

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG**

**NGHIÊN CỨU BÀI TOÁN HÀNG ĐỢI CÓ ƯU TIÊN VÀ MÔ PHỎNG  
ỨNG DỤNG**

**CHU MẠNH TOÀN**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tôi xin cam đoan luận văn này là công trình nghiên cứu do chính tôi thực hiện trên cơ sở tìm kiếm, thu thập, nghiên cứu, tổng hợp trình bày bằng văn bản. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực và không sao chép nguyên bản từ bất kì một nguồn tài liệu nào khác.

Nếu có gì sai sót, tôi xin hoàn toàn chịu trách nhiệm.

**HỌC VIÊN**

**CHU MẠNH TOÀN**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	ii
MỤC LỤC .....	iii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, BIỂU BẢNG .....	v
LỜI MỞ ĐẦU .....	1
Chương 1. LÝ THUYẾT HÀNG ĐỢI .....	3
1.1. Các khái niệm cơ bản .....	3
1.1.1. Khái niệm xếp hàng .....	3
1.1.2. Các yếu tố cơ bản của hệ thống hàng đợi [6] .....	4
1.1.3. Phân tích hàng đợi .....	7
1.1.4. Phân loại Kendall .....	12
1.1.5. Các số đo hiệu năng .....	13
1.1.6. Kết quả nhỏ (Little's result) [8] .....	16
1.1.7. Quá trình sinh tử (Birth-Death) .....	17
1.2. Một số hàng đợi cơ bản .....	18
1.2.1. Hàng đợi Markov M/M/1 .....	18
1.2.2. Hàng đợi Markov M/M/n .....	19
1.2.3. Hàng đợi có Markov M/M/n/n .....	21
Chương 2. HÀNG ĐỢI CÓ ƯU TIÊN VÀ CÔNG CỤ XÂY DỰNG MÔ PHỎNG ..	25
2.1. Hàng đợi có ưu tiên Priority Queueing [1] .....	25
2.2. Các thuật toán lập lịch cho hàng đợi .....	28
2.2.1. First Come First Served (FCFS) .....	28
2.2.2 Round robin(RR) .....	28
2.2.3 Shortest Remain Time(SRT) .....	29
2.3. Công cụ GPSS mô phỏng cho hàng đợi có ưu tiên .....	29
2.3.1. Các hướng tiếp cận mô phỏng .....	29
2.3.2. Những điểm nổi bật của ngôn ngữ GPSS World [4] .....	30
2.3.3. Một số khái niệm trong GPSS World [9][10] .....	32
2.3.4. Các thực thể trong GPSS .....	33

2.3.5. Cú pháp lệnh GPSS .....	36
2.3.6. Các khối cơ bản trong GPSS .....	37
2.4. Cách hiện thực hóa hàng đợi có ưu tiên đối với GPSS World [2].....	44
Chương 3 KẾT QUẢ ỨNG DỤNG CÔNG CỤ MÔ PHỎNG VÀ NHẬN XÉT.....	46
3.1. GPSS World Student Version .....	46
3.2. Bài toán 1: Xếp hàng không ưu tiên .....	48
3.2.1. Trình bày mô tả bài toán.....	48
3.2.2. Phân tích bài toán.....	48
3.2.3. Giải bài toán với lý thuyết hàng đợi .....	49
3.2.4. Mô phỏng bài toán bằng GPSS World .....	50
3.3. Bài toán 2: Xếp hàng có ưu tiên.....	54
3.3.1. Trình bày mô tả bài toán.....	54
3.3.2. Phân tích bài toán.....	54
3.3.3. Giải bài toán với lý thuyết hàng đợi .....	55
3.3.4. Mô phỏng bài toán bằng GPSS World .....	56
KẾT LUẬN .....	61
TÀI LIỆU THAM KHẢO .....	62

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, BIỂU BẢNG

Hình 1.1 Hệ thống hàng đợi .....	4
Hình 1.2 Các dạng hệ thống hàng đợi .....	5
Hình 1.3 Phân tích mô hình hàng đợi .....	9
Hình 1.4 Minh họa thời gian 1 khách hàng lưu lại trong hệ thống .....	11
Hình 1.5 Biểu đồ thời gian hàng đợi .....	17
Hình 1.6 Lược đồ chuyển tiếp trạng thái sinh tử.....	17
Hình 1.7 Mô hình hàng đợi M/M/1 .....	18
Hình 1.8 Chuỗi Markov của hàng đợi M/M/1 .....	18
Hình 1.9 Mô hình hàng đợi M/M/n .....	19
Hình 1.10 Chuỗi Markov của hàng đợi M/M/n.....	19
Hình 1.11 Mô hình hàng đợi M/M/n/n.....	21
Hình 1.12 Chuỗi Markov của hàng đợi M/M/n/n.....	22
Hình 2.1 Cách lấy gói tin của hàng đợi Priority Queueing .....	25
Hình 2.2 Tiến trình gói tin của Priority Queueing .....	26
Hình 2.3 Tóm tắt tính năng Priority Queueing .....	27
Hình 2.4 Mối quan hệ giữa các đối tượng .....	30
Hình 2.5 Minh họa một segment. ....	39
Hình 3.1 Mô hình một chương trình mô phỏng hệ thống hàng đợi đơn giản .....	47
Hình 3.2 Ví dụ một cửa sổ Block Window .....	47
Hình 3.3 Ví dụ về một cửa sổ REPORT .....	48
Hình 3.4 Mô hình phân tích bài toán 1 .....	48
Hình 3.5 Sơ đồ thuật toán bài toán 1 .....	49
Hình 3.6 Mô hình phân tích bài toán 2.....	54
Hình 3.7 Sơ đồ thuật toán bài toán 2 .....	55

## LỜI MỞ ĐẦU

Lý thuyết xếp hàng đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trên thế giới trong nhiều lĩnh vực ngành nghề khác nhau như bưu chính viễn thông, hàng không, đường sắt, kiểm soát lưu lượng giao thông, đánh giá hiệu năng hệ thống máy tính, y tế và chăm sóc sức khỏe, không lưu, bán vé... Trong nhiều hệ thống phục vụ, các khách hàng (customer) phải dùng chung tài nguyên, phải chờ để được phục vụ và đôi khi bị từ chối phục vụ. Lý thuyết quá trình xếp hàng (queueing process) xác định và tìm các phương án tối ưu để hệ thống phục vụ tốt nhất. Trong nửa đầu của thế kỷ XX lý thuyết xếp hàng đã được ứng dụng để nghiên cứu thời gian đợi trong các hệ thống điện thoại. Ngày nay lý thuyết xếp hàng còn có nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực khác nhau như trong mạng máy tính, trong việc quản lý xí nghiệp, quản lý giao thông và trong các hệ phục vụ khác. Ngoài ra lý thuyết xếp hàng cũng còn là cơ sở toán học để nghiên cứu và ứng dụng trong nhiều bài toán kinh tế như đầu tư, kiểm kê, rủi ro của bảo hiểm, thị trường chứng khoán ...

Đối với lý thuyết xếp hàng ta quan tâm đến các số đo hiệu năng, đó là các giá trị trung bình khi quá trình đạt trạng thái dừng bao gồm: độ dài hàng đợi trung bình của hàng, độ dài hàng đợi trung bình của hệ thống, thời gian đợi trung bình của hàng (trễ của hàng) và thời gian đợi trung bình của hệ thống (trễ của hệ thống). Để tính các đại lượng này ta có thể sử dụng phương pháp giải phương trình tích phân dạng Wiener-Hopf hoặc phương pháp khảo sát chuỗi Markov nhúng[3]. Từ đó suy ra các công thức tính các phân bố ổn định cho các loại hàng M/M/k, M/M/k/N; Công thức tổng quát tính các giá trị trung bình này cho các hàng G/G/1 và công thức cụ thể cho các hàng đặc biệt M/M/1, M/D/1 và M/Ek/1... Bên cạnh đó với những hệ thống hàng đợi có ưu tiên (Priority Queueing), các cơ sở lý thuyết tính toán thường gặp nhiều khó khăn, đặc biệt với những mức ưu tiên khác nhau của từng đối tượng tham gia trong hệ thống, vì vậy việc áp dụng các công cụ mô phỏng để tiến hành mô phỏng và đánh giá hoạt động của hệ thống, đưa ra các đặc điểm, thông số của hệ thống là một cách tiếp cận đã được nhiều nghiên cứu đặt ra.

Luận văn này xác định mục tiêu tìm hiểu, nghiên cứu về các hàng đợi có ưu tiên (Priority Queueing), các lĩnh vực ứng dụng và nghiên cứu cách tiếp cận mô phỏng bằng các công cụ mô phỏng chuyên dụng, từ đó áp dụng để mô phỏng bài toán cụ thể. Để giải bài toán trên, chúng ta có thể: tìm kiếm và giải quyết bằng các mô hình toán học, hoặc tìm ra các giải thuật và sử dụng các ngôn ngữ lập trình (C++, Pascal, Java,...) xây dựng chương trình để đưa ra các kết quả cần tìm. Nhưng việc sử dụng các công thức toán học mà lý thuyết hàng đợi cung cấp để tính toán, cũng như mô phỏng hệ thống bằng cách sử dụng các ngôn ngữ lập trình truyền thống là khá phức tạp, khó khăn, vì khi lập trình chúng ta phải quản lý các sự kiện theo một mô hình nhiều sự kiện xảy ra đồng thời và cần xây dựng các hàm ngẫu nhiên sinh các sự kiện. Do vậy, đã xuất hiện ngôn ngữ mô phỏng chuyên dụng đó là ngôn ngữ lập trình **GPSS (General Purpose Simulation System)**, một ngôn ngữ mô phỏng các hệ thống phức tạp rời rạc. GPSS dự đoán các hành vi trong tương lai của các hệ thống hàng đợi. Các đối tượng của ngôn ngữ này được sử dụng tương tự như các thành phần chuẩn của một hệ thống hàng đợi, như là các yêu cầu, các thiết bị phục vụ, hàng đợi...

Luận văn bao gồm 3 chương với nội dung tóm tắt như sau:

### **Chương 1 – Lý thuyết hàng đợi**

Đưa ra cơ sở lý thuyết hệ thống phục vụ đám đông, tức hệ thống hàng đợi, bao gồm: các yếu tố của hệ thống phục vụ (dòng vào, dòng ra, hàng chờ, kênh phục vụ), trạng thái của hệ thống, các quy luật liên quan đến trạng thái hệ thống...

### **Chương 2 – Hàng đợi có ưu tiên và công cụ xây dựng mô phỏng**

Đưa ra lý thuyết hàng đợi có ưu tiên áp dụng cho bài toán. Tìm hiểu về ngôn ngữ General Purpose Simulation System – GPSS. Nêu lên các hướng tiếp cận mô phỏng: lập trình và các công cụ mô phỏng có sẵn trong GPSS.

### **Chương 3 – Kết quả ứng dụng công cụ mô phỏng và nhận xét**

Ứng dụng công cụ mô phỏng GPSS vào bài toán thực tế: mô phỏng hệ thống hàng đợi có ưu tiên phục vụ xếp hàng, giảm tải xếp hàng trong bệnh viện. Từ bài toán cụ thể đó, phân tích, tính toán, tiến hành mô phỏng và đánh giá kết quả thu được.

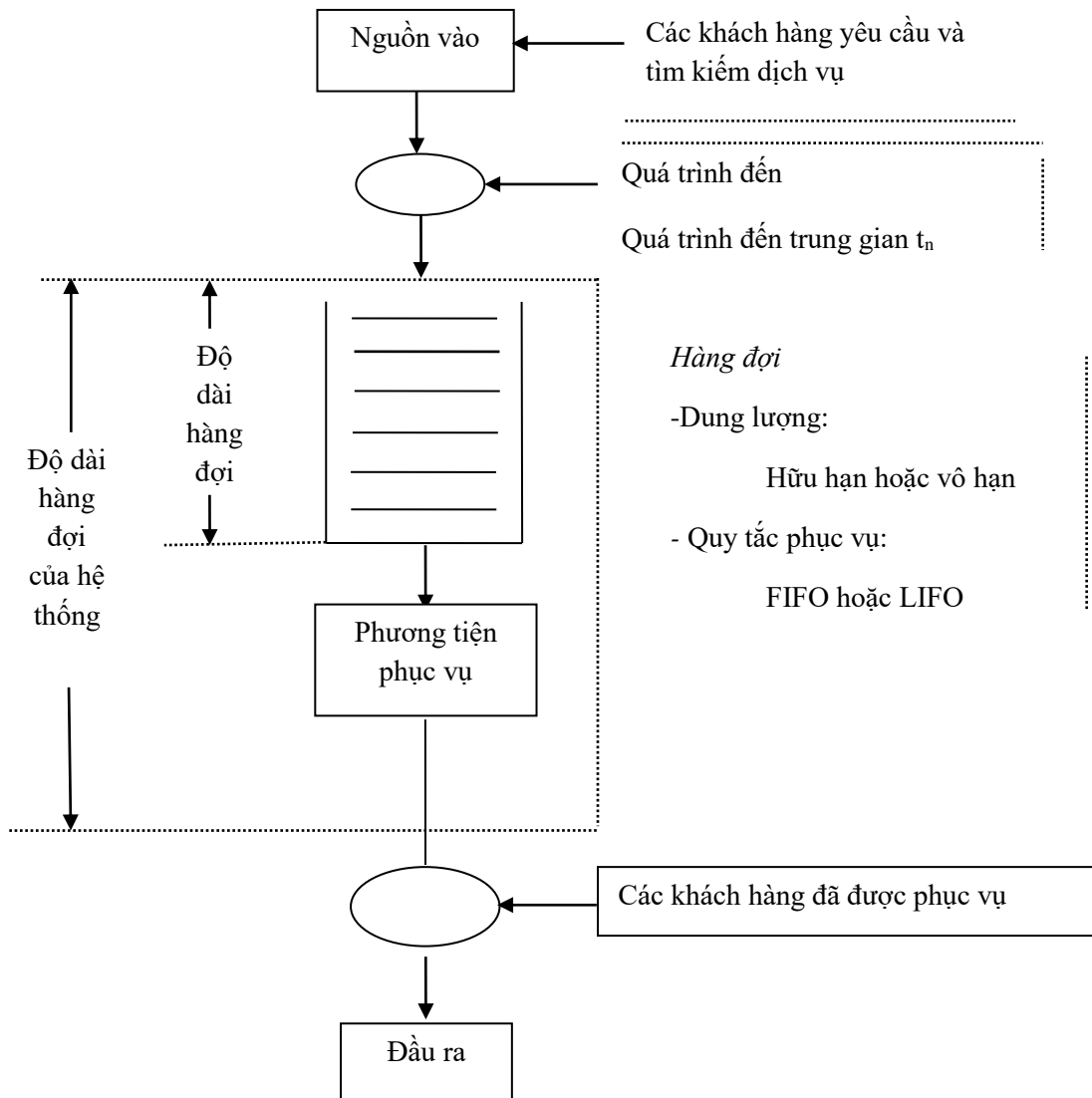
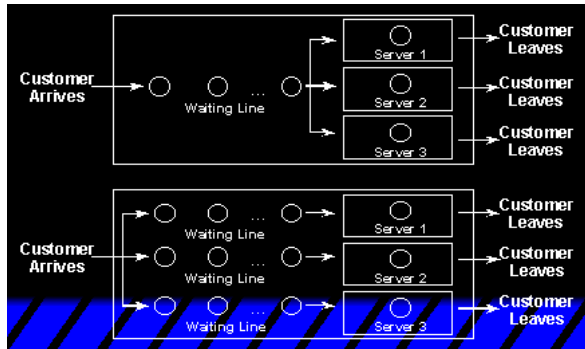
# Chương 1

## LÝ THUYẾT HÀNG ĐỢI

### 1.1. Các khái niệm cơ bản

#### 1.1.1. Khái niệm xếp hàng

Mô hình tổng quát của lý thuyết xếp hàng là khách hàng đến ở một thời điểm ngẫu nhiên nào đó và yêu cầu được phục vụ theo một loại nào đó. Giả thiết thời gian phục vụ có thể là ngẫu nhiên.





Đặt  $t_n$  là khoảng thời gian giữa 2 lần đến của khách hàng thứ  $n$  và thứ  $n+1$ . Ta giả định rằng tất cả các  $t_n$  ( $n \geq 1$ ) là độc lập và có cùng phân bố. Vì vậy việc đến của các khách hàng tạo thành 1 hàng kế tiếp nhau với tốc độ đến là  $\lambda = \frac{1}{E(t_1)}$ . Ta gọi quá trình  $\{t_n, n=1,2,\dots\}$  là quá trình đến. Khách hàng đến hệ thống yêu cầu các server của hệ thống phục vụ. Ta giả sử rằng khách hàng thứ  $n$  cần một thời gian phục vụ là  $s_n$  ( $n \geq 1$ ), tất cả các  $s_n$  độc lập và có cùng phân bố. Quá trình  $\{s_n; n=1,2,\dots\}$  được gọi là quá trình phục vụ. Ta cũng giả thiết rằng các thời gian đến trung gian độc lập với thời gian phục vụ.

Quá trình xếp hàng được phân loại dựa vào các tiêu chí sau:

- 1) Phân bố của quá trình đến (input process) là  $\{l_q(t)\}_{t \geq 0}$
- 2) Phân bố của thời gian phục vụ (service distribution)  $\{s_n; n=1,2,\dots\}$
- 3) Nguyên tắc phục vụ: Các khách hàng đến được sắp xếp vào hàng đợi đến lượt được phục vụ. Để đơn giản ta giả thiết chỉ có một hàng. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp có thể mở rộng cho nhiều hàng cùng hoạt động song song. Nếu độ dài hàng có đặt ngưỡng thì các đơn vị đến hàng khi hàng đầy vượt ngưỡng sẽ bị loại. Các khách hàng được chọn để phục vụ theo nguyên tắc "đến trước phục vụ trước" (FIFO), nghĩa là phục vụ cho khách nào đứng đầu hàng.
- 4) Cơ cấu phục vụ: Một phương tiện phục vụ bao gồm một hay nhiều Server. Các Server có thể kết nối thành chuỗi vì thế mỗi yêu cầu phục vụ được phục vụ theo nhiều cách hoặc lần lượt hoặc song song.

### 1.1.2. Các yếu tố cơ bản của hệ thống hàng đợi [6]

Hệ thống hàng đợi tổng quát được minh họa như hình sau:



Hình 1.1 Hệ thống hàng đợi

Các yếu tố cơ bản của hệ thống hàng đợi bao gồm:

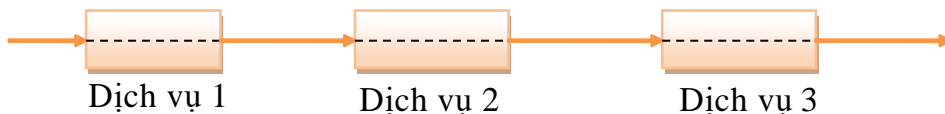
❖ **Bố trí vật lí của hệ thống**

Hệ thống hàng đợi có một số dạng bố trí vật lí (*physical layout*) như minh họa dưới đây:

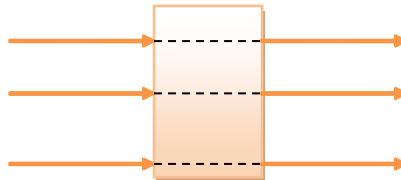
*Single Channel – Single Server* (Một kênh phục vụ, một loại dịch vụ)



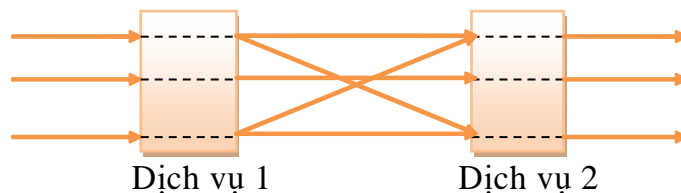
*Single Channel – Multi Server* (Một kênh phục vụ, nhiều loại dịch vụ)



*Multi Channel – Single Server* (Nhiều kênh phục vụ, một loại dịch vụ)



*Multi Channel – Multi Server* (Nhiều kênh phục vụ, nhiều loại dịch vụ)



Hình 1.2 Các dạng hệ thống hàng đợi

Các kênh phục vụ được hiểu là những thiết bị kĩ thuật hoặc con người hoặc những tổ hợp các thiết bị kĩ thuật và con người được tổ chức quản lí một cách thích hợp nhằm phục vụ các yêu cầu / các tín hiệu đến hệ thống. Chẳng hạn, ở các trạm điện thoại tự động, kênh phục vụ là các đường dây liên lạc cùng các thiết bị kĩ thuật khác phục vụ cho việc đàm thoại.

❖ **Nguyên tắc phục vụ**

Nguyên tắc phục vụ (hay nội quy) của hệ thống là cách thức nhận các yêu cầu vào các kênh phục vụ. Nguyên tắc phục vụ cho biết trường hợp nào thì yêu cầu được nhận vào phục vụ và cách thức phân bổ các yêu cầu vào các kênh như thế