

## Optimization of the Possibility of Dropping Materials on the Flip-over Bridge for Cassava Roots with Lifting Capacity of 60-80 tons

Tối ưu hóa khả năng trút liệu đối với cầu nâng lật xe chở sản củ, tải trọng nâng 60-80 tấn

*Nguyen Dinh Tung*

*Research Institute of Agricultural Machinery, Hanoi, Vietnam  
Email: ndtung.hn@gmail.com*

### Abstract

The paper presents the results of a survey on the ability to vent and dropping materials of the lift-over bridge for cassava roots with a lifting capacity of 60-80 tons based on the experimental planning model. The content of the survey on the influence of technological and technical parameters on the ability of venting/dropping materials on cassava trucks when the system of lifting-flip equipment uses transmission and hydraulic control. The research results build regression equations to show the influence relationship between the three basic structural parameters as lifting load, lift angle, distance A. Optimizing multi-objective function with Box Behnken algorithm model, the optimal conditions are as follows: A 5000 mm, lift angle 39.88 degree, lifting load 60.000 kg. Under these conditions, the highest guessing performance is 86.6%, then the objective function achieves the expected value of product clearance 99.9%, specific energy consumption 6.9 kW/h. There is no much difference in the results between the regression model and the experimental results which are similar almost similar.

Keywords: Car lift-flip bridge, experimental planning, dropping materials, cassava roots

### Tóm tắt

Bài báo trình bày kết quả khảo sát về khả năng trút liệu của cầu nâng-lật xe chở sản củ với tải trọng nâng 60-80 tấn dựa trên mô hình quy hoạch hóa thực nghiệm. Nội dung khảo sát về sự ảnh hưởng của các thông số công nghệ, kỹ thuật đến khả năng trút/tụt liệu trên xe chở sản củ khi hệ thống thiết bị nâng-lật xe sử dụng truyền động và điều khiển thủy lực. Kết quả nghiên cứu xây dựng được phương trình hồi quy biểu thị mối quan hệ ảnh hưởng giữa 3 thông số kết cấu cơ bản như tải trọng nâng, góc nâng, khoảng cách A. Tối ưu hóa hàm đa mục tiêu với mô hình theo thuật toán Box Behnken, các điều kiện tối ưu tìm được là: khoảng cách A 5000 mm, góc nâng 39,88 độ, tải trọng nâng 60.000 kg. Dưới các điều kiện này thì hiệu suất phóng đoán cao nhất tìm được là 86,6%, khi đó hàm mục tiêu đạt được giá trị mong đợi là độ trút sạch sản phẩm đạt 99,9%, năng lượng riêng tiêu thụ 6,9 kW/h. Hơn nữa, sự sai khác về kết quả giữa mô hình hồi quy và kết quả thực nghiệm có sự tương đồng và mức chênh lệch không nhiều.

Từ khóa: Cầu nâng-lật xe, quy hoạch thực nghiệm, trút liệu, sản củ

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, nông nghiệp vẫn chiếm tỉ trọng khá cao trong cơ cấu của nền kinh tế Việt Nam. Tuy nhiên với phương thức sản xuất nhỏ lẻ như của Việt Nam chất lượng thấp, cho nên các mặt hàng xuất khẩu khó có cơ hội cạnh tranh so với các nước trong khu vực, đặc biệt trong lĩnh vực chế biến sản với sản lượng sản lớn như Thái Lan và Indonesia [1,5,6]. Đối với Việt Nam phần lớn sản được chế biến thành tinh bột, hiện tại đã có nhiều nhà máy chế biến tinh bột sản quy mô công nghiệp, chưa kể các cơ sở tư nhân chế biến nhỏ lẻ, nhưng hiện tại hầu hết các nhà máy chế biến tinh bột sản quy mô công nghiệp (năng suất từ 400-500 tấn củ/ngày) khi nhập nguyên liệu bằng các ô tô tải loại thông thường không có “ben nâng” kể cả loại xe với tải trọng từ 60-80 tấn vẫn phải tháo dỡ củ sản tươi

xuống bãi tập kết ở nhà máy chế biến bằng thủ công là sử dụng sức người để tháo dỡ, cào từ xe xuống sân bãi tập kết. Như vậy lượng người lao động để làm việc này rất lớn, có thời điểm lên đến hàng trăm người cào, tháo dỡ sản tại một cơ sở chế biến [5]. Tính trên phương diện kinh tế nếu vẫn sử dụng nhân công lao động thủ công như vậy thì rất kém hiệu quả. Hơn nữa thời gian xuống liệu chậm như vậy còn ảnh hưởng đến diện tích sân bãi vận hành, không đáp ứng được năng suất, chất lượng bột cũng giảm sút và đặc biệt là mất an toàn lao động trong sản xuất. Mặt khác đối với củ sản tươi sau thu hoạch còn lẫn nhiều tạp chất, sản liên kết thành “búi”, “chùm”, có lẫn nhiều thân, rễ cứng,... Hơn nữa củ sản còn có hình dạng khác nhau, to, nhỏ, cong, thẳng, dài, ngắn, bởi vậy để tháo, cào liệu liên tục bằng sức người sẽ cực kỳ khó khăn, vất vả.... Cho nên công đoạn tháo, dỡ nguyên liệu sản củ trên xe xuống bãi tập

kết cần phải giải quyết bằng hệ thống máy móc thiết bị, ở đây các cơ sở chế biến tinh bột sắn rất cần chính là hệ thống thiết bị nâng-lật xe truyền động và điều khiển thủy lực [1,5,6]. Về thiết bị nâng thủy lực bằng xe ben (xe ben nâng) thì trên thế giới cũng như Việt Nam sử dụng nhiều trong hệ thống vận tải đối với các nguyên vật liệu thông thường, tơi rời, riêng đối với nguyên liệu cần vận chuyển là sắn củ, nhất là là đối với điều kiện canh tác nông nghiệp như Việt Nam thì hoàn toàn không thể sử dụng xe ben để đi vận chuyển, thu mua nguyên liệu sắn củ ở các bãi, nương, đồi trồng/canh tác sắn được, mà ở đây người trồng sắn và các cơ sở thu mua chỉ tập kết theo các phương thức thủ công, và/hoặc hỗ trợ bằng sức vật nuôi, phương tiện đơn sơ nhờ các xe ô tô, công nông đầu dọc, đầu ngang hay máy kéo để chuyên chở từ nơi thu hoạch, tập kết thu mua về cơ sở sản xuất để bán cho các nhà máy, vì thế các phương tiện này khi về đến nhà máy thu mua đều không thể “tự chửi”, trút liệu được mà thường sau khi cần xong thì họ trút liệu xuống bằng dùng sức người. Để có thể giảm sức người, tăng độ an toàn và tăng tính kinh tế thì việc thiết kế, chế tạo và sử dụng cầu nâng lật xe điều khiển truyền động thủy lực sẽ là rất cần thiết. Bởi vậy về chủ đề nghiên cứu này cũng bị “hạn hẹp/hạn chế” đi rất nhiều, chưa thấy trong và ngoài nước có công trình nghiên cứu nào về “thiết bị này”. Bởi thế tác giả đã mạnh dạn đi sâu nghiên cứu về hệ thống cầu nâng lật này, nhằm giúp ích cho thực tiễn sản xuất. Tuy nhiên để giảm thời gian và chi phí cho nghiên cứu thực nghiệm, trong bài báo tác giả trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm để khảo sát về sự ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật đến khả năng trút/tụt liệu trên xe khi cầu nâng làm việc.

## 2. Phương pháp và thiết bị nghiên cứu

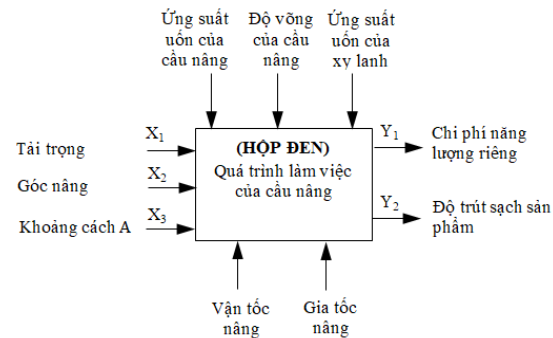
- *Phương pháp nghiên cứu:* Phương pháp quy hoạch hóa thực nghiệm được tiến hành theo kế hoạch lập ra từ trước với sự thay đổi đồng thời của các yếu tố cho phép xác lập mức độ tương tác/tương quan giữa các yếu tố đầu vào và các yếu tố đầu ra. Các tín hiệu/thông số đầu ra dùng để đánh giá đối tượng là véc tơ  $Y = (Y_1, Y_2)$ . Chúng thường được gọi là các hàm mục tiêu. Biểu diễn hình học của các hàm mục tiêu được gọi là mặt đáp ứng (bề mặt biểu diễn) [5].

Trong nghiên cứu này do đối tượng nghiên cứu của quy hoạch thực nghiệm thường là những hệ phức tạp, với cơ chế chưa được hiểu biết đầy đủ nhờ các mô hình lý thuyết, nên có thể hình dung chúng như một “hộp đen” trong hệ thống điều khiển gồm các thông số đầu vào và đầu ra như Hình 1 [5].

Mục tiêu của quy hoạch thực nghiệm trong nghiên cứu này nhằm giảm đáng kể số lượng thí nghiệm cần thiết, giảm thời gian tiến hành thí nghiệm và chi phí phương tiện vật chất.

Khi xét đến bài toán quy hoạch thực nghiệm đối với cầu nâng lật xe chở sắn, yêu cầu trong quá trình cầu nâng hoạt động cần phải ổn định, sắn trên xe phải

được trút sạch và chi phí năng lượng điện thấp nhất để đảm bảo bài toán kinh tế, vì vậy khi nghiên cứu cần thiết lập “hộp đen” cho bài toán như trên Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ “hộp đen” cho bài toán nghiên cứu [4,5]

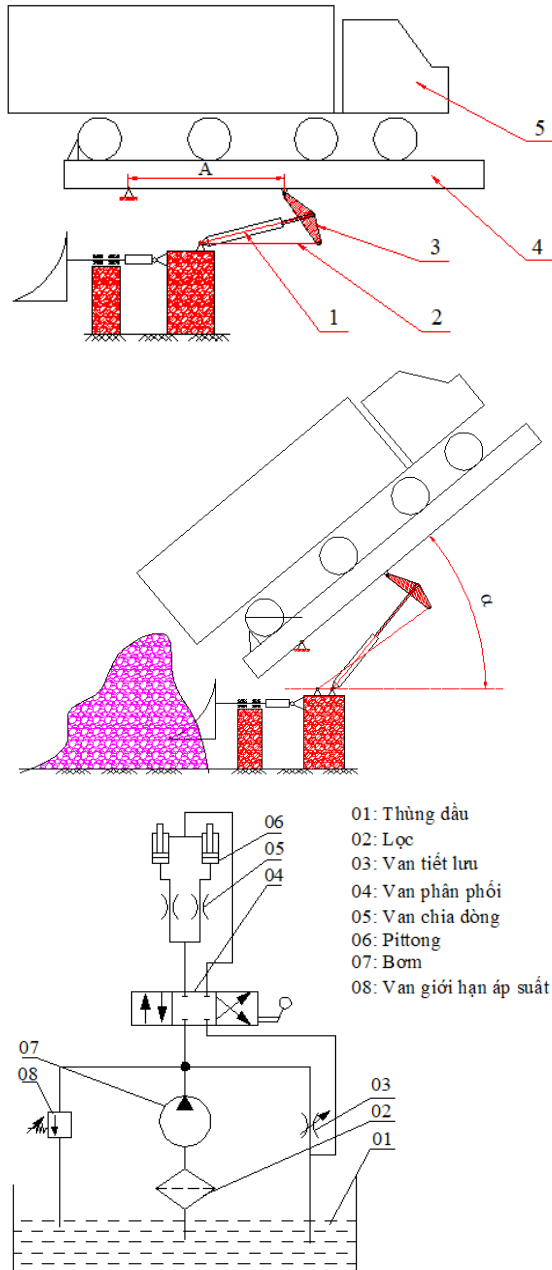
Khi đó việc lựa chọn các thông số đầu vào ảnh hưởng tới độ ổn định và chất lượng làm việc (trút sạch sắn) của cầu nâng hết sức quan trọng. Ở đây các yếu tố kết cấu, công nghệ ảnh hưởng tới quá trình làm việc của cầu nâng bao gồm như độ bền kết cấu, ứng suất uốn, ứng suất nén, ứng suất xoắn của cầu nâng, độ võng của cầu nâng, độ bền uốn dọc của xy-lanh, khoảng cách  $A$  từ tâm quay tới điểm đặt xy-lanh, góc nâng, vận tốc nâng, gia tốc nâng,... Tuy nhiên trong quy hoạch thực nghiệm thì việc lựa chọn thông số đầu vào cần được chọn sao cho các biến đầu vào đó có thể kiểm tra được, điều khiển được, và có thể điều chỉnh theo “dự định”. Ngoài ra các yếu tố đầu vào còn phải là các yếu tố định lượng, có hiệu ứng ảnh hưởng rõ nét đến hàm mục tiêu đánh giá hành vi đối tượng nghiên cứu. Bởi vậy đối với bài toán trong nghiên cứu này chọn các thông số đầu vào như  $X_1$ : tải trọng nâng;  $X_2$ : góc nâng;  $X_3$ : khoảng cách  $A$  từ tâm quay tới điểm đặt xy-lanh, để khảo sát miền tối ưu cho quá trình nâng trút sắn (Hình 1).

- *Thiết bị nghiên cứu:* Thiết bị nghiên cứu được đề cập ở đây là hệ thống thiết bị nâng, lật xe chở sắn sử dụng truyền động và điều khiển thủy lực có kích thước phù hợp/sử dụng được cho loại xe thùng 4 chân lớn nhất sử dụng khi chở sắn củ tươi trong các nhà máy mà không có ben nâng đã được tác giả khảo sát từ thực tiễn [5] (Hình 2).

## 3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

Trên cơ sở tính toán lý thuyết đối với cầu nâng lật xe chở sắn củ có điều khiển truyền động thủy lực đã được tác giả trình bày trong một số công trình nghiên cứu khác cho kết quả tính toán cầu nâng với tải trọng nâng khoảng 60 tấn đảm bảo độ bền về kết cấu với các thông số kỹ thuật tính toán được như: chiều cao nâng lật xe là 2.200 mm, chiều rộng của cầu nâng lật xe là 3.000 mm, chiều dài cầu nâng lật xe là 9.000 mm, góc nâng tính toán 45°, áp suất làm việc của xy-lanh 200 kg/cm<sup>2</sup>, hành trình xy-lanh là 1.500 mm, qua đó đánh giá được độ võng của dầm, độ uốn của dầm đều nhỏ hơn nhiều giá trị giới hạn cho phép,... từ kết quả của các thông số này làm cơ sở để đưa vào tiến hành

ngiên cứu lý thuyết, thực nghiệm, xem xét ảnh hưởng của nhiều thông số xác định các yếu tố ảnh hưởng chính bằng cách sử dụng quy hoạch trực giao đối xứng cho 3 yếu tố: tải trọng của xe chờ sẵn tác dụng lên cầu nâng, góc nâng của cầu nâng, khoảng cách  $A$  từ tâm quay của cầu nâng tới điểm đặt xy-lanh (điểm đặt lực), mỗi yếu tố tiến hành tại các mức (-1, 0, +1) như Bảng 1 [4,5].



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý, kết cấu thiết bị thí nghiệm: hệ thống cầu nâng-lật xe chờ sẵn củ truyền động và điều khiển thủy lực, quy mô 450-500 tấn củ/ngày [1-3,5-7]

1- Xy-lanh thủy lực; 2- Thanh liên kết; 3- Cơ cấu nâng;  
4- Cầu nâng lật xe; 5- Xe ô tô chờ sẵn.

Bảng 1. Giá trị mã hóa các yếu tố thực nghiệm [5]

Biến số	Kí hiệu	Đơn vị	Ký hiệu giá trị mã hóa		
			-1	0	+1
Khối lượng/tải trọng	$X_1$	Kg	40000	50000	60000
Góc nâng	$X_2$	Độ	35	40	45
Khoảng cách $A$	$X_3$	mm	3000	4000	5000

Bảng 2. Giá trị mã hóa của các thí nghiệm [5]

STT	Khối lượng $X_1$ (Kg)	Góc nâng $X_2$ (Độ)	Khoảng cách $A$ $X_3$ (mm)	Chi phí năng lượng riêng $Y_1$ (kW/h)	Độ trút sạch sản phẩm $Y_2$ (%)
1	0	0	0	6,93	99,42
2	-1	-1	0	7,32	98,48
3	0	0	0	6,87	99,32
4	0	+1	-1	7,32	98,38
5	0	-1	-1	7,35	98,24
6	0	0	0	6,84	99,55
7	-1	+1	0	7,15	98,51
8	0	+1	+1	7,24	98,85
9	0	0	0	6,95	99,72
10	-1	0	+1	6,8	99,86
11	0	0	0	6,98	99,21
12	+1	0	-1	6,92	99,84
13	+1	+1	0	7,42	98,17
14	+1	-1	0	7,3	98,46
15	+1	0	+1	6,93	99,85
16	-1	0	-1	7,2	98,76
17	0	-1	+1	7,21	98,76

Từ các thí nghiệm sơ bộ thấy rằng, các điều kiện tối ưu nằm trong miền biến đổi của các thông số. Ở đây tác giả sử dụng quy hoạch trực giao cấp 2, tiến hành lập bảng thí nghiệm đầy đủ với  $k=3$  thì tổng số thí nghiệm (Bảng 2):

$$N = 2^k + n_0 + 2k = 17$$

trong đó:  $N$ - số lượng thí nghiệm;  $k$ - số yếu tố ảnh hưởng;  $2^k$  - thí nghiệm của quy hoạch trực giao cấp  $I$ ;  $n_0$  - thí nghiệm tại tâm miền quy hoạch;  $2k$ - thí nghiệm tại các điểm “sao” [4,5].

Từ thực nghiệm đơn yếu tố như trên, tác giả xây dựng mô hình quy hoạch thực nghiệm gồm 17 thí nghiệm với 2 hàm mục tiêu là chi phí năng lượng riêng ( $Y_1$ ), độ trút sạch sản phẩm ( $Y_2$ ). Mối tương quan giữa các yếu tố được mã hóa như ở Bảng 2.

Từ kết quả nghiên cứu tác động của từng yếu tố khối lượng, góc nâng, khoảng cách  $A$ , dựa vào phần mềm thống kê để phân tích các hệ số hồi qui, bề mặt đáp ứng và tối ưu hóa với thuật toán hàm mong đợi, tác giả thiết lập mô hình nghiên cứu tác động của 3 yếu tố đến chi phí năng lượng riêng, độ trút sạch sản phẩm. Phần mềm đã đưa ra mô hình mã hóa cho 3 yếu tố ảnh hưởng với hàm mục tiêu là  $Y_1$ ,  $Y_2$ , tạo thành, thu được kết quả như Bảng 2.

Kết quả thu được từ 17 thí nghiệm nêu trong Bảng 2 được mã hóa đưa vào phần mềm thống kê để đánh giá sự phù hợp và có nghĩa của mô hình. Trên phần mềm tiến hành phân tích sự có nghĩa của các hệ số và sự thích ứng của mô hình được mô phỏng bằng phân tích phương sai (Bảng 3, Bảng 4) [5].

**Bảng 3. Kết quả phân tích ANOVA đối với chi phí năng lượng riêng [5]**

Thông số	Phương sai	Chuẩn F	Giá trị P
Model	0,65	13,49	0,0012
$X_1$	1,250E-003	0,23	0,6427
$X_2$	3,125E-004	0,059	0,8155
$X_3$	0,047	8,74	0,0212
$X_1X_2$	0,021	3,95	0,0872
$X_1X_3$	0,042	7,90	0,0261
$X_2X_3$	9,000E-004	0,17	0,6932
$X_1^2$	4,585E-003	0,86	0,3841
$X_2^2$	0,52	97,22	< 0,0001
$X_3^2$	1,012E-003	0,19	0,6759
Residual	0,037		
Lack of Fit	0,024	2,39	0,2090
Pure Error	0,013		
Cor Total	0,68		

**Bảng 4. Kết quả phân tích ANOVA đối với độ trút sạch sản phẩm [5]**

Thông số	Phương sai	Chuẩn F	Giá trị P
Model	5,45	9,51	0,0036
$X_1$	0,063	0,99	0,3529
$X_2$	1,125E-004	1,767E-003	0,9676
$X_3$	0,55	8,66	0,0216
$X_1X_2$	0,026	0,40	0,5461
$X_1X_3$	0,30	4,67	0,0676
$X_2X_3$	6,250E-004	9,819E-003	0,9238
$X_1^2$	3,800E-004	5,970E-003	0,9406
$X_2^2$	4,46	70,11	< 0,0001
$X_3^2$	0,086	1,35	0,2829
Residual	0,45		
Lack of Fit	0,29	2,42	0,2060
Pure Error	0,16		
Cor Total	5,89		

**Bảng 5. Kết quả phân tích sự phù hợp của các yếu tố [5]**

Chi phí năng lượng riêng		Độ trút sạch sản phẩm	
Thông số	Giá trị	Thông số	Giá trị
$R^2$ (R-Squared)	0,9455	$R^2$	0,9244
$R^2$ (Adj R-Squared)	0,8754	$R^2$ (Adj R-Squared)	0,8272
$R^2$ (Pred R-Squared)	0,4094	$R^2$ (Pred R-Squared)	0,1778
Adeq Precision	10,837	Adeq Precision	9,219

*Đánh giá chi phí năng lượng riêng:*

Chuẩn  $F$  của mô hình là 13.49 cho thấy mô hình hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,88% ( $p < 0,0012$ ). Chuẩn  $F$  cho sự không tương thích (Lack of fit) của mô hình là 2,39 ( $p = 0,2090$ ) cho thấy mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm[5]. Hệ số tương quan bội  $R^2$  ( $R$ -Squared) của mô hình bằng 0,9455 cho thấy mô hình mô phỏng đúng với thực nghiệm (Bảng 5) [5]. Như vậy chi phí năng lượng riêng

của hệ thống cầu nâng khi làm việc được biểu diễn bằng mô hình bậc 2 thông qua phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng của 3 thông số công nghệ trong quá trình làm việc[5]:

$$Y_1 = 6,91 + 0,012X_1 - 6,250E - 003X_2 - 0,076X_3 + 0,073X_1X_2 + 0,1X_1X_3 + 0,015X_2X_3 + 0,33X_1^2 + 0,35X_2^2 + 0,015X_3^2$$

Đồ thị trong Hình 3 biểu diễn mối quan hệ của các yếu tố và đánh giá sự tương tác của các yếu tố và ảnh hưởng của chúng đến hàm mục tiêu như Hình 3.

Từ đồ thị cho thấy, sự tác động của lưu lượng quạt và số vòng quay của sàng ảnh hưởng rõ ràng đến khảo sát góc nâng của cầu nâng và khối lượng của xe chờ sẵn cù tác dụng lên cầu nâng ta thấy bề mặt biểu diễn có tính hội tụ cao.

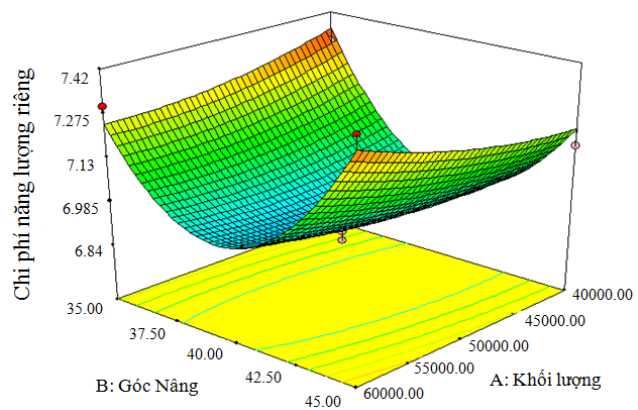
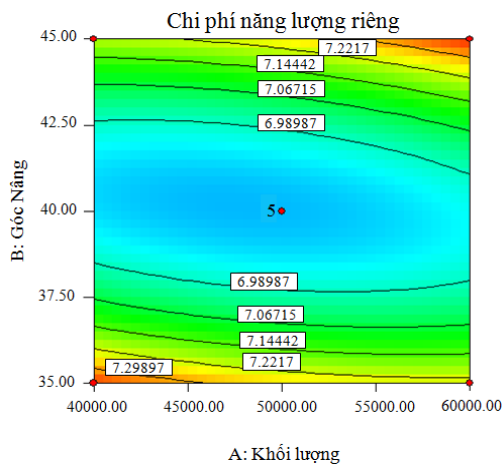
*Đánh giá độ trút sạch sản phẩm:*

Đối với mô hình đánh giá độ trút sạch sản phẩm cho thấy chuẩn F của mô hình là 9,51 cho thấy mô hình

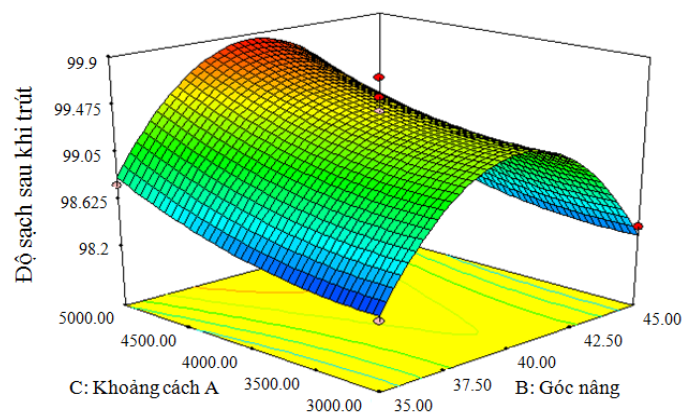
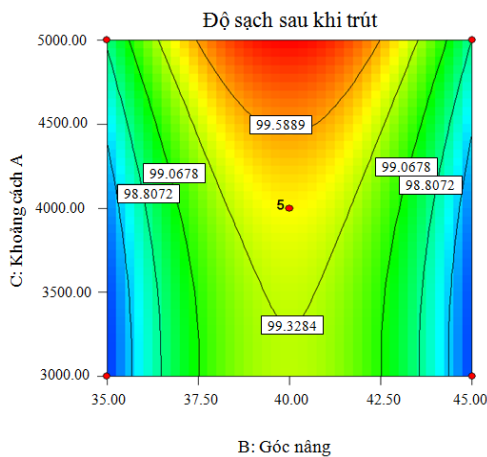
hoàn toàn có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,64% ( $p < 0,0036$ ). Chuẩn F cho sự không tương thích (Lack of fit) của mô hình là 2,42 ( $p = 0,2060$ ) cho thấy mô hình hoàn toàn tương thích với thực nghiệm. Hệ số tương quan bội  $R^2$  (R-Squared) của mô hình bằng 0,9244 cho thấy mô hình mô phỏng đúng với thực nghiệm (Bảng 5). Vì thế độ trút sạch sản phẩm khi làm việc được biểu diễn bằng mô hình bậc 2 thông qua phương trình hồi quy thực nghiệm biểu diễn ảnh hưởng của 3 thông số công nghệ trong quá trình làm việc (nâng trút sản phẩm) [5]:

$$Y_2 = 99,44 + 0,089X_1 - 3,750E - 003X_2 + 0,26X_3 - 0,08X_1X_2 - 0,27X_1X_3 - 0,013X_2X_3 - 9,500E - 003X_1^2 - 1,03X_2^2 + 0,14X_3^2$$

Đồ thị trong Hình 4 biểu diễn mối quan hệ của các yếu tố như góc nâng, khoảng cách A, khối lượng xe chờ sẵn và đánh giá sự tương tác của các yếu tố đó cùng với ảnh hưởng của chúng đến hàm mục tiêu như Hình 4 [5]



Hình 3. Đồ thị dạng contour (2D) và dạng 3D xác định chi phí năng lượng riêng trong điều kiện góc nâng của cầu nâng (độ), khối lượng xe chờ sẵn (kg) thay đổi và khoảng cách A cố định [5].



Hình 4. Đồ thị dạng contour (2D) và dạng 3D xác định độ trút sạch sản phẩm trong điều kiện góc nâng của cầu nâng (độ), khoảng cách A (mm) thay đổi và khối lượng của xe chờ sẵn cố định [5].

Qua đồ thị Hình 4 cho thấy, sự tác động của góc nâng và khoảng cách  $A$  ảnh hưởng rõ ràng đến độ trút sạch sản phẩm. Trong khoảng biến thiên khảo sát như trên đồ thị ta thấy bề mặt biểu diễn “lồi” có tính hội tụ cao.

*Tối ưu hóa:*

Tác giả sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng theo thiết kế thí nghiệm của Box - Behnken với ba biến cấp độ. Các số liệu thu được từ việc đánh giá chi phí năng lượng và độ trút sạch sản phẩm được xử lý trên phần mềm Design- Expert 7.0 (Stat-Ease Inc, Minneapolis, USA) ANOVA được dùng để đánh giá kết quả thu được. Tiến hành giải bài toán tối ưu theo phương pháp “hàm mong đợi”. Sử dụng phần mềm Design-Expert 7.0 để tiến hành tối ưu hóa nhằm xác định được giá trị của ba yếu tố mà tại đó chi phí năng lượng là nhỏ nhất và độ trút sạch sản phẩm là cao nhất (lớn nhất). Áp dụng phương pháp phân tích hồi quy các số liệu thực nghiệm, thu được mô hình dạng phương

trình toán, từ đó tìm được 6 phương án (Bảng 6). Trong đó, phương án tối ưu nhất đánh giá độ trút sạch sản phẩm tối đa theo mô hình (đạt  $\approx 99,81\%$ ), chi phí năng lượng riêng (đạt  $\approx 6,88$  kW/h) là phương án số 1 có hiệu suất phỏng đoán đạt giá trị cao nhất ( $\approx 0,86$ ) với các yếu tố: Khối lượng 57242,7 kg; góc nâng khi làm việc 39,88°; khoảng cách  $A$  là 5000 mm[5].

Bảng 6 cho thấy giá trị tối ưu do phần mềm chọn tại điểm có số tự tự là 1 có hiệu suất phỏng đoán cao nhất cho chất lượng làm việc của hệ thống mong đợi tối ưu hơn cả. Tuy nhiên do phương pháp mặt đáp ứng được thiết lập dựa trên một số lượng hữu hạn các thực nghiệm, dẫn đến có những điểm không phản ánh đúng giá trị thực của hàm mục tiêu. Để kiểm tra tính đúng đắn của phương pháp, tác giả tiến hành kiểm chứng bằng thực nghiệm tại điểm tối ưu đạt hàm mong đợi cao nhất từ 6 phương án mà thuật toán đưa ra trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả chạy kiểm tra mô hình của thuật toán tối ưu [5]

TT	Khối lượng (Kg)	Góc nâng (Độ)	Khoảng cách $A$ (mm)	Chi phí năng lượng điện (kW/h)	Độ trút sạch SP (%)	Hiệu suất phỏng đoán
1	57242,70	39,88	5000,00	6,8803	99,808	0,866
2	56477,42	39,95	5000,00	6,89694	99,7848	0,865
3	53999,92	39,63	3000,13	6,94688	99,6758	0,863
4	53999,92	39,63	3000,13	6,94688	99,6758	0,863
5	55999,96	39,74	3013,77	6,94695	99,6731	0,862
6	49999,92	40,01	3779,01	6,95459	99,5323	0,816



Hình 5. Một số hình ảnh mô tả quá trình khảo nghiệm tại nhà máy sản xuất chế biến tinh bột sắn đối với hệ hống cầu nâng-lật xe chở sắn củ ở trạng thái làm việc để đánh giá độ tin cậy của các thông số tối ưu.

Tiến hành so sánh hàm mục tiêu của thực nghiệm với hàm mục tiêu theo lý thuyết, cho thấy sự sai khác/chênh lệch về các hàm mục tiêu theo phương trình của mô hình và thực nghiệm tương đối nhỏ. Điều này chứng tỏ sự tính toán của mô hình và thực nghiệm tương đối thống nhất và có độ tin cậy cao. Ở đây tác giả lựa chọn giá trị mà thuật toán đưa ra bao gồm: khối lượng 57242,7 kg; góc nâng khi làm việc 39,88°; khoảng cách  $A$  là 5.000 mm là giá trị tối ưu nhất cho quá trình làm việc của cầu nâng xe chở sản củ. Kết quả của các giá trị tối ưu này được lựa chọn để làm cơ sở tiến hành triển khai khảo nghiệm/thực nghiệm kiểm chứng đánh giá lại [5]. Quá trình khảo nghiệm thực tế với chế độ tối ưu trên mô hình có được kết quả như Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả kiểm tra độ tin cậy của số liệu quy hoạch thực nghiệm.

Thông số công nghệ	Đơn vị	Giá trị
Khoảng cách $A$	mm	5.000
Góc nâng	Độ	39,88
Khối lượng xe chở sản	kg	6.0000
Độ trút sạch sản phẩm	%	99,9
Chi phí năng lượng riêng	kW/h	6,9

Kết quả khảo nghiệm (Hình 5) thực tế đã kiểm tra đánh giá mức độ ổn định về kết cấu của hệ thống cầu nâng và độ trút sạch sản phẩm ở mỗi góc nâng tương ứng với chiều cao nâng khác nhau tùy thuộc vào loại sản, chất lượng sản (khô, ướt, tỷ lệ tạp chất, loại sản,...). Kết quả khảo nghiệm như trên Hình 5 cho các thông số đầu vào tối ưu tìm được như trên Bảng 6 cho thấy với tải trọng nâng trong tối đa 6.0000 kg (60 tấn), hệ thống cầu nâng có thể nâng trút sạch sản phẩm ở vị trí góc nâng làm việc khoảng 40°. Khi đó chi phí năng lượng riêng chỉ tiêu tốn 6,9 kW/h.

#### 4. Kết luận

Nhờ phương pháp quy hoạch thực nghiệm tác giả đã xây dựng mô hình hồi quy thực nghiệm nhằm lựa chọn tối ưu các thông số công nghệ, các thông số kết cấu của hệ thống cầu nâng lật xe. Kết quả trên mô hình hồi quy và kết quả khảo nghiệm thực tế có sự tương đồng và mức chênh lệch không nhiều. Qua đó cho thấy từ quá trình tính toán, thiết kế, chế tạo đến quá trình lựa chọn các thông số công nghệ là hợp lý. Kết quả tìm

được các thông số tối ưu cho cầu nâng-lật xe như: khoảng cách  $A$  5.000 mm, góc nâng 39,88°, tải trọng nâng 60.000 kg, độ trút sạch sản phẩm 99,9%, chi phí năng lượng riêng 6,9 kW/h.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Đình Tùng, Đỗ Thị Thanh Xuân, Nghiên cứu lựa chọn kết cấu và xây dựng mạch điều khiển truyền động thủy lực cho hệ thống nâng trút sản củ tải trọng 30-60 tấn, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Số 18 (2018) 23-29.
- [2] Tung Nguyen Dinh, An investigation of lifting and discharging cassava roots system using hydraulic transmission, International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) Volume 9, Issue 11, (2018) 297-308.
- [3] Bùi Hải Triều, Nguyễn Đình Tùng, Truyền động và điều khiển thủy lực ứng dụng, 45-51, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội, lần 1 2018.
- [4] Phạm Văn Lang, Bạch Quốc Khang, Cơ sở lý thuyết quy hoạch thực nghiệm và ứng dụng trong kỹ thuật nông nghiệp, 8-10, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 1998.
- [5] Nguyễn Đình Tùng, Nguyễn Văn Tiến và cs, Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo hệ thống cầu nâng-lật xe chở sản củ có điều khiển, truyền động thủy lực phục vụ cho nhà máy chế biến sản quy mô 450 ÷ 500 tấn củ/ngày, Đề tài MS 003.18.ĐT.BO/HĐKH-CN-2018, Bộ Công Thương.
- [6] Nguyễn Đình Tùng, Nghiên cứu phân tích kết cấu hệ thống cầu nâng lật xe chở sản củ trên mô hình số, Kỷ yếu hội nghị khoa học và công nghệ Toàn quốc về Cơ khí lần thứ V, Trường Đại học công nghiệp Hà Nội (2018) 1085-1091.
- [7] Dinh Tung Nguyen, Van Tan Nguyen, Lifting and discharging the cassava roots system for hydraulic transmission, Proc. In The First International Conference on Fluid Machinery and Automation Systems (ICFMAS 2018), on 27th – 28th October 2018 at Hanoi University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam, (2018) 474-479.
- [8] Spackman, H., Mathematical analysis of actuator forces in a scissor lift. Naval Command, Control and Ocean Surveillance Center. San Diego, CA 92152-5001, USA, 1994, pp. 3-11.
- [9] Columbus Mckinnon, Hydraulic lifting tables-standard and high class solutions, 2012, pp. 4-5. www.cmco.eu/pfaff-silberblau.
- [10] C. Nitereka, R. Ostrowski, J. Pawl, Compact roll-off trailer configurations for containerhauling applications. US 2008/0056868 A1, 2008, pp. 3-5