

MÔ HÌNH TOÁN THIẾT KẾ CHUỖI CUNG ỨNG: XEM XÉT CÔNG SUẤT VẬN HÀNH CỦA CÁC ĐƠN VỊ KINH DOANH

Ngày nhận bài: 24/09/2013

Ngày nhận lại: 21/10/2013

Ngày duyệt đăng: 30/12/2013

Đường Võ Hùng¹

Bùi Nguyên Hùng²

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi xây dựng mô hình thiết kế chuỗi cung ứng đơn sản phẩm, theo thời gian, trong đó các nhà máy sản xuất và các tổng kho được quyết định mở hay không tại những vị trí lựa chọn trước. Với mỗi đơn vị kinh doanh được mở chúng ta sẽ kiểm soát công suất vận hành. Nếu đơn vị kinh doanh nào vận hành dưới mức yêu cầu thì đơn vị đó phải trả chi phí (chi phí phạt), và chi phí này sẽ làm gia tăng tổng chi của hàm mục tiêu. Nếu nhu cầu có xu hướng giảm hoặc thay đổi thì tổng phí sẽ tăng do phí đầu tư và phí vận hành tăng. Thông tin này sẽ giúp các nhà đầu tư và nhà quản lý đánh giá hiệu quả vận hành của chuỗi cung ứng của họ hoặc có thể xem xét chính sách thuê ngoài. Mô hình được xây dựng theo bài toán quy hoạch nguyên hỗn hợp, trong đó hàm mục tiêu là cực tiểu tổng phí bao gồm phí vận chuyển, phí tồn kho, phí đầu tư các đơn vị kinh doanh và chi phí vận hành dưới mức vận hành cho phép. Dựa trên cấu trúc của mô hình, chúng tôi phải đưa thêm một số ràng buộc phụ trước khi áp dụng giải thuật Lagrange để giải. Kết quả tính toán và giải thuật của đề nghị của mô hình được so sánh với lời giải tối ưu từ phần mềm LINGO.

Từ khóa: chuỗi cung ứng, công suất vận hành, quy hoạch nguyên hỗn hợp, giải thuật Lagrange, thiết kế mạng.

ABSTRACT

In this paper, we deal with a single-item, multi-period capacitated facility location problem where manufacturing plants and distribution centers are decided to be opened or not at the pre-determined potential sites. At each opened facility, we control operational level. If the opened facility operates at a lower minimum requirement volume then penalty cost will occur and add to objective value. If the demand is decreased or fluctuated then the total cost is increased because of opened facilities and operational costs. This information helps the investors and managers to evaluate performance of their SC network system or use outsourcing facilities. The problem is formulated as a mixed integer linear programming (MILP) model with the objective is to minimize the total cost, including transportation cost, inventory holding cost, fixed costs for opening facilities, and penalty costs. Based on the specific structure of the developed model, we need one additional constraint set before using Lagrange relaxation algorithm for solving the problem. Numerical experiments are then conducted to compare the solution of the proposed approach as opposing to the optimal solution obtained by the commercial Lingo solver.

Keywords: supply chain, operational capacity, mixed integer linear programming, Lagrange relaxation, network design.

^{1,2} Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc Gia TP.HCM.

1. GIỚI THIỆU

Trong hoạt động kinh doanh hiện đại, chúng ta biết rằng chuỗi cung ứng tích hợp và kết nối tất cả các chức năng kinh doanh trong doanh nghiệp như cung ứng, nguyên vật liệu, kế hoạch sản xuất, sản xuất sản phẩm, vận chuyển và bán hàng (Chan và cộng sự, 2003, và Stadtler, 2005). Điều này nhấn mạnh vai trò của chuỗi cung ứng trong các hoạt động kinh doanh. Trong thị trường cạnh tranh toàn cầu ngày nay, những nhà đầu tư và nhà quản lý có nhiều quan tâm đến chuỗi cung ứng của họ (Simchi-Levi và cộng sự, 2000, Blackhurst và cộng sự, 2005). Do đó, vận hành chuỗi cung ứng đóng vai trò vô cùng quan trọng trong hoạt động kinh doanh. Theo Chan và Qi (2003), xây dựng chuỗi cung ứng hoạt động hiệu quả là mối quan tâm của các nhà quản lý và các nhà đầu tư, do vậy, bài toán liên quan đến lĩnh vực này ngày càng phổ biến. Tuy nhiên, do tích hợp các thành phần và chức năng vận hành làm cho chuỗi cung ứng trở nên phức tạp, vì vậy, nghiên cứu về lĩnh vực này hiện nay vẫn còn giá trị và hấp dẫn các nhà nghiên cứu và đầu tư. Mặc dù vậy, theo Lan và cộng sự (2013) thì nghiên cứu về lĩnh vực này ở Việt Nam cũng còn nhiều hạn chế.

Để hỗ trợ cho chuỗi cung ứng trong các hoạt động và những chiến lược dài hạn một cách hiệu quả, bài toán thiết kế chuỗi cung ứng phải được quan tâm nghiên cứu liên quan đến các bài toán thực tế, đặc biệt đối với toán lựa chọn và phân bổ nguồn lực khi xây dựng chuỗi cung ứng. Một trong những công trình tiên phong đối với bài toán lựa chọn và phân bổ nguồn lực được Geoffrion và Graves công bố vào năm 1974. Trong nghiên cứu của mình, Geoffrion và Graves đã thành công với mô hình quy hoạch nguyên hỗn hợp để thiết kế mạng lưới phân phối cho bài toán đa sản phẩm, ứng với từng thời đoạn. Hàm mục tiêu của nghiên cứu này là cực tiểu hóa tổng chi phí của hệ thống bao gồm phí vận chuyển, phí đầu tư các tổng kho. Giải thuật Benders decomposition được dùng

để giải quyết mô hình toán và cung cấp lời giải. Tiếp tục với quan điểm nghiên cứu này, Pirkul và Jayaraman (1998), Mazzola và Neebe (1999) cũng nghiên cứu bài toán thiết kế cho mạng cung ứng đa sản phẩm, từng thời đoạn, tuy nhiên, những nghiên cứu này dùng giải thuật Lagrange để giải, trong đó, bài toán gốc được phân thành n bài toán nhỏ ứng với mỗi tổng kho và nhà máy bằng cách bỏ đi một số bộ ràng buộc.

Trong quản lý và vận hành chuỗi cung ứng hiện đại, những nhà quản lý, nhà đầu tư, và những nhà nghiên cứu luôn phải đối đầu với những bài toán thực tế. Hiện nay có rất nhiều mô hình toán được công bố nhằm đáp ứng những yêu cầu thực tế. Nhiều nhà nghiên cứu tập trung vào giải quyết các bài toán thực tế. Điển hình như nghiên cứu của Melachrinoudis và Min (2007), các tác giả đã xây dựng mô hình tái cấu trúc mạng lưới phân phối bằng cách xem xét thông số thời gian phân phối như là một yếu tố chính trong việc ra quyết định. Kết quả của mô hình cho phép đóng một số tổng kho hiện hữu nhưng kém hiệu quả, đồng thời cũng cho phép mở một số tổng kho mới khi cần thiết. Tương tự như vậy, nhiều vấn đề cụ thể trong lĩnh vực chuỗi cung ứng đã được nghiên cứu như: Rezaei và Davoodi (2008) xem xét tỷ lệ phần trăm phế phẩm như là một yếu tố mới trong mô hình, hoặc Bilgen và Ozkarahan (2007) phát triển mô hình quy hoạch nguyên hỗn hợp cho bài toán sản xuất sản phẩm ngũ cốc và bài toán vận chuyển hàng hóa với số lượng lớn. Gần đây, Dondo và cộng sự (2011) cực tiểu hóa tổng chi phí vận chuyển bằng cách xem xét bài toán về đường đi theo cross-docking trong nghiên cứu của mình. Lee và cộng sự (2010) cũng xem xét quyết định về lộ trình trong mô hình quy hoạch nguyên hỗn hợp đối với bài toán phân bổ các đơn vị kinh doanh, mô hình này rất hữu ích với các đơn vị kinh doanh là đối tác thứ ba trong hoạt động logistics (third party logistics – 3PL). Bên cạnh đó, một hướng nghiên cứu khác cũng thực dụng, giải quyết những tình huống thực tế như

Eksioglu và cộng sự (2006) xem xét mức tồn kho cũng như chi phí tồn kho trong vận hành tại cuối mỗi thời đoạn trong mô hình thiết kế chuỗi cung ứng. Hinojosa và cộng sự (2000, 2008) cũng xây dựng mô hình quy hoạch nguyên hỗn hợp cho bài toán thiết kế mạng cung ứng cho bài toán đa sản phẩm, nhiều giai đoạn, và các mức tồn kho tại mỗi thời đoạn. Thêm một yếu tố thực tế như đặc tính chất lượng sản phẩm được xét đến trong nghiên cứu của Das (2011), mô hình này cung cấp một thủ tục cần thiết trong quy trình giám sát chất lượng. Ngoài ra, mức công suất của đơn vị kinh doanh khi đầu tư cũng là yếu tố thực tế khi xem xét thành lập chuỗi cung ứng. Điều này được thể hiện trong nghiên cứu của Amiri (2006), nghiên cứu này thành công trong việc xây dựng mô hình quy hoạch nguyên hỗn hợp, trong đó đối với một đơn vị kinh doanh được xem xét với nhiều mức công suất khác nhau, nhưng mô hình này chỉ xem xét chọn một mức để đầu tư khi đơn vị kinh doanh đó được xem xét thành lập trong hệ thống.

Theo những phân tích và nhận định như trên, chúng ta biết rằng hiện nay nhiều yếu tố thực tế đã được xem xét khi xây dựng mô hình như nhiều thời đoạn, mức tồn kho của các đơn vị kinh doanh khi vận hành tại mỗi thời đoạn, thời gian giao hàng, lộ trình giao hàng, đặc tính chất lượng, cũng như thời gian xem xét mở các đơn vị kinh doanh tại thời điểm thích hợp,... tùy theo những bài toán cụ thể. Trong thực tế, chúng ta thấy rằng, các nhà đầu tư và các nhà quản lý cố gắng kiểm soát mức vận hành tại mỗi đơn vị kinh doanh đang vận hành. Nếu một đơn vị kinh doanh vận hành dưới mức vận hành yêu cầu thì hệ thống sẽ kém hiệu quả. Với những dạng nhu cầu giảm, những mô hình đã công bố thì những đơn vị kinh doanh sẽ được mở ngay từ đầu, như vậy, khi nhu cầu giảm những đơn vị kinh doanh này sẽ kém hiệu quả. Điều này sẽ làm lãng phí đầu tư và vận hành. Do đó, nghiên cứu này sẽ nhận diện và giải quyết vấn đề này, đem lại hiệu quả kinh doanh cho các nhà đầu tư.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi xây dựng mô hình toán quy hoạch nguyên hỗn hợp cho bài toán thiết kế chuỗi cung ứng, trong đó một số yếu tố thực tế vận hành sẽ được xem xét để mô hình thực tế hơn. Mô hình giúp hỗ trợ cho các nhà quản lý và đầu tư ra quyết định trong việc: (1) Đơn vị kinh doanh nào nên được mở trong những địa điểm tiềm năng xác định trước; (2) tại mỗi thời điểm vận hành, một đơn vị kinh doanh đã được mở, hệ thống sẽ kiểm soát đơn vị kinh doanh này vận hành hiệu quả hay không. Hàm mục tiêu của mô hình cực tiểu hóa tổng chi phí, trong đó bao gồm chi phí vận chuyển, phí tồn kho, phí đầu tư các đơn vị kinh doanh, chi phí phạt nếu đơn vị kinh doanh nào vận hành dưới mức yêu cầu. Chúng ta dễ nhận thấy điều này khi dạng nhu cầu giảm theo thời gian, khi đó chi phí vận hành và chi phí đầu tư sẽ gia tăng. Mô hình này sẽ giúp các nhà đầu tư và quản lý nhận diện vấn đề này và có thể đưa ra quyết định hợp lý, hiệu quả về mặt kinh tế, trong một số trường hợp thuê ngoài có thể là một giải pháp giúp giảm chi phí đầu tư cho các đơn vị kinh doanh trong hệ thống. Điều này làm cho mô hình chúng tôi khác biệt so với những mô hình đã được công bố như Hinojosa và cộng sự (2000, 2008), Eksioglu và cộng sự (2006), Amiri, (2006), ... Để có được lời giải nhanh chóng và hiệu quả chúng tôi sử dụng thuật toán Lagrangian, thuật toán này dựa trên việc tiết giảm các ràng buộc để có thể phân mô hình ban đầu thành 2 bài toán nhỏ và chúng ta có thể giải một cách dễ dàng, từ kết quả của các bài toán nhỏ chúng ta cũng dễ dàng có được lời giải cho bài toán ban đầu dựa trên giải thuật đề nghị.

2. MÔ HÌNH TOÁN

Để thuận tiện hơn trong việc xây dựng mô hình và giải thuật những phần tiếp theo trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng những những bộ biến, tham số và chỉ số như sau:

2.1. Nhóm các chỉ số:

i tập chỉ số các nhà máy sản xuất tiềm năng $i = 1, 2, \dots, I$

j tập chỉ số các tổng kho tiềm năng $j = 1, 2, \dots, J$

r tập chỉ số các đại lý $r = 1, 2, \dots, R$

k tập chỉ số các sản phẩm $k = 1, 2, \dots, K$

t tập chỉ số thời đoạn $t = 1, 2, \dots, T$

2.2. Nhóm các tham số:

T thời gian vận hành (thể hiện trục thời gian)

f_i định phí khi mở nhà máy thứ i trong hệ thống

$f_i^{(1)}$ định phí mở tổng kho j trong hệ thống

c_{ijk} chi phí vận chuyển 1 đơn vị sản phẩm k từ nhà máy i đến tổng kho j trong một thời đoạn

$c_{jrk}^{(1)}$ chi phí vận chuyển 1 đơn vị sản phẩm k từ tổng kho j đến đại lý r trong một thời đoạn

p_{ik} chi phí sản xuất đơn vị của sản phẩm k tại nhà máy i

h_{ik} chi phí tồn trữ đơn vị của sản phẩm k tại nhà máy i trong một thời đoạn

$h_{jk}^{(1)}$ chi phí tồn trữ đơn vị của sản phẩm k tại tổng kho j trong một thời đoạn

$h_{rk}^{(2)}$ chi phí tồn trữ đơn vị của sản phẩm k tại đại lý r trong một thời đoạn

d_{rkt} nhu cầu sản phẩm k đối với đại lý r tại thời điểm t

w_{ik} mức công suất vận hành của sản phẩm k tại nhà máy i

$w_{jk}^{(1)}$ mức công suất vận hành (sức chứa) của sản phẩm k tại tổng kho j

2.3. Nhóm các biến quyết định:

X_{ijkt} tổng sản phẩm k chuyển từ nhà máy i đến tổng kho j trong thời đoạn t

Y_{jrkt} tổng sản phẩm k chuyển từ tổng kho j đến đại lý r trong thời đoạn t

Z_{it} biến $[0, 1]$ (binary) thể hiện hoặc nhà máy i vận hành tại thời điểm t hoặc không

$Z_{jt}^{(1)}$ biến $[0, 1]$ thể hiện hoặc tổng kho j vận hành tại thời điểm t hoặc không

V_{ikt} tổng sản lượng sản phẩm k sản xuất tại nhà máy i trong thời đoạn t

Q_{ikt} tổng sản lượng sản phẩm k tồn kho tại nhà máy i trong thời đoạn t

$Q_{jkt}^{(1)}$ tổng sản lượng sản phẩm k tồn kho tại tổng kho j trong thời đoạn t

$Q_{rkt}^{(2)}$ tổng sản lượng sản phẩm k tồn kho tại đại lý r trong thời đoạn t

Trong nghiên cứu này, mô hình toán cho bài toán thiết kế hệ thống chuỗi cung ứng dựa trên một số giả thiết như sau:

i) Nếu một nhà máy hoặc tổng kho khi được mở tại thời điểm nào đó thì nó sẽ không bị đóng sau đó;

ii) Tất cả các loại chi phí áp dụng cho mô hình đều được xác định trước, nghĩa là chi phí mở nhà máy hoặc tổng kho, chi phí sản xuất đơn vị, chi phí bảo quản và chi phí phát sinh đều được khảo sát và biết trước;

iii) Tất cả các mức tồn kho ban đầu tại các đơn vị kinh doanh (nhà máy, tổng kho và đại lý) đều bằng không;

iv) Sức chứa hàng hóa tại các đại lý đủ lớn để có thể đáp ứng các đơn hàng (nhu cầu).

Dựa trên các giả thiết, các chỉ số, các tham số cũng như các biến quyết định, mô hình toán chi tiết được xây dựng và trình bày như sau:

Hàm mục tiêu:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T c_{ij} X_{ijt} + \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T c_{jr}^{(1)} Y_{jrt} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T f_i (Z_{it} - Z_{i(t-1)}) + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T f_j^{(1)} (Z_{jt}^{(1)} - Z_{j(t-1)}^{(1)}) \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T cp_i U_{it} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T cd_j U_{jt}^{(1)} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_i V_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T h_i Q_{it} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T h_j^{(1)} Q_{jt}^{(1)} + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T h_r^{(2)} Q_{rt}^{(2)} \end{aligned} \quad (1)$$

Các ràng buộc:

$$Q_{r(t-1)}^{(2)} + \sum_{j=1}^J Y_{jrt} \geq d_{rt} \quad \forall r \in R, \forall t \in T, \quad (2)$$

$$V_{it} \leq wp1_i N_{it} + MU_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (3a)$$

$$V_{it} \geq wp2_i N_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (3b)$$

$$V_{it} \leq wp2_i U_{it} + MN_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (3c)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} \leq V_{it} + Q_{i(t-1)} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} \leq wd1_j Z_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (5)$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} \leq \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} \leq wd1_j N_{jt}^{(1)} + MU_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (7a)$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} \geq wd2_j N_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (7b)$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} \leq wd2_j U_{jt}^{(1)} + MN_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (7c)$$

$$Q_{rt}^{(2)} = \sum_{j=1}^J Y_{jrt} + Q_{r(t-1)}^{(2)} - d_{rt} \quad \forall r \in R, \forall t \in T, \quad (8)$$

$$Q_{it} = V_{it} + Q_{i(t-1)} - \sum_{j=1}^J X_{ijt} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (9)$$

$$Q_{jt}^{(1)} = \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} - \sum_{r=1}^R Y_{jrt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (10)$$

$$Z_{it} \geq Z_{i(t-1)} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (11)$$

$$N_{it} + U_{it} = Z_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (12)$$

$$Z_{jt}^{(1)} \geq Z_{j(t-1)}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (13)$$

$$N_{jt}^{(1)} + U_{jt}^{(1)} = Z_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (14)$$

$$X_{ijt}, V_{it}, Q_{it} \geq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (15)$$

$$Y_{jrt}, Q_{jt}^{(1)}, Q_{rt}^{(2)} \geq 0 \quad \forall j \in J, \forall r \in R, \forall t \in T, \quad (16)$$

$$Z_{it}, N_{it}, U_{it} = 0, 1 \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad (17)$$

$$Z_{jt}^{(1)}, N_{jt}^{(1)}, U_{jt}^{(1)} = 0, 1 \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (18)$$

Trong mô hình trình bày ở trên, hàm mục tiêu (1) là cực tiểu hóa tổng chi phí vận hành trong đó bao gồm tổng chi phí vận chuyển từ nhà máy đến tổng kho; từ tổng kho đến đại lý; tổng định phí khi mở nhà máy; tổng định phí để mở tổng kho; tổng chi phí sản xuất tại các nhà máy được mở; và tổng chi phí bảo quản hàng hóa tại các nhà máy; tổng kho và đại lý.

Các bộ ràng buộc được diễn giải như sau:

+ bộ ràng buộc (2) đảm bảo nhu cầu sản phẩm luôn được đáp ứng từ các đại lý tương ứng,

+ bộ ràng buộc (3) thể hiện ràng buộc về công suất vận hành tương ứng với từng loại sản phẩm của những nhà máy khi được mở,

+ bộ ràng buộc (4) đảm bảo tổng sản lượng hàng hóa chuyển đi từ nhà máy đến các tổng kho không được vượt quá tổng sản lượng sản phẩm đang có tại nhà máy đó (not exceed the on-hand inventory),

+ bộ ràng buộc (5) đảm bảo tổng sản lượng hàng hóa lưu trữ tại tổng kho không được vượt quá mức công suất tối đa của tổng kho đó tại bất kỳ thời điểm nào,

+ bộ ràng buộc (6) đảm bảo tổng sản lượng hàng hóa chuyển đi từ tổng kho đến các đại lý không được vượt quá tổng sản phẩm đang có tại tổng kho đó,

+ bộ ràng buộc (7), (8), và (9) là những ràng buộc về cân bằng của dòng sản phẩm đến và đi tại đại lý, tổng kho và nhà máy,

+ bộ ràng buộc (10), và (11) đảm bảo rằng những nhà máy hoặc tổng kho khi đã được mở thì sẽ không bị đóng sau đó,

+ các bộ ràng buộc còn lại (12), (13), (14), (15) là những bộ ràng buộc về biến của bài toán quy hoạch tuyến tính.

Thật ra, đối với bài toán ban đầu đã trình bày ở trên đang tồn tại một số bộ ràng buộc lỏng (redundant constraints), những ràng buộc này phải được loại khỏi mô hình để giải thuật nhanh và hiệu quả.

Xét bộ ràng buộc (8), (9), và (10) thể hiện hàm cân bằng mức tồn kho tại đại lý, nhà máy và tổng kho tương ứng:

$$Q_{rt}^{(2)} = \sum_{j=1}^J Y_{jrt} + Q_{r(t-1)}^{(2)} - d_{rt} \quad \forall r \in R, \forall t \in T,$$

$$Q_{it} = V_{it} + Q_{i(t-1)} - \sum_{j=1}^J X_{ijt} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad \text{và}$$

$$Q_{jt}^{(1)} = \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} - \sum_{r=1}^R Y_{jrt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T,$$

Những phương trình này có thể được viết lại như sau:

$$\sum_{j=1}^J Y_{jrt} + Q_{r(t-1)}^{(2)} - Q_{rt}^{(2)} = d_{rt} \quad \forall r \in R, \forall t \in T,$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} = V_{it} + Q_{i(t-1)} - Q_{it} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad \text{và}$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} = \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} - Q_{jt}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T,$$

Chúng ta biết rằng $Q_{rt}^{(2)}, Q_{it}, Q_{jt}^{(1)}$ là những giá trị dương, và như vậy, những phương trình này được viết lại dưới dạng bất phương trình như sau:

$$Q_{r(t-1)}^{(2)} + \sum Y_{jrt} \geq d_{rt} \quad \forall r \in R, \forall t \in T,$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ijt} \leq V_{it} + Q_{i(t-1)} \quad \forall i \in I, \forall t \in T, \quad \text{và}$$

$$\sum_{r=1}^R Y_{jrt} \leq \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} \quad \forall j \in J, \forall t \in T,$$

Những bất phương trình này chính là những bộ ràng buộc (2), (4), và (6) tương ứng. Do vậy, bộ ràng buộc (2), (4), và (6) trở thành bộ ràng buộc lỏng, và được loại bỏ khỏi mô hình ban đầu. Điều này làm cho mô hình ban đầu trở nên đơn giản hơn, và hoàn toàn có thể áp dụng giải thuật Lagrange để xác định lời giải đặc biệt cho các bài toán lớn, và được đề cập trong phần tiếp theo trong nghiên cứu này.

3. GIẢI THUẬT LAGRANGE CHO MÔ HÌNH

Chúng ta biết rằng mô hình này là dạng bài toán quy hoạch nguyên hỗn hợp, và mất nhiều thời gian để tìm lời giải, đặc

biệt đối với những bài toán lớn. Do đó, giải thuật Lagrange sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này để xác định lời giải. Chúng ta hoàn toàn có thể tham khảo thêm về giải thuật này trong nghiên cứu của Fisher (1981).

Trước khi áp dụng giải thuật Lagrange, mô hình trong nghiên cứu này sẽ được thay đổi để dễ dàng xác định lời giải hơn.

Trước tiên, chúng ta xem xét bộ ràng buộc (10), như sau:

$$Q_{jt}^{(1)} = \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{j(t-1)}^{(1)} - \sum_{r=1}^R Y_{jrt} \quad \forall j \in J, \forall t \in T,$$

Lưu ý rằng $Q_{j0}^{(1)} = 0$, và như vậy, bộ ràng buộc (10) có thể được viết lại như sau:

$$Q_{j1}^{(1)} = \sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1}$$

$$\begin{aligned} Q_{j2}^{(1)} &= Q_{j1}^{(1)} + \sum_{i=1}^I X_{ij2} - \sum_{r=1}^R Y_{jr2} = \sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1} + \sum_{i=1}^I X_{ij2} - \sum_{r=1}^R Y_{jr2} \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^2 X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^2 Y_{jr\tau} \end{aligned}$$

$$Q_{j3}^{(1)} = Q_{j2}^{(1)} + \sum_{i=1}^I X_{ij3} - \sum_{r=1}^R Y_{jr3} = \sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^3 X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^3 Y_{jr\tau}$$

...

Một cách tổng quát ta được,

$$Q_{jt}^{(1)} = \sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^t Y_{jr\tau} \quad \forall j \in J, \forall t \in T, \quad (19)$$

Chúng ta thấy rằng bộ ràng buộc (19) đảm bảo rằng tại mỗi tổng kho j , mức tồn kho sản phẩm tại mỗi thời đoạn t bằng với tổng sản phẩm tích lũy được nhận từ nhà máy sản xuất trừ cho tổng sản phẩm tích lũy phân phối từ tổng kho j đến đại lý.

Từ phương trình (19), chúng ta cũng có thêm:

$$\sum_{t=1}^T Q_{jt}^{(1)} = \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^t Y_{jr\tau} \right) \quad \forall j \in J$$

Vậy,

$$\sum_{t=1}^T Q_{jt}^{(1)} = \sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1}$$

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^2 Q_{jt}^{(1)} &= \sum_{t=1}^2 \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^t Y_{jr\tau} \right) \\ &= \left(\sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1} \right) + \left(\sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1} + \sum_{i=1}^I X_{ij2} - \sum_{r=1}^R Y_{jr2} \right) \\ &= 2 \left(\sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1} \right) + \left(\sum_{i=1}^I X_{ij2} - \sum_{r=1}^R Y_{jr2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^3 Q_{jt}^{(1)} &= \sum_{t=1}^3 \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^t Y_{jr\tau} \right) \\ &= 3 \left(\sum_{i=1}^I X_{ij1} - \sum_{r=1}^R Y_{jr1} \right) + 2 \left(\sum_{i=1}^I X_{ij2} - \sum_{r=1}^R Y_{jr2} \right) + \left(\sum_{i=1}^I X_{ij3} - \sum_{r=1}^R Y_{jr3} \right) \end{aligned}$$

Một cách tổng quát ta được,

$$\sum_{t=1}^T Q_{jt}^{(1)} = \sum_{t=1}^T (T-t+1) \left(\sum_{i=1}^I X_{ijt} - \sum_{r=1}^R Y_{jrt} \right) \quad \forall j \in J \quad (20)$$

Dùng phương trình (20), thành phần chi phí liên quan đến tổng phí tồn trữ tại tổng kho trong tổng chi phí có thể được diễn tả như sau:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T h_j^{(1)} Q_{jt}^{(1)} &= \sum_{j=1}^J h_j^{(1)} \sum_{t=1}^T (T-t+1) \left(\sum_{i=1}^I X_{ijt} - \sum_{r=1}^R Y_{jrt} \right) \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (T-t+1) h_j^{(1)} X_{ijt} - \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (T-t+1) h_j^{(1)} Y_{jrt} \end{aligned} \quad (21)$$

Chúng ta lưu ý rằng bộ ràng buộc (5) có thể được viết lại thông qua biểu thức (19) như sau:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^I X_{ijt} + Q_{jt}^{(1)} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} &= \sum_{i=1}^I X_{ijt} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} + \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^{t-1} X_{ij\tau} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \right) \\ &= \sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \end{aligned} \quad (22)$$

Dựa trên những phân tích trên đây, chúng ta nhận thấy rằng, bộ ràng buộc (10) có thể được chuyển đổi thành phương trình (19). Thêm vào đó, chúng ta sử dụng phương trình này cho phương trình (21) và (22), bộ phương trình này đã được thay thế trong hàm mục tiêu ban đầu. Do đó, bộ

ràng buộc (10) sẽ được loại bỏ trước khi áp dụng giải thuật Lagrange.

Do vậy, khi sử dụng bộ nhân tử Lagrange λ_{jt} cho bộ ràng buộc (5), hàm mục tiêu của mô hình sẽ được viết lại dưới dạng nhân tử Lagrange (L) như sau:

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_L &= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T c_{ij} X_{ijt} + \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T c_{jr}^{(1)} Y_{jrt} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T f_i(Z_{it} - Z_{i(t-1)}) + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T f_j^{(1)}(Z_{jt}^{(1)} - Z_{j(t-1)}^{(1)}) \\ &+ \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T cp_i U_{it} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T cd_j U_{jt}^{(1)} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_i V_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T h_i Q_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T (T-t+1) h_j^{(1)} X_{ijt} \\ &- \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T (T-t+1) h_j^{(1)} Y_{jrt} + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T h_r^{(2)} Q_{rt}^{(2)} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \lambda_{jt} \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \right) \end{aligned}$$

Trong đó,

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \lambda_{jt} \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} \right) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \lambda_{jt} \left(\sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} \right) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left(\sum_{\tau=t}^T \lambda_{j\tau} \right) X_{ijt}$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \lambda_{jt} \left(\sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \right) = \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left(\sum_{\tau=t+1}^T \lambda_{j\tau} \right) Y_{jrt}$$

Bài toán (L) có thể dễ dàng được phân tách thành 2 bài toán nhỏ (L1) và (L2) như sau:

Bài toán 1 (L1):

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_{L1} = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left[c_{ij} + \sum_{\tau=t}^T \lambda_{j\tau} + (T-t+1)h_j^{(1)} \right] X_{ijt} \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T f_i \left(Z_{it} - Z_{i(t-1)} \right) + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T cp_i U_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_i V_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T h_i Q_{it} \end{aligned} \quad (23)$$

Các ràng buộc (3a, 3b, 3c), (9), (11), (12), (15), và (17).

Bài toán 2 (L2):

$$\begin{aligned} \text{Min } Z_{L2} = & \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left[c_{jr}^{(1)} - \sum_{\tau=t+1}^T \lambda_{j\tau} - (T-t+1)h_j^{(1)} \right] Y_{jrt} - \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \lambda_{jt} wd_{1j} Z_{jt}^{(1)} \\ & + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T f_j^{(1)} \left(Z_{jt}^{(1)} - Z_{j(t-1)}^{(1)} \right) + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T cd_j U_{jt}^{(1)} + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T h_r^{(2)} Q_{rt}^{(2)} \end{aligned} \quad (24)$$

Các ràng buộc (7a, 7b, 7c), (8), (13), (14), (16), và (18).

Với việc chọn giá trị của nhân tử Lagrange λ_{jt} , chúng ta thấy rằng giá trị của

hàm mục tiêu ban đầu có thể được xác định thông qua lời giải của 2 bài toán (L1) và (L2) như sau $Z = Z1 + Z2$, trong đó:

$$\begin{aligned} Z1 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left[c_{ij} + (T-t+1)h_j^{(1)} \right] X_{ijt} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T f_i \left(Z_{it} - Z_{i(t-1)} \right) + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T cp_i U_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T p_i V_{it} + \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T h_i Q_{it} \\ Z2 = & \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left[c_{jr}^{(1)} - (T-t+1)h_j^{(1)} \right] Y_{jrt} + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T f_j^{(1)} \left(Z_{jt}^{(1)} - Z_{j(t-1)}^{(1)} \right) + \sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T cd_j U_{jt}^{(1)} + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T h_r^{(2)} Q_{rt}^{(2)} \end{aligned}$$

Do vậy, giá trị của hàm mục tiêu ban đầu được chấp nhận khi và chỉ khi chúng ta có được lời giải khả thi của 2 bài toán nhỏ. Tuy nhiên, với cấu trúc của 2 bài toán nhỏ thì lời giải khả thi không được đảm bảo, điều này sẽ được đề cập ở phần tiếp theo.

Xem xét bài toán 1 (L1), chúng ta dễ dàng nhận thấy không có bộ ràng buộc nào đảm bảo cho bộ biến Z_{it} nhận giá trị dương. Điều này dẫn đến tất cả các giá trị của bộ biến Z_{it} sẽ bằng không (zeros) khi bài toán

1 được giải. Khi đó tất cả các bộ biến còn lại đều bằng không, và như vậy, giá trị hàm mục tiêu luôn luôn bằng không. Để đối phó với vấn đề này, đối với bài toán 1 yêu cầu có thêm những bộ ràng buộc mới để đảm bảo bài toán 1 luôn luôn khả thi. Bộ ràng buộc này được xác định như sau:

Bộ ràng buộc thêm:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} \geq \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^t d_{r\tau} \quad \forall t \in T, \quad (25)$$

Bộ ràng buộc này sẽ được thêm vào

bộ ràng buộc trong bài toán I (LI), với ràng buộc này đảm bảo rằng, tại bất kỳ thời điểm t nào, tổng sản phẩm sản xuất tích lũy chuyển đi từ nhà máy đến các tổng kho luôn luôn lớn hơn tổng nhu cầu tích lũy tại các đại lý.

4. THUẬT TOÁN CHO MÔ HÌNH

Giải thuật Lagrange được áp dụng như sau:

Bước 0: giá trị ban đầu

Gán giá trị ban đầu của bộ nhân tử Lagrange (λ_{jt}) bằng không,

Gán giá trị ban đầu của nhân tử step size $\delta = 2$,

Gán giá trị ban đầu của tham số $MaxNon$ - giá trị lớn nhất của bước lặp liên tiếp mà giá trị hàm mục tiêu không được cải thiện ($MaxNon = 5$),

Gán giá trị của tham số $MaxIter$ - số bước lặp lớn nhất của giải thuật ($MaxIter = 200$),

Gán giá trị ban đầu của chỉ số bước lặp bằng 1 ($Iter = 1$),

Gán giá trị ban đầu của tham số bước lặp không cải thiện bằng không ($Non = 0$),

Gán giá trị ban đầu cho hàm mục tiêu $Z(Best)$ - giá trị tốt nhất của hàm mục tiêu mà giải thuật nhận được.

Bước 1: Giải bài toán I và 2

Xác định lời giải của cả hai bài toán ($L1$) và ($L2$).

Bước 2: Xác định và cập nhật giá trị hàm mục tiêu

Xác định giá trị hàm mục tiêu hiện tại của bài toán ban đầu [$Z = Z1 + Z2$], và giá trị hàm mục tiêu của giải thuật Lagrange [$Z(L) = Z(L1) + Z(L2)$],

IF [$Z < Z(Best)$] THEN {assign $Non=0$, and IF the relaxed constraint sets (5) is satisfied THEN [$Z(Best) = Z$], goto step 3; ELSE goto step 3} ELSE ($Non = Non + 1$), goto step 3.

Bước 3: Cập nhật giá trị nhận từ Lagrange

If $Non = MaxNon$ Then ($\delta = \delta/2$) and ($Non = 0$),

Cập nhật giá trị của step size hiện tại ($Stepsize_{Iter}$) theo công thức

$$Stepsize_{Iter} = \delta \times \frac{[Z(L) - Z(Best)]}{\sum_{j=1}^J \sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \right)^2}$$

Cập nhật nhân tử Lagrange

$$(\lambda_{jt})_{(Iter+1)} = (\lambda_{jt})_{Iter} + (Stepsize_{Iter}) \left(\sum_{i=1}^I \sum_{\tau=1}^t X_{ij\tau} - wd1_j Z_{jt}^{(1)} - \sum_{r=1}^R \sum_{\tau=1}^{t-1} Y_{jr\tau} \right)$$

Bước 4: Kiểm tra điều kiện dừng

if $Iter = MaxIter$ then stop; else $Iter = Iter + 1$, goto step 1.

5. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Trong phần này, chúng tôi kiểm chứng giải thuật thông qua một số bài toán ứng dụng như trong bảng 5.1, bên cạnh đó,

chúng tôi cũng dùng phần mềm LINGO để giải và so sánh kết quả. Chúng tôi kiểm tra 3 nhóm mỗi nhóm 5 bài toán, tương ứng với giá trị của các chỉ số I, J, R , và T ; và số biến cũng như trong bảng 5.1. Trong đó: (i) từ S1 đến S5 là nhóm bài toán nhỏ; (ii) từ M1 đến M5 là nhóm bài toán vừa; (iii) từ B1 đến B5 là nhóm bài toán lớn.

Bảng 5.1. Một số bài toán ứng dụng

Bài toán	Số lượng		I	J	R	T
	Biến*	Ràng buộc				
S1	144 (54)	121	3	3	3	3
S2	168 (63)	138	4	3	3	3
S3	288 (96)	216	4	4	4	4
S4	500 (150)	340	5	5	5	5
S5	792 (216)	492	6	6	6	6
M1	1664 (384)	880	8	8	8	8
M2	2080 (480)	1104	8	8	8	10
M3	2340 (540)	1222	10	8	8	10
M4	2780 (600)	1360	10	10	8	10
M5	3000 (600)	1380	10	10	10	10
B1	4500 (900)	2080	10	10	10	15
B2	9000 (1350)	3120	15	15	15	15
B3	13425 (1800)	4086	20	20	15	15
B4	26850 (2700)	6090	30	30	20	15
B5	34950 (3150)	7130	30	40	20	15

(*: Giá trị bên ngoài là tổng số biến, giá trị trong ngoặc là số biến nguyên)

Tất cả các bài toán đều được giải bằng phần mềm LINGO và giải thuật đề nghị của chúng tôi, việc giải này được thực hiện trên máy tính có thông số sau: core™2 CPU, 1GB RAM, và phần mềm LINGO9.0. Đối với lời giải có được theo chương trình LINGO thì lời giải có được là lời giải tối ưu, trong khi đó, giải thuật đề nghị trong nghiên cứu này không đảm bảo tính tối ưu, do vậy chúng tôi phải so sánh kết quả giữa 2 phương pháp.

Kết quả tính toán chi tiết về giá trị tổng phí của hàm mục tiêu và thời gian

chương trình máy tính của cả phần mềm LINGO và giải thuật đề nghị được tóm tắt trong bảng 5.2. Trong bảng 5.2, cột (2) và (3) trình bày giá trị của hàm mục tiêu từ LINGO và từ giải thuật tương ứng; cột (4) trình bày tỷ lệ phần trăm chênh lệch giữa 2 giá trị hàm mục tiêu trong cột (2) và (3); cột (5) và (6) thể hiện thời gian tính toán (thời gian chạy chương trình) của LINGO và giải thuật tương ứng. Với kết quả trong bảng này thì giá trị hàm mục tiêu từ phần mềm LINGO (cột 2) nếu có là giá trị tối ưu.

Bảng 5.2. Bảng tóm tắt kết quả tính toán

Bài toán (1)	Giá trị hàm mục tiêu (LINGO) (2)	Giá trị hàm mục tiêu (giải thuật) (3)	Chênh lệch (%) (4)	Thời gian LINGO (hh:mm:ss) (5)	Thời gian Giải thuật (hh:mm:ss) (6)
S1 (*)	753690	761370	1.01	00:00:02	00:00:03
S2	1031250	1048640	1.69	00:00:02	00:00:03
S3	1255230	1264440	0.73	00:00:03	00:00:05
S4	1609860	1625700	0.98	00:00:25	00:00:15
S5	2450400	2478350	1.14	00:02:15	00:01:03
M1	4752980	4146610	1.40	00:04:36	00:01:14
M2	9322340	9424740	1.10	00:10:55	00:02:24
M3	10261028	10362600	1.00	00:13:33	00:03:02
M4	11221804	11322610	0.90	00:17:45	00:03:33
M5	8207840	8273485	0.80	00:22:11	00:04:25
B1	9547450	9607135	0.63	03:52:12	00:09:35
B2	18859176	18998250	0.74	12:03:56	00:12:43
B3	18155338	18212230	0.31	24:37:23	00:18:17
B4	N/A	20390220	N/A	N/A (**)	00:23:36
B5	N/A	290565420	N/A	N/A (**)	00:29:53

(**): Thời gian chạy chương trình LINGO hơn 120 giờ)

Với kết quả của nghiên cứu trong bảng 5.2, chúng tôi có thể kết luận rằng thuật toán đề nghị của chúng tôi so sánh với kết quả có được từ LINGO là đạt yêu cầu về hiệu quả chất lượng của lời giải trong hầu hết các bài toán (S1 đến B3). Ngoài trừ những bài toán nhỏ, giải thuật của chúng tôi hiệu quả hơn LINGO đối với những bài toán còn lại về khả năng có được lời giải và thời gian chạy chương trình. Đặc biệt đối với 2 bài toán cuối cùng, giải thuật của chúng tôi có thể cung cấp lời giải chấp nhận được, trong khi phần mềm LINGO chạy hơn 120 giờ vẫn chưa cho kết quả cụ thể. Xét bài toán S1 (*) trong bảng 5.2, nếu dạng của nhu cầu là giảm trong tương lai, đồng thời giá trị chi phí phạt cao, chúng ta dễ dàng nhận thấy rằng giá trị hàm mục tiêu tăng đến 1300290. Bởi vì lời giải khi đó, chúng ta mở những đơn vị kinh doanh ngay từ đầu, và sau khi trả nhiều chi phí phạt, tổng chi phí chung sẽ cao. Thông tin này rất hữu ích đối với người đầu tư và người quản lý trong quyết

định mở các đơn vị kinh doanh hay dùng chính sách thuê ngoài khi cần thiết để mang lại hiệu quả kinh tế, đây cũng là điểm khác biệt lớn của mô hình này với những mô hình đã được công bố trước đây.

6. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã xây dựng mô hình lý thuyết quy hoạch nguyên hỗn hợp cho bài toán thiết kế chuỗi cung ứng, mô hình tích hợp kế hoạch phân phối và quyết định vận hành. Mô hình giải quyết cho bài toán đơn sản phẩm trong đó quyết định mở nhà máy hoặc tổng kho tùy vào thời điểm cần thiết. Điểm khác biệt lớn nhất của mô hình này với những mô hình khác đó là mô hình có xem xét mức vận hành tối thiểu của những đơn vị kinh doanh được mở. Thông tin này cho phép những nhà quản lý và đầu tư đánh giá hiệu quả vận hành của chuỗi cung ứng khi thiết kế, nếu cần thiết có thể dùng chiến lược thuê ngoài. Cấu trúc bài toán của mô hình khá phức tạp vì số lượng lớn biến thường

và biến nguyên trong mô hình (như trong bảng 5.1). Do đó, chúng tôi đã xây dựng giải thuật Lagrange để tìm lời giải cho bài toán thiết kế chuỗi cung ứng thực tế. Theo kết quả tính toán, chúng tôi khẳng định rằng giải thuật mà chúng tôi đề nghị là hiệu quả và đáng tin cậy, kết quả được kiểm chứng với phần mềm LINGO, đặc biệt đối với bài toán lớn.

Mô hình có thể ứng dụng cho việc thiết kế các chuỗi cung ứng hàng vật liệu xây dựng (sắt, thép, xi-măng), xăng, dầu, nhớt,... hoặc các sản phẩm chuyên dụng. Tuy nhiên, để mô hình có thể có những ứng dụng hơn nữa trong thực tế, bài toán đa sản phẩm cần được xem xét trong những nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Amiri A (2006). Designing a distribution network in a supply chain system: formulation and efficient solution procedure. *European journal of operational research* 171(2):567-576.
2. Bilgen B and Ozkarahan I (2007) A mixed-integer linear programming model for bulk grain blending and shipping. *International journal of production economics* 107(2):555-571.
3. Blackhurst J, Wu T, and O'Grady P (2005). PCDM: a decision support modeling methodology for supply chain, product and process design decisions. *Journal of operations management* 23(3-4):325-343.
4. Chan F T S, and Qi H J (2003). An innovative performance measurement method for supply chain management. *Supply chain management: an international journal* 8(3):209-223.
5. Chan F T S, Qi H J, Chan H K, Lau H C W, and Ip R W L (2003). A conceptual model of performance measurement for supply chains. *Management decision* 41(7):635-642.
6. Das, Kanchan (2011). A quality integrated strategic level global supply chain model. *International journal of production research* 49 (1):5-31.
7. Dondo R, Mendes C A, and Cerda J (2011). The multi-echelon vehicle routing problem with cross docking in supply chain management. *Computers and chemical engineering* 35(12):3002-3024.
8. Eksioglu S D, Romeijn H E, and Pardalos P M (2006). Cross-facility management of production and transportation planning problem. *Computers and operations research* 33(11):3231-3251.
9. Fisher ML (1981). The Lagrangian relaxation method for solving integer programming problems. *Management science* 27(1):1-18.
10. Geoffrion A M, and Graves G W (1974). Multi-commodity distribution system design by Benders decomposition. *Management science* 20(5):822-844.
11. Hinojosa Y, Kalcsics J, Nickel S, Puerto J, and Velten S (2008). Dynamic supply chain design with inventory. *Computers & operations research* 35(2):373-391.
12. Hinojosa Y, Puerto J, and Fernandez F R (2000). A multi-period two-echelon multi-commodity capacitated plant location problem. *European journal of operations research* 123(2):271-291.

13. Huỳnh Thị Phương Lan, Đường Võ Hùng, Nguyễn Thị Hồng Đăng (2013). Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của chuỗi cung ứng. *Tạp chí Khoa học* 3(31): 37-51.
14. Lee, Jeong-Hun, Moon, Il-Kyeong, and Park, Jong-Heung, (2010). Multi-level supply chain network design with routing. *International Journal of production research* 48(13), 3957-3976.
15. Mazzola J B, and Neebe A W (1999). Lagrangian-relaxation-based solution procedures for multi-product capacitated facility location problem with choice of facility type. *European journal of operational research* 115(2):285-299.
16. Melachrinoudis E, and Min H (2007). Redesign a warehouse network. *European journal of operational research* 176(1):210-229.
17. Pirkul H, and Jayaraman V (1998). A multi-commodity, multi-plant, capacitated facility location problem: formulation and efficient heuristic solution. *Computers and operations research* 25(10):869-878.
18. Rezaei J, and Davoodi M (2008). A deterministic, multi-item inventory model with supplier selection and imperfect quality. *Applied mathematical modeling* 32(10):2106-2116.
19. Simchi-Levi D, Kaminsky P, and Simchi-Levi E (2000). *Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and cases studies*. McGraw-Hill.
20. Stadtler H (2005). Supply chain management and advanced planning - basics, overview and challenges. *European journal of operational research* 163(3):575-588.