

# ÁP DỤNG MÔ HÌNH MOORA VÀ COPRAS ĐỂ CHỌN NGUYÊN LIỆU CHO TRỒNG NẤM

Trần Trung Hiếu\*, Nguyễn Xuân Thảo, Phan Trọng Tiến, Lê Thị Minh Thùy

*Khoa Công nghệ thông tin, Học viện Nông nghiệp Việt Nam*

\*Tác giả liên hệ: [tthieu@vnua.edu.vn](mailto:tthieu@vnua.edu.vn)

Ngày nhận bài: 16.05.2019

Ngày chấp nhận đăng: 11.07.2019

## TÓM TẮT

Nguyên liệu thô, phụ gia và tỷ lệ pha trộn giữa chúng trong nuôi trồng nấm ảnh hưởng đến chất lượng và năng suất của nấm. Do đó, việc lựa chọn nguyên liệu và các công thức để trồng nấm hiệu quả cũng là một vấn đề cần quan tâm để tăng năng suất và chất lượng của nấm. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng các mô hình COPRAS (đánh giá tỷ lệ phức tạp) và MOORA (tối ưu hóa đa mục tiêu trên cơ sở phân tích tỷ lệ) để chọn nguyên liệu và công thức trồng nấm tốt nhất. Trong các mô hình này, chúng tôi sử dụng độ đo thông tin entropy để tính toán trọng số của các tiêu chí đánh giá, từ đó đưa ra một sự lựa chọn tốt nhất. Mô hình được thử nghiệm với các trường hợp cụ thể và so sánh kết quả với các kết quả thực nghiệm đã có. Kết quả theo các mô hình đề xuất này cũng phù hợp với kết quả của các mô hình thực nghiệm.

Từ khóa: COPRAS, MOORA, nấm, phương pháp entropy.

## Application of MOORA and COPRAS Models to Select Materials for Mushroom Cultivation

### ABSTRACT

Both the mushroom yield and quality are affected by the type of raw materials, the use of additives, and their mixing ratio. Therefore, a proper selection of raw materials and their mixture formulation is of interest in mushroom cultivation to ensure high yield and quality. In our work, COPRAS (complex rate assessment) and MOORA (multi-objective optimization based on ratio analysis) were applied as models to select the optimal mixture formulation and materials. The entropy information was used for measuring the weights of various criteria in the selection process to come up with the best setup. The model was tested with various cases and compared against available state-of-the-art experimental results from other works. The results of our model were proved to be consistent with the results of other experiments.

Keywords: COPRAS, Entropy method, MOORA, mushroom.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nấm sò vua (*Pleurotus eryngii*), nấm bào ngư xám (*Pleurotus sajor-caju*) là những loại thực phẩm ngon, bổ dưỡng, tính dược học cao và mang lại giá trị lớn cho các nước cận nhiệt đới. Nguyên liệu trồng nấm ở các nước cận nhiệt đới rất đa dạng như mùn cưa, trấu, cám gạo, bã mía, rơm,... Về nguyên liệu, công thức trồng nấm, rơm lúa được xác nhận là chất nền để sản xuất nấm bào ngư có năng suất cao hơn rơm lúa mì và mùn cưa (Sharma & cs., 2013). Một kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng mặc dù năng suất của nấm bào ngư được trồng trên trấu

không phải là cao nhất, nhưng nấm phát triển nhanh, cho thu hoạch sớm (Le & cs., 2015). Một nghiên cứu khác về công thức pha trộn nhưng tỷ lệ nguyên liệu thô bao gồm rơm rạ, lõi ngô, mùn cưa, cám gạo và  $\text{CaCO}_3$ , họ cho thấy rằng công thức trộn với 40% rơm rạ + 20% lõi ngô + 19% mùn cưa + 20% cám gạo + 1%  $\text{CaCO}_3$  sẽ cho kết quả sinh học của nấm sò vua có nguồn gốc từ Nhật Bản trồng ở Việt Nam là cao nhất. Các nghiên cứu cũng phân tích đặc tính đặc trưng của nấm, chẳng hạn như đường kính của mũ nấm, chiều cao thân nấm và hiệu quả sinh học. Các nghiên cứu thực nghiệm cũng phân tích tính chất đặc trưng của nấm, chẳng hạn như

đường kính mũ nấm, chiều cao thân nấm và hiệu quả sinh học. Từ đó, kết luận công thức trộn, hoặc nguyên liệu trồng nấm nào đem lại kết quả tốt nhất. Những nghiên cứu này cũng chỉ ra tỷ lệ nhiễm bệnh khi sử dụng vật liệu trồng nấm hoặc các công thức pha trộn khác nhau (Nguyen & cs., 2016). Nhưng tỷ lệ mắc bệnh này nên được nghiên cứu song song với các đặc tính của nấm hoặc hiệu suất sinh học như đã đề cập ở trên để có đánh giá về các thành phần tốt nhất hoặc công thức pha trộn cho trồng nấm. Sau đó, chúng ta sẽ có vấn đề ra quyết định đa tiêu chí (MCDM), tức là chỉ ra các tùy chọn tốt nhất trên tập hợp các lựa chọn thay thế dựa trên bộ tiêu chí. Trong nghiên cứu trồng nấm, lựa chọn nguyên liệu phù hợp sẽ cho kết quả tốt nhất khi tận dụng các nguyên liệu địa phương đa dạng có sẵn. Có nhiều kỹ thuật tối ưu hóa khác nhau đã được sử dụng để chọn nguồn nguyên liệu phù hợp nhất cho thiết kế hoặc canh tác. Ví dụ: Quy trình phân cấp phân tích AHP (Kiong & cs., 2013), TOPSIS (Bhowmik & cs., 2018; Mayyas & cs., 2016), phân tích quan hệ xám GRA (Jayakrishna & Vinodh, 2017), phương pháp VIKOR (Jahan & cs., 2011), phương pháp MOORA (Brauers & cs., 2004; Karande & Chakraborty, 2012; Gadakh & cs., 2016) và phương pháp COPRAS (Petkovic & cs., 2015; Zavadskas & cs, 1994),... Bởi vì trong việc đánh giá lựa chọn các thành phần hoặc công thức pha trộn được sử dụng cho trồng nấm, phân tích trên có tỷ lệ nhiễm nấm do các thành phần mang lại. Chúng tôi coi tỷ lệ mắc bệnh này là một tiêu chí phi lợi nhuận, bên cạnh các tiêu chí khác như năng suất sinh học là một tiêu chí lợi ích. Đó là, ra quyết định ở đây có cả tiêu chí lợi ích và phi lợi ích, chúng có thể xung đột với nhau.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất sử dụng các phương pháp MOORA và COPRAS để chọn nguyên liệu hoặc công thức trộn nguyên liệu để trồng nấm hiệu quả nhất.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mô hình ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) giúp chúng ta lựa chọn phương án tốt nhất từ tập các phương án  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  dựa trên

tập các tiêu chí  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ . Trong đó mỗi tiêu chí  $C_j$  được gán với một trọng số  $w_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) sao cho  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ . Trong bài báo này

chúng tôi sử dụng độ đo Entropy để xác định các trọng số vì nó cung cấp độ chính xác cao trong việc xác định các trọng số của các tiêu chí trong các mô hình. Một bài toán MCDM có thể được biểu diễn bởi ma trận  $D = [d_{ij}]_{m \times n}$

$$\begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ A_1 & \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \end{bmatrix} \\ \vdots & \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \end{bmatrix} \\ A_m & \begin{bmatrix} d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Trong đó  $d_{ij} \in \mathbb{R}^+$  với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Trong bài báo này chúng tôi cải tiến cách tính trọng số của các tiêu chí trong phương pháp MOORA và COPRAS bằng cách sử dụng độ đo entropy bởi vì nó cung cấp độ chính xác cao. Các bước tính trọng số được thực hiện như sau:

Bước 1. Tính các giá trị  $p_{ij} = \frac{d_{ij}}{m + \sum_{i=1}^m d_{ij}^2}$  với

mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$ . (1)

(để thấy  $0 < \sum_{i=1}^m p_{ij} < 1$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$ )

Bước 2. Tính các độ đo entropy  $e_j$  của mỗi tiêu chí  $C_j$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$ .

$$e_j = -\sum_{i=1}^m [p_{ij} \ln(p_{ij})] - \left(1 - \sum_{i=1}^m p_{ij}\right) \ln\left(1 - \sum_{i=1}^m p_{ij}\right) \quad (2)$$

Bước 3. Tính các trọng số  $w_j$  của mỗi tiêu chí

$$C_j \text{ với mọi } j = 1, 2, \dots, n, w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^m (1 - e_j)} \quad (3)$$

### 2.1. Phương pháp MOORA

Phương pháp MOORA, được giới thiệu lần đầu tiên bởi Brauers năm 2004 là một kỹ thuật tối ưu hóa đa mục tiêu có thể áp dụng thành

công để giải quyết các loại vấn đề ra quyết định phức tạp trong môi trường sản xuất, trong đó các mục tiêu có thể xung đột nhau (Brauers & cs., 2004). Phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu trên cơ sở phương pháp phân tích tỷ lệ (MOORA) gồm các bước sau:

Bước 1. Tính các giá trị  $p_{ij}$  với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$  theo công thức (1).

Bước 2. Tính các độ đo entropy  $e_j$  của mỗi tiêu chí  $C_j$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$  theo công thức (2).

Bước 3. Tính các trọng số  $w_j$  của mỗi tiêu chí  $C_j$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$  theo công thức (3).

Bước 4. Tính ma trận ra quyết định được chuẩn hóa:

$$X = [x_{ij}]_{m \times n} \text{ với } x_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m d_{ij}^2}} \quad (4)$$

với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$

Bước 5. Với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$  tính các ma trận ra quyết định sau khi đã chuẩn hóa với các trọng số  $W = [W_{ij}]_{m \times n}$  trong đó:

$$W_{ij} = w_j \times x_{ij} \quad (5)$$

$$\text{Bước 6. Tính toán } P_i = \frac{1}{|B|} \sum_{j \in B} W_{ij} \quad (6)$$

$$\text{và } R_i = \frac{1}{|NB|} \sum_{j \in NB} W_{ij} \quad (7)$$

Trong đó  $B$  là tập hợp các tiêu chí lợi ích và  $NB$  là tập hợp các tiêu chí không lợi ích, với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$

Bước 7. Tính toán các giá trị ưu tiên  $Q_i = P_i - R_i$  với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$ . (8)

Bước 8. Xếp hạng các phương án  $A_k > A_i$  nếu  $Q_k \geq Q_i$  với mọi  $i, k = 1, 2, \dots, m$ .

## 2.2. Phương pháp COPRAS

Phương pháp đánh giá tỷ lệ phức tạp COPRAS được giới thiệu lần đầu tiên bởi Zavadskas và đồng nghiệp năm 1994 là một trong những phương pháp ra quyết định đa tiêu chí nổi tiếng (Zavadskas & cs., 1994; Petkovic & cs., 2015). Phương pháp đánh giá tỷ lệ phức tạp COPRAS gồm các bước sau:

Bước 1. Tính các giá trị  $p_{ij}$  theo công thức (1), với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Bước 2. Tính các độ đo entropy  $e_j$  của mỗi tiêu chí  $C_j$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$ , theo công thức (2).

Bước 3. Tính các trọng số  $w_j$  của mỗi tiêu chí  $C_j$  với mọi  $j = 1, 2, \dots, n$  theo công thức (3).

Bước 4. Tính ma trận ra quyết định được chuẩn hóa  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  trong đó  $x_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^m d_{ij}}$  (9)

với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Bước 5. Tính các ma trận ra quyết định sau khi đã chuẩn hóa với các trọng số  $W = [W_{ij}]_{m \times n}$  trong đó  $W_{ij} = w_j \times d_{ij}$  (10)

với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$ .

$$\text{Bước 6. Tính toán } P_i = \frac{1}{|B|} \sum_{j \in B} W_{ij} \quad (11)$$

$$\text{và } R_i = \frac{1}{|NB|} \sum_{j \in NB} W_{ij} \quad (12)$$

Trong đó  $B$  là tập hợp các tiêu chí lợi ích và  $NB$  là tập hợp các tiêu chí không lợi ích, với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Bước 7. Tính toán các giá trị ưu tiên:

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \times \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}} \quad (13)$$

với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$ .

Bước 8. Xếp hạng các phương án  $A_k > A_i$  nếu  $Q_k \geq Q_i$  với mọi  $i, k = 1, 2, \dots, m$ .

## 3. CÁC TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU

Để minh chứng cho tính hiệu quả của các phương pháp được đề xuất (trong phần 2), chúng tôi xem xét một số ví dụ trong việc lựa chọn các công thức trồng nấm ở Việt Nam và so sánh chúng với các kết quả thử nghiệm.

### 3.1. Ví dụ 1 (Nguyen & cs., 2016)

Để trồng nấm sò vua, chúng ta thường sử dụng rơm, lõi ngô, mùn cưa, cám gạo,  $\text{CaCO}_3$ .

Chúng được pha trộn theo tỷ lệ nhất định, chúng tôi coi mỗi công thức pha trộn là một phương án.

Công thức A<sub>1</sub>: 40% rơm + 30% lõi ngô + 29% mùn cưa + 0% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Công thức A<sub>2</sub>: 40% rơm + 27% lõi ngô + 27% mùn cưa + 5% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Công thức A<sub>3</sub>: 40% rơm + 25% lõi ngô + 24% mùn cưa + 10% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Công thức A<sub>4</sub>: 40% rơm + 22% lõi ngô + 22% mùn cưa + 15% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Công thức A<sub>5</sub>: 40% rơm + 20% lõi ngô + 19% mùn cưa + 20% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Công thức A<sub>6</sub>: 40% rơm + 17% lõi ngô + 17% mùn cưa + 25% cám gạo + 1% CaCO<sub>3</sub>

Đánh giá tác động của thành phần nguyên liệu thô ứng với các công thức khác nhau đối với sự tăng trưởng và năng suất của nấm sò vua. Chúng tôi xem xét các tiêu chí (C<sub>1</sub>) đường kính của mũ nấm (mm), (C<sub>2</sub>) đường kính của thân nấm (mm), (C<sub>3</sub>) chiều dài của thân nấm (mm), (C<sub>4</sub>) Năng suất sinh học (%) ) và (C<sub>5</sub>) tỷ lệ lây nhiễm (%). Trong đó, tiêu chí C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> và C<sub>4</sub> là tiêu chí cho lợi ích và tiêu chí C<sub>5</sub> là tiêu chí không có lợi. Dữ liệu về tác động của thành phần

nguyên liệu thô ứng với các công thức khác nhau đối với sự tăng trưởng và năng suất của nấm sò vua (Nguyen & cs., 2016) chỉ ra bảng 1.

### 3.1.1. Sử dụng phương pháp MOORA

Bây giờ, chúng tôi trình bày các bước của phương pháp đề xuất để đánh giá tác động của thành phần nguyên liệu thô ứng với các công thức khác nhau đối với sự tăng trưởng và năng suất của nấm sò vua.

Bước 1. Tính các giá trị p<sub>ij</sub> theo công thức (1) với mọi i = 1, 2,..., m và j = 1, 2,..., n (Bảng 2).

Bước 2. Sử dụng công thức (2) để tính các độ đo entropy e<sub>j</sub> của mỗi tiêu chí C<sub>j</sub> với mọi j = 1, 2,..., n (Bảng 3).

Bước 3. Sử dụng công thức (3) để tính các trọng số w<sub>j</sub> của mỗi tiêu chí C<sub>j</sub> với mọi j = 1, 2,..., n (Bảng 3).

Bước 4. Tính toán ma trận được chuẩn hóa  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  bằng việc sử dụng công thức (4), kết quả ghi lại trong bảng 4.

Bước 5. Tính các ma trận ra quyết định sau khi đã chuẩn hóa với các trọng số W (Bảng 5).

Bước 6. Tính các giá trị P<sub>i</sub> và R<sub>i</sub> với i = 1, 2,..., 6, kết quả ghi lại trong bảng 6.

**Bảng 1. Ảnh hưởng của công thức trộn đến kích thước quả thể, năng suất sinh học và tỷ lệ lây nhiễm của nấm sò vua**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	27,7	20,1	96,5	33,5	6,6
A <sub>2</sub>	35,2	24,3	102,6	41,7	7,1
A <sub>3</sub>	40,4	27,9	120,1	46,8	8,3
A <sub>4</sub>	46,8	30,4	132,4	51,4	9,4
A <sub>5</sub>	50,4	32,6	146,2	59,4	9,9
A <sub>6</sub>	50,3	32,5	143,4	59,1	10,8

**Bảng 2. Bảng giá trị của các p<sub>ij</sub> trong ví dụ 1**

P <sub>ij</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	0,0025	0,0042	0,0010	0,0142	0,0023
A <sub>2</sub>	0,0032	0,0051	0,0011	0,0152	0,0028
A <sub>3</sub>	0,0037	0,0058	0,0013	0,0178	0,0032
A <sub>4</sub>	0,0043	0,0063	0,0014	0,0202	0,0035
A <sub>5</sub>	0,0046	0,0068	0,0016	0,0213	0,0040
A <sub>6</sub>	0,0046	0,0068	0,0015	0,0232	0,0040

**Bảng 3. Trọng số của các tiêu chí trong ví dụ 1**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
Entropy	0,0772	0,1095	0,0309	0,2821	0,2103
Trọng số	0,2082	0,2009	0,2186	0,1620	0,2103

**Bảng 4. Ma trận được chuẩn hóa ở ví dụ 1**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	0,2653	0,2896	0,3152	0,0155	0,2762
A <sub>2</sub>	0,3372	0,3501	0,3351	0,0193	0,3437
A <sub>3</sub>	0,3870	0,4020	0,3923	0,0217	0,3858
A <sub>4</sub>	0,4483	0,4381	0,4325	0,0238	0,4237
A <sub>5</sub>	0,4828	0,4698	0,4775	0,0275	0,4897
A <sub>6</sub>	0,4818	0,4683	0,4684	0,0274	0,4872

**Bảng 5. Ma trận được chuẩn hóa kết hợp với trọng số ở bảng 3 trong ví dụ 1**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>
A <sub>1</sub>	0,0552	0,0582	0,0689	0,0025	0,0581
A <sub>2</sub>	0,0702	0,0703	0,0733	0,0031	0,0723
A <sub>3</sub>	0,0806	0,0808	0,0858	0,0035	0,0811
A <sub>4</sub>	0,0933	0,0880	0,0945	0,0039	0,0891
A <sub>5</sub>	0,1005	0,0944	0,1044	0,0044	0,1030
A <sub>6</sub>	0,1003	0,0941	0,1024	0,0044	0,1025

Bước 7. Tính các giá trị  $Q_i$  với  $i = 1, 2, \dots, 6$ , kết quả ghi lại trong bảng 6.

Bước 8. Xếp hạng các phương án, kết quả ghi lại trong bảng 6.

Kết quả này chỉ ra rằng công thức  $A_5$  là lựa chọn tốt nhất. Nó cũng phù hợp với các kết quả thử nghiệm được thể hiện trong (Nguyen & cs., 2016). Nhưng trong (Nguyen & cs., 2016), các tác giả xếp hạng chủ yếu dựa trên bốn tiêu chí ban đầu chỉ là tiêu chí lợi ích, mà không xem xét tiêu chí phi lợi ích  $C_5$ . Trong nhiều trường hợp, tỷ lệ nhiễm bệnh có thể ảnh hưởng đến lợi nhuận cuối cùng của việc trồng nấm. Do đó, việc sử dụng mô hình ra quyết định của MOORA trong việc đánh giá lựa chọn các tùy chọn có các thuộc tính xung đột là có ý nghĩa. Trong thử nghiệm, chúng tôi thấy rằng sự thay đổi tỷ lệ cám gạo giữa các công thức  $A_5$  và  $A_6$  cũng dẫn đến không có nhiều thay đổi trên hầu hết các chỉ số, trong mô hình này,

trọng số tương ứng giữa  $A_5$  và  $A_6$  cũng chỉ là một sự khác biệt nhỏ khi chúng tôi xem xét các tiêu chí đó là mâu thuẫn.

### 3.1.2. Sử dụng phương pháp COPRAS

Bước 1. Tính các giá trị  $p_{ij}$  theo công thức (1) với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$  (Bảng 2).

Bước 2. Sử dụng công thức (2) chúng ta thu được entropy của các tiêu chí (Bảng 3).

Bước 3. Sử dụng công thức (3) chúng ta thu được các trọng số của các tiêu chí (Bảng 3).

Bước 4. Tính ma trận ra quyết định được chuẩn hóa theo công thức (9) (Bảng 7).

Bước 5. Tính các ma trận ra quyết định sau khi đã chuẩn hóa với các trọng số  $W$  (Bảng 8).

Bước 6. Tính các giá trị  $P_i$  và  $R_i$  với  $i = 1, 2, \dots, 6$ , kết quả ghi lại trong bảng 9.

Bước 7. Tính các giá trị  $Q_i$  với  $i = 1, 2, \dots, 6$ , kết quả ghi lại trong bảng 9.

**Bảng 6. Các kết quả tính toán  $P_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$  và xếp hạng của ví dụ 1 theo mô hình MOORA**

	$P_i$	$R_i$	$Q_i$	Ranking
$A_1$	0,2404	0,0025	0,2379	6
$A_2$	0,2861	0,0031	0,2830	5
$A_3$	0,3282	0,0035	0,3247	4
$A_4$	0,3650	0,0039	0,3611	3
$A_5$	0,4023	0,0045	0,3978	1
$A_6$	0,3993	0,0044	0,3948	2

**Bảng 7. Ma trận được chuẩn hóa ở ví dụ 2**

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$A_1$	0,1104	0,1198	0,1302	0,1267	0,1148
$A_2$	0,1403	0,1448	0,1384	0,1363	0,1429
$A_3$	0,1611	0,1162	0,1620	0,1593	0,1602
$A_4$	0,1866	0,1182	0,1786	0,1804	0,1761
$A_5$	0,2010	0,1943	0,1973	0,1900	0,2035
$A_6$	0,2006	0,1937	0,1935	0,2073	0,2025

**Bảng 8. Ma trận được chuẩn hóa kết hợp với trọng số trong mô hình COPRAS ở ví dụ 1**

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$
$A_1$	0,0230	0,0241	0,0285	0,0205	0,0241
$A_2$	0,0292	0,0291	0,0303	0,0221	0,0301
$A_3$	0,0335	0,0334	0,0354	0,0258	0,0337
$A_4$	0,0389	0,0364	0,0390	0,0292	0,0370
$A_5$	0,0418	0,0390	0,0431	0,0308	0,0428
$A_6$	0,0418	0,0389	0,0423	0,0336	0,0426

**Bảng 9. Các kết quả tính toán  $P_i$ ,  $R_i$ ,  $Q_i$  và xếp hạng của ví dụ 1 theo mô hình COPRAS**

	$P_i$	$R_i$	$Q_i$	Ranking
$A_1$	0,0997	0,0205	0,0134	6
$A_2$	0,1187	0,0221	0,1507	5
$A_3$	0,1360	0,0258	0,1634	4
$A_4$	0,1513	0,0292	0,1755	3
$A_5$	0,1667	0,0308	0,1896	1
$A_6$	0,1656	0,0336	0,1866	2

Bước 8. Xếp hạng các phương án, kết quả ghi lại trong bảng 9.

Trong phương pháp này, chúng tôi cũng thấy  $A_5$  là công thức tốt nhất. Nó cũng phù hợp với các kết quả thử nghiệm được thể hiện trong nghiên cứu của Nguyen & cs. (2016).

### 3.2. Ví dụ 2 (Le & cs., 2015)

Nấm bào ngư xám là một loại nấm phổ biến và có giá trị ở các nước nhiệt đới. Lê và cộng sự (Le & cs., 2015) đã nghiên cứu ảnh hưởng của nguyên liệu thô (các chất thay thế) như mùn cưa ( $A_1$ ), bã mía ( $A_2$ ), rơm rạ ( $A_3$ ), trấu ( $A_4$ ) và

than bùn ( $A_5$ ) đến năng suất sinh học và chất lượng nấm để thay thế mùn cưa đã sử dụng. Các chỉ số theo dõi (tiêu chí) bao gồm: ( $C_1$ ) Tốc độ phát triển chiều dài của sợi tơ (cm/ngày); ( $C_2$ ) Thời gian tơ nấm lan kín bịch phôi (ngày); ( $C_3$ ) Thời gian bắt đầu cho thu hoạch; ( $C_4$ ) Hiệu suất sinh học (%); ( $C_5$ ) Tỷ lệ phôi bị nhiễm nấm mốc ở các cơ chất (%); ( $C_6$ ) Số tai nấm trên chùm (tai/chùm); ( $C_7$ ) Thời gian cho thu hoạch (ngày); ( $C_8$ ) Khối lượng nấm thu được (g/bịch); ( $C_9$ ) Phần trăm khối lượng khô của nấm (%). Trong đó  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_5$  và  $C_7$  là phi lợi ích và các tiêu chí khác là lợi ích. Mối quan hệ giữa các nguyên liệu và các tiêu chí được thể hiện trong bảng 10.

**3.2.1. Sử dụng phương pháp MOORA**

Giá trị độ đo entropy và các trọng số của các tiêu chí được thể hiện trong bảng 11.

Bước 1. Tính các giá trị  $p_{ij}$  theo công thức (1) với mọi  $i = 1, 2, \dots, m$  và  $j = 1, 2, \dots, n$  (Bảng 11).

Bước 2. Sử dụng công thức (3) tính entropy của mỗi tiêu chí (Bảng 11).

Bước 3. Sử dụng công thức (4) tính trọng số của mỗi tiêu chí (Bảng 11).

Bước 4. Tính toán ma trận được chuẩn hóa  $X = [x_{ij}]_{m \times n}$  bằng việc sử dụng công thức (4), kết quả ghi lại trong bảng 12.

Bước 5. Tính các ma trận ra quyết định sau khi đã chuẩn hóa với các trọng số  $W$  (Bảng 13).

Bước 6. Tính các giá trị  $P_i$  và  $R_i$  với  $i = 1, 2, \dots, 6$ , kết quả ghi lại trong bảng 14.

Bước 7. Tính các giá trị  $Q_i$  với  $i = 1, 2, \dots, 6$ , kết quả ghi lại trong bảng 14.

**Bảng 10. Mối quan hệ giữa các công thức trộn nguyên liệu và các tiêu chí trong ví dụ 2**

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$
$A_1$	0,92	24,3	11,1	33,9	5,6	3,1	36,6	305,2	10,2
$A_2$	0,85	27,7	12,6	39,9	11,3	3,2	37,3	359,2	10
$A_3$	0,78	30,6	13	24,9	22,2	3	26,6	224,2	8,4
$A_4$	1,4	16,7	10,4	34	11,1	4,1	36,8	288,8	8,8
$A_5$	0,8	28	13	11	27,8	2,1	32,7	99,1	8,5

**Bảng 11. Bảng giá trị của các  $p_{ij}$  trong ví dụ 2**

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$
$A_1$	0,1926	0,0072	0,0152	0,0073	0,0036	0,0619	0,0056	0,0008	0,0240
$A_2$	0,1779	0,0083	0,0173	0,0086	0,0073	0,0639	0,0057	0,0010	0,0236
$A_3$	0,1633	0,0091	0,0179	0,0054	0,0143	0,0599	0,0056	0,0006	0,0198
$A_4$	0,2931	0,0050	0,0143	0,0073	0,0072	0,0819	0,0057	0,0008	0,0207
$A_5$	0,1675	0,0083	0,0179	0,0024	0,0180	0,0419	0,0050	0,0003	0,0200
Entropy	0,8979	0,1237	0,233	0,1037	0,1528	0,6197	0,0956	0,016	0,2882
Trọng số	0,0158	0,1355	0,1186	0,1385	0,131	0,0588	0,1398	0,1521	0,11

**Bảng 12. Ma trận được chuẩn hóa theo MOORA trong ví dụ 2**

	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$
$A_1$	0,4209	0,4194	0,4114	0,4978	0,1423	0,4381	0,4542	0,5047	0,4952
$A_2$	0,3889	0,4781	0,4669	0,5859	0,2872	0,4522	0,4629	0,5940	0,4855
$A_3$	0,3569	0,5281	0,4818	0,3656	0,5643	0,4240	0,4542	0,3708	0,4078
$A_4$	0,6405	0,2882	0,3854	0,4992	0,2821	0,5794	0,4567	0,4776	0,4272
$A_5$	0,3660	0,4833	0,4818	0,1615	0,7066	0,2968	0,4058	0,1639	0,4127

**Bảng 13. Ma trận được chuẩn hóa kết hợp với trọng số trong Ví dụ 2**

	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>
A <sub>1</sub>	0,0067	0,0568	0,0488	0,0689	0,0186	0,0258	0,0635	0,0768	0,0545
A <sub>2</sub>	0,0061	0,0648	0,0554	0,0811	0,0376	0,0266	0,0647	0,0903	0,0534
A <sub>3</sub>	0,0056	0,0716	0,0571	0,0506	0,0739	0,0249	0,0635	0,0564	0,0449
A <sub>4</sub>	0,0101	0,0391	0,0457	0,0691	0,0370	0,0341	0,0638	0,0726	0,0470
A <sub>5</sub>	0,0058	0,0655	0,0571	0,0224	0,0926	0,0175	0,0567	0,0249	0,0454

**Bảng 14. Các kết quả tính toán P<sub>i</sub>, R<sub>i</sub>, Q<sub>i</sub> và xếp hạng của Ví dụ 2 theo mô hình MOORA**

	P <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	Q <sub>i</sub>	Ranking
A <sub>1</sub>	0,2326	0,1878	0,0448	2
A <sub>2</sub>	0,2576	0,2225	0,0351	3
A <sub>3</sub>	0,1825	0,2661	-0,0837	4
A <sub>4</sub>	0,2330	0,1856	0,0474	1
A <sub>5</sub>	0,1159	0,2719	-0,1560	5

**Bảng 15. Các kết quả tính toán P<sub>i</sub>, R<sub>i</sub>, Q<sub>i</sub> và xếp hạng của ví dụ 2 theo mô hình COPRAS**

	P <sub>i</sub>	R <sub>i</sub>	Q <sub>i</sub>	Ranking
A <sub>1</sub>	0,1084	0,0856	0,2335	2
A <sub>2</sub>	0,1202	0,1024	0,2248	3
A <sub>3</sub>	0,0848	0,124	0,1711	4
A <sub>4</sub>	0,1086	0,0855	0,2338	1
A <sub>5</sub>	0,0535	0,1276	0,1374	5

**Bảng 16. Các kết quả xếp hạng trong ví dụ 1 theo các phương pháp khác nhau**

	MOORA	COPRAS	FMOORA	FMCDM	TOPSIS	Thực nghiệm
A <sub>1</sub>	6	6	6	6	6	6
A <sub>2</sub>	5	5	5	5	5	5
A <sub>3</sub>	4	4	4	4	4	4
A <sub>4</sub>	3	3	3	3	3	3
A <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1
A <sub>6</sub>	2	2	2	2	2	2

**Bảng 17. Các kết quả xếp hạng trong ví dụ 2 theo các phương pháp khác nhau**

	MOORA	COPRAS	FMOORA	FMCDM	TOPSIS	Thực nghiệm
A <sub>1</sub>	2	2	2	2	2	2
A <sub>2</sub>	3	3	3	3	3	3
A <sub>3</sub>	4	4	4	4	4	4
A <sub>4</sub>	1	1	1	1	1	1
A <sub>5</sub>	5	5	5	5	5	5



Bước 8. Xếp hạng các phương án, kết quả ghi lại trong bảng 14.

Trong ví dụ 2, chúng ta thấy rằng hiệu quả sinh học ( $C_4$ ) của việc sử dụng nguyên liệu trấu ( $A_4$ ) không phải là cao nhất, tỷ lệ nhiễm bệnh ( $C_5$ ) không phải là thấp nhất. Tuy nhiên, khi xem xét các tiêu chí đánh giá tổng thể, nó cho kết quả xếp hạng cao nhất. Điều này đáng được xem xét nghiên cứu để thực hiện các ứng dụng thực tế tại Việt Nam vì nguyên liệu trấu rất phong phú.

### 3.2.2. Sử dụng phương pháp COPRAS

Sử dụng mô hình COPRAS chúng tôi cũng thu được kết quả xếp hạng giống như mô hình MOORA ở trên. Kết quả xếp hạng được lưu lại ở bảng 15.

Trong phương pháp này, chúng tôi cũng thấy rằng  $A_4$  là công thức tốt nhất. Nó cũng phù hợp với kết quả thí nghiệm thể hiện trong (Le & cs., 2015).

Ngoài việc so sánh kết quả với các phương pháp thực nghiệm (Le & cs., 2015; Nguyen & cs., 2016), chúng tôi cũng so sánh kết quả của bài báo với một số kết quả khác chẳng hạn mô hình FMOORA (fuzzy MOORA) và FMCDM (fuzzy MCDM) (Hieu & Thao, 2019), hay phương pháp TOPSIS (Bhowmik & cs., 2018),... Kết quả so sánh được thể hiện trong bảng 16 và bảng 17. Trong tương lai, chúng tôi sẽ áp dụng các phương pháp này để lựa chọn công thức phối trộn nguyên vật liệu để phục vụ cho các quy trình sản xuất khác. Đồng thời, chúng tôi cũng nghiên cứu các phương pháp ra quyết định đa tiêu chí khác để có thể so sánh đánh giá nhằm chọn ra kết luận tối ưu phù hợp. Chẳng hạn mô hình COPRAS dựa trên tập mờ Pythagorean (Thao, 2019), mô hình ra quyết định dựa trên các tập mờ trực cảm - hỗ trợ (Nguyen, 2015), tập mờ bức tranh (Cương, 2014), hay các tập thô mờ (Nguyen & cs., 2014; Thao & Dinh, 2015; Thao & cs., 2016).

## 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi áp dụng các phương pháp MOORA và COPRAS để đánh giá việc lựa chọn công thức trộn nguyên liệu

trồng nấm. Các phương pháp này phù hợp với các vấn đề ra quyết định đa tiêu chí, đặc biệt đối với các vấn đề với các bộ tiêu chí đánh giá có thể xung đột với nhau. Các kết quả thu được trong các phương pháp được sử dụng trong bài viết này cũng phù hợp với các phương pháp thử nghiệm đã được công bố trước đó. Như chúng ta thấy trong ví dụ 1, việc thay đổi các thành phần theo đúng tỷ lệ có thể ảnh hưởng đến năng suất nấm, nhưng nếu thay đổi quá nhiều có thể không mang lại kết quả tốt. Trong ví dụ 2, chúng tôi cũng xem xét tỷ lệ nhiễm bệnh cùng với các tiêu chí khác để đánh giá nguyên liệu trồng nấm tốt nhất ở đồng bằng sông Cửu Long, Việt Nam. Đồng thời chúng tôi cũng chỉ ra các hướng nghiên cứu tương lai để đánh giá công thức, nguyên liệu trồng nấm và các đánh giá xếp hạng cho các bài toán khác.

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành nghiên cứu này, các tác giả xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới dự án Việt Bỉ - Học viện Nông nghiệp Việt Nam, mã số T2016-10-16-VB.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bhowmik C., Gangwar S., Bhowmik S. & Ray A. (2018). Selection of Energy-Efficient Material: An Entropy-TOPSIS Approach. In Soft Computing: Theories and Applications. 584: 31-39.
- Brauers W.K.M. (2004). Optimization methods for a stakeholder society. A revolution in economic thinking by multi-objective optimization. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Chakraborty S. & Chatterjee P. (2013). Selection of materials using multi-criteria decision-making methods with minimum data. Decision Science Letters. 2(3): 135-148.
- Cuong B.C. (2014). Picture Fuzzy Sets. Journal of Computer Science and Cybernetics. 30(4): 409-420.
- Gadakh V.S., Shinde V.B., Khemnar N.S. & Kumar A. (2016). Application of MOORA Method for Friction Stir Welding Tool Material Selection. In Techno-Societal 2016, International Conference on Advanced Technologies for Societal Applications. pp. 845-854.
- Hieu T.T. & Thao N.X. (2019). Fuzzy entropy based MOORA model for selecting material for

- mushroom in Viet Nam, *International Journal of Information Engineering and Electronic Business(IJIEEB)*. 11(5): 1-10.
- Jahan A., Mustapha F., Ismail M.Y., Sapuan S.M. & Bahraminasab M. (2011). A comprehensive VIKOR method for material selection. *Materials and Design*. 32(3): 1215-1221.
- Jayakrishna K. & Vinodh S. (2017). Application of grey relational analysis for material and end of life strategy selection with multiple criteria. *International Journal of Materials Engineering Innovation*. 8(3-4): 250-272.
- Karande P. & Chakraborty S. (2012). Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection. *Materials and Design*. 37: 317-324.
- Kiong S.C., Lee L.Y., Chong S.H., Azlan M.A., Nor M. & Hisyamudin N. (2013). Decision making with the analytical hierarchy process (AHP) for material selection in screw manufacturing for minimizing environmental impacts. In *Applied Mechanics and Materials*. 315: 57-62.
- Le V.T., T.N.M. Nguyen & V.D. Mai (2015). Effects of some potential agro-based wastes in Mekong Delta on the growth of *Pleurotus sajorcaju*, *Can Tho University Journal of Science*. 39: 36-43.
- Mayyas A., Omar M.A. & Hayajneh M.T. (2016). Eco-material selection using fuzzy TOPSIS method. *International Journal of Sustainable Engineering*. 9(5): 292-304.
- Nguyen X.T., Nguyen V.D & Nguyen D.D. (2014). Rough fuzzy relation on two universal sets. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. 6(4): 49-55.
- Nguyen X.T. & Nguyen V.D. (2015). Support-intuitionistic fuzzy set: a new concept for soft computing, *International Journal of Intelligent System and Application*. 7(4): 11-16.
- Nguyen T.B.T., Ngo X.N., Nguyen T.T., Tran D.A., Nguyen X.C., Nguyen V.G. & Tran T.D. (2016). Evaluating the Growth and Yield of King Oyster Mushroom (*Pleurotus eryngii* (DC.:Fr.) Qué) on Different Substrates. *Vietnam J. Agri. Sci*. 14(5): 816-823.
- Petković D., Madić M., Radovanović M. & Janković P. (2015). Application of Recently Developed MCDM Methods for Materials Selection. In *Applied Mechanics and Materials*. 809: 1468-1473.
- Sharma S., Yadav R.K.P. & Pokhrel C.P. (2013). Growth and yield of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *Journal on New Biological Reports*. 2(1): 03-08.
- Thao, N.X., & Dinh, N.V. (2015). Rough picture fuzzy set and picture fuzzy topologies. *Journal of Computer Science and Cybernetics*. 31(3): 245.
- Thao N.X. & Smarandache F. (2019). A new fuzzy entropy on Pythagorean fuzzy sets, *Journal of intelligent and fuzzy systems*. 37(1): 1065-1074.
- Thao N.X., Cuong B.C. & Smarandache F. (2016). Rough standard neutrosophic sets: an application on standard neutrosophic information systems. *Neutrosophic Sets and Systems*. 14: 80-92.
- Zavadskas E.K., Kaklauskas A. & Sarka V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological and economic development of economy*. 1(3): 131-139.