

# THIẾT KẾ BỐ TRÍ NHÀ XƯỞNG BẰNG MÔ PHỎNG VỚI ARENA PLANT LAYOUT DESIGN USING ARENA SIMULATION

Võ Trọng Cang

Trường ĐH Bách Khoa, ĐHQG TpHCM

## TÓM TẮT

Trước đây đã có khá nhiều kỹ thuật thiết kế bố trí mặt bằng nhà máy công nghiệp. Phổ biến nhất là CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique). Tuy nhiên, CRAFT chỉ tìm kết quả dựa trên tổng chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng là nhỏ nhất, mà không tính đến tổng thời gian trong hệ thống, thời gian chờ, thời gian sử dụng. Do đó, kỹ thuật mô phỏng kết hợp với Microsoft Visual Basic (VB) được sử dụng để phát triển hệ thống thiết kế bố trí nhà máy. VB giúp kết nối hệ thống thiết kế với hệ thống mô phỏng trong Arena cũng như hỗ trợ báo cáo kết quả.

**Từ khoá:** Bố trí mặt bằng, mô phỏng, Arena

## ABSTRACT

In the past, there were many techniques to design the layout of an industrial plant. The most popular was CRAFT (Computerize Relative Allocation Facilities Technique). However, CRAFT just finds the results based only the minimum total transfer cost between departments, but not considers other parameters such as the total time in the system, the waiting time, and utilization time. Therefore, simulation techniques in conjunction with Microsoft Visual Basic (VB) is used to develop the system of plant layout design. VB helps the designing system to connect with the Arena simulation system as well as to support the outcome report.

**Keywords:** Layout design, ARENA, Simulation

## 1. GIỚI THIỆU

Trước đây, đã có rất nhiều kỹ thuật thiết kế bố trí nhà máy công nghiệp. Phổ biến nhất là CRAFT (Computerized Relative Allocation Facilities Technique) – Tạm dịch là “Kỹ thuật định vị tương đối bằng máy tính”. Tuy nhiên kết quả từ CRAFT còn hạn chế. Kết quả của thiết kế này chỉ cho ra tổng chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng là nhỏ nhất. Tính toán này dựa trên phương trình (1) sau đây:

$$\text{Minimize } C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n (f_{ij} \cdot c_{ij} \cdot d_{ij}) \quad (1)$$

trong đó:

C- tổng chi phí vận chuyển;

$f_{ij}$ - là tốc độ vận chuyển từ phân xưởng i tới phân xưởng j;

$c_{ij}$ - là chi phí vận chuyển từ phân xưởng i tới phân xưởng j;

$d_{ij}$ - là khoảng cách từ phân xưởng i tới phân xưởng j (tính từ tâm phân xưởng).

Nếu khoảng cách giữa hai phân xưởng là đường thẳng góc thì  $d_{ij}$  được tính theo công thức (2):

$$d_{ij} = |\Delta x| + |\Delta y| \quad (2)$$

Nếu như khoảng cách giữa hai phân xưởng là đường xiên thì  $d_{ij}$  được tính theo công thức (3):

$$d_{ij} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} \quad (3)$$

Để tính khoảng cách giữa các phân xưởng, tâm của mỗi phân xưởng được tính bằng cách sử dụng phương trình (4) và (5) dưới đây:

$$X = \frac{1}{A} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} x dx dy = \frac{1}{2A} (x_2^2 - x_1^2) \cdot (y_2 - y_1) \quad (4)$$

$$Y = \frac{1}{A} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} y dy dx = \frac{1}{2A} (y_2^2 - y_1^2) \cdot (x_2 - x_1) \quad (5)$$

trong đó:

A – tổng diện tích của các phân xưởng;

$x_1, y_1$  – hoành độ và tung độ của phân

xưởng 1;

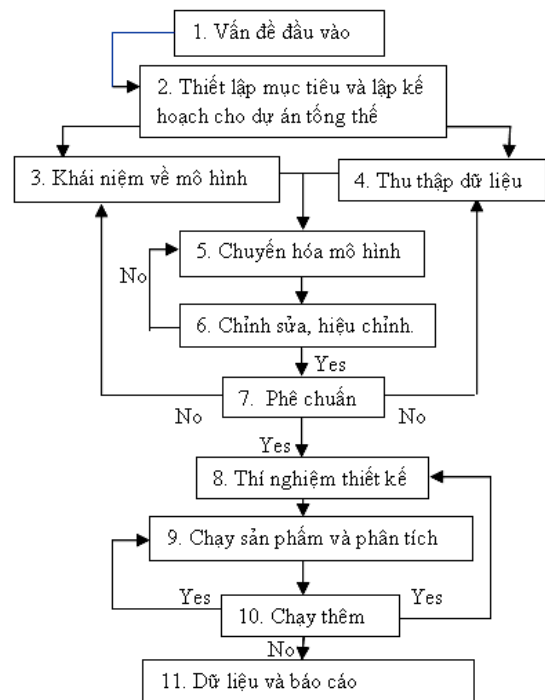
$x_2, y_2$  - hoành độ và tung độ của phân

xưởng 2.

Dựa trên những sự tính toán này, kết quả thiết kế sẽ hiển thị ra chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng. Kết quả thiết kế tốt có nghĩa là chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng nhỏ. Tuy nhiên, có những thông số chưa được đề cập như: tổng thời gian trong hệ thống, thời gian chờ và thời gian sử dụng.

## 2. KỸ THUẬT MÔ PHỎNG

Mô phỏng liên quan tới nhiều phương pháp và ứng dụng dựa vào phản ứng của những hệ thống thật. Mô phỏng thường được thực hiện trên máy tính với sự hỗ trợ của một phần mềm tương ứng. Ngày nay, mô phỏng được phổ biến và mạnh mẽ hơn bao giờ hết vì máy tính và phần mềm đã rất phát triển. Sự mô phỏng có rất nhiều vấn đề đang có nhiều xu hướng phát triển như ở hình 1 sau.



Hình 1 – Sơ đồ quá trình mô phỏng một sản phẩm.

## 3. MÔ PHỎNG VỚI ARENA

ARENA, phần mềm mô phỏng của công ty phần mềm ROCKWELL, là phần mềm mô phỏng kết hợp dễ dàng sự mô phỏng ở mức cao với ngôn ngữ mô phỏng linh hoạt giống như hệ thống chương trình của Microsoft Visual Basic (VB). Nó làm điều này bằng cách cung cấp sự thay thế và hoán đổi những mô hình mô phỏng bằng các mẫu đồ họa và phân tích các mô-đun do bạn kết hợp để xây dựng nhiều loại hình mô phỏng. Để tiện hiển thị và quản lý, những mô-đun mẫu tùy loại được phân nhóm thành các bảng để biên soạn thành các khung mẫu. Khi tắt bảng này, ta có thể tiếp cận tất cả những mẫu cấu trúc mô phỏng và khả năng của nó.

## 4. MÔ PHỎNG THIẾT KẾ MẶT BẰNG

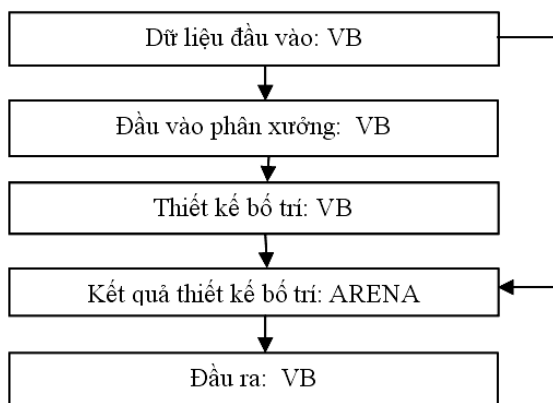
Để tránh các thông tin bị bỏ qua như trong phương pháp thiết kế bố trí truyền thống, kỹ thuật mô phỏng được thêm để xử lý nhiều thông tin hơn như: tổng thời gian trong hệ thống, thời gian chờ và thời gian sử dụng. Công việc này được thực hiện nhờ phần mềm máy tính với mô-đun thiết kế bố trí nhà máy. Những mô-đun này được phát

triển dựa trên chương trình VB. Đầu tiên, một giao diện đồ họa của VB cho phép nhập dữ liệu đầu vào (như: loại sản phẩm, số lượng sản phẩm, danh sách các phân xưởng, kích thước phân xưởng) đến từ biểu đồ. Sau đó, mô-đun thiết kế bố trí nhà máy được gọi ra. Mô-đun này cũng được phát triển dựa trên VB và tính các hoán đổi giữa các phân xưởng nhằm đạt được tổng chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng là nhỏ nhất. Số lần hoán đổi M được tính bằng công thức (6):

$$M = \frac{N(N-1)}{2} \quad (6)$$

với N - là số phân xưởng.

Sau mỗi sự hoán đổi, tổng chi phí vận chuyển được ghi nhận. Sau lần hoán đổi cuối cùng, phương án thiết kế bố trí nhà máy được liệt kê theo tổng chi phí vận chuyển nhỏ nhất. Kế đến, gọi kết nối giữa mô-đun thiết kế và mô-đun mô phỏng. Chương trình kết nối, bằng VB, sẽ xuất kết quả từ mô-đun thiết kế sang mô-đun mô phỏng. Quá trình này được biểu diễn như trong hình 2.



Hình 2. Kết hợp ARENA-VB

Ở mô-đun mô phỏng, ta dùng ARENA để tính tổng thời gian trong hệ thống, thời gian chờ, hoặc thời gian sử dụng từ mô-đun thiết kế (bố trí nhà máy) trước đó. Cuối cùng, kết quả từ ARENA được gửi ngược lại để VB tổng hợp ra báo cáo.

## 5. THIẾT KẾ BỐ TRÍ NHÀ MÁY

Trong mô-đun thiết kế bố trí nhà máy này, có nhiều dữ kiện đầu vào cần thiết cho việc tìm một bố trí nhà máy tối ưu như: tổng thời gian, số phân xưởng, diện tích phân xưởng, vị trí phân xưởng, số sản phẩm, tỉ giá sản xuất của mỗi sản phẩm, chuỗi sản xuất của mỗi sản phẩm và tỉ giá của mỗi chuỗi [8]. Sau đó, tất cả các dữ kiện đầu vào sẽ được tính toán tổng chi phí vận chuyển từ bố trí nhà máy ban đầu. Kế đến, tổng chi phí vận chuyển mới của cách bố trí nhà máy mới mà một phân xưởng được trao đổi với một phân xưởng khác được tính toán. Cuối cùng, sau khi toàn bộ sự trao đổi được hoàn tất, tổng chi phí vận chuyển nhỏ nhất được lựa chọn, tương ứng với phương án bố trí nhà máy tốt nhất. Trình tự tính toán được tóm tắt như sau:

► Hộp thoại thiết lập ban đầu (*Initialization*): hỏi tổng diện tích và số phân xưởng trong nhà máy:

Layout Data	
Problem Name:	Facility Layout
Number Depts.:	5
Dimension :	m

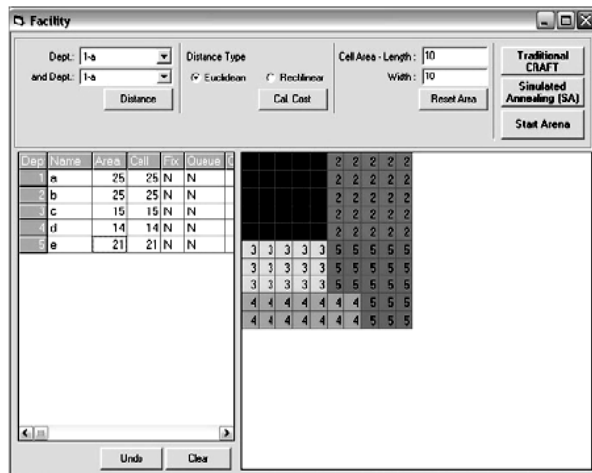
  

Facility Information	
Scale-m/unit	1
Length-m	10
Width-m	10
Area-sq.m	100

Arena Initial OK Cancel

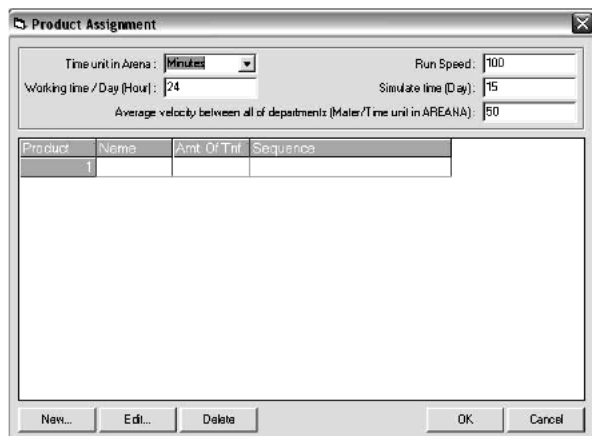
Hình 3 – Hộp thoại nhập kích thước phân xưởng.

► Hộp thoại bố trí mặt bằng (*Facility*): hỏi diện tích của mỗi phân xưởng, thông tin từ mỗi phân xưởng, và vị trí của mỗi phân xưởng trong nhà máy.



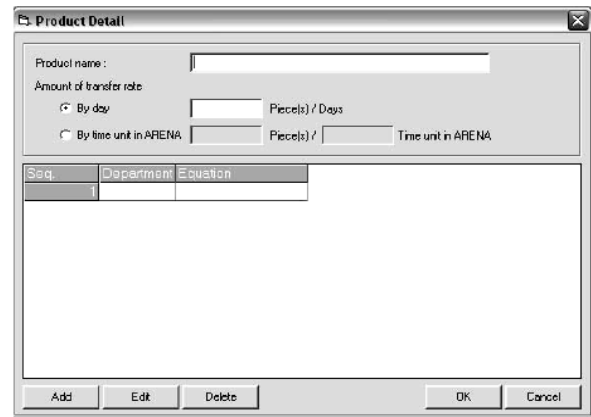
Hình 4 – Hộp thoại nhập vị trí phân xưởng.

► Hộp thoại nhiệm vụ sản xuất (Product Assignment): hỏi số sản phẩm, sản lượng của mỗi sản phẩm và chuỗi công đoạn của phân xưởng mà mỗi sản phẩm cần đi qua.



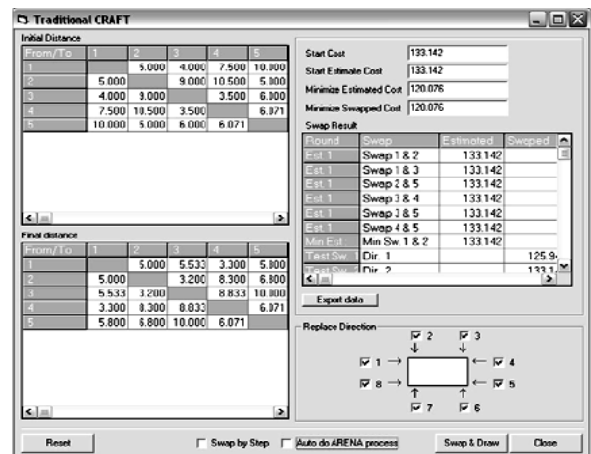
Hình 5 – Hộp thoại nhập sản lượng của sản phẩm.

► Hộp thoại chi tiết sản phẩm (Product detail): hỏi hệ số vận chuyển sản xuất của mỗi sản phẩm cho toàn bộ phân xưởng trong nhà máy và thời gian sản xuất ở mỗi phân xưởng.



Hình 6 – Hộp thoại nhập hệ số vận chuyển sản xuất

► Hộp thoại tính toán bố trí mặt bằng (CRAFT):



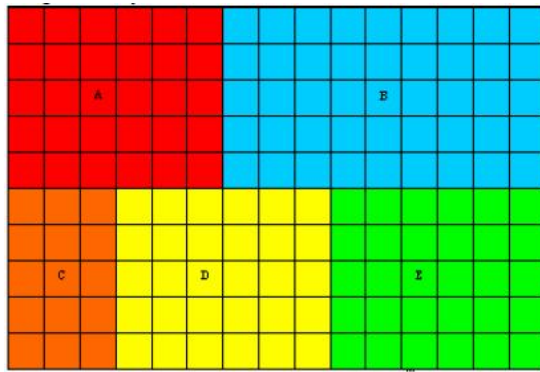
Hình 7 – Hộp thoại tính toán chi phí vận chuyển.

Hộp thoại này tạo ra biểu đồ liên hệ của tất cả phân xưởng và tính toán các chi phí vận chuyển cho bố trí nhà máy ban đầu và tất cả sự hoán đổi có thể có của mỗi phân xưởng. Sau tính toán này, tất cả kết quả hoán đổi sẽ được liệt kê.

Để tính sự trao đổi của phân xưởng này với một phân xưởng khác, có 8 lần hoán đổi cần được thực hiện. Chẳng hạn, sự trao đổi giữa phân xưởng A và phân xưởng B được biểu diễn như sau:

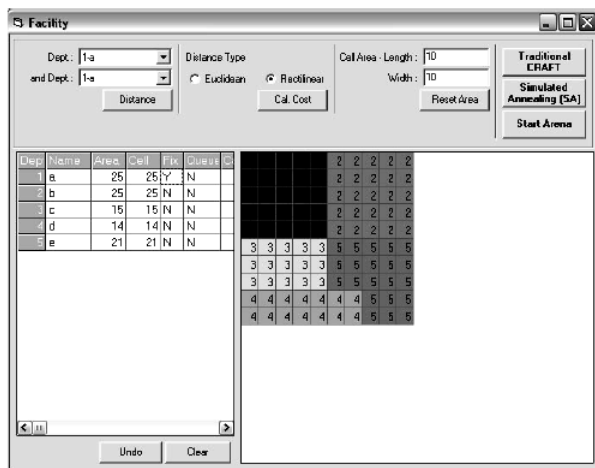
+ Bố trí ban đầu:





Hình 8 – Bố trí ban đầu cho các phân xưởng.

+ Sau một loạt bước tính toán thì cách bố trí cho tổng chi phí vận chuyển nhỏ nhất được hiển thị như sau:

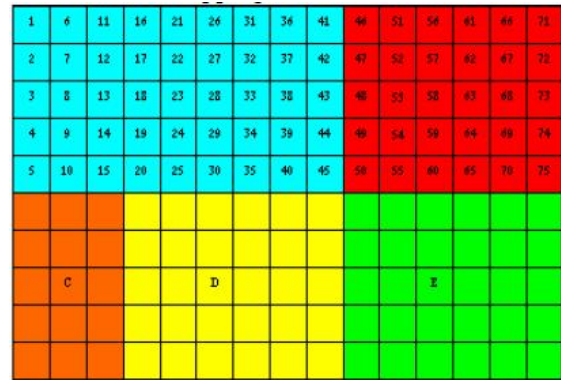


Hình 9 – Hộp thoại thể hiện một sơ đồ bố trí tối ưu.

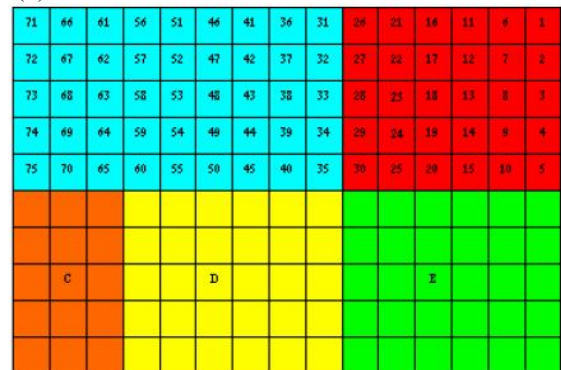
Kết quả từng bước hoán đổi (từ 1 đến 8) giữa hai phân xưởng A và B xem trong các hình 10-a và hình 10-b dưới đây. (1)



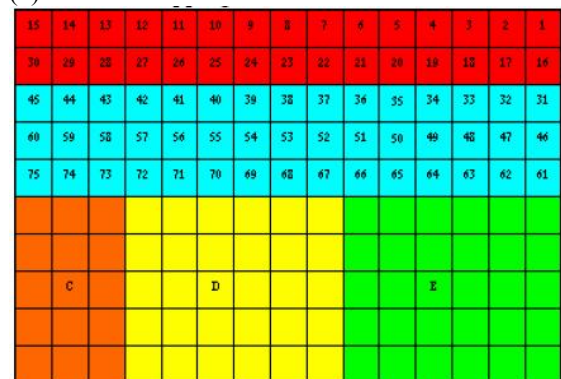
(2)



(3)



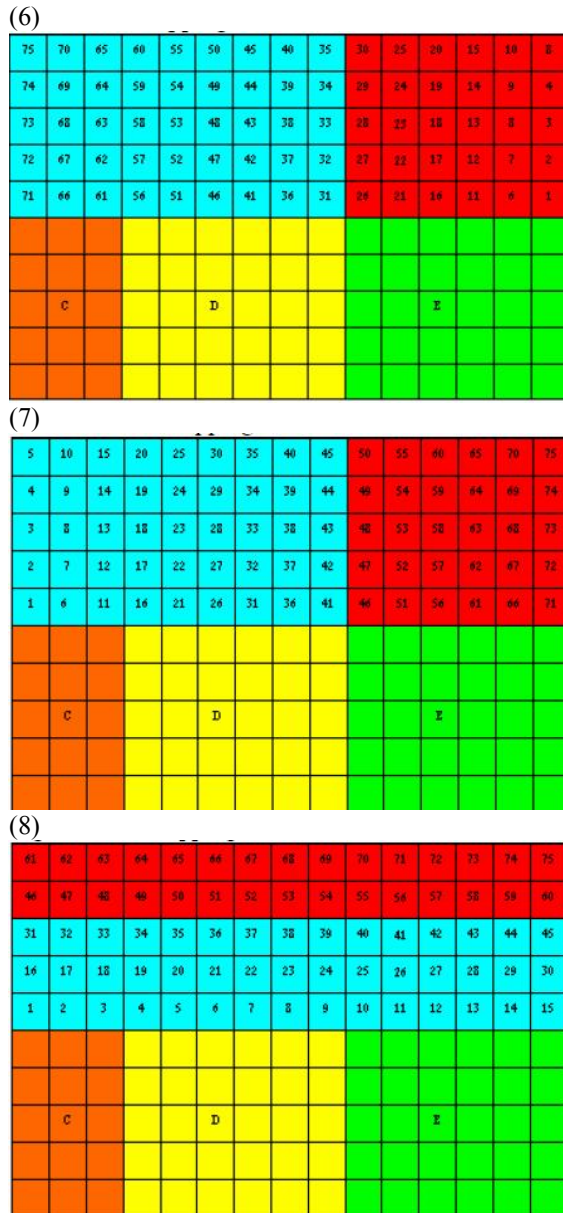
(4)



Hình 10-a. Các bước hoán đổi giữa 2 phân xưởng A và B (các bước từ 1 đến 4).

(5)





Hình 10-b. Các bước hoán đổi giữa 2 phân xưởng A và B (các bước từ 5 đến 8).

## 6. MÔ PHỎNG BỐ TRÍ NHÀ XƯỞNG

Sau khi có được cách thiết kế bố trí phân xưởng tốt nhất, mô-đun mô phỏng được sử dụng để tính toán các thông tin sản xuất như: tổng thời gian, thời gian chờ và thời gian sử dụng của phân xưởng.

### • Khởi động ARENA:

Khởi động mô-đun mô phỏng bằng nút khởi động ARENA. Nút này liên kết giữa VB và Arena.



Hình 11 – Một nút khởi động để bắt đầu mô phỏng.

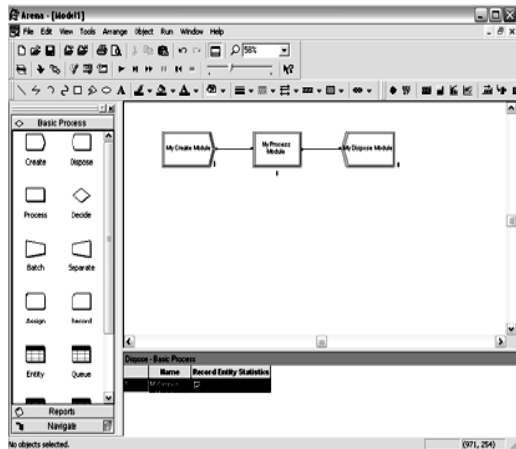
Nút điều khiển này sẽ sử dụng để tạo ra dòng biểu đồ của mô-đun mô phỏng và thông qua tất cả những thông tin đầu vào để định nghĩa một giá trị của mô hình mô phỏng từ VB đến ARENA. Ví dụ về Code của nút điều khiển được đề cập bên dưới.

```
Private Sub Command1_Click()
    Dim arenaApp As Arena.Application
    Dim arenaModel As Arena.Model
    Set arenaApp = CreateObject("Arena.application")
    Set arenaModel = arenaApp.Models.Add
    Dim createmod As Arena.Module
    Dim procmmod As Arena.Module
    Dim disposmod As Arena.Module
    Set createmod = arenaModel.Modules.Create
        ("BasicProcess", "Create", 0, 100)
    createmod.Data("Name") = "MyCreate Module"
    createmod.Data("Value") = "3"
    createmod.Data("Units") = "Minutes"
    Set procmmod = arenaModel.Modules.Create
        ("BasicProcess", "Process", 1000, 100)
    procmmod.Data("Name") = "MyProcess Module"
    procmmod.Data("DelayType") = "Normal"
    procmmod.Data("Value") = "10"
    procmmod.Data("StDev") = "2"
    procmmod.Data("Units") = "Minutes"
    Set disposmod = arenaModel.Modules.Create
        ("BasicProcess", "Dispose", 2000, 100)
    disposmod.Data("Name") = "MyDispose Module"
    createmod.UpdateShapes
    procmmod.UpdateShapes
    disposmod.UpdateShapes
End Sub
Private Sub Form_Load()
End Sub
```

Qua đoạn code này, từ mô-đun thiết kế người dùng sẽ tạo ra mô hình mô phỏng một cách tự động.

### • Biểu đồ dòng Arena:

Từ nút bắt đầu Arena, một biểu đồ dòng Arena sẽ được sử dụng để tính toán thời gian sản xuất và tạo ra kết quả như hình sau:



Hình 12 – Hộp thoại biểu đồ tính thời gian sản xuất

#### • Báo cáo từ Arena.

Sau khi các dòng biểu đồ mô phỏng được hoàn tất, chương trình mô phỏng sẽ tự động chạy và tạo ra bảng báo cáo kết quả như sau:

Entity				
Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CheckEntity	0.00	0.00000000	0.00	0.00
CriticalED	99.21	(insufficient)	19.9938	310.66
EmergencySurgery	119.37	(insufficient)	67.5847	174.94
InpatientDiagnostics	27.7253	(insufficient)	17.3067	40.9074
ModerateED	58.6391	(insufficient)	33.9176	101.81
OutpatientDiagnostics	25.3497	1.63299	0.00	40.8293
ScheduleSurgery	100.61	(insufficient)	76.2778	280.15
SeriousED	67.4364	(insufficient)	6.1265	277.58
NVA Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CheckEntity	0.00	0.00000000	0.00	0.00
CriticalED	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
EmergencySurgery	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
InpatientDiagnostics	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
ModerateED	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
OutpatientDiagnostics	0.00	0.00000000	0.00	0.00
ScheduleSurgery	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
SeriousED	0.00	(insufficient)	0.00	0.00
Visit Time				
VA Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
CheckEntity	0.00	0.00000000	0.00	0.00
CriticalED	28.7593	(insufficient)	0.00	107.01
EmergencySurgery	7.0274	(insufficient)	0.00	49.1921
InpatientDiagnostics	29.7562	(insufficient)	0.00	90.8927
ModerateED	43.6576	(insufficient)	0.00	174.42
OutpatientDiagnostics	22.5130	(insufficient)	0.00	102.63
ScheduleSurgery	5.4180	(insufficient)	0.00	54.1797

Hình 13 – Báo cáo xuất ra trong Arena.

## 7. MÔ-ĐUN BÁO CÁO CỦA VB

Từ báo cáo trong Arena (hình 6), ta thấy có rất nhiều thông tin đầu ra được hiển thị. Vì vậy, chức năng báo cáo của VB được sử dụng cho việc thu thập lại những kết quả

quan trọng từ Arena để hiển thị trong bảng báo cáo của VB. Với sự liên kết này, người sử dụng mô phỏng có được kết quả tốt nhất của phương án bố trí nhà máy. Tất cả các thông tin này được tạo ra một cách trực tiếp.

Product	Name	Amount	Process
W	50	2x2	TRIA(4.8,10)x5
X	75	12x3	TRIA(2.5,7)x5
Y	150	7x4	TRIA(8.12)x5
Z	60	12x3	TRIA(2.5,7)x5

Result	
Entity W VA Time	40.31969
Entity W Wait Time	1147.77768
Entity W Train Time	2.20000
Entity W Total Time	1090.29737
Entity X VA Time	26.55867
Entity X Wait Time	952.09332
Entity X Train Time	1.13333
Entity X Total Time	919.78332
Entity Y VA Time	33.36167
Entity Y Wait Time	1005.34755
Entity Y Train Time	1.52143

Hình 14 – Thông tin của cách bố trí tối ưu

## 8. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công nghiệp đóng tàu là ngành công nghiệp then chốt nhằm xây dựng sức mạnh hàng hải cho mỗi quốc gia trong thế kỷ 21, nên cần được duy trì và phát triển trong tương lai.

Vì mục đích này, sự cải tiến trong thiết kế, trong qui trình sản xuất, trong kỹ thuật thông tin và tự động truyền thống nên được bổ sung. Thiết kế bố trí nhà máy sao cho tổng thời gian sản xuất và chi phí vận chuyển giữa các phân xưởng là nhỏ nhất đang là một trong những yếu tố quan trọng hàng đầu.

Gần đây với sự phát triển vượt bậc của máy tính, người ta có thể mô phỏng, tính toán, mô hình hóa cách bố trí nhà máy trên máy tính, để từ đó chọn ra được cách bố trí tối ưu. Trong một tương lai gần, các hệ thống tự động tính toán, phân tích, đánh giá, mô phỏng, mô hình hóa toàn bộ trang thiết bị, bố trí mặt bằng phân xưởng của một nhà máy đóng tàu sẽ ra đời. Khi đó, chúng sẽ trở thành yếu tố động lực phát triển mạnh mẽ không chỉ trong ngành công nghiệp đóng tàu



mà còn ảnh hưởng đến nhiều ngành công nghiệp khác.

Phần ứng dụng trên đây có thể được dùng cho giảng dạy môn thiết kế xưởng và tổ chức mặt bằng phân xưởng gia công vỏ tàu và các xưởng cơ khí nói chung. Kết quả này đã triển khai trong đề tài NCKH sinh viên năm 2011 tại trường ĐHBK [11].

Tác giả rất cảm ơn PTN trọng điểm quốc gia Điều khiển số và kỹ thuật hệ thống (DSELab), ĐHQG TpHCM đã hỗ trợ kinh

phí, thời gian nghiên cứu với phần mềm Arena.

Bài viết này là một phần trong đề tài nghiên cứu xây dựng hệ thống hỗ trợ mô phỏng số trong đóng tàu [12], được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) trong đề tài mã số B2012-20-15.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Askin, R.G., and Strandridge, C.R. *Modeling and Analysis of Manufacturing System*. John Wiley & Son. (1993).
- [2] Armour, G.C., and Buffa, E.S. A Heuristic and Simulation Approach. *Management Science*. Vol. 9, pp.294-309, (1963).
- [3] Benjaafar, S. Design of Manufacturing Plant Layouts with Queuing Effects. *IEEE International Conference on Robotics & Automation*. Leuven, Belgium, (1998).
- [4] Francis, L.R., and White, A.J. *Facility Layout and Location: Analytical Approach*. New Jersey: Prentice Hall. (1974).
- [5] G. Iqbal, M., and Hashmi, M.S.J. Design and analysis of a virtual factory layout. *Journal of Materials Processing Technology*. 118: 403-410. (2001).
- [6] Georgiadis, M.C., and Macchietto S. Layout of Process Plants: A Novel Approach. *Computers chem. Eng-g.*, 21: 337-342, (1997).
- [7] Kelton, D.W. *Simulation with Arena*. 3rd edition. Singapore: McGraw-Hill Education (Asia). (2003).
- [8] Lin, L.C., Sharp, G.P. Application of the integrated framework for the plant layout evaluation problem. *European Journal of Operational Research*. 116:118-138. (1999).
- [9] Uttapol S., and Sakapoj W.. *Plant Layout Design with Simulation*. Proc. IMECS-2009, March 18 - 20, 2009, Hong Kong, pp.1834-1839 (2009).
- [10] Schmidt-Traub, H. et. al., Conceptual Plant Layout. *Computers Chem. Eng-g.* 22: pp 499-504, (1998).
- [11] Nguyễn Quang Việt. *Mô phỏng hệ thống sản xuất trong lắp ráp tàu ở nhà máy đóng tàu S.* (Mã đề tài SV-KTGT-2011-08), ĐHBK, TpHCM, 2011.
- [12] Võ trọng Cang, *Nghiên cứu, xây dựng hệ thống hỗ trợ mô phỏng số trong đóng tàu (mã số đề tài B2012-20-15)*, ĐHBK / ĐHQG TpHCM, 2012.