

OPTIMIZATION MODEL FOR ASSESSING THE PROCESS AND PRODUCTION PLANNING TO HELP REDUCE RISK AND IMPROVE THE MANAGEMENT AND OPERATION OF TAXATION PROCESSING FACTORY

Le Thi Quynh Nhu, Nguyen Minh Khang,
 Nguyen Thang Loi*, Nguyen Truong Thi
 Can Tho University

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	06/5/2021	Product recall is becoming an inevitable trend in production in terms of customer service, which is a key competitive factor. This study proposes a mathematical model to optimize traceability based on mass dispersion method to minimize product recall costs. A Mixed Integer Nonlinear Programming (MINLP) model is established based on batch size and production lot scattering under the results of risk assessment according to the Analytic Hierarchy Process (AHP). Data were collected directly from Phuong Anh Seafood Processing and Import-Export Joint Stock Company. The results show that the proposed model is feasible and fully adaptable when the market parameters change.
Revised:	09/6/2021	
Published:	09/6/2021	
KEYWORDS		
Risk evaluation		
Batch dispersion		
Product recall		
Perishable food		
Food traceability		

MÔ HÌNH TỐI ƯU HÓA ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH VÀ HOẠCH ĐỊNH SẢN XUẤT GIÚP GIẢM RỦI RO VÀ CẢI THIỆN CÔNG TÁC QUẢN TRỊ VẬN HÀNH NHÀ MÁY CHẾ BIẾN THỦY SẢN

Lê Thị Quỳnh Như, Nguyễn Minh Khang,
 Nguyễn Thảng Lợi*, Nguyễn Trường Thi
 Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	06/5/2021	Thu hồi sản phẩm đang trở thành một xu thế tất yếu trong sản xuất trong điều kiện dịch vụ khách hàng đang là yếu tố cạnh tranh chủ chốt. Nghiên cứu này đề xuất một mô hình toán để tối ưu hóa khả năng truy xuất nguồn dựa trên phương pháp phân tán hàng loạt nhằm giảm thiểu chi phí thu hồi sản phẩm. Một mô hình phi tuyến hỗn hợp nguyên (Mixed integer nonlinear programming - MINLP) được thiết lập dựa trên quy mô lô và phân tán lô sản xuất dưới các kết quả đánh giá rủi ro theo phương pháp phân tích thứ bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP). Dữ liệu về các tham số của mô hình được thu thập trực tiếp từ Công ty Cổ phần chế biến thủy hải sản và xuất nhập khẩu Phương Anh. Kết quả cho thấy mô hình được đề xuất là khả thi và hoàn toàn có thể thích ứng tốt khi các thông số thị trường thay đổi.
Ngày hoàn thiện:	09/6/2021	
Ngày đăng:	09/6/2021	
TỪ KHÓA		
Đánh giá rủi ro		
Phân tán lô		
Thu hồi sản phẩm		
Thực phẩm dễ hỏng		
Truy xuất nguồn gốc thực phẩm		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4459>

* Corresponding author. Email: ntloi@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Ngày nay, ngành công nghiệp thủy sản chịu áp lực ngày càng cao từ thị trường trong và ngoài nước. Cải thiện chất lượng và an toàn sản phẩm là việc buộc phải thực hiện. Bên cạnh đó, yêu cầu về truy xuất nguồn gốc (TXNG) đầy đủ thông tin của hàng hóa đang ngày một khắt khe hơn với mục tiêu ứng phó nhanh với rủi ro và cũng đang trở thành một điều kiện cần thiết. Trên thực tế, Liên minh Châu Âu (EU) yêu cầu “Tất cả các công ty thực phẩm phải theo dõi sản phẩm của họ, trong tất cả các giai đoạn, bắt đầu với các nhà cung cấp cho đến khi sản phẩm cuối cùng đến tay người tiêu dùng cuối cùng”, bắt đầu từ tháng 1 năm 2005 (Điều 18, tiêu chuẩn EC 178/2002) [1]. Với các sự cố an toàn và chất lượng thực phẩm được báo cáo thường xuyên và các luật định mới, TXNG đã trở thành một chức năng kinh doanh thiết yếu để cung cấp nhất quán các sản phẩm thực phẩm chất lượng và an toàn cho người tiêu dùng trong ngành chế biến thủy sản. Nghiên cứu về mô hình phân tán theo lô để tối ưu hóa khả năng TXNG trong ngành thực phẩm, nhóm tác giả Dupuy và Botta-Genoulaz (2008) [2] đã đề xuất một hướng tiếp cận mới bằng cách cải thiện khả năng TXNG dựa trên mô hình quy hoạch tuyến tính hỗn hợp số nguyên (Mixed-Integer Linear Programming – MILP). Kết quả từ mô hình cho thấy, TXNG giúp quản lý tốt vấn đề về khủng hoảng lương thực, giảm chi phí thu hồi khi số lượng sản phẩm được thu hồi giảm đáng kể. Abid và Khan (2019) [3] thực hiện TXNG trong chuỗi cung ứng thực phẩm (Food Supply Chain- FSC) với mục tiêu là xác định các động lực (yếu tố chính) đóng vai trò quan trọng trong việc triển khai thành công hệ thống xác định nguồn gốc và đánh giá các mối quan hệ nhân quả của các yếu tố trong FSC theo phương pháp tiếp cận DEMATEL (Decision making trial and evaluation laboratory). Kết quả của nghiên cứu này cho thấy rằng các yếu tố thúc đẩy được tập hợp thành hai nhóm: nhóm có ảnh hưởng (nguyên nhân) và nhóm bị ảnh hưởng (tác động). Muhammad và cộng sự (2014) [4] đã xây dựng một mô hình toán để tối ưu hóa khả năng xác định nguồn gốc của sản phẩm trong chuỗi cung ứng dựa trên việc xem xét các phân tán lô hàng nhằm giảm thiểu chi phí thu hồi dự kiến và chi phí vận hành khác nhằm tăng lợi nhuận cho các bên liên quan. Dai và Tseng (2014) [5] đã tiến hành thiết kế hệ thống TXNG để thu hồi sản phẩm theo một cơ chế chia sẻ lợi ích mà theo đó, việc giảm trách nhiệm thu hồi của nhà sản xuất do cải thiện khả năng TXNG có thể được chia sẻ với các nhà cung cấp để tạo ra nỗ lực cải thiện khả năng TXNG. Kết quả cho thấy cơ chế chia sẻ lãi suất không chỉ cải thiện lợi ích kinh tế mà còn cải thiện khả năng TXNG cho mỗi bên. Các nghiên cứu về TXNG trên đã cho thấy cơ bản về nhu cầu cấp thiết của việc TXNG, nhưng đa số các nghiên cứu ở trên chưa xem xét nhiều đến các yếu tố liên quan đến công tác quản trị và vận hành của nhà máy/công ty sản xuất sản phẩm mà chỉ tập trung nhiều vào phân tích riêng lẻ các nghiệp vụ liên quan đến TXNG hàng hóa.

Một trong những vấn đề khác được quan tâm trong chất lượng và an toàn vệ sinh (ATVS) thực phẩm là làm thế nào để đánh giá rủi ro trong TXNG thực phẩm. Đã có rất nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng việc đánh giá rủi ro trong TXNG đem lại lợi ích rất nhiều cho công ty của họ. Han và Cui (2019) [6] đã đánh giá rủi ro về chất lượng và an toàn thực phẩm bằng phương pháp Mô Hình Markov Ẩn (Hidden Markov Model – HMM) mới dựa trên Phân Tích Quan Hệ Xám (Grey Relational Analysis – GRA) để tạo thành phương pháp tích hợp GRA-HMM. Man Zhang và Hu (2020) [7] đã phát triển khả năng thu hồi sản phẩm dựa trên việc quản lý chất lượng chuỗi cung ứng. Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào việc áp dụng các công nghệ và hệ thống thông tin phức tạp để tăng cường quản lý truy xuất nguồn gốc. Nghiên cứu này, sử dụng một cách tiếp cận mới để tích hợp quản lý TXNG thực phẩm với các quy trình quản lý hoạt động. Mô hình lập kế hoạch sản xuất tích hợp được đề xuất trong đó yếu tố truy xuất nguồn gốc liên quan đến rủi ro được kết hợp với các yếu tố hoạt động để tối ưu hóa hiệu suất tổng thể của hệ thống sản xuất. Nghiên cứu điều tra một cách định lượng những lợi ích từ việc tích hợp liên mạch giữa lập kế hoạch hoạt động với các cân nhắc chiến lược về truy xuất nguồn gốc thực phẩm và các vấn đề rủi ro thông qua mô hình lập kế hoạch sản xuất được đề xuất. Mô hình mà chúng tôi xem xét được mô phỏng như hình 1.



Hình 1. Tổng quan về TXNG thực phẩm [8]

2. Cơ sở lý thuyết

2.1. Quản trị rủi ro

Theo Juttner và các cộng sự (2003) [9], SCRM là tổ chức nhận dạng và quản lý rủi ro cho chuỗi cung ứng, thông qua cách tiếp cận phối hợp giữa các thành viên chuỗi cung ứng, để giảm bớt lỗ hổng cho toàn chuỗi cung ứng. Một số khung quản lý rủi ro đã được đề xuất sử dụng các thuật ngữ khác nhau; tuy nhiên, có một sự đồng thuận rằng quy trình SCRM liên quan đến năm giai đoạn liên tiếp: xác định rủi ro; thẩm định, lượng định, đánh giá; phân tích; xử lý; và giám sát (Giannakis và Papadopoulos, 2016) [10].

2.2. Mô hình phi tuyến tính hỗn hợp nguyên

Quy hoạch phi tuyến hỗn hợp nguyên (Mixed-Integer Nonlinear Program - MINLP) là lĩnh vực tối ưu hóa giải quyết các vấn đề phi tuyến với các biến số nguyên liên tục. MINLPs kết hợp khả năng mô hình hóa của các mô hình hỗn hợp nguyên và quy hoạch phi tuyến (NLP) thành một khuôn khổ đa diện và linh hoạt (Kronqvist và cộng sự, 2019; Bussieck và Pruessner, 2003) [11], [12].

MINLP giải quyết một lớp rất chung các vấn đề tối ưu hóa với sự phi tuyến tính trong mục tiêu và/ hoặc các ràng buộc cũng như các biến số nguyên và liên tục (Bussieck và Pruessner, 2003) [12], như sau:

$$\min z = f(x) + c^T y$$

Ràng buộc:

$$h(x) = 0.$$

$$g(x) + My \leq 0.$$

$$x \in X, y \in Y.$$

Trong đó:

x là vector định hướng của biến liên tục

y là vector định hướng của các biến nguyên

M là một ma trận

X và Y là các tập hợp được xem xét

3. Phương pháp thực hiện

3.1. Cách tiếp cận

Nghiên cứu lý thuyết về các mô hình toán tối ưu hóa trong hoạch định và quản trị sản xuất.

Xây dựng mô hình toán mô tả mục tiêu với các ràng buộc liên quan phù hợp với tính chất của thị trường tiêu thụ trên thực tế.

Sử dụng phương pháp AHP (Analytic Hierarchy Process) để xếp hạng rủi ro.

Phân tích và đánh giá ảnh hưởng của các tham số đến giá trị tối ưu.

3.2. Phương pháp

Nghiên cứu này kết hợp phương pháp định tính và định lượng trong quá trình thực hiện nghiên cứu. Trong đó:

- Phương pháp định tính: Xem xét ý kiến của chuyên gia về cấu trúc của các loại chi phí để thiết lập khái niệm cơ bản về việc xây dựng mô hình toán.

- Phương pháp số, cụ thể là sử dụng nguyên lý tối ưu hóa trong việc xây dựng mô hình toán làm cơ sở để xây dựng các giải pháp theo MINLP: Xác định các tham số, biến số, lập hàm mục

tiêu và các ràng buộc dựa trên hoạt động thực tế đang diễn ra và sau đó tiến hành phân tích các rủi ro. Các rủi ro sẽ được xếp hạng dựa trên nguyên lý của phương pháp AHP.

4. Mô hình toán

4.1. Giả thuyết

Trong phần này, MINLP được sử dụng để xây dựng mô hình toán học tối ưu hóa tích hợp. Mô hình đề xuất liên quan đến lựa chọn nguyên liệu thô, số lượng và kích thước của lô sản xuất. Các tiếp cận MINLP thường được sử dụng cho những vấn đề được xem xét trong nghiên cứu này với hàm mục tiêu định lượng rõ ràng hoặc hàm định lượng đa tiêu chí (Kallrath, 2005) [13]. Mô hình được xem như một hệ thống sản xuất, trong đó cơ sở sản xuất sẽ xử lý nguyên liệu thô từ nhà cung cấp hoặc thành phẩm được thu hồi từ khách hàng. Các giả định được đưa ra như sau:

- Tốc độ sản xuất là hữu hạn và lớn hơn tỷ lệ nhu cầu
- Sự thiếu hụt không được chấp thuận
- Nhu cầu được xác định
- Chi phí thiết lập cho một loại sản phẩm là không đổi
- Nguyên liệu thô luôn có sẵn và có thể được cung cấp bởi nhiều nhà cung cấp
- Kích thước của lô nguyên liệu thô cùng loại là không đổi
- Kích cỡ lô sản phẩm bằng kích cỡ nguyên liệu thô được sử dụng trong sản phẩm
- Thành phẩm được giao đến khách hàng vào một khoảng thời gian cố định

4.2. Mô tả mô hình toán được thiết lập

Trong nghiên cứu này, một mô hình toán để tối ưu hóa chi phí liên quan đến quá trình sản xuất được thiết lập. Mục tiêu của nghiên cứu hướng đến là giảm thiểu tổng chi phí bao gồm: Chi phí thiết lập; Chi phí lưu kho; Chi phí nguyên vật liệu; Chi phí TXNG và Chi phí marketing.

Các ký hiệu được xem xét:

M : là số lượng các loại lô nguyên liệu thô trong Hóa đơn vật tư (BOM)

$\bar{x}$: số lượng lô hàng trung bình trong giai đoạn lập kế hoạch

$Q_{i,k}$: Số lượng lô nguyên liệu thứ k của lô i

P_i là đơn giá của lô nguyên liệu i .

P_F : Đơn giá giao dịch của sản phẩm

$P_{i,k}$: Đơn giá lô i loại nguyên liệu thứ k

D : Tỷ lệ nhu cầu của sản phẩm, đơn vị / kỳ

P : Tốc độ sản xuất cho một sản phẩm, đơn vị / thời gian ($P < D$)

A : Chi phí thiết lập đơn vị, \$ / thiết lập

H : Chi phí lưu kho thành phẩm, \$/đơn vị/kỳ.

S_L (ngày): ngày kể từ ngày nó được sản xuất cho đến khi sản phẩm biến mất.

S_C (ngày): thời hạn sử dụng theo hợp đồng yêu cầu của các nhà bán lẻ

λ : là hệ số thu hồi cho sản phẩm.

$Y_{RF}(k)$: = 1 nếu loại lô nguyên liệu thứ k được sử dụng trong lô thành phẩm và 0 nếu không.

$Y_{SR}(i)$: = 1 nếu loại nguyên liệu k từ lô i được sử dụng trong lô thành phẩm và 0 nếu không.

$Y_{RC}(k)$: = 1 nếu loại lô nguyên liệu k được sử dụng trong lô thành phẩm j và 0 nếu không

$Y_{CF}(j)$: = 1 nếu lô thành phẩm j được sử dụng trong lô thành phẩm và 0 nếu không

$r_{i,k}$: Xếp hạng rủi ro đối với lô nguyên liệu có ảnh hưởng đến sự an toàn của thành phẩm và có liên quan đến xác suất thu hồi sản phẩm

r_i là giá trị của mức độ rủi ro của nguyên liệu i .

B là hằng số

s là mức độ nghiêm trọng của các nguy cơ.

l là khả năng xảy ra nguy cơ.

e là ảnh hưởng của nguy cơ.

w_i là trọng số của nguyên liệu i .

Hàm tổng chi phí sẽ được phát triển từ nghiên cứu của Wang và cộng sự (2010) [14] như sau:

$$TC = C_{SETUP} + C_H + C_{RAW} + C_{REC} + C_M. \quad (1)$$

$$0 < Q \leq \frac{(S_L - S_C)\bar{x}}{t}.$$

Chi phí thiết lập sản xuất (C_{SET}): được tính toán dựa vào A , D và Q như công thức (2):

$$C_{SET} = \frac{D}{Q} A \quad (2)$$

Chi phí lưu kho (C_H): Trong phần này, chỉ chi phí nắm giữ của thành phẩm tồn kho sản phẩm được xác định bằng cách nhân mức tồn kho trung bình ($I_{AVG} = \frac{Q^2}{2P \cdot nt} + \frac{\sum_{i=1}^n I_i x_i}{n}$) với H . Do đó, phương trình chi phí nắm giữ hàng tồn kho có thể được biểu thị như:

$$C_H = \frac{HQ^2}{2P \cdot nt} + \frac{H \sum_{i=1}^n I_i x_i}{n} \quad (3)$$

Nếu nhiều lô nguyên liệu thô được trộn trong các lô sản phẩm hoàn thiện, nguy cơ ô nhiễm thực phẩm sẽ tăng lên. Trong bài này, số lượng lô sản phẩm hoàn thiện (Q) được giả định bằng với số lượng nguyên liệu thô được sử dụng trong lô thành phẩm, được xác định theo công thức (5).

$$Q = \sum_{k=1}^M Y_{RF}(k) \sum_{i=1}^Z Y_{SR}(i) Q_{i,k}. \quad (4)$$

Nếu chỉ có một loại nguyên liệu thô được chuyển đổi thành một lô sản phẩm, công thức (5) sẽ được hình thành.

$$\sum_{k=1}^M Y_{RF}(k) = 1. \quad (5)$$

Chi phí nguyên vật liệu (C_{RAW}): Thuộc tính rủi ro của lô nguyên liệu có tương quan với xác suất thu hồi. Trong thực tế, các lô nguyên liệu khác nhau đến từ các nhà cung cấp khác nhau thường được trộn lẫn với nhau trong BOM để hoàn thành kế hoạch sản xuất hoặc cân bằng chất lượng và chi phí. Do đó, chi phí nguyên vật liệu cho một giai đoạn nhu cầu sẽ được xác định theo công thức:

$$C_{RAW} = \frac{D}{Q} \sum_{k=1}^M Y_{RF}(k) \sum_{i=1}^Z Y_{SR}(i) Q_{i,k} P_{i,k}. \quad (6)$$

Chi phí TXNG: Theo Wang và cộng sự (2009a) [15], hệ số thu hồi của một lô sản xuất cụ thể bị ảnh hưởng bởi lịch sử thu hồi đối với loại sản phẩm và mức độ rủi ro của các lô nguyên liệu thô được sử dụng trong sản xuất. Chi phí TXNG cho một lô sản xuất được cải tiến từ (Wang và cộng sự, 2009a) [15], được tính toán như công thức (7).

$$C_{REC} = D \cdot P_F \cdot \lambda \sum_{j=1}^N Y_{CF}(j) \sum_{k=1}^M Y_{RC}(k) \sum_{i=1}^Z Y_{RC}(i) r_{i,k}. \quad (7)$$

Chi phí marketing: Chi phí này được xem là cố định.

$$CM = B. \quad (8)$$

4.3. Giới thiệu về mô hình sử dụng TXNG

Công thức chi phí truy xuất đã được nêu chi tiết ở phần trên

$$C_{REC} = D \cdot P_F \cdot \lambda \sum_{j=1}^N Y_{CF}(j) \sum_{k=1}^M Y_{RC}(k). \quad (9)$$

λ được tính theo Wang và cộng sự (2009b) [16] bằng công thức (10).

$$\lambda = \left| \frac{\Delta P_i}{\Delta r_i} \right|. \quad (10)$$

Để xác định tỷ lệ rủi ro của một sản phẩm hoặc lô nguyên liệu, các môi nguy (MN) sinh học, hóa học, vật lý và tất cả các yếu tố liên quan đến chúng phải được kết hợp trong tính toán. Các MN này được thu thập thông qua cách tiếp cận được cải tiến từ nghiên cứu của Wang và cộng sự (2008) [17], từ đó giúp đo lường xác suất thu hồi và chi phí của nó trong mô hình đề xuất.

Sử dụng phương pháp AHP để xếp hạng mức độ quan trọng của một MN đối với một MN hiểm khác và xác định trọng số (w_i) cho các MN được xác định.

Bảng 1. Mô hình cấu trúc rủi ro hoạch định tổng hợp

MN riêng lẻ	Trọng số MN (w)	Mức độ MN (s)	Khả năng MN (l)	Ảnh hưởng MN (e)	Tỷ lệ rủi ro G (l, s, e)
x_1	w_1	s_1	l_1	e_1	$g(l_1, s_1, e_1)$
...	...	...	...	...	...
x_n	w_n	s_n	l_n	e_n	$g(l_n, s_n, e_n)$

Bằng cách kết hợp tất cả các yếu tố rủi ro được liệt kê trong Bảng 1, xếp hạng rủi ro tổng thể của một lô nguyên liệu thô cụ thể có thể được rút ra theo công thức (11).

$$r = \sum_{i=1}^N w_i \cdot g(s_i, l_i, e_i). \quad (11)$$

Khi năm chi phí liên quan được thiết lập, mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng một mô hình để giảm thiểu tổng chi phí, cụ thể sẽ được trình bày ở công thức (12).

$$\text{MINIMIZE } TC = C_{SETUP} + C_H + C_{RAW} + C_{REC} + C_M. \quad (12)$$

Ràng buộc:

$$0 < n \leq \frac{S_L - S_C}{t}; 0 < Q < \frac{S_L - S_C}{t} x; 0 < y < \frac{S_L - S_M}{t}; S_L < S_C < S_M < 0.$$

Ở đây, số lượng lô hàng, x_i , có thể dao động giữa mỗi lần giao hàng. Trong thực tế, các nhà lập kế hoạch không biết số lượng chính xác cho từng lô hàng trong thời kỳ kế hoạch và thường dự báo nhu cầu dựa trên doanh số bán hàng trước đó. Vì thế, số lượng lô hàng trung bình trong kỳ kế hoạch được sử dụng ở đây và có thể được lấy như sau:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{Q}{n} \quad (13)$$

Do đó, mức tồn kho trung bình trong kỳ kế hoạch có thể được diễn đạt như sau:

$$I_{AVG} = \frac{Q^2}{2P \cdot nt} + \frac{(n+1)\bar{x}}{2}. \quad (14)$$

Hàm chi phí được cho dưới dạng

$$TC = \frac{D}{Q} A + \frac{Q^2 H}{2P \cdot nt} + \frac{(n+1)\bar{x} H}{2} + CM \quad (15)$$

Hàm số TC trên công thức (15) vẫn không thể khả vi vì nó chứa biến số nguyên n . Khan và Sarker (2002) [18] đã phát triển một phương pháp khám phá trong đó giải pháp ban đầu cho số lượng lô sản xuất được xác định bằng cách nói lòng yêu cầu về tính toàn vẹn. Thông qua việc thay thế công thức (13) cho giá trị $\bar{x}$ vào công thức (15), hàm tổng chi phí mới được theo công thức (16).

$$TC = \frac{D}{Q} A + \frac{Q\bar{x}H}{2Pt} + \frac{QH}{2} + \frac{\bar{x}H}{2} + CM. \quad (16)$$

Bằng cách phân biệt hàm chi phí đối với sản xuất số lượng lô Q , các dẫn xuất thu được là:

$$\frac{\partial TC}{\partial Q} = -\frac{DA}{Q^2} + \frac{\bar{x}H}{2Pt} + \frac{H}{2}; \quad \frac{\partial^2 TC}{\partial^2 Q} = \frac{2DA}{Q^3} > 0. \quad (17)$$

Đạo hàm trên xác nhận rằng tổng chi phí là một lỗi chức năng. Giải pháp số lượng lô tối ưu

$$Q^* \text{ sau đó thu được như sau: } Q^* = \sqrt{\frac{2DAPt}{(\bar{x}+Pt)H}}. \quad (18)$$

Đối với mô hình tích hợp được đề xuất, khi mô phỏng tất cả kết hợp các giá trị nhị phân và các giá trị nguyên, phân tích giải pháp tối ưu cũng có thể đạt được với nhị phân đã cho và các giá trị nguyên. Sử dụng một sản phẩm bao gồm một loại nguyên liệu thô ($M = 1$) làm ví dụ, mục tiêu chức năng có thể được đơn giản hóa như sau:

$$TC = \frac{DA}{Q} + \frac{Q\bar{x}H}{2Pt} + \frac{QH}{2} + \frac{\bar{x}H}{2} + DP_F \lambda \sum_{i=1}^Z Y_{SR(i)r_i} + \frac{D}{Q} \sum_{i=1}^Z Y_{SR(i)Q_i P_i} + CM. \quad (19)$$

Trong đó: $0 < Q \leq (S_L - S_C)\bar{x}/t$.

5. Trường hợp điển hình

Giá trị các tham số trong mô hình được thu thập từ Công ty Cổ phần chế biến thủy hải sản và xuất nhập khẩu Phương Anh ở Lung Sinh, xã Định Thành A, huyện Đông Hải, tỉnh Bạc Liêu có các giá trị như sau: Giá thu mua từ nhà cung cấp là 101.000 VNĐ/ 1kg $\approx$ (35 con): 4 lô nguyên liệu được cung cấp bởi 2 nhà cung cấp khác nhau. Thành phẩm đáp ứng như cần cho 1 nhà bán lẻ trong 1 tháng. Thông số đầu vào như sau $D = 1.000$ kg, $P = 2.200$ kg, $A = 3.600.000$ VNĐ/1 lần thiết lập, $H = 21.000$ VNĐ, $\bar{x} = 90$ lô, $PF P_F = 105.000$ VNĐ, $S_L = 12$ tháng, $S_C = 11$ tháng, $\lambda = 0.1\%$. Đóng vào bao PA/PE 1kg/bao hút chân không, 10kg/ carton và chi phí cho việc giới thiệu sản phẩm là 1.000.000 VNĐ. Vận chuyển bằng container, thời gian giao hàng là 20 ngày kể từ ngày ký hợp đồng (ước lượng tỉ lệ thu hồi sản phẩm hàng năm là 15%).

Tiếp đó, đánh giá rủi ro về sản phẩm tôm đông lạnh của nhà máy chế biến thủy sản tại công ty cổ phần xuất nhập khẩu Phương Anh (xem bảng 2). Tất cả các MN đã biết hoặc tiềm ẩn được xác định và nguyên nhân của chúng được liệt kê. Các MN xác định được đưa vào ba loại: MN sinh học, hóa học và vật lý. Mỗi MN được phân loại thêm theo: mức độ nghiêm trọng, khả năng ảnh hưởng xấu đến sức khỏe do tiếp xúc với MN và số lượng sản phẩm tiếp xúc với MN.

5.1. Phương pháp đánh giá rủi ro

Lee (1996) [19] đã phát triển một hệ thống xếp hạng 11 cấp, theo đó, cấp độ và tầm quan trọng của các yếu tố rủi ro được phân loại. Cách tiếp cận này cũng được Sadiq và Husain (2005) [20] sử dụng để ước tính rủi ro tổng hợp của các hoạt động môi trường khác nhau. Theo cách tiếp cận của Lee (1996) [19], các giá trị ngôn ngữ hiện thị từ 1 đến 11 đã được sử dụng để biểu thị các số Fuzzy tam giác, như được liệt kê trong Bảng 2.

Bảng 2. Phân loại ngôn ngữ của các yếu tố nguy hiểm và TFN tương ứng

Cấp độ	Mức độ nghiêm trọng của MN	Mức độ khả năng của MN	Mức độ tiếp xúc của MN	Số Fuzzy tam giác
1	Chắc chắn nhẹ	Chắc chắn thấp	Tối thiểu	(0,0; 0,0; 0,1)
2	Cực kì nhẹ	Cực kì thấp	Cực kì ít	(0,0; 0,1; 0,2)
3	Khá nhẹ	Khá thấp	Khá ít	(0,1; 0,2; 0,3)
4	Nhẹ	Thấp	Ít	(0,2; 0,3; 0,4)
5	Hơi nhẹ	Hơi thấp	Hơi ít	(0,3; 0,4; 0,5)
6	Vừa phải	Vừa phải	Một ít	(0,4; 0,5; 0,6)
7	Hơi nghiêm trọng	Hơi cao	Hơi nhiều	(0,5; 0,6; 0,7)
8	Nghiêm trọng	Cao	Nhiều	(0,6; 0,7; 0,8)
9	Khá nghiêm trọng	Khá cao	Khá nhiều	(0,7; 0,8; 0,9)
10	Cực kì nghiêm trọng	Cực kỳ cao	Rất nhiều	(0,8; 0,9; 1,0)
11	Chắc chắn nghiêm trọng	Chắc chắn cao	Tất cả	(0,9; 1,0; 1,0)

Theo tác giả Saaty (1990) [21], mức độ quan trọng của AHP được thể hiện cụ thể trong bảng 3.

Bảng 3. Bảng xếp hạng mức độ quan trọng của AHP

Mức độ quan trọng	Giải thích
1	Ưu tiên bằng nhau
3	Ưu tiên vừa phải
5	Hơi ưu tiên hơn
7	Rất ưu tiên
9	Vô cùng ưu tiên
2,4,6,8	Khoảng trung gian giữa các mức độ trên

Kích thước của ma trận so sánh (A) là $n \times n$ trong đó n là số tiêu chí hoặc lựa chọn thay thế. Các yếu tố của ma trận là a_{ij} . Ma trận A được coi là nhất quán nếu tất cả các yếu tố có tính bắc cầu và tương xứng hạn như:

$$A = (a_{ij})_{n \times n} = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix}.$$

Trong đó: $a_{ij} > 0$, $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$, $a_{ii} = 1$.

$$w_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

$\sum_{j=1}^n a_{ij}$ là tổng của các cột

Trọng số của mỗi hàng được tính bằng cách lấy tổng các giá trị của mỗi hàng chia cho n , cụ thể: Trọng số của yếu tố i là $w_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}}{n}$ (20)

Việc đánh giá đòi hỏi mức độ nhất quán của ma trận A , theo Saaty (2008) [22], ta có thể sử dụng tỷ số nhất quán của dữ liệu (Consistency Ratio – CR) để đánh giá tính hợp lý của các giá trị mức độ quan trọng của các tiêu chí. Tỷ số này là tỷ lệ giữa chỉ số nhất quán (Consistency Index – CI) và chỉ số ngẫu nhiên (Random Consistency Index – RI):

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (21)$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (22)$$

Theo Fikri Dweiri (2016) [23], giá trị $\lambda_{max} = \sum AW$

Bên cạnh đó, đã có nhiều cuộc thử nghiệm tạo ra các ma trận ngẫu nhiên và tính ra RI . Theo Saaty (2008) [22], RI tương ứng với các cấp ma trận sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này và được trình bày như bảng 4.

Bảng 4. Chỉ số đầu tiên RI

n	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0,52	0,9	1,12	1,12	1,32	1,41	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

Nếu giá trị tỷ số nhất quán $CR \leq 0,1$ thì kết quả được chấp nhận vì sự đánh giá của các chuyên gia tương đối nhất quán. Ngược lại, nếu $CR > 0,1$ sự đánh giá này không nhất quán.

Bằng cách áp dụng phương pháp xếp hạng rủi ro, đánh giá rủi ro cho phép dưới chỉ số Fuzzy sau đó được sử dụng để định lượng mức độ rủi ro của các MN riêng lẻ được đánh giá trong Bảng 5, theo đó các thang đo của s, l và e với nhóm Đảm bảo chất lượng (QA).

Bảng 5. Đánh giá rủi ro dựa trên Fuzzy đối với các mối nguy riêng lẻ của tôm đông lạnh

Nhóm	Các MN	Ký hiệu	s	l	e	g (s, l, e)
Sinh học	- Sự hiện diện của mầm bệnh và sinh vật hư hỏng trong thịt sống do kiểm soát nhà cung cấp kém.	X1	6	5	10	0,412
	- Sự phát triển của mầm bệnh và sinh vật hư hỏng do lạm dụng nhiệt độ tại nhà cung cấp/ chuyên chở.	X2	6	4	10	0,316
	- Sản phẩm giao ngoài thời hạn sử dụng.	X3	6	3	10	0,221
Hóa học	- Ô nhiễm hóa chất tẩy rửa mang theo /sử dụng trên xe.	X4	5	2	5	0,049
Vật lý	- Ô nhiễm từ tác động bên ngoài, có thể là, từ bao bì bẩn/hư hỏng do kiểm soát nhà cung cấp kém của sản phẩm đóng gói/ kiểm soát cơ quan nước ngoài không đầy đủ tại nhà cung cấp.	X5	6	4	5	0,148

Để xác định trọng số của các lô nguyên liệu đầu tiên cần lấy ý kiến của 30 chuyên gia. Các chuyên gia sẽ cho điểm các MN dựa trên bảng 3. Sau đó áp dụng phương pháp AHP có được bảng thông số đối xứng. Cuối cùng áp dụng công thức (20) để tìm trọng số của các MN cho bốn lô nguyên liệu chi tiết ở bảng 6, 7. Sau đó, chỉ số nhất quán được tính toán và đều trong giới hạn cho phép.

Bảng 6. Ước tính trọng số rủi ro thông qua AHP đối với lô 1 và lô 2

MN	Lô 1						Lô 2					
	X1	X2	X3	X4	X5	Trọng số	X1	X2	X3	X4	X5	Trọng số
X1	1	2	3	5	3	0,397	1	2	3	5	3	0,402
X2	1/2	1	2	5	3	0,276	1/2	1	2	3	1	0,214
X3	1/3	1/2	1	3	2	0,162	1/3	1/2	1	2	3	0,173
X4	1/5	1/5	1/3	1	1/2	0,060	1/5	1/3	1/2	1	2	0,103
X5	1/3	1/3	1/2	2	1	0,105	1/3	1	1/3	1/2	1	0,108

Với lô 1: Chỉ số nhất quán $CI = (0,022)$ và tỷ lệ nhất quán $CR = (0,0554)$.

Rủi ro tổng hợp $r_1 = \sum_{i=1}^N w_i g(s_i, l_i, e_i) = 0,26 * 0,412 + 0,23 * 0,316 + 0,20 * 0,221 + 0,142 * 0,049 + 0,16 * 0,14 = 0,255$

Với lô 2: Chỉ số nhất quán $CI = (0,108)$ và tỷ lệ nhất quán $CR = (0,09)$

Rủi ro tổng hợp: $r_2 = \sum_{i=1}^N w_i g(s_i, l_i, e_i) = 0,292$.

Bảng 7. Ước tính trọng số rủi ro thông qua AHP đối với lô 3

MN	Lô 3						Lô 4					
	X1	X2	X3	X4	X5	Trọng số	X1	X2	X3	X4	X5	Trọng số
X1	1	1/2	2	3	5	0,277	1	2	3	3	5	0,399
X2	2	1	3	5	2	0,384	1/2	1	2	5	1	0,239
X3	1/2	1/3	1	2	3	0,161	1/3	1/2	1	2	3	0,167
X4	1/3	1/5	1/2	1	2	0,095	1/3	1/5	1/2	1	1/2	0,076
X5	1/5	1/2	1/3	1/2	1	0,083	1/5	1	1/3	2	1	0,119

Với lô 3: Chỉ số nhất quán $CI = (0,089)$ và tỷ lệ nhất quán $CR = (0,074)$.

Rủi ro tổng hợp $r_3 = \sum_{i=1}^N w_i \cdot g(s_i, l_i, e_i) = 0,287$.

Với lô 4: Chỉ số nhất quán $CI = (0,085)$ và tỷ lệ nhất quán $CR = (0,072)$

Rủi ro tổng hợp $r_4 = \sum_{i=1}^N w_i \cdot g(s_i, l_i, e_i) = 0,298$.

5.2. Phương pháp giải

Dựa trên BOM và thông tin kiểm kê nguyên liệu thô, tất cả các kết hợp của giá trị nhị phân có thể được thu nhận.

Số lô hàng tối ưu khi không có chi phí truy xuất là:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DAPt}{(\bar{x}+Pt)H}} = \sqrt{\frac{2 \times 1.000 \times 3.600.000 \times 2.200 \times 7}{(90+2200 \times 7) \times 21.000}} \approx 583.836.$$

Số lượng lô hàng trung bình $\bar{x}$ được sử dụng trong phương trình (18) như sau:

$$n = \frac{Q^*}{\bar{x}} = \frac{583.836}{90} \approx 6.487.$$

Bằng cách nhập các kết hợp có được của các giá trị nhị phân vào hàm mục tiêu (19), giải pháp tối ưu cho các kết hợp đó có thể được phân tích thông qua phương pháp gần đúng được thảo luận trước đó. Mô phỏng số được triển khai với dữ liệu đầu vào, hệ số xác suất thu hồi (λ) có được thông qua các hồ sơ thu hồi trước đó của một mặt hàng sản phẩm cụ thể trong ba năm qua.

$$MIN TC = \frac{DA}{Q} + \frac{Q\bar{x}H}{2Pt} + \frac{QH}{2} + \frac{\bar{x}H}{2} + D \cdot P_F \sum_{i=1}^Z Y_{SR}(i)r_{i,k} + \frac{D}{Q} \sum_{i=1}^Z Y_{SR}(i)Q_i \cdot P_i$$

Ràng buộc:

$$0 < Q \leq \frac{(S_L - S_C)\bar{x}}{t}, \quad 0 < Q \leq 6.$$

5.3. Phân tích kết quả

Tổng chi phí được tính bằng cách mô phỏng số lượng lô sản xuất tương ứng được triển khai trong nhà sản xuất thực phẩm thông qua mô hình tích hợp.

Trường hợp đầu tiên tổng chi phí chưa tích hợp chi phí truy nguồn gốc. Từ số lượng của 4 lô nguyên liệu Q ta tính được số mẫu n và các chi phí bao gồm chi phí thiết lập, chi phí nguyên vật liệu và chi phí lưu kho. Trong đó, chi phí Marketing và thông số $\bar{x}H/2$ là cố định với giá trị lần lượt là 1.000.000 và 945.000. Sau khi tính được tổng chi phí, số lượng trong lô nguyên liệu được tăng dần theo cấp số cộng nhằm xem xét để tìm được số lượng lô nguyên liệu có tổng chi phí tối ưu nhất, được thể hiện chi tiết ở bảng 9.

Bảng 8. Tổng chi phí chưa tích hợp chi phí TXNG

Table 1: Long and Full Channel Setup Parameters												
n						CH				C_{raw}	CM	TC
$Q1$	$Q2$	$Q3$	$Q4 = Q$	Q	C_{setup}	$Q^* \bar{x} H / 2 * P * t$	$Q^* H / 2$	$\bar{x} * H / 2$				
$/\bar{x}$												
15	10	5	5	0,4	35	102.857.143	2.148	367.500	945.000	101.300.000	1.000.000	206.471.791
85	80	75	40	3,1	280	12.857.143	17.182	2.940.000	945.000	101.500.000	1.000.000	119.259.325
155	150	145	75	5,8	525	6.857.143	32.216	5.512.500	945.000	101.513.333	1.000.000	115.860.192
165	160	155	80	6,2	560	6.428.571	34.364	5.880.000	945.000	101.514.286	1.000.000	115.802.221
175	170	165	85	6,6	595	6.050.420	36.511	6.247.500	945.000	101.515.126	1.000.000	115.794.558
185	180	175	90	7,0	630	5.714.286	38.659	6.615.000	945.000	101.515.873	1.000.000	115.828.818
195	190	185	95	7,4	665	5.413.534	40.807	6.982.500	945.000	101.516.541	1.000.000	115.898.382

Từ bảng 8, tổng chi phí tối ưu nhất là 115.794.558 với số lượng trong 4 lô nguyên liệu lần lượt là 175, 170, 165 và 85.

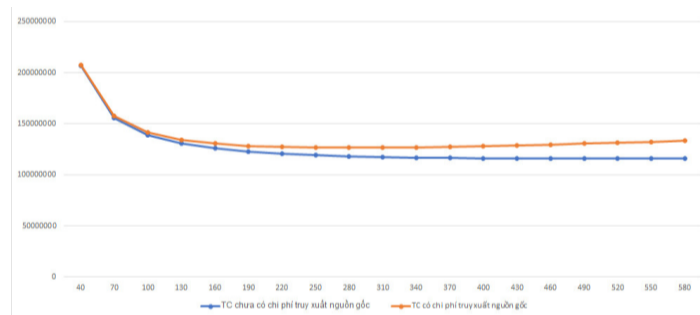
Trường hợp tổng chi phí tích hợp chi phí truy nguồn gốc. Từ số lượng của 4 lô nguyên liệu Q ta tính được số mẫu n và các chi phí bao gồm chi phí thiết lập, chi phí nguyên vật liệu, chi phí lưu kho và chi phí truy xuất nguồn gốc. Trong đó chi phí Marketing và thông số $\bar{x}H/2$ là cố định với giá trị lần lượt là 1.000.000 và 945.000. Sau khi tính được tổng chi phí, số lượng trong lô nguyên liệu được tăng dần theo cấp số cộng nhằm xem xét để tìm được số lượng lô nguyên liệu có tổng chi phí tối ưu nhất được thể hiện chi tiết ở bảng 9.

Bảng 9. Tổng chi phí có tích hợp chi phí truy xuất nguồn

Q1	Q2	Q3	Q4	$n = \frac{Q}{Q/\bar{x}}$	Q	C_{setup}	CH		C_{RAW}	C_{REC}	TC
							$Q \cdot \bar{x} \cdot H/2 \cdot P \cdot t$	$Q \cdot H/2$			
10	5	5	10	0,4	35	102.857.143	2.148	367.500	101.300.000	976.670	207.448.461
70	65	35	70	2,7	245	14.693.878	15.034	2.572.500	101.495.918	6.933.650	127.655.980
80	75	40	80	3,1	280	12.857.143	17.182	2.940.000	101.500.000	7.926.480	127.185.805
90	85	45	90	3,5	315	11.428.571	19.330	3.307.500	101.503.175	8.919.310	127.122.886
100	95	50	100	3,9	350	10.285.714	21.477	3.675.000	101.505.714	9.912.140	127.345.046
110	105	55	110	4,3	385	9.350.649	23.625	4.042.500	101.507.792	10.904.970	127.774.537
160	155	80	160	6,2	560	6.428.571	34.364	5.880.000	101.514.286	15.869.120	131.671.341

Từ bảng 9, ta thấy được tổng chi phí tối ưu nhất là 127.122.886 với số lượng trong 4 lô nguyên liệu lần lượt là 90, 85, 45 và 90

Ta thấy, tổng chi phí so với ban đầu có thay đổi, và tăng thêm một mức chi phí không cố định theo kích cỡ lô hàng. Mặc dù khi không có chi phí truy xuất thì chi phí sản xuất tối thiểu có ít hơn, tuy nhiên việc bán hàng hiện nay rất là khó khăn, chỉ tăng thêm khoảng phần trăm chi phí truy xuất nhỏ trong tổng số chi phí sản xuất, có thể giúp công ty đảm bảo được sản lượng bán hàng sẽ được duy trì ở một mức độ nào đó.

**Hình 2.** Đường tổng chi phí so với số lượng lô sản xuất

Sau khi tổng chi phí đã được tích hợp chi phí truy xuất vào thì mô hình được tối ưu hơn, số lô hàng Q giảm còn 280 và thời gian giữa các lô hàng n giảm còn 3 từ đó giảm được chi phí vận chuyển, chi phí tồn kho và một số chi phí khác, và số tiền bỏ ra cho chi xuất nguồn gốc chiếm 6% tổng chi phí hoạt động doanh nghiệp.

6. Kết luận và đề xuất

Nghiên cứu này tập trung vào việc áp dụng MINLP để xây dựng mô hình toán học tối ưu hóa tích hợp. Mô hình đề xuất liên quan đến lựa chọn nguyên liệu thô, số lượng và kích thước của lô. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp đánh giá rủi ro AHP để đánh giá rủi ro của lô sản phẩm, và sử dụng phần mềm Microsoft Excel để tính toán các số liệu và phân tích độ nhạy, đánh giá ảnh hưởng của các tham số đến giá trị tối ưu. Ngoài việc minh họa mô hình được đề xuất, nghiên cứu điển hình cho thấy rằng cách tiếp cận tích hợp là một cách hiệu quả để cải thiện hoạt động và hiệu suất truy xuất nguồn gốc. Dữ liệu về các tham số của mô hình trong trường hợp điển hình sẽ được thu thập trực tiếp từ Công ty Cổ phần chế biến thủy hải sản và xuất nhập khẩu Phương Anh. Kết quả cho thấy mô hình được đề xuất là khả thi và hoàn toàn có thể thích ứng tốt khi các thông số thị trường thay đổi. Đóng góp chính của nghiên cứu là đề xuất đổi mới quản lý hoạt động vận hành trong công ty chế biến thủy sản, trong đó các vấn đề chất lượng và an toàn thực phẩm được tích hợp liên mạch với các yếu tố hoạt động trong quá trình lập kế hoạch sản xuất. Tuy nhiên, mô hình toán chỉ mới được xem xét ở cấp độ một doanh nghiệp. Do đó, các nghiên cứu trong tương lai nên mở rộng xem xét nhiều trường hợp điển hình hơn để tính xác thực của mô hình được công nhận rộng rãi hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Cần Thơ đã tạo điều kiện để thực hiện nghiên cứu này. Nghiên cứu được hỗ trợ bởi đề tài nghiên cứu khoa học của cán bộ, mã số T2020-05.

Nghiên cứu sinh Nguyễn Thắng Lợi được tài trợ bởi Tập đoàn Vingroup và hỗ trợ bởi chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata), mã số VINIF.2020.TS.26.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] Regulation (EC), *No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28 January 2002 laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety*, OJ L 31, 1.2.2002, pp. 1–24 (ES, DA, DE, EL, EN, FR, IT, NL, PT, FI, SV).
- [2] C. Dupuy, V. Botta-Genoulaz, and A. Guinet, “Batch dispersion model to optimise traceability in food industry,” *Journal of Food Engineering*, vol. 70, no. 3, pp. 333–339, 2008.
- [3] A. Haleem, S. Khan, and M. Imran Khan, “Traceability Implementation in Food Supply Chain: A grey-DEMATEL approach,” *Information Processing in Agriculture*, vol. 6, pp. 333–348, 2019.
- [4] M. S. Memon and Y. H. Lee, “A model for optimizing traceability of product in a supply chain based on batch dispersion,” *Logistics Operations, Supply Chain Management and Sustainability*, pp. 101–114, 2014.
- [5] H. Dai, M. M. Tseng, and P. H. Zipkin, “Design of traceability systems for product recall,” *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 2, pp. 511–531, 2014.
- [6] Y. Han, S. Cui, Z. Geng, C. Chu, K. Chen, and Y. Wang, “Food quality and safety risk assessment using a novel HMM method based on GRA,” *Food Control*, vol. 105, no. 1, pp. 180–189, 2019.
- [7] M. Zhang, H. Hu, and X. Zhao, “Developing product recall capability through supply chain quality management,” *International Journal of Production Economics*, vol. 229, no. 1, pp. 1–13, 2020.
- [8] N. T. T. Mai and H. M. T. Tran, *Traceability of agricultural products*, High-tech Agriculture Workshop: Problems and Solutions, Ministry of Agriculture and Rural Development (in Vietnamese), April 7, 2018.
- [9] U. Juttner, H. Peck, and M. Christopher, “Supply chain risk management: outlining an agenda for future research,” *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 6, no. 4, pp. 197–210, 2003.
- [10] Giannakis and Papadopoulos, “Multiple-criteria decision making to select the best strategy for reducing risks and maintaining sustainability in supply chain activity based on house of risk (hor) framework: application in sugar industry,” *Risk Analysis*, vol. 22, no. 1, pp. 83–100, 2016.
- [11] J. Kronqvist, D. E. Bernal, A. Lundell, and I. E. Grossmann, “A review and comparison of solvers for convex MINLP,” *Optimization Eng.*, vol. 20, pp. 397–455, 2019.
- [12] M. R. Bussieck and A. Pruessner, “Mixed-integer nonlinear programming,” *SIAG/OPT Newsletter: Views & News*, vol. 14, no. 1, pp. 19–22, 2003.
- [13] J. Kallrath, “Solving Planning and Design Problems in the Process Industry Using Mixed Integer and Global Optimization,” *Annals of Operations Research*, vol. 140, no. 1, pp. 339–373, 2005.
- [14] X. Wang, D. Li, C. O’Brien, and Y. Li, “A production planning model to reduce risk and improve operations management,” *Int. J. Production Economics*, vol. 124, no. 2, pp. 463–474, 2010.
- [15] X. Wang, D. Li, and L. Li, “Adding value of food traceability to businesses: a supply chain management approach,” *International Journal of Service Operations and Informatics*, vol. 4, no. 3, pp. 232–257, 2009a.
- [16] X. Wang, D. Li, and C. O’Brien, “Optimisation of traceability and operations planning: an integrated model—perishable food production,” *International Journal of Production Research*, vol. 47, no. 11, pp. 2865–2886, 2009b.
- [17] X. Wang, D. Li, X. Shi, “A fuzzy enabled model for aggregative food safety risk assessment in food supply chains,” *International Conference of Service Operations, Logistics and Informatics, Beijing*, 2008, pp. 2898–2903.
- [18] L. R. Khan and R. A. Sarker, “An optimal batch size for a JIT manufacturing system,” *Computers and Industrial Engineering*, vol. 42, no. 2–4, pp. 127–136, 2002.
- [19] Lee, *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. RWS Publications: Pittsburgh, PA, USA, 1996.
- [20] S. Rehan and H. Tahir, “A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: A case study of drilling waste,” *Environmental Modelling & Software*, vol. 20, pp. 33–46, 2005.
- [21] T. L. Saaty, “How to make a decision: The analytic hierarchy process,” *European Journal of Operational Research*, vol. 48, no. 1, pp. 9–26, 1990.
- [22] T. L. Saaty, “Decision making with the analytic hierarchy process,” *Int. J. Services Sciences*, vol. 1, pp. 83–98, 2008.
- [23] F. Dweiri, S. Kumar, S. A. Khan, and V. Jain, “Designing an integrated AHP based decision support system for supplier selection in automotive industry,” *Expert Systems with Applications*, vol. 62, pp. 273–283, 2016.