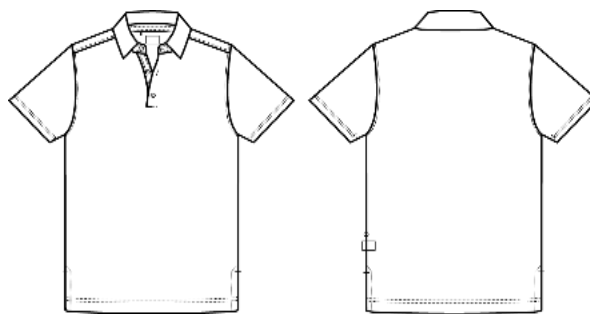
Thiết bị của dây chuyền được chia thành ba nhóm: Nhóm 1 gồm các máy may thông dụng, nhóm 2 gồm các máy chuyên dùng, nhóm 3 là các công việc thủ công. Mỗi công nhân sử dụng không quá 2 loại thiết bị theo yêu cầu: Các thiết bị nhóm 1 không ghép với các thiết bị trong cùng nhóm và không ghép với nhóm 2.

Thời gian định mức làm việc một ca của dây chuyền là $T_{vca} = 8$ giờ (288000 giây), công suất thiết kế sản xuất sản phẩm Polo-Shirt cho mỗi dây chuyền là $P = 400-500$ (sản phẩm/ca).

Mỗi NCSX không quá ba công nhân thực hiện. Mỗi công nhân phải hoàn thành công việc trong mức thời gian lao động cho phép có độ sai lệch không quá 10% so với nhịp của dây chuyền.

2.1.2. Sản phẩm thực nghiệm.

Sản phẩm Polo-Shirt nam ngắn tay của mã hàng UM0495, đây là sản phẩm phổ biến trong nhóm sản phẩm quần áo dệt kim, hình dáng sản phẩm được minh họa trong hình 1, bảng quy trình công nghệ được lấy từ dữ liệu của nhà máy May Đồng Văn được minh họa trong bảng 1 [10].



Hình 1. Hình dáng áo Polo-Shirt [10]

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Nghiên cứu xây dựng bài toán cân bằng chuyên

Gọi t_i là thời gian để hoàn thành NCCN thứ i , T_{sp} là thời gian định mức may một sản phẩm theo bảng quy trình công nghệ. T_{sp} được xác định như sau:

$$T_{sp} = \sum_{i=1}^n t_i (s) \quad (1)$$

Nhịp dây chuyền $R(s)$ là thời gian trung bình mà dây chuyền may sản xuất một sản phẩm:

$$R = \frac{T_{lvca}}{p} (s) \quad (2)$$

Hiệu quả dây chuyền (LE) được xác định như sau:

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N_{sx} \cdot R} \times 100 (\%) \quad (3)$$

trong đó: N_{sx} là số công nhân tham gia sản xuất. Để dây chuyền đạt hiệu quả dây chuyền cao khi cho trước công suất thì phải tối thiểu số lượng công nhân N_{sx} , để dây chuyền hoạt động nhịp nhàng thì số lượng NCSX có nhịp riêng nằm trong khoảng giới hạn nhịp là nhiều nhất.

Bảng 1. Bảng quy trình công nghệ may áo Polo-Shirt

TT	Nguyên công công nghệ	Tên thiết bị	Nhóm thiết bị	Thời gian t_i (giây)
1	Chân gấu áo TT	MC2K	1	32
2	May nếp lệch	MB1K	1	56
3	Mí nếp	MB1K	1	128
4	Ghim cụm mác	MB1K	1	16
5	Chân gấu áo TS	MC2K	1	32
6	May vai	MX2K	1	37
7	Chân vai	MC1K	1	32
8	May sống cổ	MB1K	1	56
9	Sửa sống cổ	TC	3	19
10	Mí sống cổ dưới	MB1K	1	56
11	May 2 đầu lá cổ	MB1K	1	30
12	Mí 2 cạnh cổ	MB1K	1	30
13	Là lá cổ	BL	3	60
14	May cặp ba lá cổ	MB1K	1	96
15	Sửa cạnh trên chân cổ, 2 đầu cổ	TC	3	23
16	Mí chân cổ trên	MB1K	1	46
17	Sửa chân cổ dưới	TC	3	19
18	Ghim đầu chân cổ	MB1K	1	46
19	May tra cổ	MX2K	1	63
20	Mí chân cổ	MB1K	1	63
21	Tra tay	MX2K	1	68
22	Chân đường tra tay	MC1K	1	68
23	May sườn, bụng tay, chân nếp	MX2K	1	120
24	May tà	MB1K	1	96
25	Chân 2 gấu tay	MC2K	1	68
26	Di cửa tay	MB1K	1	21
27	Di bộ tà	MDB	2	21
28	Di bộ nếp	MDB	2	21
29	Thùa khuyết	MTK	2	32
30	Đính cúc	MDC	2	32
Tổng thời gian (giây)				1487

Bài toán được phát biểu như sau:

- Mục tiêu: Tối thiểu số lượng công nhân, $N_{sx} \rightarrow Min$

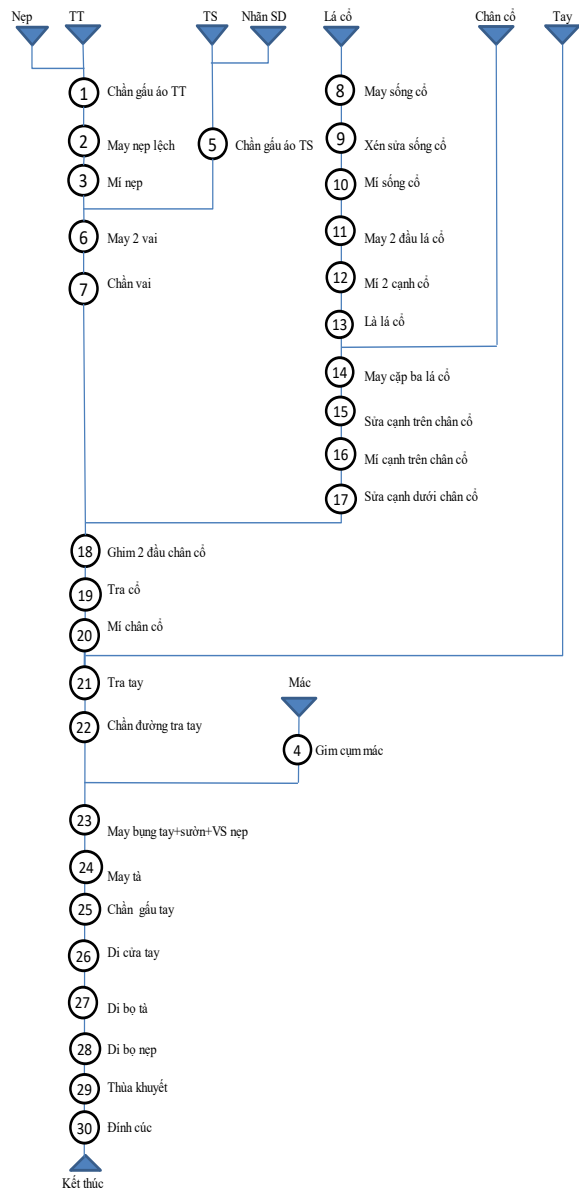
- Điều kiện ràng buộc:

+ Không vi phạm trình tự công nghệ thực hiện khi ghép các NCCN thành NCSX.

+ Mỗi NCSX có tối đa 3 công nhân: $N_{cj} \leq 3$

+ Mức thời gian lao động của mỗi công nhân thuộc khoảng giới hạn nhịp $[R_{min}, R_{max}]$

+ Mỗi công nhân sử dụng tối đa 2 loại thiết bị theo điều kiện: Các thiết bị nhóm 1 không ghép với các thiết bị trong cùng nhóm 1 và không ghép với nhóm 2.



Hình 2. Sơ đồ phân tích quy trình công nghệ may sản phẩm áo Polo-Shirt

2.2.2. Phương pháp xây dựng sơ đồ phân tích quy trình công nghệ và sơ đồ ưu tiên công nghệ

Sơ đồ phân tích quy trình công nghệ:

Sơ đồ phân tích quy trình công nghệ dạng tóm tắt thể hiện các thông tin về nội dung và trình tự gia công các NCCN được minh họa trong hình 2.

Phương pháp xây dựng sơ đồ ưu tiên công nghệ:

Áp dụng lý thuyết về đồ thị để biểu diễn trực quan quy trình gia công sản phẩm máy được gọi là sơ đồ ưu tiên công nghệ. Đồ thị là một tập các đối tượng gồm các đỉnh (nút) nối với nhau bởi các cạnh (cung), cạnh có thể có hướng hoặc vô hướng [9].

Một số NCCN có thể thay đổi trình tự gia công nhưng vẫn đảm bảo yêu cầu công nghệ, như vậy sẽ tạo ra một quy trình mới mà sơ đồ phân tích quy trình công nghệ không thể hiện được. Các NCCN có thể thay đổi thứ tự cho nhau được biểu diễn ở 2 nhánh song song. Ví dụ NCCN số 24 và số 25 có thể thay đổi thứ tự thực hiện cho nhau, NCCN số 27 và 28 có thể đổi thứ tự thực hiện cho nhau mà không ảnh hưởng đến hành trình công nghệ. Khi chuyển sang sơ đồ ưu tiên công nghệ đỉnh 24 và 25, đỉnh 27 và 28 được biểu diễn ở 2 nhánh song song trong sơ đồ ưu tiên công nghệ hình 3, mô hình này được giải thích như sau NCCN 23 thực hiện xong sẽ chuyển sang NCCN 24 hoặc 25, sau khi thực hiện xong NCCN 24 và 25 thì mới chuyển sang NCCN 26, tương tự NCCN 26 thực hiện xong sẽ chuyển sang NCCN 27 hoặc 28, sau khi thực hiện xong NCCN 27 và 28 thì mới chuyển sang NCCN 29.

2.2.3. Tính toán các thông số của dây chuyền

Gọi t_{sxj} là thời gian của NCSX j , ta có:

$$t_{sxj} = \sum_{i=1}^{m_i} t_{ji} \quad (4)$$

Số công nhân tính toán của mỗi NCSX $_j$ là N_{tj} :

$$N_{tj} = \frac{t_{sxj}}{R} \quad (5)$$

Gọi N_{cj} là số công nhân chọn theo nguyên tắc làm tròn, nhịp riêng của mỗi NCSX thứ j là R_j , được xác định như sau:

$$R_j = \frac{t_{sxj}}{N_{cj}} \quad (6)$$

Gọi k là số NCSX được tạo thành thì tổng số công nhân sản xuất (N_{sx}) là:

$$N_{sx} = \sum_{i=1}^k N_{cj} \quad (người) \quad (7)$$

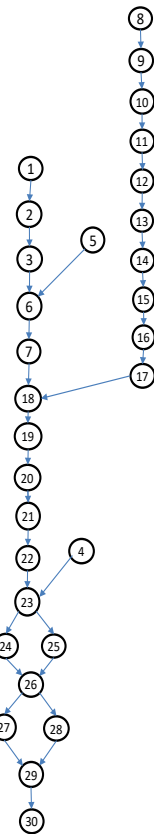
Gọi số NCSX thỏa mãn điều kiện $R_{min} \leq R_j \leq R_{max}$ là k_1 , tỷ lệ NCSX thỏa mãn điều kiện nhịp H_1 được xác định theo công thức sau:

$$H_1 = \frac{k_1}{k} 100 \quad (\%) \quad (8)$$

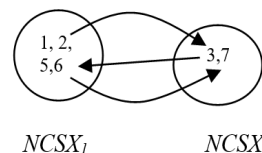
2.2.4. Phương pháp phối hợp các nguyên công công nghệ thành nguyên công sản xuất.

Phối hợp các NCCN thành NCSX phải đảm bảo tính trình tự công nghệ để đường đi của bán thành phẩm là thẳng dòng và ngắn nhất. Có thể ghép các đỉnh của cùng một nhánh gia công, ví dụ ghép NCCN số 1 với 2, là các nguyên công nằm trên cùng nhánh, có đường đi từ 1 đến 2. Có thể theo nguyên tắc song song tức là ghép các đỉnh trên các nhánh khác nhau nhưng không ảnh hưởng đến tính trình tự công nghệ, ví dụ ghép NCCN số 1 với 8 là 2 NCCN khác nhánh.

Bán thành phẩm không được vận chuyển qua lại giữa các NCSX, ví dụ trong hình 4 minh họa NCSX $_1$ gồm NCCN số 1, 2, 5 và 6, NCSX $_2$ gồm NCCN số 3 và 7. Đường đi của các nguyên công theo sơ đồ ưu tiên hình 3 là 1→2→3→6→7, trường hợp này đường đi của vật liệu di chuyển qua lại giữa NCSX $_1$ và NCSX $_2$, do vậy không đảm bảo tính trình tự công nghệ.



Hình 3. Sơ đồ ưu tiên công nghệ



Hình 4. Đường đi của bán thành phẩm di chuyển qua lại giữa các NCSX.

2.2.5. Lựa chọn thuật toán tối ưu cân bằng chuyên

Vết cạn là chiến lược thiết kế giải thuật, là phương pháp tìm nghiệm của bài toán tối ưu bằng cách xem xét tất cả các phương án có thể để tìm ra nghiệm tốt nhất. Ưu điểm lớn nhất của phương pháp vết cạn là luôn tìm ra nghiệm chính xác. Đối với bài toán cân bằng chuyên may sản phẩm áo Polo-Shirt, số lượng các đỉnh là 30 không quá lớn, sơ đồ ưu tiên là một dạng đồ thị có hướng, không có chu trình, vì vậy, có thể áp dụng phương pháp vết cạn để giải bài toán này.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Thuật toán tối ưu cân bằng chuyên

Bài toán cân bằng dây chuyên may trong nghiên cứu này được xây dựng với mục tiêu tối thiểu số lượng công nhân tham gia sản xuất trên dây chuyền.

Dữ liệu đầu vào gồm: Trình tự công nghệ của các NCSX được tham số hóa bằng danh sách cạnh [9], thời gian, tên máy, loại máy của các NCCN. Bằng thuật toán áp dụng chiến lược vết cạn với các điều kiện ràng buộc, kết quả thu được là bảng NCSX và các chỉ số hiệu quả dây chuyền, tỷ lệ phần trăm NCSX thỏa mãn điều kiện nhịp. Thuật toán cân bằng chuyên áp dụng chiến lược vết cạn như sau:

Giả thiết Tập NCSX cần tìm có dạng (NCSX₁, NCSX₂, ... NCSX_k), áp dụng chiến lược vết cạn thiết kế giải thuật được mô tả như sau:

Bước 1. Xét tất cả các NCCN mà NCSX₁ có thể nhận được, thử cho NCSX₁ nhận lần lượt các NCCN đó. Với mỗi NCCN thử cho NCSX₁ tiến hành kiểm tra:

- Nếu NCSX₁ thỏa mãn điều kiện nhịp thì chuyển NCSX₁ vào Tập NCSX.

- Nếu NCSX₁ không thỏa mãn điều kiện nhịp, xét tiếp các NCCN còn lại thỏa mãn điều kiện trình tự và thiết bị để ghép với NCCN đã có trong NCSX₁, thử cho NCSX₁ nhận lần lượt các NCCN đó. Với mỗi bước thử lại tiến hành kiểm tra điều kiện nhịp, nếu không tìm được thì chuyển NCSX₁ vào Tập NCSX.

Với mỗi kết quả tìm được NCSX₁ ta sẽ thực hiện:

Bước 2. Xét tất cả các NCCN mà NCSX₂ có thể nhận được, thử cho NCSX₂ nhận lần lượt các giá trị đó. Với mỗi NCCN thử cho NCSX₂ tiến hành kiểm tra như bước 1.

Tiếp tục như vậy đến bước k:

Bước k. Giả sử tất cả các NCCN từ 1 cho đến k-1 đã được xếp vào Tập NCSX, tiếp tục xét đến NCCN thứ k (Try(k)). Có hai trường hợp xảy ra:

Trường hợp 1: NCCN thứ k đã được xếp vào cùng nhóm với các NCCN trước đó.

Trường hợp 2: NCCN thứ k chưa được xếp vào nhóm nào.

Tiến hành xử lý từng trường hợp như sau:

- Trường hợp 1: NCCN thứ k đã được xếp.

Nếu k = n, nghĩa là mọi NCCN đã được xếp thì chuyển Tập NCSX này đến một hàm Xuat(), hàm này xét xem Tập NCSX có số công nhân nhỏ hơn Tập NCSX trước đó không, nếu có số công nhân nhỏ hơn thì sẽ xuất còn không thì bỏ qua.

Nếu k < n, vì NCCN_k đã được xếp, công việc tiếp theo sẽ xét đến NCCN thứ k + 1.

- Trường hợp 2: NCCN thứ k chưa được xếp.

Nếu k = n, nghĩa là mọi NCCN trước đó đã được xếp, cho NCCN này trở thành một NCSX rồi chuyển vào Tập NCSX.

Nếu k < n, sẽ lập ra một NCSX mới chứa NCCN_k, khi đó phải tìm các NCCN khác có thể ghép được với NCCN_k. Quá trình tìm kiếm kết thúc khi thành Tập NCSX hoàn chỉnh. Bảng mã giả tối ưu cân bằng chuyên được minh họa trong bảng 2.

Bảng 2. Bảng mã giả tối ưu cân bằng chuyên

```

Khởi tạo Tập NCSX để chứa các NCSX.
Try(k){
    If Nếu NCCN k chưa được thêm vào NCSX
    then
        Tạo một NCSX mới chứa NCCN k;
        Đánh dấu đã thêm k;
        if k == n then
            Thêm NCCN vào NCSX;
            Xuất;
        else
            // Kết hợp các NCCN khác với
            NCCN thứ k để tạo thành một NCSX
            // Xét các NCCN khác từ k+1 đến n
            for i1, i2, .. ∈ k + 1 ..... n then
                if Nếu NCCN thứ i chưa
                được thêm vào NCSX, đồng thời thỏa mãn các
                điều kiện về thiết bị, trình tự và thời gian không
                vượt quá 3.3R then
                    Thêm các NCCN thỏa mãn vào
                    NCSX;
                    Thêm NCSX vào Tập NCSX;
                    Try (k+1);
                    Bỏ NCSX ra khỏi Tập NCSX;
                    Đánh dấu k tự do;
            else // k đã được thêm vào một NCSX trước đó
            trong Tập NCSX.
                if k == n then
                    Xuất;
                else Try(k+1);
    }
    
```

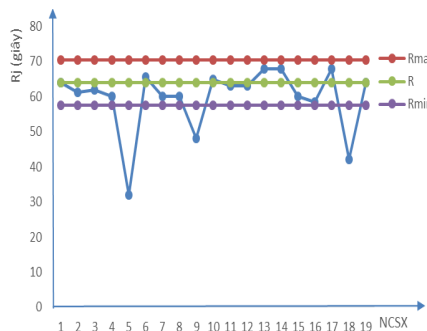
Bảng 3. Các kết quả xây dựng NCSX với $R = 64$ giây, $N_{sx} = 25$ người

NCSX	Tập NCSX1	Tập NCSX2	Tập NCSX3	Tập NCSX4	Tập NCSX5	Tập NCSX6	Tập NCSX7
1	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5	1-5
2	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
3	4-11	4-11	4-11	4-11	4-11	4-16	4-16
4	6-9	6-9	6-15	6-15	6-15	6-13	6-15
5	7-15	7	7-17	7	7	7	7
6	8	8	8-9-10	8-9-10	8-9-10	8-9-10	8-9-10
7	10	10	12-13-14	12-13-14	12-13-14	11-12	11-12
8	12-13-14	12-13-14	16	16-17	16-17	14-15	13
9	16-17	15-16	18	18	18	17-18	14
10	18	17-18	19	19	19	19	17-18
11	19	19	20	20	20	20	19
12	20	20	21	21	21	21	20
13	21	21	22	22	22	22	21
14	22	22	23	23	23	23	22
15	23	23	24-26	24-26	24-26	24-26	23
16	24-26	24-26	25	25	25	25	24-26
17	25	25	27-28	27-28	27-28	27-28	25
18	27-28	27-28	29-30	29-30	29-30	29-30	27-28
19	29-30	29-30					29-30
H_1 (%)	63,2	68,4	72,2	77,8	78,9	83,3	84,2
LE (%)	93	93	93	93	93	93	93

3.2. Kết quả tối ưu cân bằng dây chuyền may sản phẩm Polo-Shirt.

3.2.1. Kết quả cân bằng dây chuyền may sản phẩm Polo-Shirt với $P = 450$ (sp/ca)

Áp dụng thuật toán tối ưu cân bằng dây chuyền được thiết kế bằng chiến lược vét cạn, tiến hành xây dựng các NCSX để may sản phẩm Polo-Shirt với $P = 450$ (sp/ca), $T_{lvc} = 28800$ (giây), $R = 64$ (giây), $R_{min} = 58$ (giây); $R_{max} = 70$ (giây). Trong tất cả các kết quả tìm được, chọn ra 7 kết quả có số công nhân nhỏ nhất là 25 công nhân được trình bày trong bảng 3. Hiệu quả tổ chức của dây chuyền (LE) của tất cả 7 kết quả đều bằng 93%, trong đó kết quả Tập NCSX 7 có số NCSX có nhịp riêng nằm trong khoảng giới hạn nhịp là 16 trên tổng số 19 NCSX chiếm 84,2%, đây là giá trị là lớn nhất so với 6 kết quả còn lại, biểu đồ phụ tải được minh họa trong hình 5, trong các kết quả tìm được thì Tập NCSX 7 cho kết quả cân bằng dây chuyền tốt nhất.



Hình 5. Biểu đồ phụ tải của các NCSX Tập NCSX 7

Bảng 4. Kết quả cân bằng dây chuyền với 8 mức nhịp

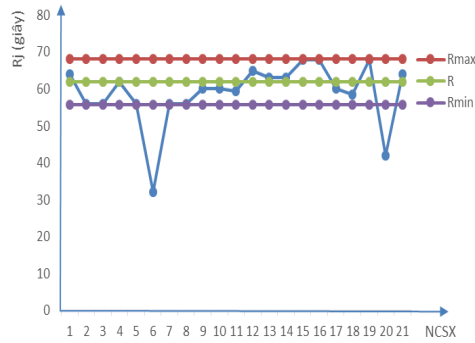
R (giây)	N_{sx} (người)	LE (%)	H_1 (%)
58	28	91.6	80
60	28	88.5	76.2
62	25	95.9	90.5
64	25	92.9	84.2
66	25	90.1	78.9
68	25	87.5	68.4
70	24	88.5	68.4
72	24	86.1	50

3.2.2. Kết quả cân bằng dây chuyền may sản phẩm Polo-Shirt khi thay đổi nhịp dây chuyền

Công suất thiết kế cho mỗi dây chuyền may sản phẩm Polo-Shirt là $P = 400-500$ (sp/ca), nếu $P = 400$ (sp/ca) thì $R = 58$ (giây), nếu $P = 500$ (sp/ca) thì $R = 72$ (giây). Cho nhịp tăng từ 58 đến 72 giây, mỗi lần nhịp tăng 2 đơn vị, tại mỗi giá trị của nhịp chọn các kết quả có số công nhân nhỏ nhất, trong các kết quả đó lại chọn ra kết quả có tỷ lệ số NCSX có nhịp riêng nằm trong khoảng giới hạn nhịp là nhiều nhất được trình bày trong bảng 4 gồm 8 kết quả.

Trong 8 kết quả thu được, mức nhịp $R = 62$ giây cho giá trị hiệu quả dây chuyền $LE = 95,9\%$ là cao nhất so với 7 mức nhịp còn lại, mức nhịp $R = 62$ giây cũng cho kết quả tỷ lệ số NCSX có nhịp riêng nằm trong khoảng giới hạn nhịp $H_1 = 90,5\%$ là cao nhất so với 7 mức nhịp còn lại. Kết quả phối hợp các NCCN thành NCSX ở mức nhịp $R = 62$ giây được trình bày trong

bảng 5, mỗi NCSX chỉ gồm 1 đến 2 NCCN, cần 1 đến 2 công nhân, các NCSX này đảm bảo điều kiện ràng buộc về thiết bị. Số NCSX có nhịp riêng nằm trong khoảng giới hạn nhịp $56 \div 68$ (giây) là 19 NCSX trên tổng số 21 NCSX, biểu đồ phụ tải được minh họa trong hình 6. Như vậy ở mức nhịp $R = 62$ giây, xây dựng được Tập NCSX có hiệu quả dây chuyền và tỷ lệ NCSX nằm trong khoảng dao động nhịp là cao nhất so với các mức nhịp còn lại.



Hình 6. Biểu đồ phụ tải của các NCSX với $R = 62$ (giây), $N_{sx} = 25$ (người).

Bảng 5. Kết quả xây dựng NCSX với $R = 62$ giây

NCSX	Tập NCSX	Thiết bị	t_{sxj} (giây)	N_{ej} (người)	R_j (giây)
1	1-5	MC2K	64	1	64
2	2	MB1K	56	1	56
3	3	MB1K	128	2	56
4	4-16	MB1K	62	1	62
5	6-9	MX2K	56	1	56
6	7	MC1K	32	1	32
7	8	MB1K	56	1	56
8	10	MB1K	56	1	56
9	11-12	MB1K	60	1	60
10	13	BL	60	1	60
11	14-15	MB1K	119	2	60
12	17-18	MB1K	65	1	65
13	19	MX2K	63	1	63
14	20	MB1K	63	1	63
15	21	MX2K	68	1	68
16	22	MC1K	68	1	68
17	23	MX2K	120	2	60
18	24-26	MB1K	117	2	59
19	25	MC2K	68	1	68
20	27-28	MDB	42	1	42
21	29-30	MTK MDC	64	1	64
Tổng				25	

4. Kết luận chung

Trong bài báo này, chiến lược vét cạn được áp dụng để tìm ra kết quả cân bằng chuyền khi cho trước nhịp của dây chuyền. Trên cơ sở phân tích các điều kiện thực tế sản xuất tại nhà máy may Đông Văn, tiến hành xác định các điều kiện ràng buộc về trình tự thực hiện, thiết bị và số lượng công nhân trong mỗi NCSX. Bước đầu các NCCN được phối hợp lại với nhau sao

cho nhịp riêng của các NCSX thỏa mãn khoảng giới hạn nhịp, các ràng buộc về trình tự thực hiện và điều kiện ghép thiết bị, số lượng công nhân trong mỗi NCSX phải thỏa mãn. Có nhiều cách để phối hợp các NCCN thành NCSX mà vẫn thỏa mãn các điều kiện ràng buộc, trong các kết quả đó chọn ra các kết quả có số công nhân ít nhất để hiệu quả dây chuyền cao nhất có thể. Để thời gian làm việc của mỗi công nhân đồng đều nhau, bước tiếp theo tiến hành chọn trong các kết quả đó có số NCSX nằm trong khoảng giới hạn nhịp là nhiều nhất. Trong cách tiếp cận chiến lược vét cạn sẽ cho kết quả tối ưu.

Sự thay đổi về nhịp của dây chuyền sẽ dẫn đến các kết quả cân bằng khác nhau, nó đòi hỏi phải cân bằng lại chuyền và tái phân bổ các nguồn lực. Kết quả nghiên cứu cho thấy khi thay đổi nhịp của dây chuyền sẽ cho các kết quả rất khác biệt.

Do sự tiện ích trong sử dụng nên hiện nay nhu cầu tiêu thụ về nhóm chủng loại quần áo từ vải dệt kim nói chung và sản phẩm áo Polo-Shirt nói riêng là rất lớn trên thị trường thế giới và Việt Nam. Trong thực tế sản xuất sản phẩm này, sự thay đổi mặt hàng diễn ra thường xuyên do sự phong phú, đa dạng về kiểu dáng, kết cấu công nghệ may, thiết bị sản xuất. Do vậy, việc thiết lập một phần mềm giải quyết các bài toán cân bằng chuyền trong thực tế sản xuất là cần thiết. Tuy nhiên, nghiên cứu mới dừng lại ở việc xây dựng phần mềm cân bằng chuyền trong điều kiện thực tế sản xuất của nhà máy may Đông Văn, cần phát triển bài toán cân bằng chuyền cho các hình thức tổ chức sản xuất của các chủng loại sản phẩm khác từ đó làm cơ sở cho việc xây dựng các phần mềm cân bằng dây chuyền theo đặc thù sản xuất ngành may công nghiệp.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của nhà máy may Đông Văn, Tổng công ty CP Dệt May Hà Nội đã tạo điều kiện cho chúng tôi khảo sát, thực nghiệm để hoàn thành nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] N. Kriengkarakot and N. Pianthong, The assembly line balancing problem: Review Problem, Journal of Industrial Engineering, vol. 34 (2007) pp. 133–140.
- [2] S. Ghosh and R. J. Gagnon, A comprehensive literature review and analysis of the design, balancing and scheduling of assembly systems, International Journal of Production Research, vol. 27, no. 4 (1989) pp. 637–670.
- [3] A. Scholl and C. Becker, State-of-the-art exact and heuristic solution procedures for simple assembly line balancing, European Journal of Operational Research, vol. 168, no. 3 (2006) pp. 666–693.
- [4] D. S. M. S. Santosh T. Ghutukade, Use of Ranked Position Weighted Method For Assembly Line Balancing, International Journal of Advanced

- Engineering Research and Studies (2013) pp. 5–7.
- [5] V. V Pachghare and R. S. Dalu, Assembly Line Balancing Methods—A Case Study, International Journal of Science and Research vol. 3, no. 5 (2012) pp. 2319–7064.
- [6] S. ERYÜRÜK, Clothing Assembly Line Design Using Simulation and Heuristic Line Balancing Techniques, Journal of Textile & Apparel/ Tekstil ve Konfeksiyon, no. 4 (2012), 360–368
- [7] A. Jayakumar and A. K. Krishnaraj, Productivity Improvement in Stitching Section of a Garment Manufacturing Company, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, vol. 4, no. 12 (2017) pp. 8–11.
- [8] J. C. Chen, C.-C. Chen, L.-H. Su, H.-B. Wu, and C.-J. Sun, Assembly line balancing in garment industry, International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, Indonesia, January 7 – 9 (2014) pp. 1215–1225.
- [9] Nguyễn Đức Nghĩa, Cấu trúc dữ liệu và thuật toán, NXB Đại học Bách khoa Hà Nội, 2013.
- [10] Tổng công ty Dệt May Hà Nội, Tài liệu kỹ thuật công nghệ sản phẩm áo Polo-Shirt, 2018.