

## XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN TỐI ƯU HOÁ MẠNG LƯỚI CHUỖI CUNG ỨNG KHÉP KÍN: TRƯỜNG HỢP CỦA CÁC SẢN PHẨM CARTRIDGE MÁY IN TẠI THÀNH PHỐ CẦN THƠ VÀ CÁC HUYỆN LÂN CẬN

Nguyễn Thăng Lợi\*, Trần Thị Thắm, Đoàn Hoàng Tuấn  
*Trường Đại học Cần Thơ*

### TÓM TẮT

Ngày nay, các yêu cầu khắt khe hơn về môi trường bắt buộc các doanh nghiệp phải có trách nhiệm nhiều hơn đến sản phẩm bao gồm các sản phẩm được trả lại cũng như các sản phẩm không còn hữu dụng. Việc xử lý hiệu quả nhóm sản phẩm này có thể tiết kiệm một lượng lớn tiền mặt vì nhiều tài liệu có thể được trích xuất, tái sử dụng và phân phối lại. Logistics ngược (Reverse Logistics) và Chuỗi cung ứng vòng kín (Closed-loop supply chain) đã thu hút nhiều sự quan tâm hơn như một cách để quản lý dòng sản phẩm ngược lại này một cách hiệu quả về chi phí. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu xây dựng mô hình toán về vấn đề tối ưu hoá cấu hình mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín. Để giải quyết vấn đề đặt ra, một mô hình tuyến tính nguyên kết hợp (Mixed-Integer Linear Programming - MILP) được đề xuất. Một nghiên cứu cụ thể về các sản phẩm hộp mực sử dụng trong máy in hoặc máy photocopy cho các cơ quan và trường học tại thành phố Cần Thơ và các huyện lân cận được tiến hành để xác thực và kiểm tra hiệu quả của mô hình vào tình huống thực tế. Kết quả hiển thị một cấu hình chuỗi cung ứng bao gồm các nhà cung ứng, nhà sản xuất ngoài, nhà máy và các trung tâm như: trung tâm phân phối, trung tâm tái chế và trung tâm thu gom. Từ kết quả nghiên cứu, một hình mẫu cơ bản sẽ được định hình cho chuỗi cung ứng khép kín. Hình mẫu này có thể dễ dàng được điều chỉnh về quy mô cho phù hợp với các loại sản phẩm khác nhau.

**Từ khóa:** *Chuỗi cung ứng khép kín; Logistics ngược; Mô hình tuyến tính nguyên kết hợp; Phục hồi sản phẩm; Tối ưu hóa mạng lưới*

*Ngày nhận bài: 18/10/2018; Ngày hoàn thiện: 11/2/2019; Ngày duyệt đăng: 28/02/2019*

## AN OPTIMIZATION MODEL OF CLOSED-LOOP SUPPLY CHAIN NETWORK: A CASE STUDY OF PRINTERS CARTRIDGES IN CAN THO CITY AND NEIGHBORING DISTRICTS

Nguyen Thang Loi\*, Tran Thi Tham, Doan Hoang Tuan  
*The College of Engineering Technology, Can Tho University*

### ABSTRACT

Today, the environmental requirements enforce the businesses to be more responsible for products that include returned products as well as less useful products. The efficient handling of this product's group helps save a large amount of cash as many documents can be extracted, reused and redistributed. Reverse Logistics and Closed-loop supply chain has attracted more attention as a way to manage this product's group in a cost-effective manner. In this paper, we study the mathematical model of optimizing the closed-loop supply chain configuration. The model objective is to minimize the supply chain waste and reduce supply chain costs. To solve the posed problem, A mixed integer linear programming (MILP) models were proposed. A case study of the cartridge products used in the printers or the photocopiers for Can Tho city agencies and schools was conducted to verify and examine effectiveness of this model into real situation. The results show a supply chain configuration that includes the suppliers, the outsourcers, the factories and the centers such as distribution, recycling, and collection centers. From these results, a basic configuration will be formed for the closed-loop supply chain. This configuration can easily be scaled to fit different types of products.

**Keywords:** *Closed-loop supply chain; Reverse logistics; Network optimization; Mixed-Integer linear programming; Product recovery*

*Received: 18/10/2018; Revised: 11/02/2019; Approved: 28/02/2019*

\* Corresponding author: *Tel: 0932 871003, Email: ntloi@ctu.edu.vn*

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, để đáp ứng nhu cầu của khách hàng và đối mặt với khả năng cạnh tranh cao, các tổ chức và công ty luôn phải tìm ra những giải pháp để quản lý chuỗi cung ứng và hậu cần một cách hiệu quả. Bên cạnh đó, các tổ chức và công ty cũng nhận thức được sự thiếu hụt về nguồn nguyên liệu và các vấn đề về môi trường. Chính vì thế thách thức đặt ra là làm thế nào để xây dựng được một mạng lưới chuỗi cung ứng khép vòng kín có thể đáp ứng được nhu cầu của khách hàng, mang lại hiệu quả cao nhất với chi phí thấp nhất đồng thời giảm thiểu được lượng rác thải từ sản phẩm đã qua sử dụng ra môi trường.

Thời gian gần đây, các mô hình tối ưu mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín và logistics ngược cũng đã được mở rộng và phát triển trong các nghiên cứu như: Amin và Zhang (2011) [1] giới thiệu một mô hình ngẫu nhiên dựa trên mô hình quy hoạch tuyến tính nguyên hỗn hợp, xem xét thêm các yếu tố môi trường để giảm thiểu tổng các chi phí của chuỗi cung ứng ở ngay thời điểm chuỗi cung ứng được xem xét. Chaabane et al. (2012) [2] đề xuất một mô hình huy hoạch tuyến tính hỗn hợp nguyên với để thiết kế một chuỗi cung ứng xanh. Mô hình này được xây dựng dựa trên các nguyên tắc phân tích chu kỳ sống của sản phẩm. Tuy nhiên, nhóm tác giả không xem xét yếu tố thời gian chuyển trạng thái trong chu kỳ sản phẩm được xem xét. Amin và Zhang (2012) [3] đã phát triển mô hình tối ưu cho cấu hình mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín, một mô hình quy hoạch tuyến tính hỗn hợp nguyên đa mục tiêu được đề xuất cho việc lựa chọn nhà cung cấp thích hợp và đồng thời. Lundin (2012) [4] đã kiểm tra những ảnh hưởng của việc thay đổi thiết kế trong chuỗi cung ứng khép kín bằng mô hình toán học và một bảng số liệu giả định cho việc thiết kế đồng thời sản phẩm và chuỗi cung ứng của nó tích hợp logistics ngược. Zeballos et al. (2018) [5] trong một nghiên cứu về việc thiết kế chuỗi cung ứng khép kín cho sản phẩm. Một cấu trúc mạng lưới được xem xét tính

toán cho hai loại khách hàng (thị trường thứ nhất và thứ hai). Francas và Minner (2009) [6] đã đề xuất một mô hình tuyến tính nguyên đa giai đoạn để phân tích chi phí đầu tư và vận hành của việc thiết kế mạng lưới tạo các sản phẩm mới và tái chế các sản phẩm trả lại trong các cơ sở của nó. Thông qua các nghiên cứu được đề cập, các tác giả đa phần tập trung vào xây dựng mô hình toán là chính. Các bài báo vẫn chưa xem xét nhiều các biến động của các tham số theo thời gian và các số liệu còn mang tính chất ví dụ để kiểm chứng tính xác thực mô hình. Các vấn đề sẽ được giải quyết trong bài báo này.

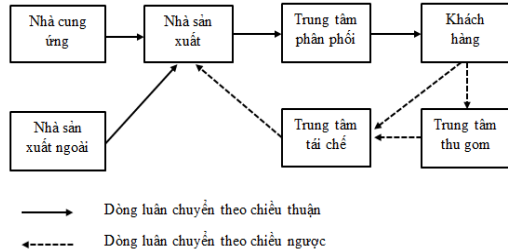
Nghiên cứu được thực hiện với mong muốn xây dựng được một mô hình chuỗi cung ứng khép kín cho các sản phẩm điện và điện tử với hiệu quả tối ưu. Với mục tiêu này, một mô hình lập trình tuyến tính số nguyên hỗn hợp tổng quát được trình bày để giảm thiểu tổng chi phí trước khi kết hợp với bộ số liệu được thu thập từ thực tế. Kết quả thu được là một trường hợp điển hình trên địa bàn thành phố Cần Thơ và các huyện lân cận.

Nội dung được trình bày tiếp theo là phương pháp nghiên cứu. Các kết quả và bàn luận sẽ giúp vấn đề trình bày được rõ ràng hơn. Cuối cùng là nội dung kết luận và hướng mở rộng có thể được thực hiện tiếp theo bài báo này.

## PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, chúng tôi áp dụng phương pháp mô hình hoá MILP, phát triển một mô hình toán tối ưu hóa mạng lưới chuỗi cung ứng kết hợp với logistics ngược để tạo ra một mô hình mạng lưới chuỗi cung ứng khép vòng kín. Cấu trúc mạng lưới cung ứng khép kín bao gồm: chiều thuận sẽ bao gồm Nhà cung ứng phụ tùng (Su), nhà sản xuất thuê ngoài (OM), nhà máy sản xuất sản phẩm chính (M), trung tâm phân phối (DC), vùng khách hàng (CUS); và ở chiều ngược lại sẽ được kết hợp với trung tâm thu gom (CC) và trung tâm tái chế (RC). Trong đó, nhà máy sản xuất là nơi có thể vừa sản xuất sản phẩm mới kể cả việc sản xuất lại các sản phẩm được

thu hồi. Các sản phẩm từ trung tâm tái chế đến nhà máy được xem như là các sản phẩm cuối cùng hoặc là các nguyên liệu thành phần để sản xuất. Cấu trúc mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín được mô tả trong hình 1.



**Hình 1.** Cấu trúc chuỗi cung ứng khép vòng kín

**Mô hình toán tối ưu hoá hỗn hợp tuyến tính nguyên mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín** được nhóm tác giả thiết lập dựa trên dữ liệu về thực trạng được thu thập từ thực tiễn; xem xét các đặc tính kỹ thuật về sản xuất, sản xuất lại và phát triển các đặc điểm định tính trong mô hình của tác giả Lundin (2012) [4].

**Các giả định trong mô hình**

Các nhu cầu về sản phẩm và thành phần được biết. Chất lượng đồng nhất cho sản phẩm. Nhà sản xuất phải trả chi phí cố định. Chỉ một phương thức vận chuyển được xem xét. Khách hàng được đáp ứng nhu cầu thông qua trung tâm phân phối chứ không trực tiếp từ nhà máy. Trung tâm tái chế có thể chuyển đến cho nhà máy các nguyên liệu thành phần (tp) hoặc sản phẩm (sp).

Chỉ số và tham số trong mô hình:  $c \in C, f \in F, s \in S, d \in D, k \in K, g \in G, h \in H,$  và  $t \in T$ : là các tập hợp của các thành phần cần thay thế cho sản phẩm, các M, Su, OM, DC, CUS, RC, CC, và các thời đoạn sản xuất của sp.

**Các tham số trong mô hình**

- $CP_{c,f,t}$ : Giá bán của Su thứ f cho tp thứ c ở t.
- $CTF_{c,f,t}$ : Chi phí (CP) vận chuyển từ Su thứ f cho tp thứ c ở t.
- $CStor_c$ : CP lưu trữ cho nguyên liệu tp thứ c.
- $CFix_{f,t}$ : CP cố định của Su thứ f ở t.
- $De_{c,t}$ : Nhu cầu nguyên liệu tp thứ c ở t.

$CaMax_{f,c,t}$ : Khả năng tối đa của Su thứ f để phân phối nguyên liệu tp thứ c ở t.

$CaTmax_{f,c,t}; CaTmin_{f,c,t}$ : Khả năng vận chuyển tối đa và tối thiểu của Su thứ f cho nguyên liệu tp thứ c ở t.

$CHP_t$ : CP sản xuất của sp ở thời đoạn t.

$CFPA_t$ : CP cố định ở thời đoạn t.

$CTF_{d,t}$ : CP chuyển sp từ M tới DC thứ d ở t.

$CFPS_t$ : CP không làm việc ở thời đoạn t.

$CHRF_t^g; CHRc_t^g$ : CP tái chế của sp và tp ở thời đoạn t.

$CFRA_t$ : CP cố định của công nghệ tái chế ở t.

$CFRS_t$ : CP khi không làm việc của công nghệ tái chế ở t.

$CFix_{s,t}$ : CP cố định cho việc lựa chọn OM thứ s ở t.

$CS_{s,t}$ : CP tạo ra sản phẩm của OM thứ s ở t.

$De_{k,t}$ : Nhu cầu của CUS thứ k ở t.

$PUT_t$ : Thời gian hoàn thành sp ở t.

$CaMax_{sp,t}, CaMax_{sub_{s,t}}$ : Khả năng sản xuất tối đa của M và OM thứ s ở t.

$MaxQS_t$ : Lượng sp tối đa sản xuất ngoài ở t.

$CaMax_{recy_t}$ : Khả năng sản xuất tối đa ở t.

$CFix_g$ : CP hợp đồng liên quan tới việc lựa chọn RC thứ g ở t.

$CFix_h$ : CP liên quan tới việc lựa chọn CC thứ h ở t.

$PUT_{f,t}, PUT_{c,t}$ : Thời gian tái chế sp và tp ở t.

$CTRC_{g,t}; CTRf_{g,t}$ : CP vận chuyển các tp và sp đã được tái chế từ RC thứ g đến M ở t.

$CTR_{k,g,t}; CTR_{k,h,t}; CTR_{h,g,t}$ : CP chuyển sp được hoàn trả lại từ CUS thứ k đến RC thứ g; và CUS thứ k đến CC thứ h; và từ CC thứ h đến RC thứ g ở t.

$r_c; r_f$ : Tỷ lệ tối đa tp thứ c và sp được phục hồi.

$CStor_{d,t}$ : CP lưu trữ tại DC thứ d ở t.

$CTF_{d,k,t}$ : CP chuyển sp từ DC thứ d đến CUS thứ k ở t.

$CFix_d$ : CP cố định cho lựa chọn DC thứ d ở t.

$vo_p$ : Số lượng chiếm giữ bởi sp thứ p.

VCR<sub>d</sub>: Sức chứa sp thứ p tại DC thứ d.

**Các biến quyết định**

QC<sub>c,f,t</sub>: Số lượng tp c được đặt từ Su f ở t.

QI<sub>c,t</sub>: Số lượng tồn kho tp c ở cuối t.

QP<sub>t</sub>: Số lượng sp được sản xuất ở t.

QS<sub>s,t</sub>: Số lượng sp được sản xuất ngoài từ OM thứ s ở t.

QTF<sub>d,t</sub>; QTF<sub>d,k,t</sub>: Số lượng sp vận chuyển từ M tới DC thứ d; từ DC thứ d đến CUS thứ k ở t.

NStor<sub>d,t</sub>: Số lượng sp được giữ tại DC d ở t.

QTR<sub>k,g,t</sub>; QTR<sub>k,h,t</sub>; và QTR<sub>h,g,t</sub>: Số lượng sp được trả lại từ CUS thứ k đến RC thứ g và đến CC thứ h; và từ CC thứ h đến RC thứ g ở t.

QTRc<sub>g,t</sub>; QTRf<sub>g,t</sub>: Số lượng trả lại của tp thứ c và sp được chuyển từ RC thứ g đến M ở t.

S<sub>s,t</sub>: =1 Nếu nhà sản xuất ngoài s được chọn, và ngược lại là 0.

Z<sub>c,f,t</sub>: =1 Nếu nhà cung ứng f được chọn, và ngược lại là 0.

D<sub>d,t</sub>: =1 Nếu trung tâm phân phối d được chọn, và ngược lại là 0.

G<sub>g,t</sub>: Nếu trung tâm tái chế g được chọn, và ngược lại là 0.

H<sub>h,t</sub>: Nếu trung tâm thu gom h được chọn, và ngược lại là 0.

**Hàm mục tiêu**

Mục tiêu là tối thiểu hóa tổng chi phí hoạt động và vận hành của chuỗi cung ứng.

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} (CP_{c,f,t} + CTF_{c,f,t}) Q_{c,f,t} + \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} CStor_c QI_{c,t} \\ + \sum_{t \in T} \sum_{c \in C} \sum_{f \in F} CFix_{f,t} * Z_{c,f,t} + \sum_{t \in T} (CHP_t * QP_t + CFPA_t * CFPS_t) + \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} CTF_{d,t} * QTF_{d,t} + \sum_{t \in T} \sum_{s \in S} (CS_{s,t} * QS_{s,t} \\ + CFix_s * S_{s,t}) + \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} (CS_{d,t} * NS_{d,t} + CFix_d * D_{d,t}) \\ + \sum_{t \in T} \sum_{d \in D} CTF_{d,k,t} * QTF_{d,k,t} + \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{g \in G} CTF_{k,g,t} * QTF_{k,g,t} \\ + \sum_{t \in T} \sum_{k \in K} \sum_{h \in H} CTF_{k,h,t} * QTF_{k,h,t} + \sum_{t \in T} \sum_{h \in H} \sum_{g \in G} CTF_{h,g,t} * QTF_{h,g,t} \\ + \sum_{t \in T} \sum_{g \in G} (CTGc_{g,t} * QTRc_{g,t} + CTGf_{g,t} * QTRf_{g,t} + CFix_g * G_{g,t}) + \sum_{t \in T} \sum_{h \in H} CFix_h * H_{h,t} + \sum_{t \in T} \sum_{g \in G} (CHRF_{g,t} * QTRf_{g,t} \\ + CHGc_{g,t} * QTRc_{g,t} + CFRA_t + CFRSt_t) \end{aligned} \quad (1)$$

**Ràng buộc**

Khả năng cung ứng:

$$Q_{c,f,t} \leq CaMax_{c,f,t} * Z_{c,f,t} \quad \forall c, t \quad (2)$$

Khả năng vận chuyển:

$$CaTMin_{f,c,t} \leq QC_{c,f,t} \quad \forall c, f, t \quad (3)$$

$$QC_{c,f,t} \leq CaTMax_{f,c,t} \quad \forall c, f, t \quad (4)$$

Đáp ứng nhu cầu các thành phần:

$$QI_{c,t} \leq \sum_{f \in F} QC_{c,f,t} + \sum_{g \in G} QTRc_{g,t} \geq De_{c,t} \quad \forall c, t \quad (5)$$

Tồn kho:

$$QI_{c,t} = \sum_{f \in F} QC_{c,f,t} + \sum_{g \in G} QTRc_{g,t} + QI_{c,t-1} - De_{c,t} \quad (6)$$

$\forall c, f, g, t$

Đáp ứng nhu cầu sản phẩm:

$$\sum_{s \in S} QS_{s,t} + \sum_{g \in G} QTRf_{g,t} + QP_t \geq \sum_{k \in K} De_{k,t} \quad \forall t \quad (7)$$

Khả năng sản xuất của nhà sản xuất ngoài:

$$QS_{s,t} \leq CaMax_{sub_{s,t}} * S_{s,t} \quad \forall s, t \quad (8)$$

Giới hạn cung cấp của nhà sản xuất ngoài:

$$\sum_{s \in S} QS_{s,t} \leq MaxQS_t \quad \forall t \quad (9)$$

Khả năng sản xuất tại nhà máy:

$$QP_t * PUT_t \leq CaMax_{sp_t} \quad \forall t \quad (10)$$

Đáp ứng nhu cầu cho trung tâm phân phối:

$$\sum_{d \in D} QTF_{d,k,t} \leq De_{k,t} \quad \forall k, t \quad (11)$$

Khả năng lưu trữ tại trung tâm phân phối:

$$vop * \sum_{d \in D} QTF_{d,k,t} \leq VCR_d * D_{d,t} \quad \forall d, t \quad (12)$$

Duy trì dòng chảy của sản phẩm tại các trung tâm phân phối :

$$NStor_{d,t} = NStor_{d,t-1} + QTF_{d,t} - \sum_{d \in D} QTF_{d,k,t} \quad \forall d, t \quad (13)$$

Khả năng tái chế:

$$\begin{aligned} QTRc_{g,t} * PUT_c + QTRf_{g,t} * PUT_f \\ \leq CaMax_{recy_t} * G_{g,t} \quad \forall t \end{aligned} \quad (14)$$

Lượng sản phẩm sản xuất và thu hồi:

$$\sum_{k \in K} \sum_{g \in G} QTR_{k,g,t} \leq QP_t + \sum_{s \in S} QS_{s,t} \quad \forall t \quad (15)$$

Sản phẩm thu hồi:

$$\left( \sum_{k \in K} \sum_{g \in G} QTR_{k,g,t} + \sum_{g \in G} \sum_{h \in H} QTR_{h,g,t} \right) * r_c \leq QTRc_{g,t} \quad \forall t, \quad (16)$$

$$\left( \sum_{k \in K} \sum_{g \in G} QTR_{k,g,t} + \sum_{g \in G} \sum_{h \in H} QTR_{h,g,t} \right) * r_f \leq QTRf_{g,t} \quad \forall t, \quad (17)$$

Điều kiện biến không âm và

binary:

$$QC_{c,f,t}; QI_{c,t}; QS_{s,t}; QP_t; QTF_{d,t}; QTF_{d,k,t}; NStor_{d,t} \geq 0;$$

$$QTR_{k,g,t}; QTRc_{g,t}; QTRf_{g,t}; QTR_{k,h,t}; QTR_{h,g,t} \geq 0;$$

$$Z_{c,f,t}; S_{s,t}; D_{d,t}; G_{g,t} \in \{0,1\};$$

**Một trường hợp cụ thể về Cartridge (P) máy in, máy photo trên địa bàn thành phố Cần Thơ và một số huyện lân cận.**

Vì mô hình này nhằm mục đích tối ưu hóa chuỗi cung ứng ở cấp chiến lược (dài hạn), các khoảng thời gian được coi là giai đoạn của chu kỳ sản phẩm. Các số liệu tập trung chủ yếu vào số lượng và chi phí. Do đó, phương pháp lấy mẫu theo nhóm/ cụm được áp dụng trong nghiên cứu này. Cụ thể, mỗi huyện sẽ là một cụm và số liệu từ mỗi cụm sẽ được thu thập từ những người quản lý thiết bị thông qua Phiếu khảo sát. Các phiếu khảo sát sẽ phản ánh cụ thể mức độ có thể được tái chế

của thiết bị. Số lượng mẫu cụ thể sẽ được tính toán dựa vào mức dự báo về sản lượng bán ra hàng năm. Bảng 1 thể hiện cho ta thấy được giá bán của các thành phần từ các Su.

**Bảng 1. Danh mục và giá của các nhà cung cấp**

Thành phần	Ký hiệu	Nhà cung cấp / Giá bán (1.000 VNĐ)
Drum (trống)	C1	F1/160; F2/180; F3/250
Trục cao su	C2	F2/19; F3/20
Gạt mực (Gạt lớn)	C3	F1/10; F2/12
Trục từ	C4	F1/20; F2/25
Gạt từ (Gạt nhỏ)	C5	F2/7; F5/8

Trong trường hợp này, bốn giai đoạn tương ứng với các giai đoạn sẽ được xem xét bao gồm: giới thiệu (T1), tăng trưởng (T2), trưởng thành (T3) và suy giảm (T4). Các địa điểm được chọn là các mắc xích chính cũng như nhu cầu của từng địa điểm được thể hiện ở bảng 2.

**Bảng 2. Nhu cầu sử dụng cartridge**

Địa điểm/Nhu cầu	Địa điểm/Nhu cầu
(D1) Ninh Kiều/1701	(M) Ô Môn/176
(D2) Cái Răng/191	Thoại Sơn/109
(D3) Thốt Nốt/90	Tân Hiệp/89
(D4) Cờ Đỏ/96	Giồng Riềng/115
(G1) Thới Lai/105	Lai Vung/154
(G2) Bình Tân/105	Lấp Vò/145
(G3) Long Xuyên/364	Phong Điền/101
(H1) Bình Minh/130	Châu Thành/92
(H2) Vĩnh Thạnh/79	Châu Thành A/181
(H3) Bình Thủy/296	

Ngoài ra các số liệu khác của mô hình được thể hiện trong bảng 4 đến bảng 13 bên dưới phần số liệu. Mô hình viết trên phần mềm IBM Ilog Cplex 12.2 tích hợp với phần mềm Excel được sử dụng để giải quyết bài toán.

**KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN**

Kết quả từ dữ liệu được kiểm chứng thực tế trên địa bàn thành phố Cần Thơ, đã chỉ ra rằng tất cả các nhà cung cấp thành phần được chọn cho tất cả các thời đoạn. Các thông tin chi tiết về OM, M, DC, CC cũng sẽ được hiển thị tiếp theo. Chi tiết xem bảng 3.

**Bảng 3. Kết quả biến Binary**

Giai đoạn	Trung tâm phân phối	Nhà cung cấp phụ	Trung tâm thu gom	Trung tâm tái chế
1	D1; D2; D3; D4	S1; S4	H1; H2; H3	G1; G2; G3
2	D1; D2; D3; D4	S2; S3	H1; H2; H3	G1; G2; G3
3	D1; D2; D3; D4	S2; S3; S4	H1; H2; H3	G1; G3
4	D1; D2; D3; D4	S1	H1; H2; H3	G1; G3

Ngoài ra sức chứa của các trung tâm phân phối, trung tâm tái chế và trung tâm thu gom cũng được xác định dựa trên số lượng sản phẩm vận chuyển đến các địa điểm này. Điểm nổi bật của mô hình toán là tính linh hoạt theo quy mô của cấu hình mạng lưới chuỗi cung ứng. Khi ta tiến hành thay đổi các tham số cho phù hợp hơn với điều kiện thực tế, kết quả từ mô hình sẽ hỗ trợ việc tính toán được diễn ra nhanh chóng. Cụ thể, các tham số có liên quan đến tham số thời gian (T) để có thể thay đổi để phù hợp với thực trạng hoạt động và sự biến động theo thời điểm của số liệu. Bên cạnh đó, việc các giả thuyết không giới hạn về số lượng thành phần của các mức xích tham gia chuỗi sẽ giúp mô hình có tính linh hoạt hơn khi chuyển trạng thái từ quy mô nhỏ sang quy mô lớn hơn và ngược lại.

**KẾT LUẬN**

Nghiên cứu này tập trung vào việc xây dựng và áp dụng mô hình tuyến tính hỗn hợp nguyên trong việc xây dựng mô hình toán tối ưu hoá cấu hình của một mạng lưới chuỗi cung ứng vòng kín cho việc thu gom và tái sản xuất, tái sử dụng. Sản phẩm được tìm hiểu là các loại Cartridge sử dụng trong máy in và photocopy. Dữ liệu về các tham số của mô hình được thu thập trực tiếp từ các trường đại học, phổ thông, cơ quan trên địa bàn Thành phố Cần Thơ và các huyện lân cận.

Trong tương lai, chúng tôi có thể đề xuất việc xem xét bổ sung các yếu tố môi trường khác như việc phát thải carbon. Ngoài ra, nghiên cứu có thể mở rộng theo hướng xem xét nhu cầu không chắc chắn và ngẫu nhiên (dựa trên các bối cảnh trong thực tế).

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Amin, S. H., Zhang, G. (2011), “An integrated model for closed-loop supply chain configuration and supplier selection: multi-objective approach”, *Expert Systems with Applications*, 39(8), pp. 6782–6791.
2. Chaabane, A., Ramudhin, A., Paquet, M. (2012), “Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme”, *International Journal of Production Economics*, 135(1), pp.37-49.
3. Amin, S. H., Zhang, G. (2012), “A multi-objective facility location model for closed-loop supply chain network under uncertain demand and return”, *Applied Mathematical Modelling*, 37(6), pp.4165–4176.
4. Lundin, J.F. (2012), “Redesigning a closed-loop supply chain exposed to risks”, *International Journal of Production Economics*, 140(2), pp.596–603.
5. Luis J. Zeballos, Carlos A. Méndez, Ana P. (2018), “Barbosa-Povoa. Integrating decisions of product and closed-loop supply chain design under uncertain return flows”, *Computers & Chemical Engineering*, 112, pp.211-238.
6. David Francas, Stefan Minner (2009), “Manufacturing network configuration in supply chains with product recovery”, *Omega*, 37(4), pp.757-769.

**DỮ LIỆU MÔ HÌNH TOÁN**

**Bảng 4.** Khả năng cung cấp tối đa của OM

MaxQS <sub>t</sub>	S1	S2	S2	S4
T1, T2, T3, T4	200	300	400	250

**Bảng 5.** Khả năng cung cấp tối đa của Su

CaMax <sub>f,c,t</sub>	F1	F2	F3	F4	F5
C1	1500	1000	1800	-	-
C2	-	1200	1100	-	-
C3	1200	1100	-	-	-
C4	900	-	-	1100	-
C5	-	700	-	-	1200

**Bảng 6.** Khả năng sản xuất tối đa của RC

$CaMax\_recy_t$	G1	G2	G2
T1, T2, T3, T4	700	900	800

**Bảng 7.** Sức chứa của DC

	D1	D2	D3	D4
$VCR_d$	4000	4000	3000	3000
$vo_p$	1	1	1	1

**Bảng 8.** Tỷ lệ thu hồi sản phẩm và thành phần

$r_f$	30 %
$r_c$	20 %

**Bảng 9.** Chi phí cố định (Đơn vị: 1000 VNĐ)

Ký hiệu	Địa điểm	Chi phí
$CFix_{f,t}$	F4/ F5	300/ 300
$CFPA_t / CFPS_t$	M	1000/ 500
$CFix_{s,t}$	S3/ S4	300/ 400
$CFix_d$	D4	300
$CFix_g$	G1	1000
	G2	1000
	G3	2000
$CFRA_t / CFRS_t$	G1	900/ 500
	G2	800/ 400
	G3	1000/ 500
$CFix_h$	H1	300
	H2	400
	H3	300

**Bảng 10.** Chi phí lưu kho (Đơn vị: 1000 VNĐ)

$CStor_c$	C1	C2	C3	C4	C5
T1, T2, T3, T4	8	6	7	7	6
$CStor_{dt}$	D1	D2	D3	D4	
T1, T2, T3, T4	2	2,5	2,5	2	

**Bảng 11.** Chi phí sản xuất (Đơn vị: 1000 VNĐ)

		T1	T2	T3	T4
$CHP_t$	M	2	3	3	2
$CS_{s,t}$	S1/ S2			120/ 160	
	S3/ S4			200/ 250	
$CHR_{f,g,t}$	G1/ G2			200/ 190	
	G3			180	
$CHR_{c,g,t}$	G1/ G2			200/ 190	
	G3			180	

**Bảng 12.** Chi phí vận chuyển thành phần, sản phẩm

Chi phí vận chuyển thành phần (Đơn vị: 1000 VNĐ / sp)					
$CTF_{cft}$	F1	F2	F3	F4	F5
C1	1	0,5	1	-	-
C2	-	0,5	1	-	-
C3	1	0,5	-	-	-
C4	1	-	-	1,5	-
C5	-	1,5	-	-	1,5
Chi phí vận chuyển sản phẩm (Đơn vị: VNĐ /1 sp/1 km)					
$CTF_{d,t}; CTf_{d,k,t}; CTR_{c,g,t}; CTR_{f,g,t}$				200	
$CTR_{k,g,t}; CTR_{k,h,t}; CTR_{h,g,t}$					

**Bảng 13.** Thời gian sản xuất và tái chế sp

Đơn vị: giờ/sp		T1	T2	T3	T4
$PUT_t$	M	1	1	1	1
$PUT_f_t$	G1/G2/G3	2/1/2	2/1/2	2/1/2	2/1/2
$PUT_{c_t}$	G1/G2/G3	2/1/2	2/1/2	2/1/2	2/1/2