



ỨNG DỤNG GIẢI THUẬT XẾP HẠNG THEO TRỌNG SỐ TRONG VIỆC CÂN BẰNG DÂY CHUYỀN MAY CÔNG NGHIỆP

Hồ Quốc Dũng*

Trường Đại học Kinh tế, Đại học Huế, 99 Hồ Đắc Di, Huế, Việt Nam

Tóm tắt: Bài toán cân bằng dây chuyền may công nghiệp thuộc dạng một bài toán lớn và khó tìm ra được phương án tối ưu. Việc thiết lập cân bằng dây chuyền may công nghiệp bằng phương pháp thủ công, dựa trên kinh nghiệm của người quản lý dây chuyền may tốn khá nhiều thời gian và hiệu suất dây chuyền đạt được không cao. Nghiên cứu này ứng dụng giải thuật xếp hạng theo trọng số giúp rút ngắn thời gian xây dựng phương án cân bằng dây chuyền may và đưa ra giải pháp tiệm cận với tối ưu. Kết quả thực nghiệm của nghiên cứu cho thấy hiệu suất dây chuyền đạt mức 84 % so với các phương pháp thủ công chỉ nằm trong khoảng từ 55 % đến 65 %. Điều này cho thấy ứng dụng giải thuật xếp hạng theo trọng số trong việc cân bằng dây chuyền may công nghiệp giúp tiết kiệm thời gian, cải thiện hiệu suất dây chuyền và nâng cao năng suất cho nhà máy may công nghiệp.

Từ khóa: cân bằng dây chuyền may, giải thuật xếp hạng theo trọng số, giải pháp tiệm cận tối ưu

1 Đặt vấn đề

Việc nâng cao năng suất chuyền may, cải thiện chất lượng dệt may và đảm bảo công bằng trong việc trả công cho tất cả các công nhân là một bài toán lớn và phức tạp. Điều này đòi hỏi cần phải áp dụng các kỹ thuật tiên tiến với sự hỗ trợ của hệ thống máy tính nhằm thiết lập cân bằng dây chuyền may trong các nhà máy may công nghiệp. Ở các nước phát triển, việc tính toán để cân bằng dây chuyền may công nghiệp, cụ thể là để giải quyết tình trạng không có bộ phận nào là quá tải trong khi lại tồn tại các bộ phận khác thì nhàn rỗi, là một bài toán rất được chú trọng trong các nhà máy may công nghiệp. Nhiều hệ thống thông tin được cài đặt với các kỹ thuật và thuật toán nhằm tính toán cho việc cân bằng dây chuyền đã được ứng dụng ở nhiều nước phát triển. Tuy nhiên, ở Việt Nam, lĩnh vực cân bằng dây chuyền may đang là một trong những vấn đề còn hết sức mới mẻ. Hiện tại, việc cân bằng dây chuyền may chủ yếu dựa trên kinh nghiệm của người điều hành dây chuyền nhằm điều chuyển công nhân từ bộ phận này sang bộ phận khác khi có tình trạng ùn tắc hay nhàn rỗi xảy ra ở đâu đó trong dây chuyền may. Phương pháp này hoàn toàn bất khả thi đối với những dây chuyền may lớn ở những nhà máy sản xuất may mặc lớn. Do đó, hiệu suất lao động của công nhân cũng như năng suất sản lượng của các nhà máy Việt Nam luôn ở trong mức thấp và trung bình so với các nước trong khu vực và trên thế giới. Tình trạng này đặt ra tính cấp thiết của việc nghiên cứu và xây dựng những hệ

* Liên hệ: hqudung@hce.edu.vn

thống ứng dụng công nghệ thông tin và áp dụng các giải thuật thông minh để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền may cho các nhà máy may công nghiệp ở Việt Nam.

Trong các nhà máy may mặc công nghiệp, để bố trí sản xuất theo sản phẩm, quá trình sản xuất được thiết kế theo mô hình dòng chảy chia thành nhiều công đoạn khác nhau, mỗi công đoạn được thực hiện nhanh chóng nhờ sự chuyên môn hóa cao về lao động và máy móc thiết bị. Để tăng tính chuyên môn hóa và năng suất lao động, toàn bộ dây chuyền may công nghiệp được chia thành nhiều trạm làm việc. Mỗi trạm làm việc được phân cho một hoặc một vài người công nhân thực hiện ở trạm làm việc đó. Đồng thời, ở mỗi trạm làm việc sẽ thực hiện chuyên môn hóa một hoặc một vài công đoạn khác nhau. Quá trình quyết định bố trí, thiết kế bao nhiêu công nhân đảm nhiệm tại các trạm làm việc, công đoạn nào thực hiện ở các trạm, để đảm bảo sao cho không có trạm làm việc nào là quá tải, ùn tắc trong khi đó tồn tại những trạm làm việc khác thì nhàn rỗi, được gọi là cân bằng dây chuyền may trong các nhà máy may công nghiệp. Mục tiêu chính của cân bằng dây chuyền may là tạo ra những trạm làm việc có thời gian hoàn tất công việc tại trạm đó (nghĩa là tổng thời gian thực hiện tất cả các công đoạn ở trạm làm việc đó) là gần bằng nhau, tránh sự ùn tắc hay nhàn rỗi trong dây chuyền may. Dây chuyền may được cân bằng tốt sẽ làm giảm tối đa thời gian ngừng máy, luồng công việc nhịp nhàng, đồng bộ, nhờ đó mà năng suất lao động sẽ tốt hơn.

2 Tổng quan tình hình nghiên cứu các thuật toán cân bằng dây chuyền sản xuất

Cân bằng dây chuyền may công nghiệp là một trong những ứng dụng cụ thể của bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất. Trên thế giới, ngành công nghiệp may mặc nói riêng và ngành công nghiệp sản xuất nói chung tuy đã có lịch sử lâu đời nhưng phải đến đầu những năm 1950, việc nghiên cứu bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất mới bắt đầu được nghiên cứu và công bố trên các tạp chí khoa học trên thế giới. Có nhiều phương pháp khác nhau để cân bằng dây chuyền sản xuất, được sử dụng để tìm cách phân bổ các nguồn lực một cách tối ưu, giúp nâng cao năng suất của dây chuyền sản xuất. Một trong những nghiên cứu điển hình trong lĩnh vực cân bằng dây chuyền sản xuất là của Mastor. Trong những nghiên cứu của mình, Mastor [1] đã phân loại bài toán cân bằng chuyền thành hai dạng. Dạng thứ nhất là đối với các dây chuyền sản xuất có chu kỳ cho trước (chu kỳ là khoảng thời gian để một dây chuyền sản xuất cho ra một sản phẩm). Việc thiết kế dây chuyền sản xuất nhằm mục đích sao cho số trạm làm việc là ít nhất. Dạng thứ hai là dạng với dây chuyền sản xuất sẵn có (nghĩa là biết trước được số trạm làm việc). Mục tiêu của việc cân bằng chuyền là xây dựng dây chuyền sản xuất sao cho sản lượng là cao nhất, hay nói cách khác thời gian chu kỳ là nhỏ nhất.

Về bản chất, bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất là bài toán lớn và phức tạp, đòi hỏi những mô hình và giải thuật phù hợp, đặc biệt đối với bài toán dạng thứ nhất là dạng bài toán thiết kế mới dây chuyền sản xuất. Cho đến nay, có nhiều kỹ thuật khác nhau để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất được công bố trên thế giới. Các giải pháp này có thể được phân chia làm 4 nhóm chính như sau [2]: Nhóm đầu tiên là các *phương pháp tìm kiếm tối ưu* (optimum seeking methods) bao gồm các phương pháp như: phương pháp nhánh cận (branch and bound), quy hoạch động (dynamic programming), quy hoạch tuyến tính và quy hoạch nguyên (linear and integer programming). Nhóm giải pháp thứ hai là các *phương pháp Heuristics*, bao gồm các giải pháp như: thủ tục xây dựng (constructive procedure), thuật toán di truyền (genetic algorithms), tìm kiếm tabu (tabu search), thuật toán mô phỏng mềm (simulated annealing) và phương pháp tối ưu hóa đàn kiến (ant colony optimization). Nhóm thứ ba là nhóm *giải pháp máy học* bao gồm các giải pháp: lý thuyết về ràng buộc (theory of constraints), phương pháp tiếp cận cơ sở tri thức (knowledge-based approach) và hệ chuyên gia (expert systems). Nhóm cuối cùng là các giải pháp sử dụng *mô hình mô phỏng* (simulation models).

Ở nhóm các phương pháp tìm kiếm tối ưu có rất nhiều công trình nghiên cứu, điển hình là những nghiên cứu của Bowman [3]. Bowman đã đưa ra giải pháp quy hoạch tuyến tính và quy hoạch nguyên để giải bài toán cân bằng chuyền. Patterson và Albracht [4] đã trình bày phương pháp quy hoạch 0-1, phương pháp này đòi hỏi khoảng 50-60 % số lượng các biến phải được biểu diễn dưới dạng 0 và 1. Khi đó, bài toán cân bằng chuyền được giải quyết bằng cách kiểm tra một chuỗi các biến 0-1 để tìm ra giải pháp khả thi. Held và các cộng sự [5] đã đề nghị phương pháp quy hoạch động, nhưng hạn chế là chỉ phù hợp cho các dây chuyền sản xuất kích thước nhỏ. Bautista và Pereira [6] cũng dùng quy hoạch động nhưng dựa trên nền tảng lời giải gần đúng để phân bổ công việc; mô hình này đáp ứng được bài toán của các dây chuyền có quy mô lớn.

Đối với nhóm giải pháp Heuristics, Suresh và cộng sự [7] đã xây dựng hai giải thuật là Genetic-1 và Genetic-2 cho lời giải gần đúng. Suresh và cộng sự [8] cũng đã ứng dụng kỹ thuật mô phỏng mềm để giải bài toán cân bằng dây chuyền. Đây là một giải thuật dựa trên xác suất phân bố thời gian thực hiện các công việc trong dây chuyền. Helgeson và Birnie [9] đã xây dựng phương pháp xếp hạng theo trọng số của thời gian thực hiện công đoạn. Kilbridge và Wester [10] đã xây dựng giải thuật xếp hạng theo trọng số dựa trên thứ tự thực hiện các công đoạn. Bautista và Pereira [11] dùng giải thuật con kiến (ant algorithm) để giải quyết ràng buộc về thời gian và sức chứa của dây chuyền sản xuất.

Nhóm giải pháp thứ ba có các nghiên cứu của Goldratt [12] về lý thuyết ràng buộc trong dây chuyền sản xuất, Malakooti và Kumar [13] trình bày phương pháp tiếp cận cơ sở tri thức để giải quyết bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất với đa mục tiêu. Oh [14] trình bày ứng dụng hệ chuyên gia cho bài toán cân bằng dây chuyền may.

Cuối cùng, nhóm giải pháp sử dụng mô hình mô phỏng có các nghiên cứu của Driscolla và Abdel-shafi [15] về cách tiếp cận việc mô phỏng để đánh giá các giải pháp cân bằng dây chuyền sản xuất. Ngoài ra còn có các nghiên cứu của Cortés và cs. [16] về tối ưu hóa và mô phỏng cân bằng dây chuyền sản xuất trong một công ty sản xuất xe máy.

Tóm lại, có nhiều giải pháp để giải quyết bài toán cân bằng trong dây chuyền sản xuất. Tuy nhiên, các giải pháp này đều là các cách tiếp cận gần tối ưu; mỗi phương pháp cho ra một phương án riêng và có kết quả khác nhau trong việc bố trí dây chuyền sản xuất. Không có giải pháp nào được xem là tốt nhất cho tất cả các trường hợp của bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất. Nghiên cứu này lựa chọn giải thuật xếp hạng theo trọng số – Ranked Positional Weight Method (RPW) – là một giải thuật di truyền thuộc nhóm giải pháp Heuristics để tiến hành kiểm định thực nghiệm bằng số liệu thu thập thực tế từ dây chuyền may của công ty cổ phần may và thương mại Gio Linh – Quảng Trị.

3 Bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất

3.1 Định nghĩa về dây chuyền sản xuất

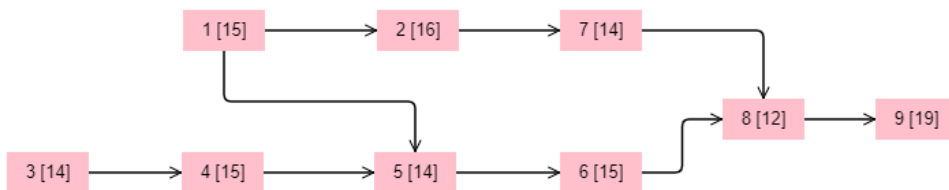
Để sản xuất một sản phẩm, người ta chia quá trình tạo ra sản phẩm thành nhiều công việc nhỏ được gọi là các *công đoạn* (task). Tất cả các công đoạn trên dây chuyền sản xuất được nhóm thành một tập hợp $V = \{1, \dots, n\}$, trong đó V là tập hợp gồm n phần tử, mỗi phần tử j trong tập V là một *công đoạn* nhỏ để sản xuất ra một sản phẩm hoàn thiện. Để thực hiện một công đoạn j sẽ cần một khoảng thời gian là t_j được gọi là thời gian thực hiện công đoạn. Nếu thực hiện toàn bộ các công đoạn này sẽ tạo ra sản phẩm hoàn chỉnh cuối cùng.

Một dây chuyền sản xuất bao gồm m trạm làm việc được đánh số $1, 2, \dots, m$ thường được bố trí dọc theo băng chuyền sản xuất hoặc dây chuyền xử lý nguyên vật liệu. Mỗi trạm làm việc sẽ được bố trí để thực hiện một hay nhiều công đoạn khác nhau và các công nhân sẽ được phân công vào làm ở các trạm làm việc này với sự trợ giúp của máy móc và các thiết bị chuyên dụng. Gọi S_k là tập hợp các công đoạn phải thực hiện tại trạm làm việc k , tổng thời gian thực hiện các công đoạn tại trạm làm việc k là $t_{S_k} = \sum_{j \in S_k} t_j$ được gọi là thời gian làm việc của trạm đó.

Thời gian chu kỳ c của dây chuyền sản xuất được định nghĩa là khoảng thời gian cần thiết để dây chuyền cho ra một sản phẩm hoàn chỉnh. Trong phần lớn trường hợp, đó là thời gian lớn nhất trong số các khoảng thời gian làm việc của các trạm trên toàn bộ dây chuyền sản xuất. Điều đó có nghĩa là thời gian chu kỳ c của dây chuyền sản xuất sẽ lớn hơn hoặc bằng thời gian làm việc của bất kỳ trạm làm việc nào trong toàn bộ dây chuyền sản xuất. Trong trường hợp là $t_{S_k} < c$, có nghĩa là trạm làm việc k có thời gian rảnh rỗi là $c - t_{S_k}$ trên mỗi chu kỳ sản xuất, đây là khoảng thời gian trạm làm việc này phải ngừng máy, công nhân nhàn rỗi để chờ đợi công đoạn tiếp theo.

Trong dây chuyền sản xuất, các công đoạn được liên tục chuyển tiếp theo dòng và kết quả thực hiện các công đoạn từ trạm làm việc này sẽ được chuyển sang trạm làm việc tiếp theo. Tuy nhiên, việc chuyển tiếp giữa các công đoạn sẽ phụ thuộc vào ràng buộc giữa các công đoạn đó. Ràng buộc này là các yêu cầu thực hiện công đoạn nào trước, công đoạn nào sau. Ví dụ, trong dây chuyền may áo sơ mi, người ta phải may các công đoạn cổ áo, thân áo, tay áo trước khi thực hiện công đoạn lắp ráp cổ áo và tay áo vào thân áo. Việc cân bằng dây chuyền sản xuất phải mang tính khả thi, tức là việc sắp xếp các công đoạn trên các trạm phải đảm bảo không có các ràng buộc về thứ tự thực hiện công đoạn nào bị vi phạm. Nhìn chung, có thể nhận thấy bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất là tối ưu việc sắp xếp, bố trí các công đoạn cho tất cả các trạm để cùng hướng đến một số mục tiêu chung như tăng sản lượng, giảm số lượng nhân công, hay cả hai.

Các công đoạn để sản xuất một sản phẩm hoàn chỉnh, cùng với thời gian thực hiện mỗi công đoạn và ràng buộc giữa các công đoạn (công đoạn thực hiện trước, công đoạn thực hiện sau) được biểu diễn bằng một sơ đồ gọi là sơ đồ ưu tiên (precedence diagram). Trên sơ đồ này, mỗi nút được đại diện cho một công đoạn, được biểu diễn bởi mã số công đoạn và thời gian thực hiện công đoạn (nằm trong dấu ngoặc vuông), đường liên kết có hướng giữa các nút thể hiện mối quan hệ ràng buộc giữa các công đoạn, thể hiện yêu cầu thực hiện trước và sau giữa các công đoạn khác nhau.



Hình 1. Sơ đồ ưu tiên (Precedence Diagram)

Hình 1 là sơ đồ ưu tiên biểu diễn các công đoạn để thực hiện sản xuất một sản phẩm. Trên hình này có 9 công đoạn ($n = 9$) có thời gian thực hiện tương ứng nằm trong dấu ngoặc vuông. Ví dụ, nút 1 (công đoạn 1) có thời gian thực hiện là 15 giây, nút 2 (công đoạn 2) có thời gian thực hiện là 16 giây. Đường liên kết có hướng từ nút 1 đến nút 2 và nút 5 thể hiện việc phải thực hiện công đoạn 1 trước khi thực hiện công đoạn 2 và công đoạn 5. Từ sơ đồ ưu tiên (Hình 1), nếu ta bố trí các công đoạn này vào 5 trạm làm việc với thiết kế như sau: $S_1 = \{1, 3\}$, nghĩa là trạm làm việc 1 sẽ đảm nhiệm công đoạn 1 và công đoạn 3; $S_2 = \{2, 4\}$, nghĩa là trạm làm việc 2 sẽ thực hiện công đoạn 2 và 4, $S_3 = \{5, 6\}$, nghĩa là trạm làm việc 3 sẽ thực hiện công đoạn 5 và 6, $S_4 = \{7, 8\}$, nghĩa là trạm làm việc 4 sẽ thực hiện công đoạn 7 và 8, $S_5 = \{9\}$, nghĩa là trạm làm việc 5 sẽ thực hiện công đoạn 9. Từ bố trí trên, ta thấy thời gian chu kỳ sẽ là $c = 31$, đây là thời gian thực hiện tại trạm 2, là thời gian lớn nhất trong các thời gian của các trạm làm việc. Tương ứng thời gian rảnh rỗi của các trạm làm việc 1, 2, 3, 4, 5 lần lượt là: 2, 0, 2, 5, 12. Tóm lại, việc bố

trí các công đoạn vào các trạm làm việc sẽ có rất nhiều phương án khác nhau. Tương ứng, hiệu suất, thời gian lãng phí, năng suất chuyên... của các phương án này cũng sẽ khác nhau. Do đó, phần tiếp theo của nghiên cứu sẽ trình bày các thông số để đánh giá hiệu quả của việc cân bằng dây chuyền sản xuất.

3.2 Các thông số đánh giá dây chuyền sản xuất

Để đánh giá mức độ cân bằng của các dây chuyền sản xuất, người ta đưa ra các thang đo để đánh giá độ cân bằng của các giải thuật khác nhau. Nghiên cứu này sử dụng hai thang đo trong nghiên cứu của Scholl [17, 18] để đo lường mức độ cân bằng của dây chuyền, đó là:

Hiệu quả chuyên – *Line Efficiency (LE)* – là chỉ số thể hiện mức độ sử dụng hiệu quả về mặt thời gian của dây chuyền. *LE* được biểu thị bằng tỷ lệ thời gian tại các trạm làm việc trên tích của thời gian chu kỳ c và số trạm làm việc m . Do đó, *LE* được biểu diễn về mặt toán học như sau:

$$LE = \frac{\sum_{k=1}^m t_{S_k}}{c \cdot m}$$

trong đó, m là số các trạm làm việc của dây chuyền sản xuất; c là thời gian chu kỳ; t_{S_k} là tổng thời gian thực hiện các công đoạn tại trạm k .

Độ thông suốt của dây chuyền sản xuất – *Smoothness Index (SI)* – Chỉ số này mô tả độ thông suốt tương đối trong một dây chuyền sản xuất. Độ thông suốt thể hiện sự công bằng trong phân công các công đoạn cho công nhân ở các trạm. Chỉ số *SI* càng nhỏ thì thời gian chênh lệch giữa các trạm làm việc sẽ càng ít, *SI* tiến đến 0 thì thời gian làm việc của các trạm đều gần bằng nhau. Ngược lại, nếu *SI* càng lớn thì sẽ xuất hiện nhiều trạm làm việc căng thẳng, liên tục không hết việc trong khi có những trạm phải dừng máy, rảnh rỗi, chờ đợi các trạm làm việc khác. Một dây chuyền sản xuất có mức độ cân bằng hoàn hảo khi có chỉ số độ thông suốt là 0. Chỉ số này được tính theo công thức sau:

$$SI = \sqrt{\sum_{k=1}^m (t_{S_{Max}} - t_{S_k})^2}$$

trong đó, m là số các trạm làm việc ở dây chuyền sản xuất; t_{S_k} là tổng thời gian thực hiện các công đoạn tại trạm k ; $t_{S_{Max}}$ là thời gian lớn nhất trong số các thời gian làm việc của các trạm (trong hầu hết các trường hợp chính là thời gian chu kỳ c).

Giải thuật xếp hạng theo trọng số

Nghiên cứu này sử dụng giải thuật xếp hạng theo trọng số – Ranked Positional Weight Method (RPW) – được giới thiệu bởi Helgeson và Birnie [9] để kiểm tra thực nghiệm hiệu quả

của việc cân bằng dây chuyền sản xuất. RPW là giải thuật di truyền thuộc nhóm các giải thuật Heuristics. Ở giải thuật này, mỗi công đoạn (nút) trong sơ đồ ưu tiên sẽ được gán một trọng số nhất định. Trọng số của mỗi nút được tính toán dựa trên thời gian thực hiện và vị trí của nút đó; bắt đầu từ nút cần tính trọng số dọc tiếp theo sơ đồ ưu tiên cho đến nút cuối cùng của sơ đồ ưu tiên. Dưới đây là thủ tục của giải thuật RPW bao gồm các bước sau:

Bước 1. Xây dựng sơ đồ ưu tiên.

Bước 2. Đối với mỗi công đoạn được biểu diễn là một nút ở trên sơ đồ ưu tiên, ta xác định trọng số RPW cho các nút (công đoạn) đó. Để tính RPW cho mỗi nút (công đoạn), ta xác định các lộ trình từ công đoạn dự định tính RPW đến công đoạn cuối cùng dựa trên sơ đồ ưu tiên. Tính tổng thời gian thực hiện các công đoạn trên các lộ trình này. RPW được xác định bằng tổng thời gian thực hiện các công đoạn trên lộ trình có tổng thời gian thực hiện là lớn nhất.

Bước 3. Xếp hạng các công đoạn theo thứ tự giảm dần của RPW, tức là công đoạn xếp thứ hạng đầu tiên là công đoạn có chỉ số RPW lớn nhất.

Bước 4. Công đoạn bắt đầu là công đoạn có thể thực hiện ngay mà không có ràng buộc nào, tức là để thực thi công đoạn này không yêu cầu phải thực hiện trước bất kỳ công đoạn nào. Gán các công đoạn bắt đầu vào danh sách chuẩn bị gán. Sắp xếp các công đoạn trong danh sách chuẩn bị gán theo thứ tự giảm dần của chỉ số RPW.

Bước 5. Lựa chọn công đoạn có RPW lớn nhất trong danh sách chuẩn bị gán bố trí vào trạm làm việc.

Bước 6. Kiểm tra tổng thời gian thực hiện các công đoạn tại trạm làm việc (gọi tắt là thời gian làm việc của trạm).

– Nếu thời gian làm việc của trạm nằm trong khoảng thời gian chu kỳ c thì gán công đoạn này vào trạm làm việc và chuyển sang **bước 7** để cập nhật lại danh sách chuẩn bị gán.

– Nếu thời gian làm việc của trạm này vượt quá khoảng thời gian chu kỳ c thì sử dụng công đoạn có RPW nhỏ hơn trong danh sách chuẩn bị gán. Trở lại **bước 6**. Nếu tất cả các công đoạn trong danh sách chuẩn bị gán khi gán vào trạm đều dẫn đến thời gian làm việc của trạm vượt quá thời gian chu kỳ c thì kết thúc việc gán công đoạn cho trạm này và chuyển sang thực hiện gán công đoạn cho trạm làm việc tiếp theo.

Bước 7. Cập nhật lại danh sách chuẩn bị gán. Việc cập nhật lại danh sách chuẩn bị gán bao gồm ba việc:

– Xóa công đoạn đã hoàn thành việc gán vào trạm làm việc ra khỏi danh sách chuẩn bị gán.

– Bổ sung những công đoạn thỏa mãn điều kiện ràng buộc trong sơ đồ ưu tiên. Những công đoạn này là những công đoạn có thể thực hiện ngay sau khi các công đoạn bị xóa khỏi danh sách ở **Bước 7.1** đã thực hiện xong.

– Sắp xếp lại danh sách chuẩn bị gán theo thứ tự giảm dần của RPW.

Bước 8. Thực hiện lại **Bước 5** cho đến khi công đoạn cuối cùng được gán vào các trạm làm việc.

4 Kiểm thử thực nghiệm giải thuật RPW

Để kiểm thử thực nghiệm bài toán cân bằng dây chuyền sản xuất bằng giải thuật xếp hạng theo trọng số RPW, nghiên cứu này sử dụng số liệu thu thập từ thực tế tại một dây chuyền may của công ty cổ phần may và thương mại Gio Linh, tỉnh Quảng Trị. Sản phẩm của dây chuyền này tại thời điểm tiến hành kiểm thử thực nghiệm là quần short. Để có thể may một sản phẩm quần short hoàn chỉnh, bộ phận kỹ thuật trong nhà máy may sẽ phân chia quá trình may quần short thành nhiều công đoạn nhỏ. Trong nghiên cứu này, quá trình may một chiếc quần short được phân chia thành 73 công đoạn. Công đoạn thực hiện dài nhất là công đoạn số 56 và công đoạn số 59 với thời gian thực hiện là 200 giây. Công đoạn số 70 có thời gian thực hiện ngắn nhất là 7 giây. Chi tiết mã công đoạn, tên công đoạn và thời gian thực hiện các công đoạn được thể hiện chi tiết trong Bảng 1.

Bảng 1. Danh sách công đoạn và thời gian thực hiện mỗi công đoạn

Mã công đoạn	Tên công đoạn	Thời gian thực hiện (s)	Mã công đoạn (t.t)	Tên công đoạn (t.t)	Thời gian thực hiện (s)
1	Vắt số 3 chỉ paget đơn + đôi	16	37	Định hình + lấy dấu lưng	118
2	Chit pen thân trước	104	38	Đo cắt dây passan	10
3	Vắt số đáy trước	19	39	Nối dây passan + xén	14
4	May nối paget đôi + lộn	16	40	2k chạy dây passan (chú ý 2 màu chỉ)	25
5	May vào paget đôi + ve râu	19	41	Vắt số 5 chỉ sườn trong	95
6	May paget đơn vào thân	20	42	Vắt số 5 chỉ đáy sau	44
7	Điều 1 ly paget đơn	10	43	Bộ miệng túi xéo × 2	18
8	May vào paget đơn	16	44	Kẹp mí 1 ly thân vào paget đôi	25
9	Lấy dấu quay paget 2k ¼	31	45	Ráp 1 đoạn sườn ngoài trên	57
10	Mí pen thân trước × 8	48	46	Vắt số 3 chỉ sườn ngoài trên	28

Mã công đoạn	Tên công đoạn	Thời gian thực hiện (s)	Mã công đoạn (t.t)	Tên công đoạn (t.t)	Thời gian thực hiện (s)
11	Ráp cúp thân sau	45	47	Điều 1 ly sườn ngoài trên	26
12	Vắt số 3 chỉ, cúp thân sau	22	48	Máy đáy trước	17
13	Điều 1 ly cúp thân sau	28	49	Điều 1 ly đáy trước	14
14	Vắt số túi nhỏ trong	36	50	Bộ paget × 2	18
15	Cuốn miệng túi hộp	22	51	Vắt số 5 chỉ sườn ngoài dưới	35
16	Định hình túi hộp	117	52	Điều 2k ^{1/4} đáy sau	28
17	Bộ túi hộp trong × 6	56	53	Vắt số 3 chỉ túi hộp	48
18	Chít pen + đặt rập lược túi hộp	96	54	Điều đường giữa đáy sau (cử treo)	21
19	Chá đáy đóng túi hộp trong	46	55	Lấy dấu lược lưng + gấn nhãn	40
20	Bộ túi hộp × 4	36	56	Tra+ đóng túi hộp	200
21	Bấm + mổ khung túi hộp	50	57	Lấy dấu gấn dây passan (chỉ 2 loại)	63
22	Điều 1 ly túi hộp lần 1 + gài dây kéo	93	58	Điều 1 ly túi hộp	89
23	Chá lót + điều 1 ly túi lần 2	79	59	Điều lưng t phẩm	200
24	Định hình túi xéo	53	60	Lấy dấu + tra lưng	143
25	Cuốn miệng túi xéo	22	61	Máy đường t trí thun lưng	43
26	Lược túi nhỏ vào đáy	35	62	Đính thun lưng + ghim lưng	174
27	Máy túi nhỏ vào đáy + bấm	38	63	Đính passan × 5	81
28	Máy kẹp đáy túi xéo lớn	50	64	Khóa đầu lưng	60
29	Máy kẹp đáy túi xéo nhỏ	50	65	Lấy dấu + đục lỗ nút lưng	30
30	Điều 2k ^{1/4} túi nhỏ	28	66	Gọt lộn đầu lưng	25
31	Máy xén lót túi xéo	81	67	Đóng nút lưng	30
32	Điều 1/4 ly lót túi xéo cử treo + lược lót	111	68	Gấn dây treo đáy sau	14
33	Bấm + lộn túi xéo	15	69	Máy lai kan sai ^{1/4}	102
34	Điều 2k ^{1/4} đá góc túi xéo	78	70	Bộ đáy × 1	9
35	Lược nhãn vào đáy 2 bên túi	26	71	Bộ passan × 10	90
36	Ghim túi xéo vào đáy + lược	59	72	Bộ dây treo × 2	18
			73	Kiểm tra sản phẩm	120

Nguồn: Số liệu từ dây chuyền sản xuất của công ty cổ phần may và thương mại Gio Linh

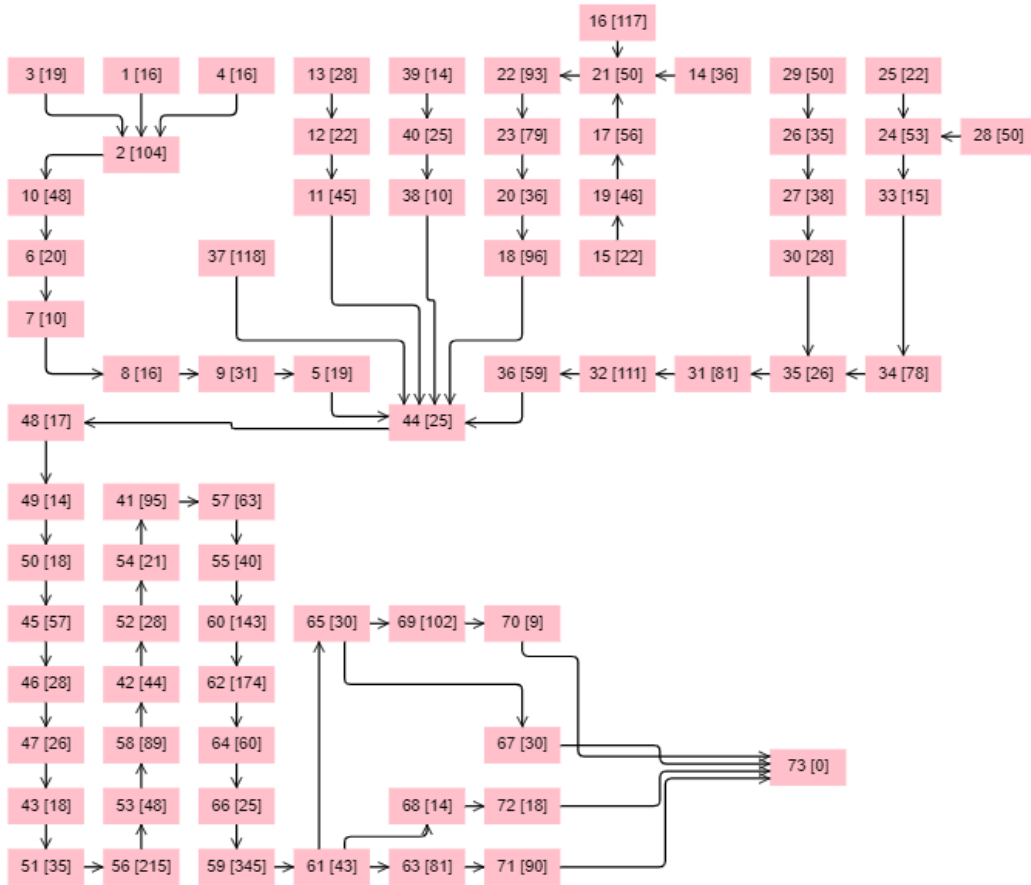
Bảng 2 thể hiện sự ràng buộc giữa các công đoạn trong dây chuyền may quần short. Ví dụ, nhìn vào bảng này có thể thấy, để có thể may công đoạn 2 thì cần phải thực hiện công đoạn 1, 3, 4 trước.

Bảng 2. Bảng ràng buộc giữa các công đoạn

Công đoạn bắt đầu	Công đoạn tiếp theo	Công đoạn bắt đầu	Công đoạn tiếp theo	Công đoạn bắt đầu	Công đoạn tiếp theo	Công đoạn bắt đầu	Công đoạn tiếp theo
2	10	29	26	47	43	65	67
3	2	25	24	43	51	69	70
1	2	28	24	51	56	70	73
10	6	24	33	56	53	71	73
6	7	33	34	53	58	72	73
7	8	27	30	58	42	65	69
8	9	26	27	42	52	67	73
9	5	34	35	52	54	63	71
4	2	30	35	54	41	68	72
13	12	35	31	41	57	11	44
12	11	31	32	57	55	5	44
15	19	32	36	55	60	38	44
19	17	39	40	60	62	37	44
14	21	40	38	62	64	18	44
17	21	44	48	64	66	36	44
16	21	48	49	66	59	20	18
21	22	49	50	59	61	46	47
22	23	50	45	61	63	61	65
23	20	45	46	61	68		

Nguồn: Số liệu từ dây chuyền sản xuất của công ty cổ phần may và thương mại Gio Linh

Kiểm thử này ứng dụng giải thuật RPW để tiến hành bố trí các công đoạn vào các trạm sản xuất trong dây chuyền may quần short. *Bước đầu tiên* là xây dựng sơ đồ ưu tiên. Từ số liệu của Bảng 1 và 2, ta có thể xây dựng sơ đồ ưu tiên như Hình 2. Mỗi nút của sơ đồ được đánh số bằng mã của công đoạn, đi kèm với thời gian để thực hiện công đoạn đó. Dựa trên sơ đồ ưu tiên này, mối quan hệ ràng buộc giữa các công đoạn thể hiện rõ qua đường liên kết giữa các nút. Đường liên kết giữa các nút thể hiện mối ràng buộc thứ tự thực hiện giữa các công đoạn.



Hình 2. Sơ đồ ưu tiên giữa các công đoạn

Chuyển sang bước 2, chỉ số RPW được tính toán cho các nút dựa trên sơ đồ ưu tiên. Thuật toán sẽ kiểm tra tất cả các lộ trình từ nút cần tính RPW cho đến nút cuối cùng. Sau đó, ở bước 3, chỉ số RPW của các nút được sắp xếp theo thứ tự giảm dần, được thể hiện ở bảng 3. Trong bảng này, công đoạn có mã số 15 có chỉ số RPW là lớn nhất là 2310. Tiếp theo là các công đoạn có mã số 28 và 16. Có thể nhận thấy rằng, những công đoạn này là những công đoạn khởi đầu của dây chuyền sản xuất; trước công đoạn này không có công đoạn nào bắt buộc phải thực hiện trước. Công đoạn ở có chỉ số RPW đứng thứ 4 là công đoạn 19, để thực hiện công đoạn này phải thực hiện xong công đoạn 15. Chỉ số của công đoạn 73 là thấp nhất; đây cũng là công đoạn cuối cùng trong dây chuyền sản xuất.

Bảng 3. Chỉ số RPW của các công đoạn

Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW	Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW
15	Cuốn miệng túi hộp	2310	11	Ráp cúp thân sau	2050
28	May kẹp đáy túi xéo lớn	2309	40	2k chạy dây passan (chú ý 2 màu chỉ)	2040

Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW	Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW
16	Định hình túi hộp	2282	5	Máy vào paget đôi + ve râu	2024
19	Gá đáy đóng túi hộp trong	2272	38	Đo cắt dây passan	2015
25	Cuốn miệng túi xéo	2269	44	Kẹp mí 1 ly thân vào paget đôi	2005
29	Máy kẹp đáy túi xéo nhỏ	2269	48	Máy đáy trước	1980
24	Định hình túi xéo	2256	49	Điều 1 ly đáy trước	1963
17	Bộ túi hộp trong × 6	2253	50	Bộ paget × 2	1949
14	Vắt số túi nhỏ trong	2216	45	Ráp 1 đoạn sườn ngoài trên	1931
26	Lược túi nhỏ vào đáy	2175	46	Vắt số 3 chỉ sườn ngoài trên	1874
33	Bấm + lộn túi xéo	2149	47	Điều 1 ly sườn ngoài trên	1846
34	Điều 2k ^{1/4} đá góc túi xéo	2137	43	Bộ miệng túi xéo × 2	1820
21	Bấm + mở khung túi hộp	2123	51	Vắt số 5 chỉ sườn ngoài dưới	1802
27	Máy túi nhỏ vào đáy + bấm	2101	56	Tra + đóng túi hộp	1767
30	Điều 2k ^{1/4} túi nhỏ	2101	53	Vắt số 3 chỉ túi hộp	1567
22	Điều 1 ly túi hộp lần 1 + gài dây kéo	2100	58	Điều 1 ly túi hộp	1519
35	Lược nhãn vào đáy 2 bên túi	2081	42	Vắt số 5 chỉ đáy sau	1430
3	Vắt số đáy trước	2072	52	Điều 2k ^{1/4} đáy sau	1386
4	Máy nối paget đôi + lộn	2071	54	Điều đường giữa đáy sau (cử treo)	1358
1	Vắt số 3 chỉ paget đơn + đôi	2064	41	Vắt số 5 chỉ sườn trong	1337
31	Máy xén lót túi xéo	2055	57	Lấy dấu gắn dây passan (chi 2 loại)	1242
2	Chít pen thân trước	2054	55	Lấy dấu lược lưng + gắn nhãn	1179
23	Gá lót + điều 1 ly túi lần 2	2310	60	Lấy dấu + tra lưng	1139
32	Điều 1/4 ly lót túi xéo cử treo + lược lót	2309	62	Đính thun lưng + ghim lưng	996
10	Mí pen thân trước × 8	2282	64	Khóa đầu lưng	822
20	Bộ túi hộp × 4	2272	66	Gọt lộn đầu lưng	762
37	Định hình + lấy dấu lưng	2269	59	Điều lưng t phẩm	737
18	Chít pen + đặt rập lược túi hộp	2269	61	Máy đường t trí thun lưng	537
6	Máy paget đơn vào thân	2256	65	Lấy dấu + đục lỗ nút lưng	291
13	Điều 1 ly cúp thân sau	2253	63	Đính passan × 5	291
7	Điều 1 ly paget đơn	2216	69	Máy lai kan sai ¼	231

Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW	Mã công đoạn	Tên công đoạn	Chỉ số RPW
12	Vắt số 3 chỉ, cúp thân sau	2175	71	Bộ passan × 10	210
8	May vào paget đơn	2149	68	Gắn dây treo đáy sau	152
36	Ghim túi xéo vào đáy + lược	2137	67	Đóng nút lưng	150
9	Lấy dấu quay paget 2k ^{1/4}	2123	72	Bộ dây treo × 2	138
39	Nối dây passan + xén	2101	70	Bộ đáy × 1	129
			73	Kiểm tra sản phẩm	120

Dựa trên bảng chỉ số RPW của các công đoạn, ta tiến hành các bước tiếp theo để bố trí các công đoạn vào các trạm làm việc khác nhau sao cho thỏa mãn các ràng buộc trên sơ đồ ưu tiên và thời gian thực hiện ở các trạm không vượt quá thời gian chu kỳ c . Bước 4 là lựa chọn những công đoạn bắt đầu đưa vào danh sách chuẩn bị gán và sắp xếp theo giá trị giảm dần của chỉ số RPW của các công đoạn. Các công đoạn được đưa vào danh sách chuẩn bị gán gồm có 15, 28, 16, 25, 29, 14, 3, 4, 1, 37, 13, 39.

Bước 5 là xác định công đoạn có chỉ số RPW lớn nhất trong danh sách chuẩn bị gán; ở trường hợp này là công đoạn 15. Tiếp theo ta thực hiện bước 6: công đoạn 15 được gán vào trạm làm việc 1. Tiếp đó, cập nhật lại danh sách chuẩn bị gán ở bước 7. Trong danh sách này gồm các công đoạn: 28, 16, 19, 25, 29, 14, 3, 4, 1, 37, 13, 39. Công đoạn 15 đã được đưa ra khỏi danh sách chuẩn bị gán và bổ sung vào công đoạn 19. Để thực hiện công đoạn 19 thì công đoạn 15 phải được hoàn thành trước. Ta thực hiện bước 8 là kiểm tra xem có phải đây là công đoạn cuối cùng trong sơ đồ ưu tiên hay không. Nếu không thì ta quay lại bước 5. Tuần tự thực hiện các bước theo vòng lặp, ta có các công đoạn được bố trí ở trạm 1 lần lượt là: 15, 3, 4, 1, 2 và 39. Tổng thời gian thực hiện ở trạm này là 191 giây. Kết quả của việc bố trí công đoạn vào các trạm làm việc được thể hiện ở bảng 4. Các trạm 5, 13, và 20 có thời gian làm việc của trạm dài nhất là 200 giây. Đây cũng là thời gian chu kỳ $c = 200$ giây. Trạm làm việc có thời gian làm việc ít nhất là trạm 12 chỉ thực hiện các công đoạn 43 và 51 với thời gian làm việc tại trạm là 53 giây. Điều đó có nghĩa với một chu kỳ là 200 giây, trạm 12 này chỉ hoạt động 53 giây, thời gian còn lại là 147 giây phải dừng máy, chờ đợi các trạm làm việc khác.

Bảng 4. Bảng bố trí các công đoạn trên các trạm làm việc

Trạm	Các công đoạn trên trạm	Thời gian làm việc của trạm (s)	Thời gian chờ đợi (s)
1	15; 3; 4; 1; 2; 39	191	9
2	28; 10; 6; 13; 7; 12; 8	194	6
3	16; 9; 11	193	7
4	19; 37; 40; 38	199	1
5	25; 5; 29; 24; 17	200	0

Trạm	Các công đoạn trên trạm	Thời gian làm việc của trạm (s)	Thời gian chờ đợi (s)
6	14; 26; 33; 34	164	36
7	21; 22; 27	181	19
8	30; 35; 31	135	65
9	23; 32	190	10
10	20; 18; 36	191	9
11	44; 48; 49; 50; 45; 46; 47	185	15
12	43; 51	53	147
13	56	200	0
14	53; 58; 42	181	19
15	52; 54; 41	144	56
16	57; 55	103	97
17	60	143	57
18	62	174	26
19	64; 66	85	115
20	59	200	0
21	61; 65; 63; 68; 67	198	2
22	69; 71	192	8
23	72; 70; 73	147	53

Để xác thực hiệu quả của việc áp dụng giải thuật xếp hạng theo trọng số RPW trên dây chuyền may thực tế này, tác giả đã tiến hành phỏng vấn các nhân sự trực tiếp quản lý dây chuyền. Theo đó, để có được giải pháp cân bằng chuyền dây chuyền may, trước đây, chuyền trưởng và bộ phận kỹ thuật trong nhà máy may cần phải tốn từ 3 đến 6 ngày để tiến hành rải chuyền, nghĩa là sắp xếp các công đoạn và công nhân vào các trạm làm việc. Trong thời gian này, họ thử nghiệm nhiều phương án bố trí khác nhau mới có được sơ đồ cân bằng chuyền cuối cùng. Trong lúc chờ có được phương án cân bằng chuyền cuối cùng, năng suất của chuyền may chỉ đạt khoảng 10 % đến 30 % năng suất so với phương án cuối cùng của dây chuyền may. Ví dụ, năng suất thiết kế của dây chuyền may là 200 chiếc áo một ngày thì trong khoảng thời gian rải chuyền, chuyền may chỉ có thể đạt được năng suất từ 20 đến 60 chiếc áo mỗi ngày. Việc áp dụng thuật toán trong việc thiết kế mới cân bằng dây chuyền may giúp tiết kiệm nhiều thời gian hơn so với phương pháp thủ công dựa trên kinh nghiệm của chuyền trưởng. Dưới sự trợ giúp của máy tính, việc tìm ra giải pháp cân bằng chuyền được thực hiện ngay trước khi rải chuyền của sản phẩm. Điều này giúp tiết kiệm rất nhiều thời gian và chi phí, đồng thời giúp tăng năng suất của chuyền may.

Với việc ứng dụng giải thuật RPW này ta có chỉ số hiệu quả chuyền $LE = 84\%$ và chỉ số thông suốt của dây chuyền $SI = 246,98$. Đây là những chỉ số khá cao trong việc bố trí chuyền, vượt trội so với các phương pháp thủ công làm bằng kinh nghiệm. Khi tiếp tục áp dụng giải thuật này cho những loại sản phẩm khác của công ty may Gio Linh, hệ số hiệu quả chuyền nếu bố trí bằng giải thuật xếp hạng theo trọng số thường nằm trong khoảng từ 70 % đến 85 %. Hệ số này cao hơn nhiều so với phương án bố trí dựa trên kinh nghiệm của chuyền trưởng chỉ khoảng từ 55 % đến 65 % (sau khi hoàn thành việc rải chuyền) cho hệ số hiệu quả chuyền may. Tức là, phương pháp bố trí bằng kinh nghiệm chỉ khai thác được 55 % đến 65 % thời gian làm việc của công nhân trong toàn dây chuyền sản xuất. Hệ số hiệu quả chuyền cao hơn sẽ dẫn đến năng suất của toàn chuyền cao hơn và số công nhân cần thiết phải bố trí trên mỗi chuyền cũng sẽ giảm xuống. Ngoài ra, độ thông suốt cũng thấp hơn so với phương pháp thủ công, có nghĩa là việc phân công công đoạn cho các trạm làm việc tương đối công bằng hơn. Không còn tình trạng có những trạm làm việc quá căng thẳng trong khi đó có những trạm rảnh rỗi phải chờ đợi những trạm khác.

5 Kết luận và kiến nghị

Rõ ràng cân bằng chuyền là một bài toán lớn và phức tạp. Việc tìm ra giải pháp tối ưu là tương đối khó khăn, đối với các giải thuật khác nhau thì sẽ có các phương án bố trí cân bằng dây chuyền sản xuất khác nhau, dẫn đến kết quả thực thi cân bằng dây chuyền sản xuất cũng khác nhau. Do đó, cần áp dụng và so sánh nhiều giải thuật khác nhau để tìm ra phương án nào là tối ưu cho từng trường hợp cụ thể của dây chuyền may công nghiệp. Đây cũng là hướng đi tiếp theo của nghiên cứu này. Việc áp dụng những giải thuật khác nhau, kiểm thử trên các dây chuyền sản xuất thực tế, từ đó so sánh hiệu quả để đề xuất giải pháp tối ưu cho những dây chuyền có đặc điểm khác nhau là một hướng nghiên cứu thiết thực trong lĩnh vực quản trị sản xuất hiện đại.

Tài liệu tham khảo

1. Mastor, A. A. (1970), An Experimental Investigation and Comparative Evaluation of Production Line Balancing Techniques, *Management Science*, 16(11), 728–746.
2. Waldemar Grzechca (2011), *Assembly Line – Theory and Practice*, ISBN 978–953–307–995–0.
3. Bowman, E. H. (1960), Assembly line balancing by Linear Programming, *Operation Research*, 8(3), 385–389.
4. Patterson, J. H., and Albracht, J. J. (1975), Assembly line balancing: Zero-One Programming with Fibonacci Search, *Operation Research*, 23(1), 166–172.

5. Held, M., Karp R. M., Shareshian, R. (1963), Assembly line balancing - Dynamic Programming with precedence constraints, *Operation Research*, 11(3), 442–459.
6. Joaquin Bautista & Jordi Pereira. (2009), A dynamic programming-based heuristic for the assembly line balancing problem, *European Journal of Operational Research*, 194, 787–794.
7. Suresh, G., Vinod V. V., and Sahu, S. (1996), *A Genetic Algorithm for assembly line balancing*, *Production Planning and Control*, 7(1), 38–46.
8. Suresh, G. and Sahu, S. (1994), Stochastic assembly line balancing using Simulated Annealing, *International Journal of Operation Research*, 32(8), 1801–1810.
9. Helgeson, W. P., Birnie, D. P.(1961), Assembly Line Balancing Using the Ranked Positional Weight Technique, *Journal of Industrial Engineering*, 12(6), 384–398.
10. Kilbridge M, Wester L. (1961), A heuristic method of assembly line balancing, *Journal of Industrial Engineering*; 12 (4), 292–298.
11. Joaquin Bautista and Jordi Pereira. (2007), Ant algorithms for a time and space constrained assembly line balancing problem, *European Journal of Operational Research*, 177, 2016–2032.
12. Eliyahu M. Goldratt. (2004), *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, ISBN 978–0–88427–178–9.
13. B. Malakooti & A. Kumar (1996), A knowledge-based system for solving multi-objective assembly line balancing problems, *International Journal of Production Research*, 34(9), 2533–2552, DOI: 10.1080/00207549608905043.
14. Keytack H. Oh (1997), Expert Line Balancing System (ELBS), *Computer & Industry Engineering*, 33(1–2), 303–306.
15. J. Driscolla & A. A. Abdel-shafi (1985), A simulation approach to evaluating assembly line balancing solutions, *International Journal of Production Research*, 23(5), 975–985, DOI: 10.1080/00207548508904760.
16. Pablo Cortés, Luis Onieva & José Guadix (2010), Optimising and simulating the assembly line balancing problem in a motorcycle manufacturing company: a case study, *International Journal of Production Research*, 48(12), 3637–3656, DOI: 10.1080/00207540902926522.
17. Scholl, A. & Becker, C. (2006), State-of-the-art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly Line Balancing, *European Journal of Operational Research*, 168(3), 666–693.
18. Scholl, A. (1999), *Balancing and sequencing of assembly lines*. 2nd ed., Physica, Heidelberg.

APPLICATION OF RANKED POSITIONAL WEIGHT METHOD IN SEWING LINE BALANCING

Ho Quoc Dung*

HU – University of Economics, 100 Phung Hung St., Hue, Vietnam

Abstract: Balancing industrial sewing lines is a big problem, and it is difficult to find the optimal solution. Setting up the industrial sewing line using the manual method based on the experience of the line manager takes a long time while the line efficiency could not be highly achieved. This study applies the ranked positional weight method to shorten the time taken to build a solution for the sewing line balancing and to deliver the asymptotically optimal solution. The results show that the line efficiency of the sewing line was 84 % compared with 55 % to 65 % of the manual methods. Applying a ranked positional weight method to balancing industrial sewing line saves time, improves the line efficiency and improves the productivity for the whole industrial sewing factory.

Keywords: sewing line balancing, ranked positional weight method, asymptotically optimal solution