

**THE APPLICATION OF LEAN AND SIX SIGMA IN HOSPITAL
PHARMACY DEPARTMENT : A CASE STUDY IN THAILAND**

TANAPORN PUNCHAIPETCH

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
(INDUSTRIAL ENGINEERING)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2014**

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Thesis
entitled

**THE APPLICATION OF LEAN AND SIX SIGMA IN HOSPITAL
PHARMACY DEPARTMENT : A CASE STUDY IN THAILAND**

.....
Miss Tanaporn Puchaipetch
Candidate

.....
Lect. Jirapan Liangrokapart,
Ph.D.
Major advisor

.....
Lect. Ronnachai Sirovetnukul,
Ph.D.
Co-advisor

.....
Lect. Mongkol Thianwiboon,
Ph.D.
Co-advisor

.....
Prof. Banchong Mahaisavariya,
M.D., Dip Thai Board of Orthopedics
Dean
Faculty of Graduate Studies,
Mahidol University

.....
Asst. Prof. Thanakorn Naenna,
Ph.D.
Program Director
Master of Engineering Program in
Industrial Engineering
Faculty of Engineering,
Mahidol University

Thesis
entitled
**THE APPLICATION OF LEAN AND SIX SIGMA IN HOSPITAL
PHARMACY DEPARTMENT : A CASE STUDY IN THAILAND**

was submitted to the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University
for the degree of Master of Engineering (Industrial Engineering)
on
March 20, 2014

.....
Miss Tanaporn Puchaipetch
Candidate

.....
Assoc. Prof. Tuanjai Somboonwiwat,
Ph.D.
Chair

.....
Lect. Jirapan Liangrokapart,
Ph.D.
Member

.....
Lect. Mongkol Thianwiboon,
Ph.D.
Member

.....
Lect. Ronnachai Sirovetnukul,
Ph.D.
Member

.....
Prof. Banchong Mahaisavariya,
M.D., Dip Thai Board of Orthopedics
Dean
Faculty of Graduate Studies,
Mahidol University

.....
Lect. Worawit Israngkul,
M.S.
Dean
Faculty of Engineering,
Mahidol University

ACKNOWLEDGEMENTS

This thesis would not have been possible without help, support and patience of my advisors. I would like to thank my major adviser Lect. Jirapan Liangrokapart who gave a good guidance for thesis. Special thanks go to Lect. Ronnachai Sirovetnukul, Lect. Mongkol Thianwiboon and Assoc. Prof. Tuanjai Somboonwiwat who gave comments and appreciate suggestion on how to improve the thesis to be more completely.

This research would not happen without the attention support from Golden Jubilee Medical Center. I would like to thank the director for permission to collect research data. Special thanks go to the pharmacies and staff of pharmacy department, and all the others who relate in this study for their participation and recommendation.

I would like to thank also teaching staff but more importantly the Industrial Engineering staff in the Faculty of Engineering, Mahidol University for their kindness and helpful all times when I studied. I thank to my friends for their help and support me along this course.

Finally, I would like to thank my parents and family for their financial support, entirely cares, and loves.

Tanaporn Puchaipetch

THE APPLICATION OF LEAN AND SIX SIGMA IN HOSPITAL PHARMACY DEPARTMENT : A CASE STUDY IN THAILAND

TANAPORN PUNCHAIPETCH 5336124 EGIE/M

M.Eng. (INDUSTRIAL ENGINEERING)

THESIS ADVISORY COMMITTEE: JIRAPAN LIANGROKAPART, PH.D.,
RONNACHAI SIROVETNUKUL, PH.D., MONGKOL THIANWIBOON, PH.D.

ABSTRACT

The research purpose is to improve the drug operation process in a hospital pharmacy department in Thailand using a modified Lean Six Sigma approach. The approach has been developed based on the combination of the Lean principle and Six Sigma DMAIC. In the case study, the process inefficiency in the drug operation process depends on 25 factors which are classified into 6 categories: the drug operation process, health professionals, IT and infrastructure, inventory management, patients, and prescription drugs. To improve process efficiency, the drug operation process is divided into a core service process and support supply process. Due to lead time reduction, the application of the approach shows a 37.10 percent increase of process efficiency for pharmacy flow and an 18.53 percent increase for patient flow. In addition, the application of the approach has reduced the risks in the process. The total Risk Priority Numbers (RPNs) for the core service process and support supply process were reduced by 32.31 and 13.72 percent, respectively. Finally, process improvement guidelines have been developed to solve the problems related to delays, defects, and deviation, as well as to improve patient safety and efficiency of the hospital supply chain.

KEY WORDS: LEAN / SIX SIGMA / HOSPITAL SUPPLY CHAIN / PROCESS
IMPROVEMENT

172 pages

การประยุกต์ใช้หลักการ LEAN และ SIX SIGMA ในแผนกเภสัชกรรมของโรงพยาบาล กรณีศึกษา
โรงพยาบาลในประเทศไทย

THE APPLICATION OF LEAN AND SIX SIGMA IN HOSPITAL PHARMACY

DEPARTMENT : A CASE STUDY IN THAILAND

ธนพร พันธุ์ชัยเพชร 5336124 EGIE/M

วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: จิรพรรณ เลียงโรคาพาธ, Ph.D., รณชัย ศิริโรเวณกุล, Ph.D.,
มงคล เทียนวิบูลย์, Ph.D.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ การปรับปรุงกระบวนการจัดการยาในแผนกเภสัชกรรมของโรงพยาบาลกรณีศึกษาในประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจากการนำหลักการ Lean และ Six Sigma DMAIC มาปรับเข้าหากัน จากการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพในกระบวนการจัดการยาขึ้นอยู่กับ 25 ปัจจัยจากสาเหตุ 6 กลุ่ม ได้แก่ กระบวนการจัดการยา บุคลากรทางการแพทย์ เทคโนโลยีสารสนเทศและโครงสร้างพื้นฐาน การจัดการสินค้าคงคลัง ผู้ป่วย และยาที่สั่งจ่าย ในการปรับปรุงประสิทธิภาพของช่วงเวลานำ (Lead Time) ของกระบวนการจ่ายยา และกระบวนการสนับสนุนการจ่ายยา พบว่า การไหลของกิจกรรมในห้องยาและการไหลของผู้ป่วยนอกมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น 37.10% และ 18.53% ตามลำดับ นอกจากนี้ การปรับปรุงความเสี่ยงของอาการขัดข้องในกระบวนการจัดการยา พบว่า ทั้งกระบวนการจ่ายยาและกระบวนการสนับสนุนการจ่ายยามีความเสี่ยงที่จะเกิดอาการขัดข้องลดลง 32.31% และ 13.72% ตามลำดับ สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือซึ่งเสนอแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการและแก้ปัญหาเกี่ยวกับความล่าช้า (Delays), ความผิดพลาด (Defects) และความเบี่ยงเบน (Deviation) เพื่อสนับสนุนให้เกิดประสิทธิภาพและความปลอดภัยตลอดทั้งโซ่อุปทานของโรงพยาบาล

CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	iii
ABSTRACT (ENGLISH)	iv
ABSTRACT (THAI)	v
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	x
CHAPTER I INTRODUCTION	1
1.1 Background and Problem Statement	1
1.2 Objective	4
1.3 Scope of Work	4
1.4 Expected Results	4
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	5
2.1 Pharmaceutical Supply Chain	5
2.1.1 An overview of pharmaceutical supply chain	5
2.1.2 Supply chain management in pharmaceutical industry	8
2.2 Lean and Six Sigma Methodologies	14
2.2.1 Lean methodology	14
2.2.2 Six Sigma methodology	19
2.2.3 The combination of Lean and Six Sigma	23
2.2.4 The implementation of Lean and Six Sigma	24
2.2.5 The comparison of Lean and Six Sigma	25
2.2.6 The relationship between Lean and Six Sigma	28
2.3 The Application of Lean and Six Sigma in Hospital and Other Industries	29
CHAPTER III RESEARCH METHODOLOGY	39
3.1 Step of Research Methodology	39
3.1.1 Study and state background problems	39

CONTENTS (cont.)

	Page
3.1.2 Study related theory and literature	40
3.1.3 Define objective and scope of study	40
3.1.4 Develop Lean and Six Sigma framework	40
3.1.5 Use of Lean and Six Sigma framework	41
3.1.6 Analyze and conclude	41
3.1.7 Develop process improvement guideline	41
3.2 Research Tools	41
3.2.1 Case study method	41
3.2.2 A set of tools for a hospital case study	42
3.2.2.1 Semi-structured interview	42
3.2.2.2 On-sited observation	43
3.2.2.3 A modified Lean Six Sigma approach	43
3.3 Research Framework	45
CHAPTER IV HOSPITAL PHARMACY CASE STUDY	46
4.1 Case Study	46
4.1.1 Hospital background	46
4.1.2 The focus on pharmaceutical products	46
4.2 The Improvement Framework	47
4.3 Use of the Modified Lean Six Sigma Approach	48
4.4 Implementation of the Research	84
CHAPTER V DISCUSSION AND CONCLUSION	86
5.1 Discussion	86
5.1.1 Key issues of drug operation process improvement	86
5.1.2 The unique characteristic of hospital supply chain	88
5.1.3 Research Finding for drug operation process improvement	89

CONTENTS (cont.)

	Page
5.2 Conclusion	90
5.2.1 The modified Lean Six Sigma approach	91
5.2.2 The process improvement guide to apply Lean and Six Sigma in hospital	93
5.3 Limitation and Recommendations for Further Research	93
5.3.1 Research Limitation	93
5.3.2 Recommendations	94
REFERENCES	96
APPENDICES	103
Appendix A Process Mapping for Drug Operation Process (As Is)	104
Appendix B FMEA for Drug Operation Process (As Is)	107
Appendix C Process Mapping for Drug Operation Process (To Be)	118
Appendix D FMEA for Drug Operation Process (To Be)	121
Appendix E The Process Improvement Guide to Apply Lean and Six Sigma in Hospital	126
BIOGRAPHY	172

LIST OF TABLES

Table	Page
2.1 The key players in the pharmaceutical manufacturer	7
2.2 Summary of supply chain management in pharmaceutical industry	11
2.3 The principle of Lean production	14
2.4 The tools of Lean production	16
2.5 The main tools of TQM	21
2.6 The description of the DMAIC and Six Sigma tools and techniques for service processes to achieve CI	22
2.7 The types of Lean and Six Sigma implementation in organizations	24
2.8 The comparison of Lean and Six Sigma methodologies	25
2.9 The applications of Lean and Six Sigma in healthcare sector and other industries	31
4.1 The summary of factors for key problems in drug operation process	50
4.2 The eight types of waste and example of the hospital pharmacy waste	57
4.3 The value analysis for drug operation process - OPD pharmacy flow	64
4.4 The value analysis for drug operation process - OPD patient flow	65
4.5 Process sigma level of drug operation process	68
4.6 The relationship between failure modes and key problems in drug operation process	71
4.7 The summary of drug operation process - FMEA	72
4.8 The recommended actions for drug operation process	72
4.9 The quality control plan summary of drug operation process	78
4.10 The details of gap analysis	80
4.11 The comparison of the current state and future state FMEA	83
5.1 The unique characteristic of hospital supply chain	88
5.2 Research finding for drug operation process improvement	89

LIST OF FIGURES

Figure	Page
2.1 The typical structure of pharmaceutical supply chain	6
2.2 The needs for supply chain visibility	9
2.3 The relationship between DPMO and process sigma level	20
2.4 The nature of competitive advantage when organizations practice only Lean or Six Sigma, and the integrated approach	27
2.5 The relationship between Lean and Six Sigma	28
3.1 The modified Lean Six Sigma approach	44
3.2 The research framework	45
4.1 Pharmaceutical supply chain of the hospital case study	47
4.2 The value chain of the Medical Center's operation process	47
4.3 The improvement framework for a hospital case study	48
4.4 The Ishikawa diagram for long lead time in getting drug from pharmacy	52
4.5 The Ishikawa diagram for medical errors in drug operation process	52
4.6 The Ishikawa for process inefficiency in drug operation process	53
4.7 SIPOC diagram for drug operation process of the case study	54
4.8 System map for the core service process	55
4.9 System map for the support supply process	56
4.10 The current state map for core service process	60
4.11 The current state map for OPD pharmacy flow	61
4.12 The current state map for OPD patient flow	62
4.13 The future state map for core service process	66
4.14 The origin of medical errors - Pareto chart	69
4.15 The type of medical errors - Pareto chart	69
4.16 The histograms of OPD patient waiting time	74
4.17 The XmR control chart of OPD patient waiting time	74

LIST OF FIGURES (cont.)

Figure	Page
4.18 The summary for OPD waiting time	75
4.19 The probability plot for OPD patient waiting time	76
4.20 The process capability of OPD patient waiting time	76
4.21 The stability and capability matrix	79
4.22 The comparison of the current state and future state VSM for core service process	82

CHAPTER I

INTRODUCTION

This chapter discusses on the background and problem statement happened with hospital supply chain including the objective, scope of work and expected results.

1.1 Background and Problem Statement

Nowadays, hospital industry has been facing pressure from government, payers, employers and patients to provide safer and more efficient services (Langabeer et al, 2009). However, medical errors which significant negative impact on patient safety can commonly occur at every step in hospital process. Medical errors have become a major issue around the globe since late 1999 when the Institute of Medicine published its report, which states that as many as 44,000 to 98,000 people die in U.S. hospitals each year from medical errors (Institute of Medicine, 2000). In year 2006, the Institute of Medicine found that drug errors harm at least 1.5 million Americans every year. Actually, medical errors can commonly occur at every step of the medication process, involving many persons and decision points, from procuring, prescribing, administering and monitoring (Institute of Medicine, 2007; Dubey, 2006). The most of errors are happened during prescribing and administration (Institute of Medicine, 2007). In order to prevent the further occurrence of medical errors, the system approaches have been proposed and recommended to the health professional including physicians, pharmacists, nurses and others in hospitals (The Medication Errors Panel, 2005; Institute of Medicine, 2007). Consequently, hospitals need to using the assistant technology, modifying system of workplace, and changing in beliefs and culture of organizations.

Moreover, health professionals are usually involved in medical errors or defects. Additionally, the major causes of defects in hospital process results from heavy workload (Al-Shara, 2011). In Thailand, this problem has been worse especially

in rural public hospital due to a shortage of health professional supply (Pagaiya and Noree, 2009). In year 2009, there were 35,789 physicians, 120,948 nurses, 24,401 pharmacists and 10,571 dentists in Thailand (Medical Council, 2010; Nursing Council, 2010; Pharmacy Council, 2010; Dental Council, 2010). The health professional ratios were 5 physicians, 18 nurses, 4 pharmacists and 2 dentists for every 10,000 of the population. According to World Health Statistics 2011, the ratios for USA were 27 physicians, 103 nurses, 7 pharmacists and 5 dentists for every 10,000 of the population. In order to solve this problem, the production of health professionals has been increased to meet the rising demand, the development of infrastructure to support the functioning of hospital service has been implemented, and logistics supports such as warehousing, drug and equipment, transportation and communication have been provided in hospital industry (Pagaiya and Noree, 2009).

Because the demand of care which increasing significantly every year not balances to the service supply that hospital process can provide due to a shortage of health professionals and resource limitations, there are many problems related to delays in hospital process such as long lead time in discharge process, entire treatment in emergency room and waiting for operation room (Pagaiya and Noree, 2009; Cima et al, 2011; Heuvel et al., 2006; Koning et al., 2006). Furthermore, hospital process is not only a source of delays and defects, but also the source of variation which negatively impacts to quality of the process. There are many problem associated with deviation in hospital process such as variation in emergency treatment times and operation room turnaround times (Furthrer, 2012; Heuvel et al. 2006).

Hospital supply chain has specific challenges in quality improvement because it is a complex service system with many independent stakeholders each interacting with the others, therefore, requiring both integration and coordination to figure out the complexity (Penchas, 2003; Tien and Goldschmidt-Clermont, 2009; Bertolini et al, 2011). Due to the complexity in hospital supply chain, the supply chain associated with drug or pharmaceutical products in hospital is also complex. Similarly to hospital supply chain, it consists of multiple flows of product, service and information involving with multiple stakeholders. Therefore, it is also critical in ensuring a high standard of care for patients and providing adequate supplies of medication for pharmacies (Mustaffa and Potter, 2009).

Moreover, the concept of pharmaceutical supply chain can be applied to improve quality of the internal process associated pharmaceutical products in hospitals. Firstly, a hospital warehouse purchases and distributes drugs to hospital pharmacy, looks like a distributor in the pharmaceutical supply chain. Next, a hospital pharmacy requests and dispenses prescription drugs to patients, looks like a pharmacy in pharmaceutical supply chain who purchasing drugs from distributors or directly from manufacturer and then providing drugs and information to consumers or patients about the safe and effective use of prescription drugs.

To improve quality and safety, the quality improvement tools and techniques that have been used in hospital process including Total quality management (TQM), Continuous quality improvement (CQI), Plan-Do-Check-Act (PDCA), Six Sigma, Lean, Failure modes and effects analysis (FMEA), the health failure modes and effects analysis (HFMEA) and Root cause analysis (RCA) (Hughes, 2008). These various quality tools can be helpful in different situation and advantages of using associated with specific types of quality tools. Because this research aims to improve the hospital problems related to delays, defects and deviation which directly impact to patient safety and supply chain efficiency. Therefore, Lean and Six Sigma had been chosen for process improvement in hospital.

According to Salah et al (2010), Lean and Six Sigma are the two best continuous quality improvement methodologies widely used by various industries. Meanwhile Lean is used to deliver products and services better, faster and at a lower cost, Six Sigma is used to achieve stable and predictable process results, reducing process variation and defects (Laureani and Antony, 2010). In recent years, hospital supply chain has gradually adopted Lean and Six Sigma in hospital process for quality improvement (Langabeer et al., 2009; Koning, 2006; George, 2003). Lean can provide value by reducing delays, while Six Sigma can provide value by reducing defects and deviation in hospital processes (Authur, 2011; Taner et al., 2007).

According to literature review, the application of Lean and Six Sigma in hospital is relatively new topic, as well as, there is very little research has been performed in term of Lean and Six Sigma integration in this area. Furthermore, this research aims to study supply chain related to pharmaceutical products, and provide a hospital case study using Lean and Six Sigma methodologies to figure out the effect of

complexity, as well as, improve patient safety and increase supply chain efficiency in hospital.

Therefore, this research is interested in how to apply Lean and Six Sigma methodologies for improving drug operation process in hospital pharmacy department.

1.2 Objective

This thesis aims to improve drug operation process of pharmacy department in hospital using Lean and Six Sigma methodologies

1.3 Scope of Work

This research studied an internal process of a hospital case study only, and focused on the continuous flow of pharmaceutical products and information in hospital from the hospital warehouse through pharmacy department to patient at the out-patient department only, however, the financial flow and cost benefit analysis for capital investment had not been provided in hospital case study

1.4 Expected Results

This research proposed a process improvement guide to apply Lean and Six Sigma application in hospital focusing on reducing delays, defects and deviation for improving patient safety and efficiency of hospital supply chain in Thailand

This thesis is organized as follows: In chapter 2, researcher provides the literature review on pharmaceutical supply chain, Lean and Six Sigma methodologies, and the application of Lean and Six Sigma in hospital and other industries. Chapter 3 describes the research methodology. Chapter 4 presents the results from the hospital case study and implementation of the research. In the last chapter, researcher describes the contribution from this research through discussion and conclusion.

CHAPTER II

LITERATURE REVIEW

This chapter reviews the literature related to the research study. Researcher separates this chapter is divided into three main sections. The first section describes pharmaceutical supply chain. The second section indicates Lean and Six Sigma methodologies and discusses the combination of Lean and Six Sigma. The last section gives an analysis of the applications of Lean and Six Sigma in hospital and other industries.

2.1 Pharmaceutical Supply Chain

This section will describe pharmaceutical supply chain. It is composed of two parts as follows: the first one is an overview of pharmaceutical supply chain and the second one is supply chain management in pharmaceutical industry.

2.1.1 An overview of pharmaceutical supply chain

The World Health Organization (WHO) defines the pharmaceutical product which more commonly known as medicine or drug as *“any substance or mixture of substances manufactured, sold, offered for sale or represented for use in: the diagnosis, treatment, mitigation or prevention of disease, abnormal physical state or the symptoms thereof in man or animal and for use in restoring, correcting or modifying organic functions in man or animal.”*

A supply chain is the sequence of organizations - their facilities, functions, and activities – that are involved in producing and delivering a product or service. Therefore, Pharmaceutical supply chain can be defined as a complex of processes,

operations and organizations involved in the delivery of prescription drugs to consumers or patients. A typical structure of these supply chains can be shown in Figure 2.1.



Figure 2.1 The typical structure of pharmaceutical supply chain

(Adapted from Shah, 2004 and Zhang et al., 2008)

The pharmaceutical supply chain consists of one or more of the following nodes: supplier, pharmaceutical manufacturer, distributor, pharmacy, and consumer or patient (Shah, 2004; Zhang et al., 2008).

Raw material suppliers are placed in the first step of pharmaceutical supply chain. They trade the pharmaceutical raw materials which are essential to producing pharmaceutical products to pharmaceutical manufacturers.

Pharmaceutical manufacturers produce the prescription drugs in the pharmaceutical supply chain. They are the key players in the pharmaceutical industry. Based on Shah (2004), Table 2.1 shows different types of manufacturers.

Table 2.1 The key players in the pharmaceutical manufacturer (Shah, 2004)

Type of Manufacturer	Definition/Responsibility
Brand manufacturers	The large, research and development-based multinational with a global presence in branded products, both ethical/prescription and over-the-counter. They tend to have manufacturing sites in many locations
Generic manufacturers	The large generic manufacturers, who produce out-of-patent ethical products and over-the-counter products
Local manufacturers	Local manufacturing companies that operate in their home country, producing both generic products and branded products under license or contract
Contract manufacturers	Contract manufacturers, who do not have their own product portfolio, but produce either key intermediates, active ingredients (AI) or even final products by providing outsourcing services to other companies
Drug discovery and biotechnology companies	Drug discovery and biotechnology companies, often relatively new start-ups with no significant manufacturing capacity

Distributors play a significant role in this sector. They purchase pharmaceutical products from manufacturers and distribute them to a variety of customers such as pharmacies, hospitals, clinics, drug stores, and other medical facilities (Shah, 2004; Zhang et al., 2008; The Health Strategies Consultancy LLC, 2005).

Pharmacies are placed in the final step on the pharmaceutical supply chain before pharmaceutical products reach the consumers or patients. Pharmacies purchase pharmaceutical products from distributors and occasionally directly from manufacturers, and then take physical possession of pharmaceutical products. After

purchasing pharmaceutical products, pharmacies assume responsibility for their safe storage and dispensing to consumers. Pharmacy operations include maintaining an adequate stock of pharmaceutical products, providing information to consumers about the safe and effective use of prescription drugs, and facilitating billing and payment for consumers participating in group health benefit plans (The Health Strategies Consultancy LLC, 2005).

Consumers or patients are the end customers belonging to pharmaceutical supply chain. The consumer in this supply chain is different from other supply chain due to the complexity in pharmaceutical supply chain. In addition to the parties directly involving in the pharmaceutical supply chain, physicians also play an important role in the pharmaceutical supply chain because they are the first to interact with the consumers or patients who are the end customers in the supply chain. Physicians typically diagnose patients' illnesses, prescribe a medication, and are responsible for ensuring the appropriate quantity and dosage of the prescribed medication (The Health Strategies Consultancy LLC, 2005).

2.1.2 Supply chain management in pharmaceutical industry

In the past pharmaceutical industry did not adopt supply chain management concepts. However, now several factors are pressing each component of the pharmaceutical supply chain to change their traditional manners of conducting business (Singh, 2005; Ahmad et al., 2009; Sousa et al., 2011). According to Healthcare & Life Sciences Supply Chain Report 2010, pharmaceutical manufacturers identified that controlling cost, globalizing supply chain and improving visibility or tracking are the biggest supply chain priorities, as well as, visibility or tracking issues are the biggest obstacles to globalizing their supply chain.

Much of the published literature focused on supply chain management in pharmaceutical industry. In year 2004, Shah found the important issues in pharmaceutical supply chain design and operation based on literatures and their collaborative research projects focused on branded products, because this product group dominates the marketplace and tends to have the most challenging supply chain

problems. Next, Singh (2005) explored the current supply chain trends in the pharmaceutical industry then characterized the pharmaceutical industry and identified excellent supply chain practices. The conclusion represented the underlying dynamics of the industry are shifting and consequently the pharmaceutical companies should respond by redefining their business strategies along with developing brand new operating models.

Moreover, Zhang et al. (2008) conducted technology analysis and market research for local pharmaceutical industries in Singapore to understand the needs for supply chain visibility, see Figure 2.2. A specific industry vertical has identified and it will help conduct further research on PSC and lead to numerous business benefits, improving customer service and reducing operations expenses for local pharmaceutical industries.

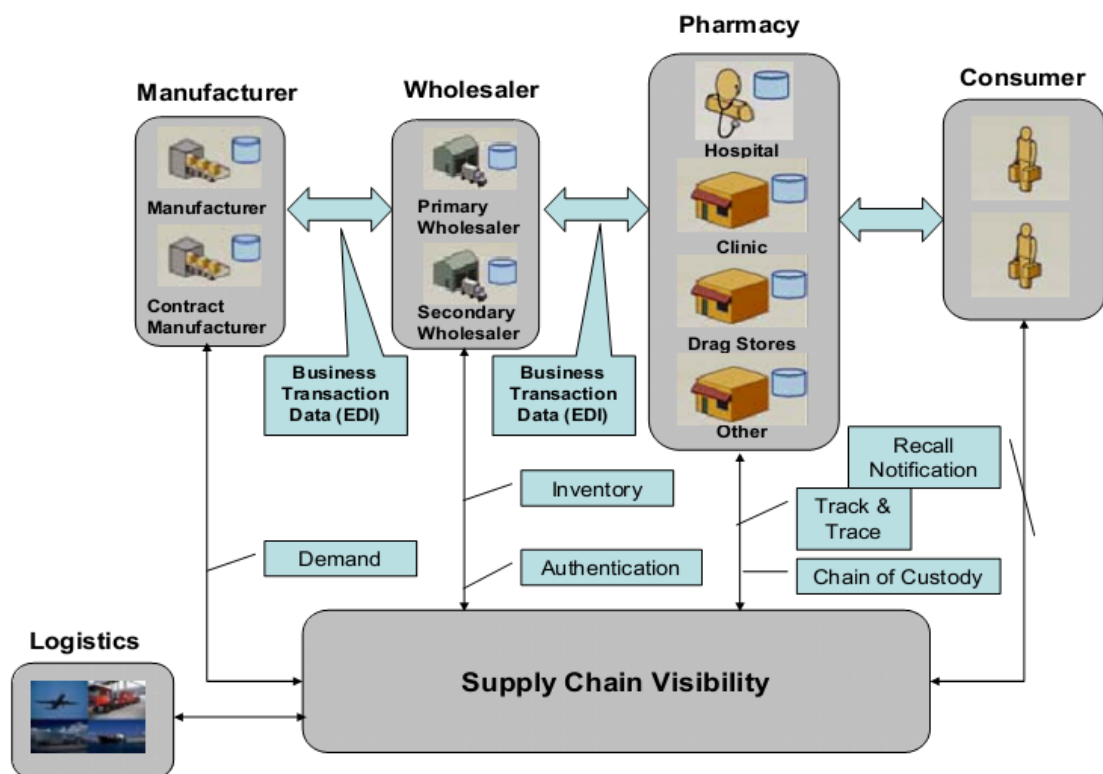


Figure 2.2 The needs for supply chain visibility (Zhang et al., 2008)

After that Ahmad et al. (2009) developed a valid and reliable scale for measuring service quality in distributor-retailer interface of pharmaceutical supply chain in Pakistan. They found the framework to improve pharmaceutical supply chain service quality with four dimensions as follows: reliability, assurance, tangibles and responsiveness. On the other hand, Pedroso and Nakano (2009) studied the technical information flow and highlight its particular requirements in four large multinational pharmaceutical companies operating in Brazil. They found that the effective integrated management of technical information, order information, material and financial flows is directly related to the success in the pharmaceutical business.

In year 2011, Yu et al. (2010) discussed the performance and distortions of pharmaceutical market in China and provided some reflection and policy implications for currently implemented reform. They concluded that the root cause of the market and government failures is that higher-than-cost drugs preferred by all suppliers. New drug pricing mechanism is the key to the current pharmaceutical reform and should be implemented in coordination with other health system reforms.

Moreover, Rossetti et al. examined the pharmaceutical supply chain from multiple perspectives and identified the major forces that are changing way biopharmaceutical medications are purchased, distributed and sold throughout the supply chain. They found the three major forces as follows: compensation, alternative channels, and product forces and they concluded that the product forces will have the greatest effect on pharmaceutical supply chain manager's decisions.

Finally, Sousa et al. (2011) addressed a dynamic allocation or planning problem that optimizes the global supply chain planning of a pharmaceutical company. They developed two decomposition algorithms as follows: spatial and temporal decomposition algorithms and found that these algorithms enable the solution of large instances of the problem in reasonable time with good quality results.

The literature reviews associated with supply chain management in pharmaceutical industry are summarized in Table 2.2.

Table 2.2 Summary of supply chain management in pharmaceutical industry

#	Author	Country	Focus on	Methodology	Outcomes
1	Shah (2004)	England	The important issues in PSC design and operation, focus on branded products	Literature surveys and their collaborative research projects	The components in PSC, The operation, strategic and design issues of PSC
2	Sign (2005)	USA	The state-of-the-art of the PSC to identify excellent supply chain characteristics, focus on the pharmaceutical industry operating in the United States	Literature review, Expert opinions, and Two separate case study	The conclusion represents the underlying dynamics of the industry are shifting and consequently the pharmaceutical companies should respond by redefining their business strategies along with developing brand new operating models
3	Zhang et al (2008)	Singapore	Technology analysis and market research for local pharmaceutical industries in Singapore to understand the needs for SCV	Literature review on SCV, Interview, Survey, and Data analysis	The finding provides better understanding issues in local PSC and help identify potential research on pharmaceutical SCV

Table 2.2 Summary of supply chain management in pharmaceutical industry (cont.)

#	Author	Country	Focus on	Methodology	Outcomes
4	Pedroso and Nakano (2009)	Brazil	The flow of technical information and its particular requirements in four large multinational pharmaceutical companies operating in Brazil	A qualitative and exploratory study based on in-depth interviews	The effective integrated management of technical information, order information, material and financial flows is directly related to the success in the pharmaceutical business
5	Ahmad et al (2009)	Pakistan	The development of a valid and reliable scale for measuring service quality in the distributor-retailer interface of PSC in Pakistan	Survey research consist of 413 pharmaceutical retailers in two biggest cities of Pakistan, Hypothesis test, and Factor analysis	The framework to improve PSC service quality
6	Yu et al (2010)	China	Analyze the history and current policies environment for the PSC in China and provide some reflections on the implications of currently implemented reform policies	Literature review and publicly available data by searching electronic databases and official web pages of the Chinese government on the internet	New drug pricing mechanism is the key to the current pharmaceutical reform and should be implemented in coordination with other health system reforms

Table 2.2 Summary of supply chain management in pharmaceutical industry (cont.)

#	Author	Country	Focus on	Methodology	Outcomes
7	Rossetti et al (2010)	USA	Identify the major forces that are changing the way biopharmaceutical medications are purchased, distributed and sold throughout the supply chain	Multiple interviews, Focus group study, Computerized text analysis using CRA, and Data analysis	The major forces of change were identified and divided into three categories: compensation, alternative channels, and product forces
8	Sousa et al (2011)	England	Identify a dynamic allocation/planning problem that optimises the global supply chain planning of a pharmaceutical company	Literature review, Decomposition algorithm, and Sensitivity analysis	Two decomposition algorithms were developed, these algorithms enable the solution of large instances of the problem in reasonable time with good quality results

2.2 Lean and Six Sigma Methodologies

2.2.1 Lean methodology

Lean was developed in the 1970s by Taiichi Ohno in Toyota Production System (TPS) in Japan, based on the teachings of Ford, Japanese experts, and others, in order to reduce the wastes that increase process lead time and reduce value added for the customers (Chiarini, 2011; Salah et al., 2010). Lean is a name derived from the book *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*, published in the 1990s by James Womack, Daniel Jones and Daniel Roos.

In 1996, they published a second book *Lean Thinking*, and defined Lean thinking as “a way to specify value, line up value-creating actions in the best sequence, conduct those activities without interruption whenever someone requests them, and perform them more and more effectively. In short, lean thinking is lean because it provides a way to do more and more with less and less – less human effort, less human equipment, less time, and less space – while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want”. This book provides the conceptual framework for categorizing all of the tools and practices of Lean production into five basic areas, the principle of Lean production can be show in Table 2.3.

Table 2.3 The principle of Lean production (Womack et al., 1996)

Lean Principle	Description
Value	<ul style="list-style-type: none"> Define value from the standpoint of the customer
The Value Stream	<ul style="list-style-type: none"> View your product delivery system as a continuous flow of processes that add value to the product
Flow	<ul style="list-style-type: none"> The product should constantly be moving through the value stream toward the customer at the rate of demand

Table 2.3 The principle of Lean production (Womack et al., 1996) (cont.)

Lean Principle	Description
Pull	<ul style="list-style-type: none"> Products should be pulled through the value stream at the demand of the customer rather than being pushed on the customer
Perfection	<ul style="list-style-type: none"> The never-ending pursuit of eliminating waste in the system such that products can flow seamlessly through the value stream at the rate of demand

Although Lean production is focused on effectiveness in the production process, Lean thinking is more focused on the efficiency in the company as a whole, including non-manufacturing: administration, office, and service (Chiarini, 2011).

The core philosophy of Lean is to identify and eliminate waste of the process, and this is linked to value (Garnes and Vikhagen, 2011). Plenert (2007) defines value as “*a capability provided to a customer at the right time at an appropriate price, as defined in each case by the customer*”. Conversely, waste is defined as “*everything that increase cost without adding value for the customer*” (Dahlggaard and Dahlggaard-Park, 2006).

There are two types of waste or muda in the Japanese work: *type 1 muda* is the activities that do not create value but necessary in the process, and *type 2 muda* is the activities that do not create value and should be eliminated (Bicheno, 2004).

The original seven types of waste found in any process was identified by Taiichi Ohno, a Toyota executive in TPS, an easy way to remember the 7 waste is TIMWOOD: *transportation, inventory, motion, waiting, over-processing, over-production, and defects*. Later Womack et al. (1996) added an eighth waste: *goods and services that do not meet the customer's needs*. Moreover, many others have added: *underutilization of people* or *waste of unused human talent*. These wastes were not originally a part of the seven wastes defined by Taiichi Ohno in TPS, but were found to be useful additions in practice.

The primary analytical tool in Lean is the value stream mapping (VSM), an extended process flowchart with information about speed, continuity of flow, and work in progress (Koning et al., 2006). This tool highlights non-value-added (NVA) activities and bottlenecks, as well as provides a holistic picture of the entire value chain in the focusing process.

Greene (2002) developed a Lean production toolkit and provided the twenty-seven Lean tools into four categories: flow, flexibility, throughput, and continuous improvement, the toolkit shown in Table 2.4.

Table 2.4 The tools of Lean production (Greene, 2002)

Category 1: Flow - tools that improve the rate of flow	
5S	Five Japanese words for creating and maintaining a clean, organized work environment. Seiri (sifting), Seiton (Sorting), Seiso (Sweeping), Seiketsu (Standardize), Shitsuke (Sustain)
Production to Takt time	Takt time is the rate of customer demand for the part or product being made. Production to takt time refers to the balancing of work activities such that the average production rate is equivalent to takt time, no more no less
Standard Work	A series of tasks grouped together such that the sum of the individual task times is less than or equal to the takt time
Method Sheets	Graphical depiction of the work instructions for a group of tasks at a particular workstation
Visual Controls	Use of visual signs and signals to communicate the status of an operation or production line. Visual controls include any graphical marking or other visual signal that serves as a quick and complete communication to an operator or manager.

Table 2.4 The tools of Lean production (Greene, 2002) (cont.)

Category 1: Flow (cont.)	
One-Piece Flow	The ability to produce one part at a station at a time. This is contrasted with batch production, in which more than one part is processed at a station before moving to the next station.
Pull Production Scheduling	As materials are consumed at a downstream operation, signals are sent back to previous steps in the production process to pull forward sufficient materials to replenish only those materials that have been consumed.
Total Productive Maintenance	A maintenance strategy, which corporates in the operators in daily maintenance activities, such as, checking for vibrations, oil and lubrication, etc.
Reliability-Centered Maintenance	A maintenance strategy in which a detailed Failure Modes and Effects Analysis is done for each critical piece of machinery, and explicit maintenance strategies are created.
Preventive Maintenance	A maintenance strategy in which machines are checked or parts are replaced at specified time increments or machine usage
Predictive Maintenance	A maintenance strategy in which machines are analyzed with special equipment that can predict machine failure based on vibration, lubrication, temperature, and other analyses, with an emphasis on planned maintenance
Category 2: Flexibility - tools that facilitate flexibility in capacity or order fulfillment	
Set-up Reduction	An organized, scientific approach to reducing the amount of time it takes to change a machine from producing one product to another
Mixed-Model Production	The ability to make several products on the same line in a random or sequenced order without a massive amount of changeover time

Table 2.4 The tools of Lean production (Greene, 2002) (cont.)

Category 2: Flexibility (cont.)	
Smoothed Production Schedule	Development and use of a consistent and repetitive schedule across product offerings
Cross-Trained Workforce	Workers are trained and scheduled to do multiple jobs, thereby increasing the flexibility of the workforce to move to different cells and lines dependent upon the demand fluctuations
Category 3: Throughput - Tools that reduce throughput time	
Flow Cells	Manufacturing or assembling in a layout in which all (or most) of the parts and machines necessary to complete a part or assembly are in close proximity of one another
Point-of-Use Material Storage	The preparation of work areas for direct presentation of supplied materials
Autonomation	Designing a machine to stop automatically when it detects an error in the production process
Mistake-Proofing	The use of fixturing and tooling to eliminate or reduce the possibility of errors being made in the assembly of the product
Self-Check Inspection	Work is inspected before passing it on to the next station
Successive Check Inspection	Work is inspected at the succeeding workstation
Line Stop	Giving the operator the ability to stop an assembly line or cell flow when an error is detected in the process
Lean “Kaizen” Events	A focused improvement event during which a cross-functional team of operators, engineers, etc. spends several days analyzing and implementing improvements to a specific work area

Table 2.4 The tools of Lean production (Greene, 2002) (cont.)

Category 3: Throughput (cont.)	
Design-of-Experiments	Use of statistical tools to analyze a process to determine the variables that are affecting specific outcomes.
RCA	Problem solving technique in which the team or individual attempts to drive down to the fundamental cause of the problem in order to keep it from recurring
Statistical Process Control (SPC)	Use of control charts to study processes and determine when the process is out of control.
Team-Based Problem Solving	Solutions to problems that arise in the production process are generated at daily or weekly meetings facilitated by the operators affected.

2.2.2 Six Sigma methodology

Six Sigma was developed in the mid-1980s by Bill Smith at Motorola Corporation as an improvement concept that focuses on significant reduction of process defects, later it was further adopted by General Electric and other companies (such as AlliedSignal, Citibank and Sony) since the late 1990s (Salah, 2010; Langabeer et al., 2009; Arnheiter and Maleyeff, 2005; Coronado and Antony, 2002; Antony and Banuelas, 2001).

The evolution of Six Sigma has root traced back to two primary sources: TQM and the Six Sigma statistics originating at Motorola Corporation (Arnheiter and Maleyeff, 2005).

In the early and mid-1980s with Chairman Bob Galvin, Motorola engineers wanted to measure the defects per million opportunities (DPMO) due to the traditional quality levels that measured defects in thousands of opportunities did not provide enough quality results (Chiarini, 2011). The core philosophy of Six Sigma focused mainly on reducing the number of defects and decreasing variability:

if a process is capable at a variation of ± 6 SD/sigma from the mean, there are only 3.4 DPMO would occur (Langabeer et al., 2009).

Therefore, in statistical terms, Six Sigma means 3.4 DPMO, where sigma is a term used to represent the variation about the average of a process (Coronado and Antony, 2002). The relationship between defect rate (DPMO) and process sigma level assuming the normal distribution can be show in Figure 2.3.

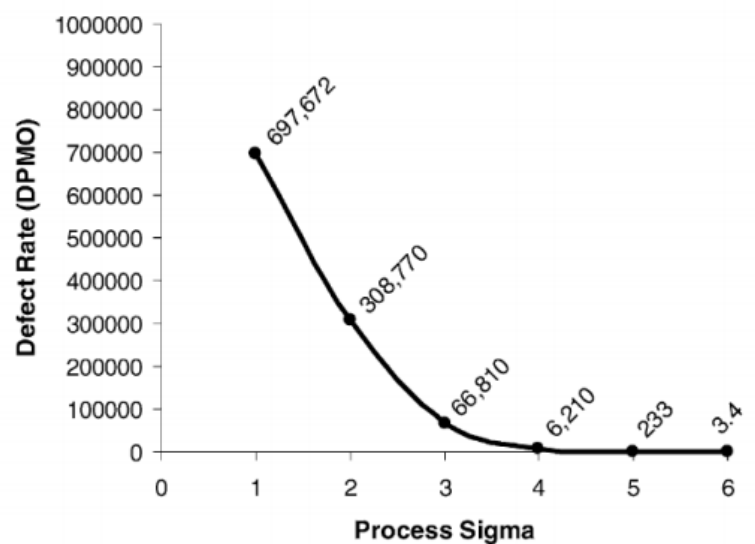


Figure 2.3 The relationship between DPMO and process sigma level

(Source: Linderman et al., 2003)

The key components of Six Sigma derived from TQM. With TQM, quality was the first priority, the main tools of TQM included the seven tools of quality and the seven management tools of quality (Arnheiter and Maleyeff, 2005; Sower et al., 1999) are summarized in Table 2.5.

Table 2.5 The main tools of TQM (Sower et al., 1999)

The seven quality tools	The seven management tools
Control charts	Affinity diagrams
Histograms	Interrelationship digraphs
Check sheets	Tree diagrams
Scatter plots	Matrix diagrams
Cause-and-effect diagrams	Prioritization matrices
Flowcharts	Process decision program charts
Pareto charts	Activity network diagrams

Nowadays, Six Sigma is a broad long-term decision-making business strategy rather than a narrowly focused quality management program (Arnheiter and Maleyeff, 2005). In business terms, Six Sigma is defined as “*a business improvement strategy used to improve business profitability, to drive out waste, to reduce costs of poor quality and to improve the effectiveness and efficiency of all operations so as to meet or even exceed customer’s needs and expectations*” (Antony and Banuelas, 2001)”. Moreover, Linderman et al. (2003) defined Six Sigma as “*an organized and systematic method for strategic process improvement and new product and service development that relies on statistical methods and the scientific method to make dramatic reductions in customer defined defect rates*”.

There are two types of the Six Sigma methodologies: Define-Measure-Analyze-Improve-Control (DMAIC) and Design for Six Sigma (DFSS) (Nonthaleerak and Hendry, 2006). First, DMAIC is an acronym for five phases: Define, Measure, Analyze, Improve, and Control, and is widely used for a current process or an existing product/service performance. Second, DFSS is an acronym for Design for Six Sigma, and is applied to develop a new product or process. The literature reviews on Six Sigma in this research will focus on the DMAIC structure only.

There are three main elements of Six Sigma: a quality statistics, a philosophy, and a Continuous improvement (CI) methodology (O'Rourke, 2005). First, the quality statistics: Six Sigma allows 3.4 DPMO, and it is associated with the cost of poor quality. Second, the philosophy: Six Sigma provides the data and statistical analysis tools for systematic process improvement. Third, the CI methodology: the DMAIC of Six Sigma provides the five-phase approach to accomplish CI, a detail explanation of the DMAIC structure to achieve CI and Six Sigma tools and techniques for service processes are described in Table 2.6.

Table 2.6 The description of the DMAIC and Six Sigma tools and techniques for service processes to achieve CI (Adapted from Salah et al., 2011 and Antony, 2006)

Phase	Description	Tools/Techniques
Define	Projects are organized, improvement goals are set, and the overall value of the project is determined	<i>Tools:</i> Process mapping, Brainstorming, SIPOC , GANTT charts, Cost-benefit analysis, Project team charter <i>Techniques:</i> Quality costing, QFD
Measure	The process is mapped and relevant data are collected	<i>Tools:</i> SERVQUAL, GANTT charts, Histograms, KANO model <i>Techniques:</i> Quality costing, Process capability analysis, Benchmarking, Service FMECA
Analyze	The statistical tools are applied to analyze the collected data to determine process capability and sources of variation	<i>Tools:</i> Brainstorming, RCA, Hypothesis testing, SIPOC, GANTT charts, Regression and correlation analysis, Pareto analysis, Histograms, Affinity diagram

Table 2.6 The description of the DMAIC and Six Sigma tools and techniques for service processes to achieve CI (cont.)

Phase	Description	Tools/Techniques
Improve	The knowledge gained from the measure and analyze phases is used to generate possible solutions	<i>Tools:</i> Brainstorming, RCA, SERVQUAL, GANTT charts <i>Techniques:</i> Quality costing, Process capability analysis
Control	The improved process is validated and handed over to the process owner	<i>Tools:</i> GANTT charts, Control charts <i>Technique:</i> SPC

2.2.3 The combination of Lean and Six Sigma

Lean and Six Sigma are the two best CI methodologies widely used by various industries (Salah et al., 2010). Lean is used to deliver products and services better, faster, and at a lower cost. Meanwhile, Six Sigma is used to achieve stable and predictable process results, reducing process variation, and defects (Laureani and Antony, 2010). Lean is developed within TPS in the 1970s by Taiichi Ohno, based on the teaching of Ford, Japanese experts and others, meanwhile, Six Sigma originally introduced within the Motorola Corporation in mid-1980s by Bill Smith (Laureani and Antony, 2010; Salah et al., 2010; Koning et al., 2006)

The George Group is the first to integrate and popularize Lean with Six Sigma called “*Lean Six Sigma*” in the 1986s (Salah et al., 2010). Lean Six Sigma (LSS) provides a set of tools from both Lean and Six Sigma toolboxes, in order to get the best of the two methodologies, maximizes shareholder value by achieving the fastest rate of improvement in customer satisfaction, cost, quality, process speed, and invested capital (Laureani and Antony, 2010; George, 2003). In addition, George (2003) states that “*Lean cannot bring a process under statistical control*”, as well as, “*six sigma alone cannot dramatically improve process speed or reduce invested capital*”.

2.2.4 The implementation of Lean and Six Sigma

The evolution of Lean and Six Sigma had started in the 2000s (Byrne et al., 2007; Salah et al., 2010). Salah et al. (2010) refer to Sheridan (2000) who had used the term lean sigma to describe a system that combines both Lean and Six Sigma. Some companies who had used Six Sigma before Lean are still calling it Six Sigma and others use the term Six Sigma Lean (Byrne et al., 2007). Similarly, some companies call it LSS or Six Sigma Lean depending on which methodology they choose as the leading initiative (Salah et al., 2010). There are four model types of Lean and Six Sigma implementation found in different organizations, see Table 2.7.

Table 2.7 The types of Lean and Six Sigma implementation in organizations

(Adapted from Salah et al., 2010)

Type	Description
1 Six Sigma is part of Lean	Lean as an encompassing methodology that uses Six Sigma as a tool within it, such as a Kaizen idea that appears in a VSM exercise
2 Lean is part of Six Sigma	Six Sigma as an encompassing methodology that forces some Lean tools into the DMAIC structure
3 Lean is parallel to Six Sigma	<p><i>Case 1:</i> Six Sigma and Lean are used separately from each other (to tackle different problems), according to the classification of the project</p> <p><i>Case 2 :</i> Both Six Sigma and Lean are applied in parallel (as when applied to the same problem, but separately)</p> <p><i>Case 3 :</i> One is applied after another in series (as when applied to the same problem)</p>

Table 2.7 The types of Lean and Six Sigma implementation in organizations (cont.)

Type	Description
4 Integration of Lean and Six Sigma	Both Six Sigma and Lean are applied concurrently, such as a proposed integrated model for LSS of Salah et al. (2010) that recommends integrating both Lean and Six Sigma tools into the DMAIC structure at the same time

2.2.5 The comparison of Lean and Six Sigma

Lean and Six Sigma methodologies are different but complementary, both attempt to improve the process: Lean assumes that waste removal will speed up the process by which improving business performance, Six Sigma assumes that process variations result in process problems and the reducing process variation will improve business performance (Salah et al., 2011; Nave, 2002). The comparison of Lean and Six Sigma methodologies is explained in Table 2.8.

Table 2.8 The comparison of Lean and Six Sigma methodologies (Nave, 2002)

	Lean	Six Sigma
Theory :	Remove waste	Reduce variation
Application guidelines :	Lean Principle <ol style="list-style-type: none"> 1. Identify value 2. Identify value stream 3. Flow 4. Pull 5. Perfection 	Six Sigma DMAIC <ol style="list-style-type: none"> 1. Define 2. Measure 3. Analyze 4. Improve 5. Control
Focus :	Flow focused	Problem focused

Table 2.8 The comparison of Lean and Six Sigma methodologies (cont.)

Assumptions :	- Waste removal will improve business performance - Many small improvement are better than system analysis	- A problem exists - Figures and numbers are valued - System output improves if variation in all processes is reduced
Primary effect:	Reduced flow time	Uniform process output
Secondary	- Less variation	- Less waste
Effects :	- Uniform output - Less inventory - New accounting system	- Fast throughput - Less inventory - Fluctuation-performance measures for managers - Improved quality
Criticisms :	Statistical or system analysis not valued	System interaction not considered Processes improved independently

As highlighted in Table 2.8, the comparison of Lean and Six Sigma methodologies is not only provided the focus of each, but also concentrated on the secondary effects of each methodology which mirror the primary focus of another method (Salah et al., 2011; O'Rourke, 2005; Nave, 2002). Therefore, the two integrated approach is possible and beneficial, as well as, it provides organizations to accomplish results at all project levels and sizes, from the point of improvements on the shop floor to complex projects requiring significant analysis (Salah et al., 2011; Salah et al., 2010).

The nature of improvements when organizations practice only Lean or Six Sigma, and the integrated approach is shown in Figure 2.4.

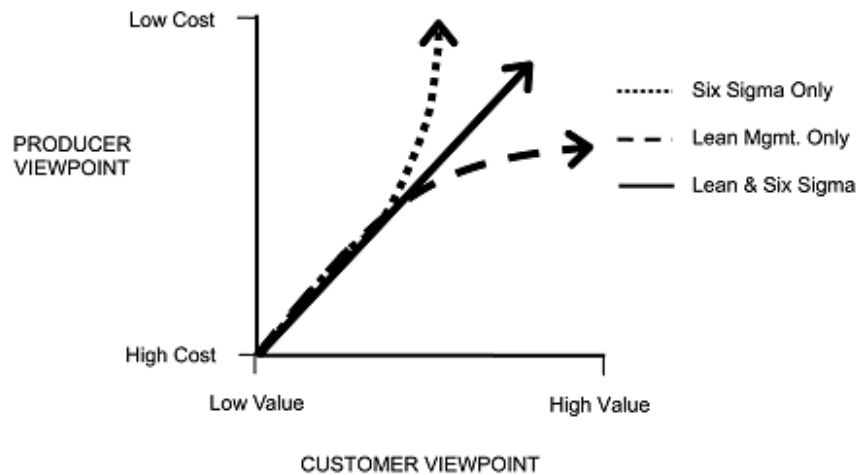


Figure 2.4 The nature of competitive advantage when organizations practice only Lean or Six Sigma, and the integrated approach (Arnheiter and Maleyeff, 2005)

In Figure 2.4, the horizontal axis represents the customer's perspective of value, including quality and delivery performance, and the vertical axis represents the producer's cost to provide the product or service to the customer. Arnheiter and Maleyeff (2005) summarized the three types of improvements: The first type, under either system, improvements will be made, but these improvements will begin to level off at a certain point in time. The second type, with Six Sigma alone, the leveling off of improvements may be due to the emphasis on optimizing measurable quality and delivery metrics, but ignoring changes in the basic operating systems to remove wasteful activities. The last type, with lean management alone, the leveling off of improvements may be due to the emphasis on streamlining product flow, but doing so in a less than scientific manner relating to the use of data and statistical quality control methods.

2.2.6 The relationship between Lean and Six Sigma

LSS can be described as a methodology that focuses on the elimination of waste and variation using DMAIC structure to accomplish customer satisfaction with regards to quality, delivery, and cost (Salah et al., 2010). The relationship between the five Lean principle and Six Sigma DMAIC is shown in Figure 2.5.

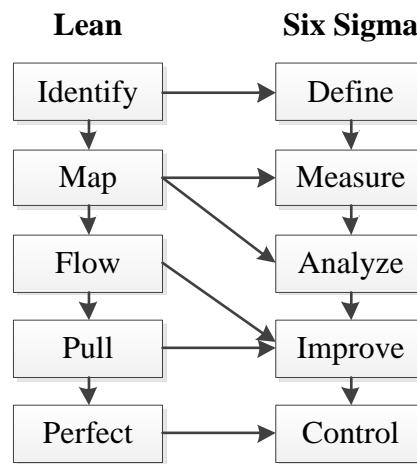


Figure 2.5 The relationship between Lean and Six Sigma (Salah et al., 2010)

The first principle, which is to identify value of the customer, is also included in the define phase. The current state mapping of process includes measuring and data collecting which is the basis in the analyze phase. In the improve phase, the process is adjusted to make the value flow better in the future state mapping and to move towards a pull system. Finally, the control phase includes the perfection principle by introducing controls and procedures in order to achieve continuous improvements (Salah et al., 2010).

2.3 The Application of Lean and Six Sigma in Hospital and Other Industries

Lean and Six Sigma are business process improvement methodologies original and widely used in manufacturing industry to improve process efficiency and quality (Roth and Franchetti, 2010; Schweikhart and Dembe, 2009). Recently, these methodologies have been applied and very popularize outside the manufacturing, such as, in service industry (Laureani and Antony, 2010; Delgado et al., 2010), as well as, in hospital industry (Cima et al., 2011; Koning et al., 2006).

Moreover, hospital service should be concerned about patient safety and supply chain efficiency due to government, employers, payers, and patients to provide in hospital supply chain (Langabeer et al., 2009). In recent years, Lean and Six Sigma have been gradually adopted in the hospitals in order to eliminating medical errors and improving patient safety (Langabeer et al., 2009; Koning, 2006; George, 2003). Lean can provide value by reducing delays, while Six Sigma can provide value by reducing defects and deviation in healthcare processes (Authur, 2011; Taner et al., 2007).

However, Cima et al. (2011) and Taner et al. (2007) highlighted that process mapping, leadership support, staff engagement, sharing key performance metrics, and high level of internal communication are keys to accomplish hospital process improvement efficiency. Meanwhile Taner et al. (2007) concluded that the lack of financial investments, human resources, time, and leadership, and the poor of training and project selection, as well as, internal resistance are key barriers of the implementation of process improvement in hospital. Moreover, Authur (2011) introduced a set of Lean and Six Sigma tools that widely used to successfully improve hospital processes are as follows: VSM, Ishikawa diagrams, Control charts, Pareto charts and Histograms.

The application of Lean and Six Sigma in hospital and other industries are summarized in Table 2.9. In concluding, there are three types of Lean and Six Sigma implement in hospital industry are following: the first type is Lean alone (Teichgräber and Bucourt, 2012), the second type is Six Sigma alone (Furterer, 2012; Kumar et al.,

2009; Taner et al., 2007), and the last type is the combining of Lean and Six Sigma (Cagliano et al. 2011; Cima et al., 2011; Koning et al., 2006).

In term of Lean and Six Sigma integration, VSM and Six Sigma DMAIC structure play the major role in hospital improvement projects. In 2011, Cagliano et al. developed a supporting decision making to reduce failure and waste for patient safety in a hospital pharmacy department. They applied Lean and Six Sigma tools including seven wastes of TPS, FMEA and waste analysis into their approach. However, there is a shortage of research that provides the use of Lean and Six Sigma DMAIC for pharmaceutical products in hospital process improvement which is very crucial in this area.

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Hospital Industry						
Category 1: Lean and Six Sigma						
Drug management process in a large Italian hospital pharmacy department	Supporting decision making about reducing failure and waste Improving risk analysis and patient safety	Apply Reason's theory of failure to work out a systemic approach for risk management in healthcare sector	Seven wastes	FMEA and waste analysis	Checklists and interviews, Risk breakdown matrix (RBM)	Cagliano et al. (2011)
The entire surgical process from the decision for surgery to discharge in a tertiary-care academic medical center	Increasing OR efficiency and financial performance	Use of Lean and Six Sigma methodologies to implement process improvements in the three different surgical specialties	VSM of patient flow	Key performance metrics for the three surgical specialties before and after process improvements	Multi-disciplinary team	Cima et al. (2011)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Hospital Industry (cont.)						
Category 1: Lean and Six Sigma (cont.)						
Cost reductions while maintaining or possibly improving quality in the Red Cross Hospital in the Netherlands	Reducing complexity in hiring personnel Reducing OR starting times Improving the process of a system maintenance	Combining Lean with Six Sigma DMAIC methodologies	VSM, time-value maps, the six standard forms of waste, 5S, kanban, line balancing, visual controls, Standard work	DMAIC structure, CTQ, Ishikawa		Koning et al. (2006)
The entire treatment process in the emergency room (ER) of the Canisius Wilhelmina Hospital in the Netherlands	Reducing lead time of the entire treatment in the ER	Use of Lean tools and Six Sigma DMAIC methodology to improve process	VSM, NVA analysis, Poka-yoke, Line balancing	DMAIC structure, SIPOC, CTQ, Ishikawa, FMEA, Pareto chart, Control chart, Data analysis	Little's Law, Critical path analysis, Brainstorming, Benchmarking	Heuvel et al. (2006)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Hospital Industry (cont.)						
Category 2: Lean alone						
The procurement process of the endovascular stents in interventional radiology services in a hospital	Eliminating NVA waste for the specific procurement process Using a consignment stock to trigger the movement of a unit after withdrawal	Use of Lean technique to identify waste, then analyze and improve process by applying VSM and kanban	Seven wastes, VSM, kanban		Process activity mapping	Teichgräber and Bucourt (2012)
The dispensing process of the outpatient pharmacy at the University of North Carolina Hospitals and Clinics	Reducing pharmacists' NVA time in the dispensing process	Apply concepts of Lean healthcare to optimize the use of VA pharmacist time in the dispensing process	VSM, Workflow analysis, Time-motion analysis, Standard work			Jenkins and Eckel (2012)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Hospital Industry (cont.)						
Category 3: Six Sigma alone						
The value chain of emergency services in the US hospital	Improving the ED patient throughput time	Use of DMAIC problem-solving methodology to improve the throughput		SIPOC, VOC, VOP, CTS, Ishikawa, Hypothesis test, Histogram, Control charts	Swimlane diagrams, Change management, Cross functional team	Furterer (2012)
The forward and reverse logistics processes in pharmaceutical industry supply chain	Understanding and identifying the key areas for improvements within the organization	Use of Six Sigma tools and DMAIC structure to analyze the potential improvements for the supply chain		DMAIC structure, Ishikawa, FMEA		Kumar et al. (2009)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Hospital Industry (cont.)						
Category 3: Six Sigma alone (cont.)						
The core issues of healthcare, and improving the quality of lives of patients in healthcare service industries	Reducing unnecessary laboratory tests Improving MR image quality Reducing waiting times before surgery Reducing catheter infections Reducing excess length of stay in hospitals	Use of Six Sigma DMAIC methodologies for problem solving and service/process improvement in the five case studies in healthcare sector		DMAIC structure, Ishikawa	Flowcharts, Interviews and on-site observation	Taner et al. (2007)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Service Industry						
Improve the operations of a call center in a service industry company	Increasing the first-call resolution ratio Reduction in call center operators' turnover Streamlining the underlying processes by eliminating unnecessary operations	Eliminating waste, identifying the truly value adding activities and using the DMAIC tools for problem solving	Seven wastes	SIPOC, Pareto chart, Hypothesis tests, P-chart, Ishikawa	SWOT analysis, Brainstorming, Pilot group	Laureani and Antony (2010)
A successful application of LSS for a financial services company in GE Group	Reducing the operational costs Improving processes efficiency and product quality Increasing productivity and customer satisfaction	The content analysis of semi-structured interviews to the agents involved in the implementation of DFLSS methodology	VSM	QFD, VOC, VOE, Ishikawa, FMEA	Cristal Ball (a simulation tool) BPMS (an internal statistical control)	Delgado et al. (2010)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Service Industry (cont.)						
The administrative processes related to HR function in a large service company	Reducing employees' voluntary turnover Increase employees' satisfaction	Use of Lean and Six Sigma to improve the HR management	VSM, Kaizen events	VOC, DPMO, CTQ, Paynter chart, Data analysis, Control chart	Questionnaire, Brainstorming, Dashboard	Laureani and Antony (2010)
Manufacturing Industry						
Seven waste, man machine chart, standardized work, plant layouts, e-kanban, check sheet, SOP	Reducing process waste and increasing production capacity to meet projected market demand	Apply Lean and Six Sigma DMAIC to identify the current situation and determining the maximum possible output	Seven waste, man machine chart, standardized work, plant layouts, e-kanban, check sheet, SOP	DMAIC structure, Pareto chart	Process diagram, time study, work sampling study	Roth and Franchetti (2010)

Table 2.9 The application of Lean and Sigma in hospital and other industries (cont.)

Focus on	Application	Methodology	Tools and Techniques			Source
			Lean	Six Sigma	Others	
Manufacturing Industry (cont.)						
A small engineering company	Increasing productive efficiency and productivity	The design, development and implementation of an SME-based LSS model	5S, VSM, DOE, TPM	DMAIC structure, CTQ, Pareto chart, QFD, Ishikawa, SPC, ANOVA		Thomas et al. (2009)
The logistics operation at the DC of a retailer of manufactured products	Improving the efficiency of the distribution system Increasing the volume driven through the SC Reducing costs, average inventory, lead time Increasing the inventory turn-over	Apply LSS including VSM as a key tool and DMAIC structure to improve a supply chain	VSM, JIT, Kaizen events, visual control, mistake-proofing	DMAIC structure, COPQ	SCM	Salah et al. (2011)

CHAPTER III

RESEARCH METHODOLOGY

This chapter describes the research methodology. Researcher separates this chapter into three main sections. The first section presents the step of research methodology. The second section describes the research tools as to support the research methodology. The last section shows the research framework.

3.1 Step of Research Methodology

The research methodology consists of seven steps to achieve research successfully. The description details for each step of research methodology are following:

3.1.1 Study and state background problems

This step studied and stated the main problems which occur in hospital industry. Not only finding the main problems, but we also study the way to figure out the key issues and improve the efficiency of this supply chain.

The results from literature review show that the three main problems related to defects, delays and deviation in hospital process have directly impacted to patient safety and efficiency in hospitals. The first problem is the problems related to defects, the heavy work load due to inefficiency process and system is major causes of defects. The second problem is the problems related to delays, the major cause of delays results from the unbalancing in demand of care and hospital service supply. The last problem is the problems related to deviation, the enormous variance occurs in hospitals due to inefficient processes and systems.

3.1.2 Study related theory and literature

This step is to study the theory and literature related to the key problems. The key structure of theory and literature is divided into three parts including: pharmaceutical supply chain, Lean and Six Sigma methodologies, and the application of Lean and Six Sigma in hospital and other industries. Finally, we give an analysis of the literature review and propose the research gap and define the research question for this study.

According to literature review, there is a shortage of research about the application of Lean and Six Sigma integration in supply chain related to pharmaceutical products in hospital industry. Therefore, this research is interested in drug operation process improvement for figuring out the effect of complexity in hospital process and improving patient safety and supply chain efficiency.

3.1.3 Define objective and scope of study

As review on the previous step, the objective of this research has been defined in order to answer the research question. In addition, the scope of study has been established in order to identify the specific area of this research.

This research aims to improve drug operation process of pharmacy department in a hospital pharmacy department in Thailand using Lean and Six Sigma methodologies. However, this research has scope to study only in an internal process of the hospital case study and focused on the continuous flow of pharmaceutical products and information from the hospital warehouse through hospital pharmacy to patient at the out-patient department only.

3.1.4 Develop Lean and Six Sigma framework

This step is to study the previous literature related to the application of Lean and Six Sigma in hospital and other industries, and develop a modified Lean Six Sigma approach. Then apply the modified Lean Six Sigma approach in the improvement framework for a hospital case study.

Additionally, the description details result from developing the modified Lean Six Sigma approach have been described in the next part, as well as, the process

improvement framework for a pharmacy department of the case study has been provided in the next chapter.

3.1.5 Use of Lean and Six Sigma framework

In this step, the improvement framework integrated with the modified Lean Six Sigma approach in the previous step was used to improve the specific process in a hospital case study.

In addition, the results from drug operation process improvement in pharmacy department of a hospital case study have been provided in the next chapter.

3.1.6 Analyze and conclude

In this step, the results from the application of Lean and Six Sigma in a hospital case study have been analyzed and concluded, as well as, the limitation of this research and the recommendations for further research has been given in chapter five.

3.1.7 Develop process improvement guideline

In the last step, the process improvement guide to apply Lean and Six Sigma application has been developed and proposed to hospital in Thailand. The description details and conclusion of the guideline have been shown in chapter four and chapter five respectively.

3.2 Research Tools

In this section, the research tools in order to support the research methodology in the previous section were described, in term, a set of tools for a hospital case study.

3.2.1 Case study method

A case study is defined as “*an empirical inquiry that investigates a contemporary phenomenon in depth and within its real-life context, especially when the boundaries between phenomenon and context are not clearly evident*” (Yin, 2009). The case study may lead to both qualitative and quantitative results, thus it gives a

better understanding of the nature and complexity of the complete aspect (Garnes and Vikhagen, 2011). Interview and observation are often used in case studies, because of these, there are time consuming in case studies. Moreover, there is necessary need multiple methods and tools for the case study.

This research used a pharmacy department of a Medical Center as the case study and focused on the internal process of drug operation process in the hospital case study. Because supply chain in hospital is complex system, drug operation process was separated into core service process and support supply process. In process improvement, Semi-structured interview and On-sited observation were used to support drug operation process improvement using the modified Lean Six Sigma approach in the hospital case study.

3.2.2 A set of tools for a hospital case study

This research aims to apply Lean and Six Sigma methodologies in a hospital case study in Thailand and a set of tools that can be used to support the case study method are following:

3.2.2.1 Semi-structured interview

This tool was chosen as a data collection method, it is a qualitative data collecting method which especially appropriates for descriptive and exploratory studies (Ellram, 1996; Yin, 2009). While a structured interview has a formalized, limited set of questions, a semi-structured interview is flexible and allows for new questions to be brought up during the interview as a result of what the interviewee says, generally, the interviewer in a semi-structured interview could have a framework of themes to be explored (Lindlof and Taylor, 2002).

In this research, researcher defined and created the interview framework including flexible questions for Semi-structured interview and it had been used as an interview script during collect data from the interviewee including pharmacists, warehouse staff and pharmacy staff. Moreover, voice recording had been used and very helpful because it could prevent errors from data collecting. Finally, the interview reports were summarized and used as the interview data for this research.

3.2.2.2 On-sited observation

On-site or direct observation is an important tool that can be both formal and casual data collections in any processes. Therefore, it may be useful to provide additional information about the topic. The significant advantage of this method is that the situation is studied in real time, thus the information is up-to-date. On the other hand, this observation may be very time-consuming and there is need for several observers to broad coverage of the situation (Garnes and Vikhagen, 2011; Yin, 2009).

In this research, on-sited observation had been used to collect the observation data for better understand the complicate process in the hospital case study. In addition, it had been used to collect quantitative data such as cycle time, waiting time and queue at the hospital pharmacy for improving drug operation process using the modified Lean Six Sigma approach.

3.2.2.3 A modified Lean Six Sigma approach

According to literature review, Lean and Six Sigma methodologies can be applied to improve problems related to delays, defects, and deviation in hospital processes, and DMAIC structure can be used as effective approach to achieve process improvement using Lean and Six Sigma in several hospitals. However, the implementation of Lean and Six Sigma is slowly adopted due to the need of specific training for improvement teams, which comes at a cost to the business. Additionally, hospital is a non-profit ownership and health professionals have heavy workload on their medical service, so it is difficult to take weeks or months for participating Lean Six Sigma certification.

To accomplish this research, a modified Lean Six Sigma approach is developed for improving delays, defects and deviation problems, and it played an important role in drug operation process improvement. Researcher established the modified Lean Six Sigma approach from the combination of Lean principles and Six Sigma methodology based on the main concept of DMAIC structure. The problem-solving approach for Lean and Six Sigma application is shown in Figure 3.1, and the results from the hospital case study will be provided in the next chapter.

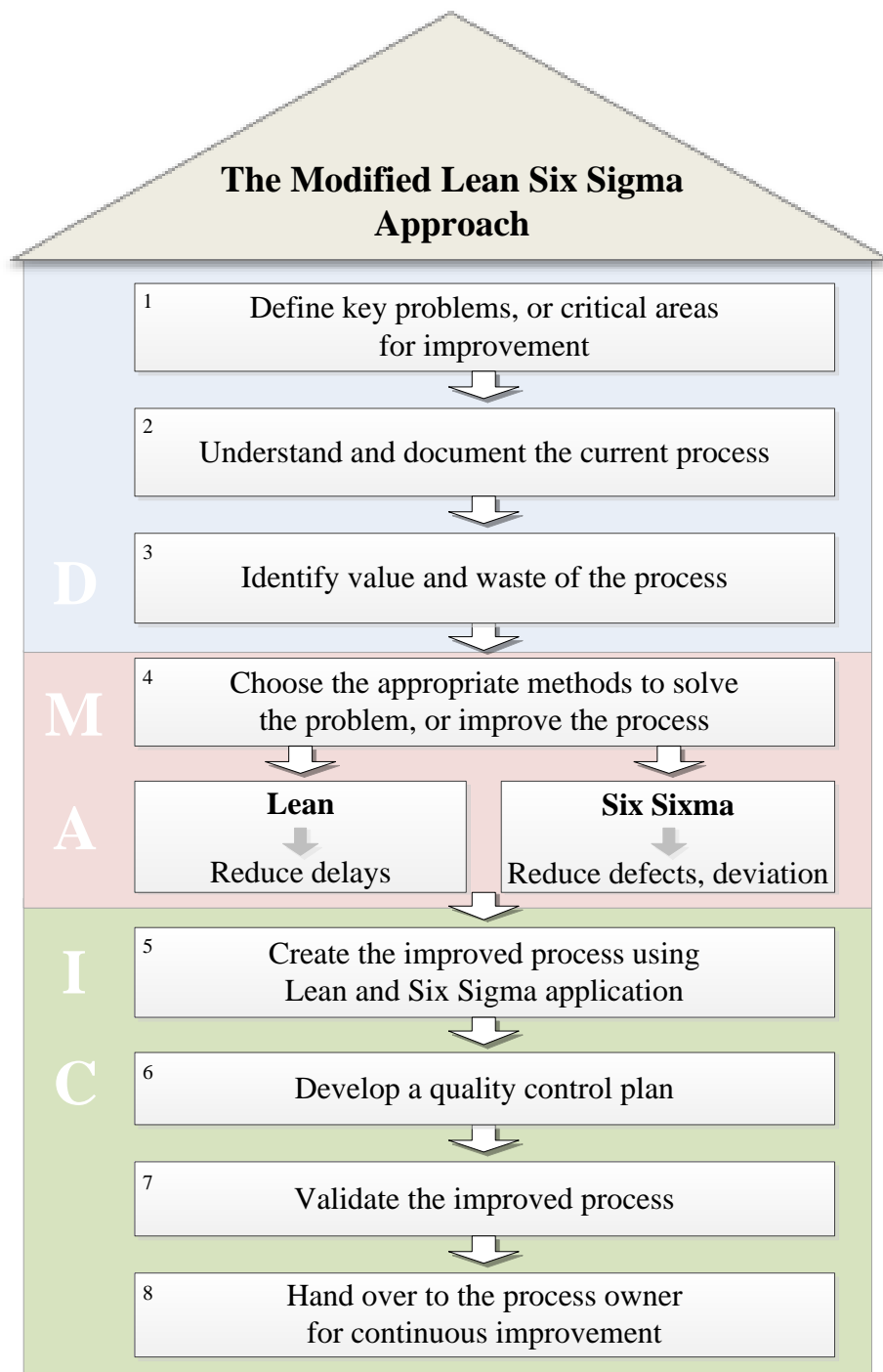


Figure 3.1 The modified Lean Six Sigma approach

3.3 Research Framework

The research framework is used to study the application of Lean and Six Sigma in hospital is shown in Figure 3.2.

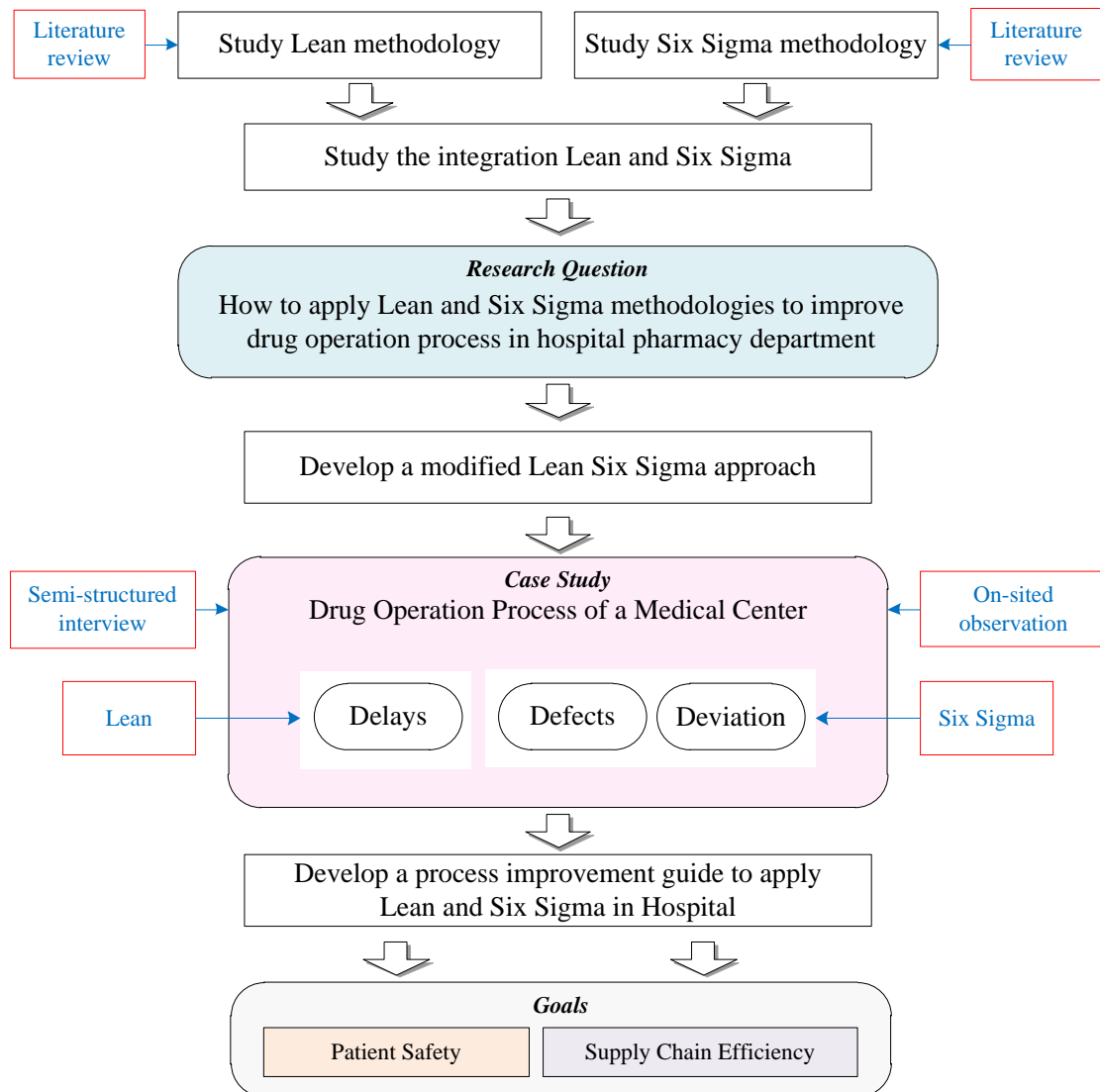


Figure 3.2 The research framework

CHAPTER IV

HOSPITAL PHARMACY CASE STUDY

This chapter presents the results of this research. Researcher separates this chapter into four main sections. The first section describes a case study in Thailand. The second and third sections develop an improvement framework for the application of Lean and Six Sigma in the hospital pharmacy department then provide the results from process improvement. The last section, the implementation of the research has been provide for improving health service in Thailand.

4.1 Case Study

4.1.1 Hospital background

The hospital case study in this research is a Medical Center affiliated with a public research university Thailand. The Medical Center provides the medical and healthcare services for general public. It offers the excellent specialized medical services and the educational center for the advanced studies for health professional. It has 78 in-patient beds and accredited by ISO/IEC 27001:2005 (ISMS) and Hospital Accreditation (HA). In 2011, it has capacity for 150,294 out-patients per year or 578 out-patients per day, and 1,237 in-patients per year.

4.1.2 The focus on pharmaceutical products

This study focused on the continuous flow of pharmaceutical products and information in the hospital case study from the warehouse though pharmacy to patient at the out-patient department only. The typical structure of pharmaceutical supply chain of the case study is shown in Figure 4.1.

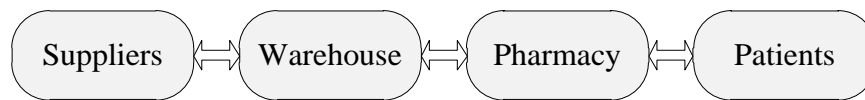


Figure 4.1 Pharmaceutical supply chain of the hospital case study

The warehouse and pharmacy were under control by the Department of Pharmacy in the Medical Center. The warehouse has stored approximately 700 items of pharmaceutical products, and it is operated by 2 pharmacists, 3 staff and 1 clerk. The OPD pharmacy has served 300-400 prescriptions per day, and it is operated by 4 pharmacists and 6 staff.

The operation process related to the flow of pharmaceutical products is shown in Figure 4.2. The value chain of the Medical Center's drug operation process consists of two main processes including: core service process and support supply process.

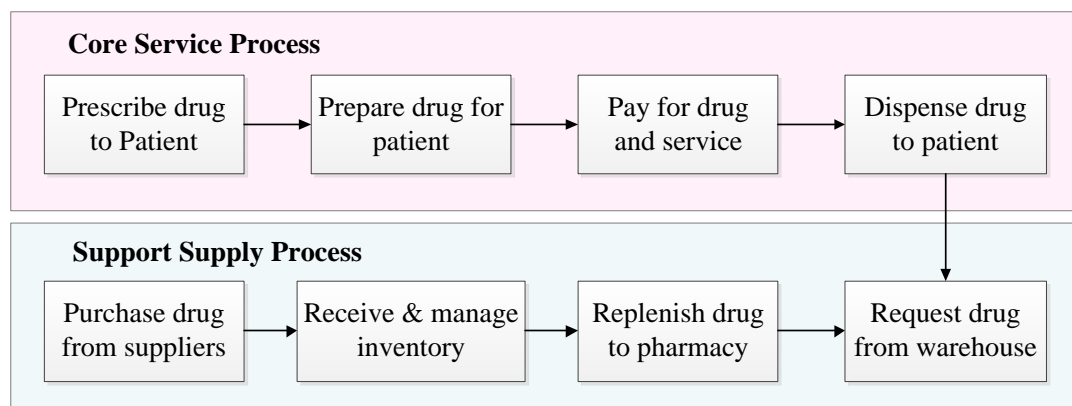


Figure 4.2 The value chain of the Medical Center's drug operation process

4.2 The Improvement Framework

Semi-structured interview and on-sited observation were chosen as the important tools for detailed understanding on the current state and the key problems of the case study needs for Lean and Six Sigma implementation. The improvement framework for a pharmacy department in the Medical Center is shown in Figure 4.3.

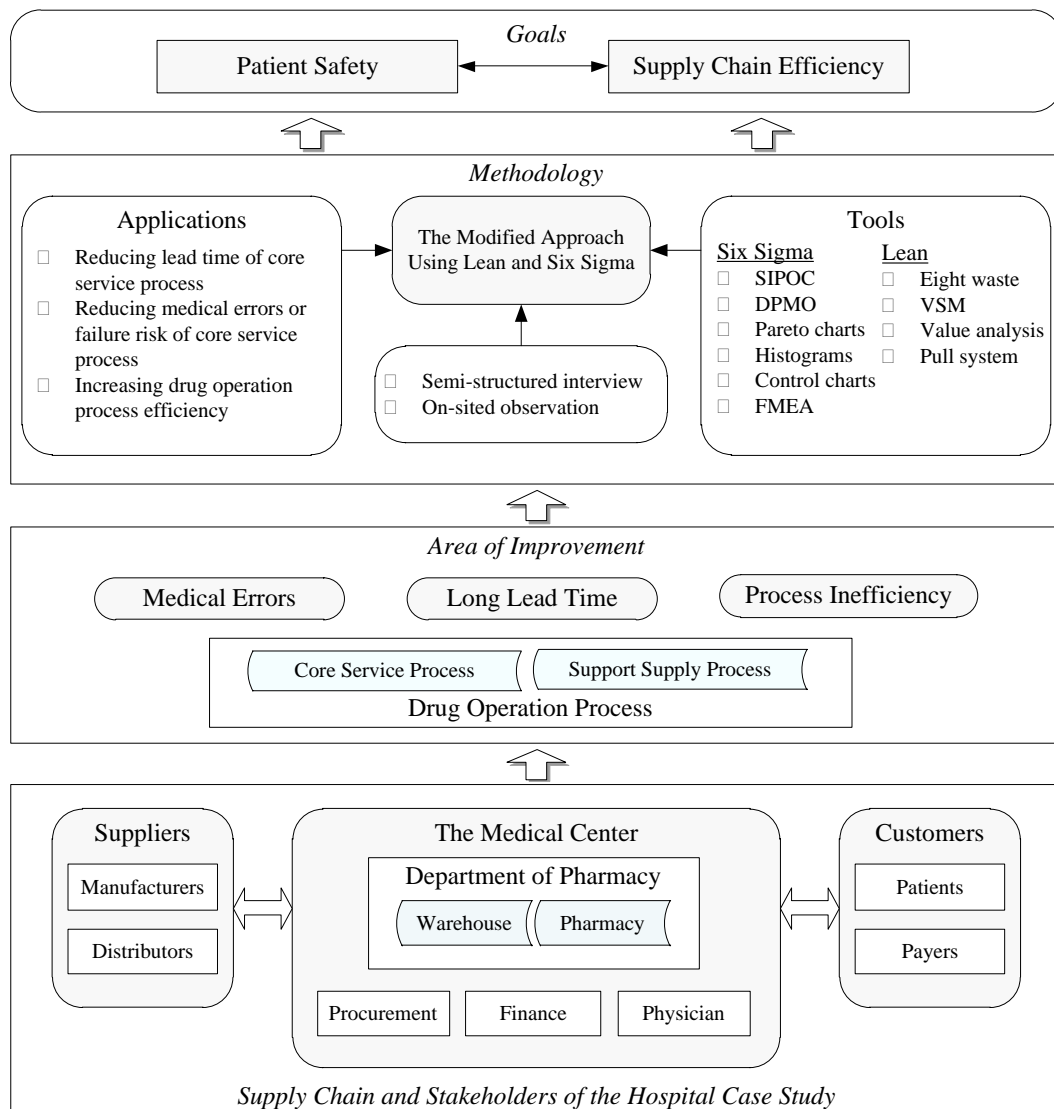


Figure 4.3 The improvement framework for a pharmacy department in the Medical Center

4.3 Use of the Modified Lean Six Sigma Approach

In this section, researcher applied the modified Lean Six Sigma approach which was presented in the previous chapter to improve drug operation process of the Medical Center. To achieve the goals of patient safety and supply chain efficiency, the eight main steps for Lean and Six Sigma application are following:

Step 1: Define key problems, or the critical area for improvement. This step is to validate a problem statement of drug operation process of the Medical Center.

There are two main problems in drug operation process of the hospital pharmacy department in the case study. First, the out-patients had complained about the long duration in getting pharmaceutical products from the Pharmacy. Second, the Pharmacy staff had a heavy workload, especially on the peak period when the out-patients were over-crowded.

The drug operation process was chosen as the critical area of improvement in the Medical Center. The applications of Lean and Six Sigma in drug operation process of the Medical Center are following: reducing lead time of core service process, reducing medical errors or failure risk of core service process, and increasing drug operation process efficiency.

The key performance indicators (KPIs) for Lean and Six Sigma application in the Medical Center are following: First, Lead time - the total time of OPD pharmacy flow and the total time of OPD patient flow. Second, Process efficiency - the process efficiency of OPD pharmacy flow and the process efficiency of OPD patient flow. Third, Failure risk - the total RPN of core service process and the total RPN of support supply process.

To analyze causes of the major problems, Cause and Effect diagram or Ishikawa diagram is a visual tool used to identify, explore and graphically display, increasing detail, all the possible causes related to a problem or condition to discover root causes. In Figure 4.4, the long lead time in getting drug from pharmacy depends on 10 factors which are classified into 4 main categories: health professionals, IT and infrastructure, patients, and drug operation process. In Figure 4.5, the medical errors in drug operation process depend on 9 factors which are classified into 4 main categories: health professionals, patients, prescription drugs, and drug operation process. As well as, Figure 4.6 illustrated that the process inefficiency in drug operation process depends on 25 factors which are classified into 6 categories: drug operation process, health professionals, IT and infrastructure, inventory management, patients, and prescription drugs. The summary of factors for long lead time, medical errors and process inefficiency problems is shown in Table 4.1.

Table 4.1 The summary of factors for key problems in drug operation process

# Code	Factors for the key problems	1 Long Lead Time	2 Medical Errors	3 Process Inefficiency
Category 1: Health Professionals				
1 FM 1	Inappropriate orders were prescribed by physicians		•	•
2 FM 2	Prescription orders were entered incorrectly by physicians		•	•
3 FM 3	Some prescription orders were not entered by physicians	•		•
4 FM 14	Pharmacists and pharmacy staff made a mistake while working	•	•	•
5 FM 15	Heavy workload when the out-patients were over-crowded	•		•
Category 2: IT & Infrastructure				
1 FM 4	Some prescription orders were not auto-printed at pharmacy	•		•
2 FM 5	Errors by printing at pharmacy (paper jam, ink has run out)	•		•
Category 3: Drug Operation Process				
1 FM 6	Incorrect matching between prescription drugs and drug labels		•	•
2 FM 8	Pharmacy made double order during drug operation process	•		•
3 FM 10	Some errors can be occurred in drug operation process due to inadequate checking		•	•
4 FM 11	Pharmacists cannot approve the prescription orders on the SSB system			•
5 FM 13	Drug information (lot,expired) cannot track in drug operation process	•		•
6 FM 17	Pharmacy staff cannot see all prescription orders at pharmacy	•		•

Table 4.1 The summary of factors for key problems in drug operation process (cont.)

# Code	Factors for the key problems	1 Long Lead Time	2 Medical Errors	3 Process Inefficiency
Category 4: Prescription Drugs				
1 FM 9	Some prescription drugs had been tagged the wrong labels		•	•
2 FM 21	Prescription drugs cannot trace for patient safety		•	•
Category 5: Patients				
1 FM 7	The out-patient received wrong type/dose/amount of prescription drugs from pharmacy		•	•
2 FM 12	Some out-patients do not have all documents that pharmacy need for dispensing	•		•
3 FM 16	The out-patient received wrong prescription drugs from pharmacy		•	•
4 FM 18	The out-patient do not understand the current process at pharmacy	•		•
Category 6: Inventory Management				
1 FM 19	Inventory record (lot/expired/amount) in SSB system not matched with the inventory on-hand at warehouse and pharmacy			•
2 FM 20	The pharmaceutical products out of stock/over stock at pharmacy			•
3 FM 22	The warehouse and pharmacy staff do not have skills or talent enough on inventory management			•
4 FM 23	Complicated process because there are multiple steps in purchasing procedure			•
5 FM 24	Inaccuracy in demand forecasting of pharmaceutical products			•
6 FM 25	The errors were happened in purchasing process due to ineffective coordination			•

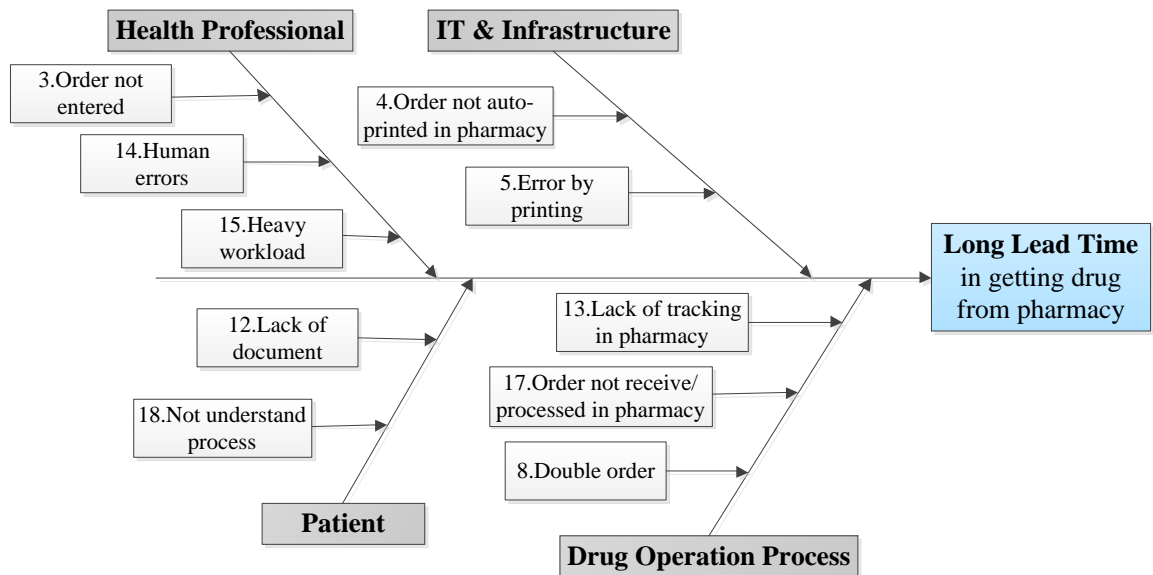


Figure 4.4 The Ishikawa diagram for long lead time problem

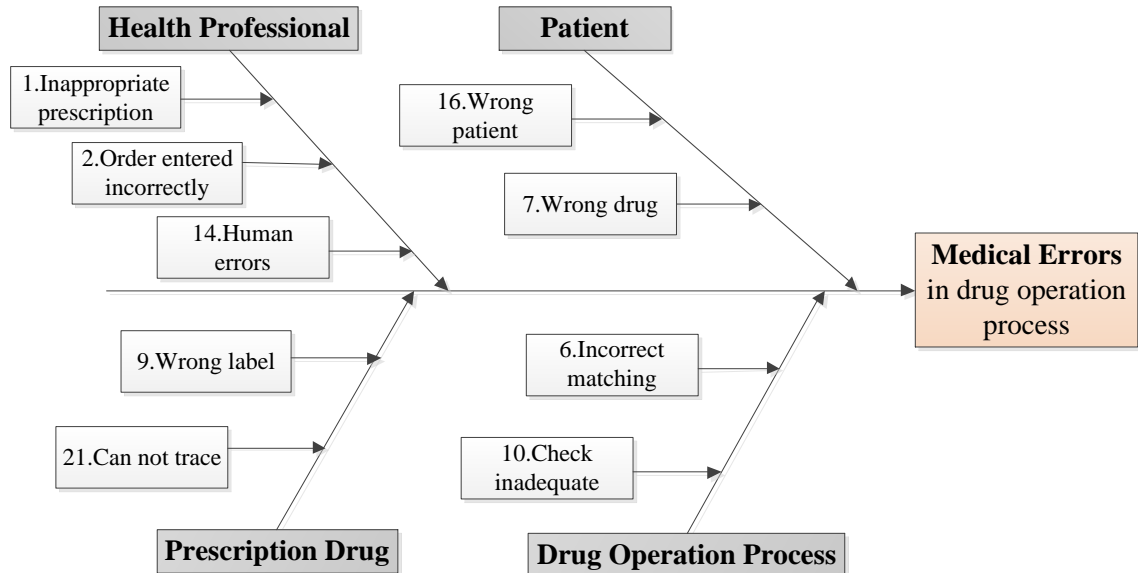


Figure 4.5 The Ishikawa diagram for medical errors problem

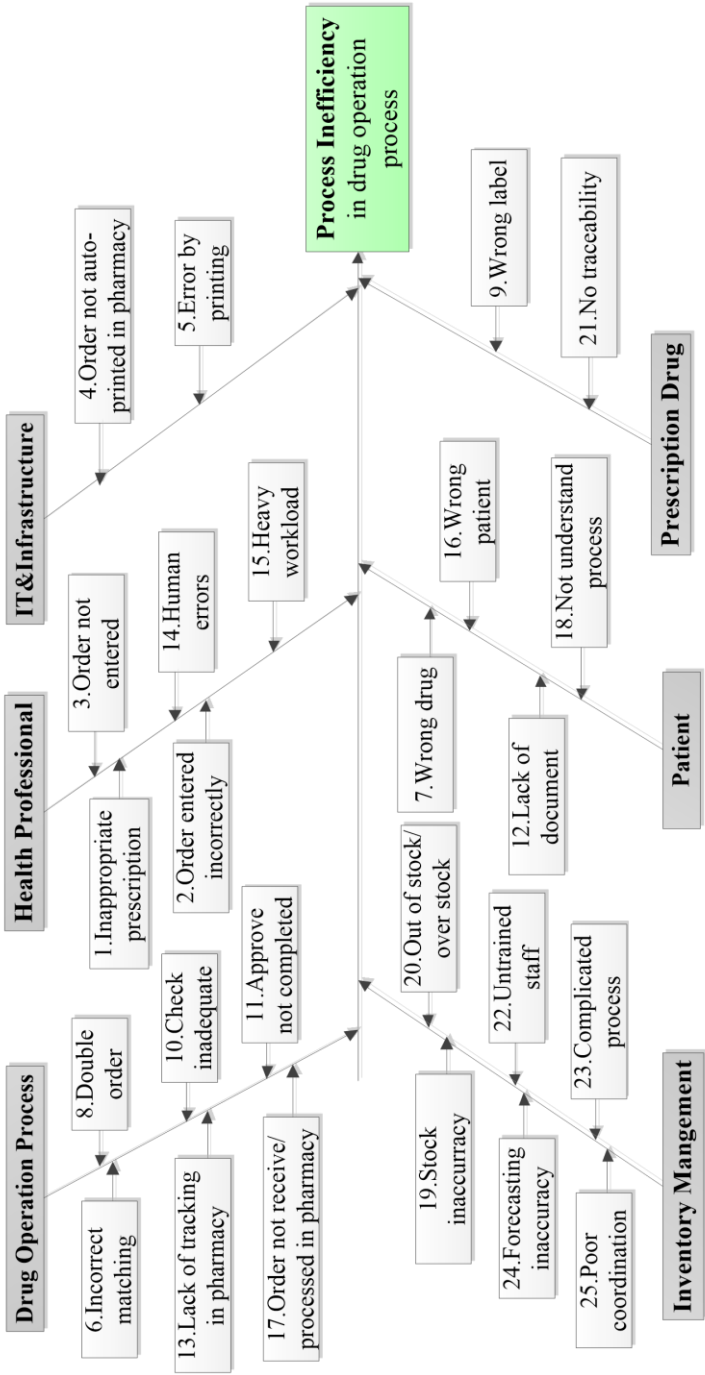


Figure 4.6 The Ishikawa diagram for process inefficiency

Step 2: Understand and document the current process. This step is to understand the current state of drug operation process, such as, material and information flows, suppliers and customers of the process.

Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC) is a simple diagram for identifying the basic elements of drug operation process. The SIPOC diagram of drug operation process is shown in Figure 4.7. There are four main process steps in the core service process including prescribe drug to patient, prepare drug for patient, pay for drug and service, and dispense drug to patient. Another four main process steps in the support supply process including request drug from warehouse, replenish drug to pharmacy, purchase drug from suppliers, and receive and manage inventory.

The current state of drug operation process is developed by creating detailed process maps of the core service process and support supply process, shown in Appendix A. We also established system maps for the core service process, shown in Figure 4.8, and the support supply process, shown in Figure 4.9.

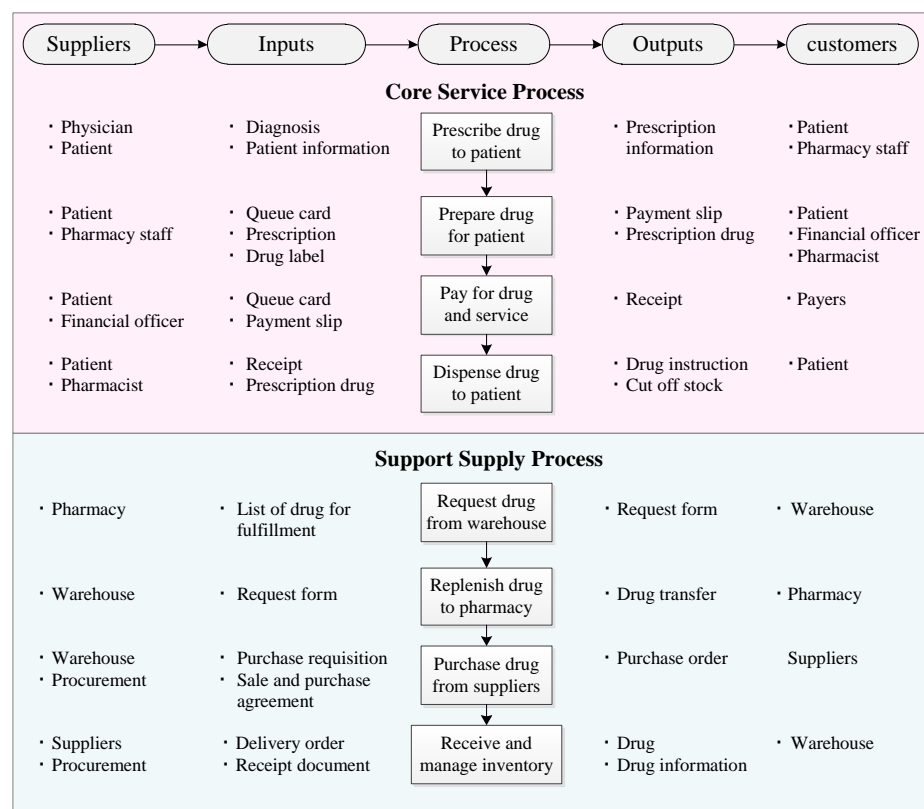


Figure 4.7 SIPOC diagram for drug operation process in the Medical Center

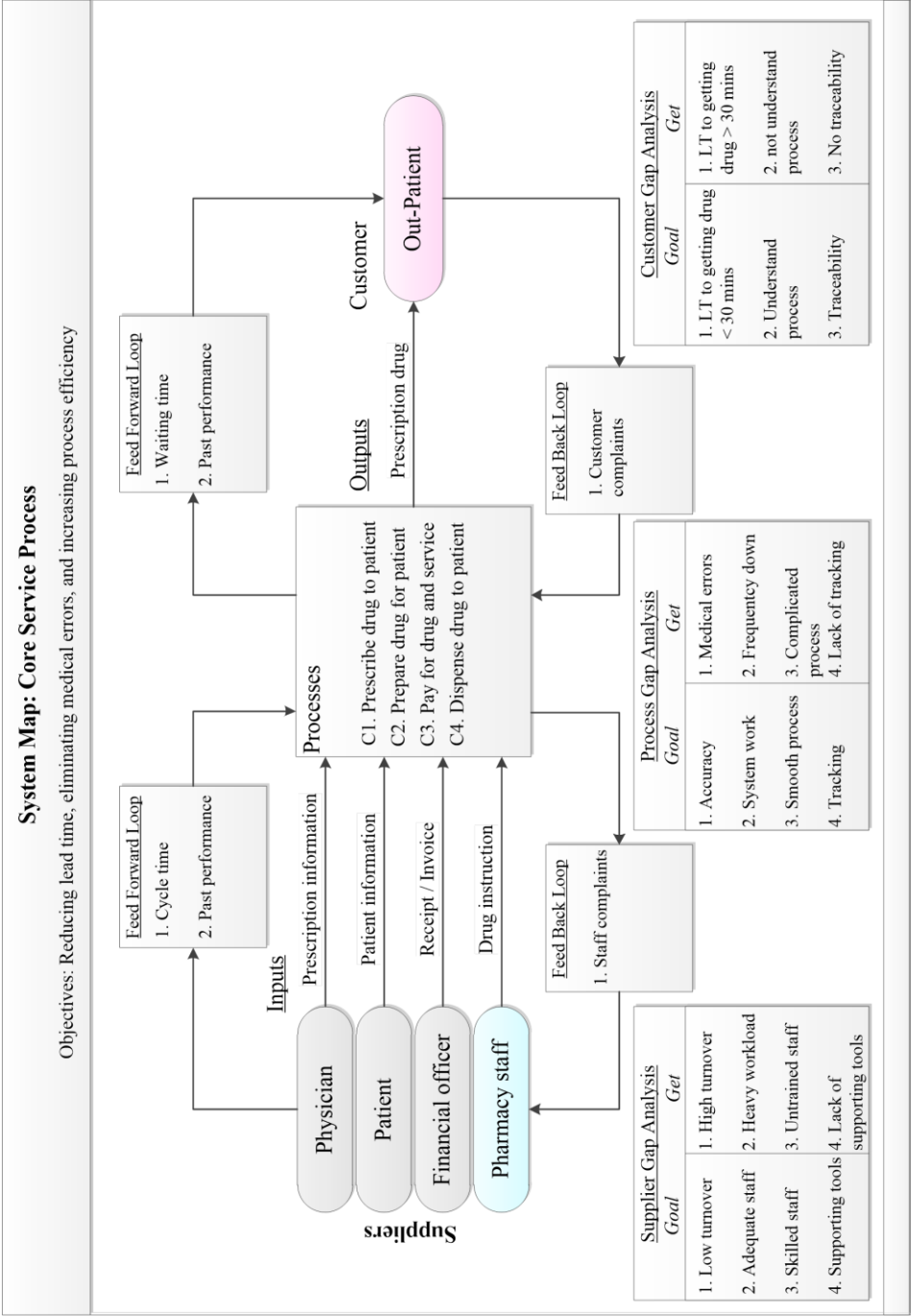


Figure 4.8 System map for the core service process

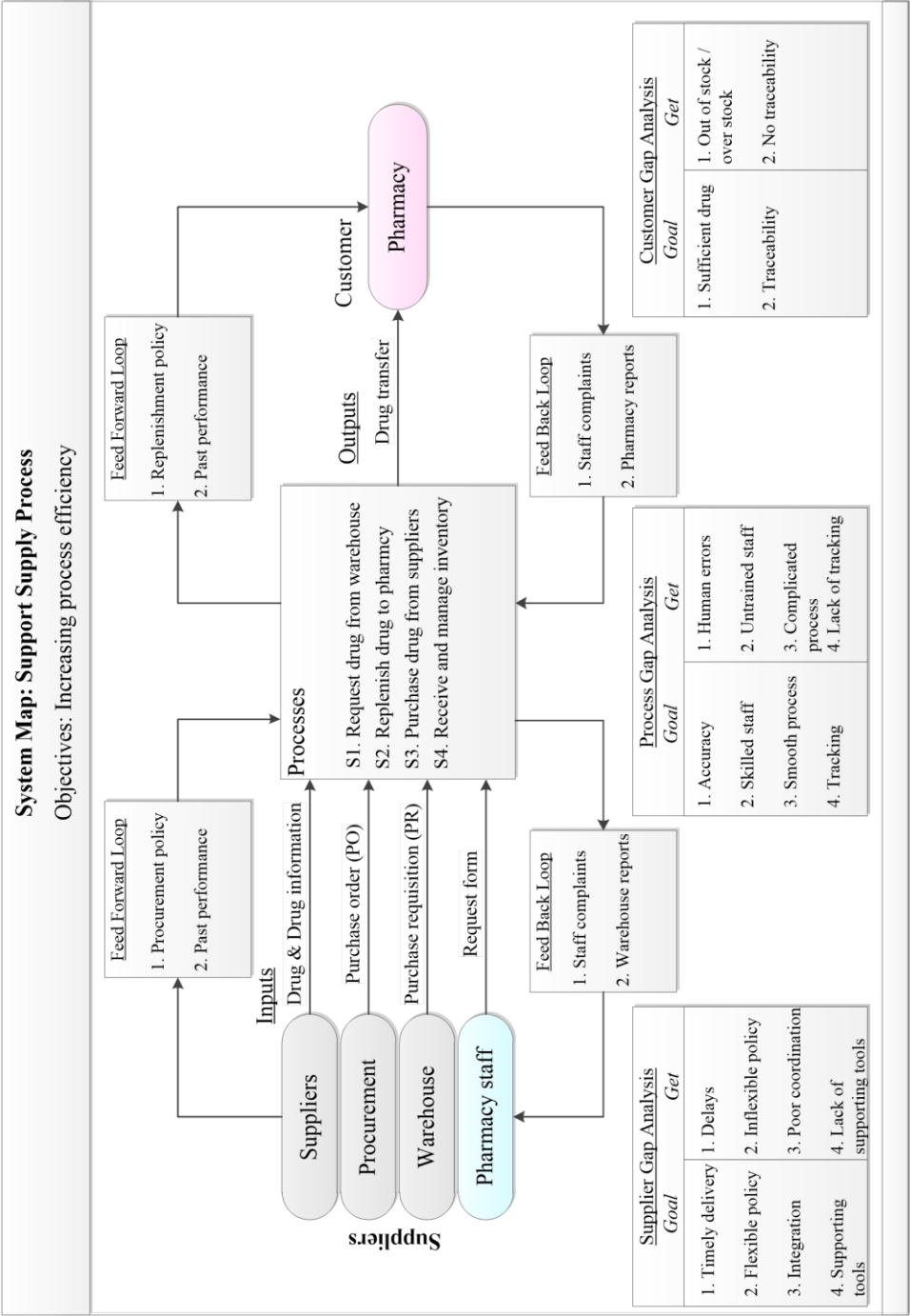


Figure 4.9 System map for the support supply process

Step 3: Identify value and waste of the process. In this step we apply the seven wastes of TPS to identify the hospital pharmacy waste.

DOWNTIME is an acronym for the eight wastes for healthcare process including: Defects, Over-production, Waiting, Not clear (confusion), Transportation, Inventory, Motion, and Excessive processing (Healthcare Performance Partner, 2008). The definition and examples of each type of the hospital pharmacy waste is shown in Table 4.2.

Table 4.2 The eight types of waste and examples of the hospital pharmacy waste (Adapted from Healthcare Performance Partner, 2008)

Type of Waste	Definition	Hospital Pharmacy Waste
<u>Defects</u>	Work that contains errors or lacks something of value	Medical errors, Human errors, Reworks
<u>Over-production</u>	Redundant work	Multiple forms with same information Large batch size in purchasing order Request for overstocked drugs
<u>Waiting</u>	Idle time created when people, information, equipment or materials are not at hand	Patient waiting for prescription drug Waiting for purchasing procedures
<u>Not Clear</u>	People doing the work are not confident about the best way to perform tasks	Same activities being performed in different ways by different people Unclear prescription orders
<u>Transportation</u>	Required relocation or delivery of patient, material or supplies to complete a task	Delivery of drug from warehouse to pharmacy
<u>Inventory</u>	More materials on hand than are required to do the work	Overstocked drugs in pharmacy, and in warehouse.

Table 4.2 The eight types of waste and examples of the hospital pharmacy waste (cont.)

Type of Waste	Definition	Hospital Pharmacy Waste
<u>M</u> otion	Movement of people that does not add value	Patient walks between pharmacy and finance Looking for drugs, information, and prescription orders
<u>E</u> xcessive- processing	Activities that do not add value from the patient or customers perspective	Multiple steps in purchasing procedure Paper based documents in request drug process

Step 4: Choose the appropriate methods to solve the problem, or improve the process. This step is to eliminating delays using Lean, and decreasing defects and deviation using Six Sigma.

Reduce delays: Create the current state VSM for deeper understanding the core service process. Then analyze and eliminate delays of the process. The pharmacy department is open for 8 hours. Because the pharmacy department processes 320 prescription orders a day, takt time (Zidel, 2006) can be calculated as follows:

$$Takt\ time = \frac{Available\ time}{Customer\ demand} = \frac{8\ hours * 60\ min. * 60\ s}{320\ prescription\ orders} = 90\ s\ or\ 1.30\ min.$$

Each prescription order or patient in the process must advance to the next process step every 90 seconds or every 1.30 minutes. The current state VSM for core service process is shown in Figure 4.10. There are four single process steps can take more 90 seconds or 1.30 minutes. In fact that patients are waiting between each process indicates that inventory exists in the form of excess patients. Push arrows used to connect the process indicate that prescription orders or patients are being pushed from one process to the next.

Because the information flow as important as the physical flows of patient and prescription order, information flow must be added to the map. Information flow begins when the OPD physician keys and approves a prescription order into the SSB system, then prescription order and drug labels are auto-printed at OPD pharmacy. The prescription drug should be prepared and manual checked before paying slip to patient. During the prepare drug and inspection processes, patients have to present the OPD card to the pharmacy and wait for receiving payment slip. The queue card must be pressed by pharmacy staff when prescription drug is completed and matched with payment slip. When the patients receive their payment slips, they have to walk and pay for drug and service at financial department by queue. The financial officer approves the payment into the SSB system and the patient can hold a receipt or an invoice to the pharmacy and wait for getting drug from pharmacist by queue.

The core service process consists of OPD pharmacy flow and OPD patient flow. The current state VSM for OPD pharmacy flow is shown in Figure 4.11. There are four single process steps. The map includes both the physical flow of the pharmacy and the information flow, as well as, represents the entire process from the receipt of OPD physician's prescription order through the dispensing process.

The current state VSM for OPD patient flow is shown in Figure 4.12. The map includes both the physical flow of patient and the information flow, as well as, represents the entire process of patient from presenting the OPD card through getting prescription drug from pharmacist.

A time line should be drawn at the bottom of the map to indicate the beginning and end of each process. The actual cycle time for each process step is written on the time line below the corresponding process box. Waiting times are written on the time line between process boxes.

In Figure 4.11, lead time is the time it takes to process each prescription order through the entire value stream from beginning to end. For the patient, lead time is the time it takes to process each patient through the entire value stream from beginning to end, see Figure 4.12.

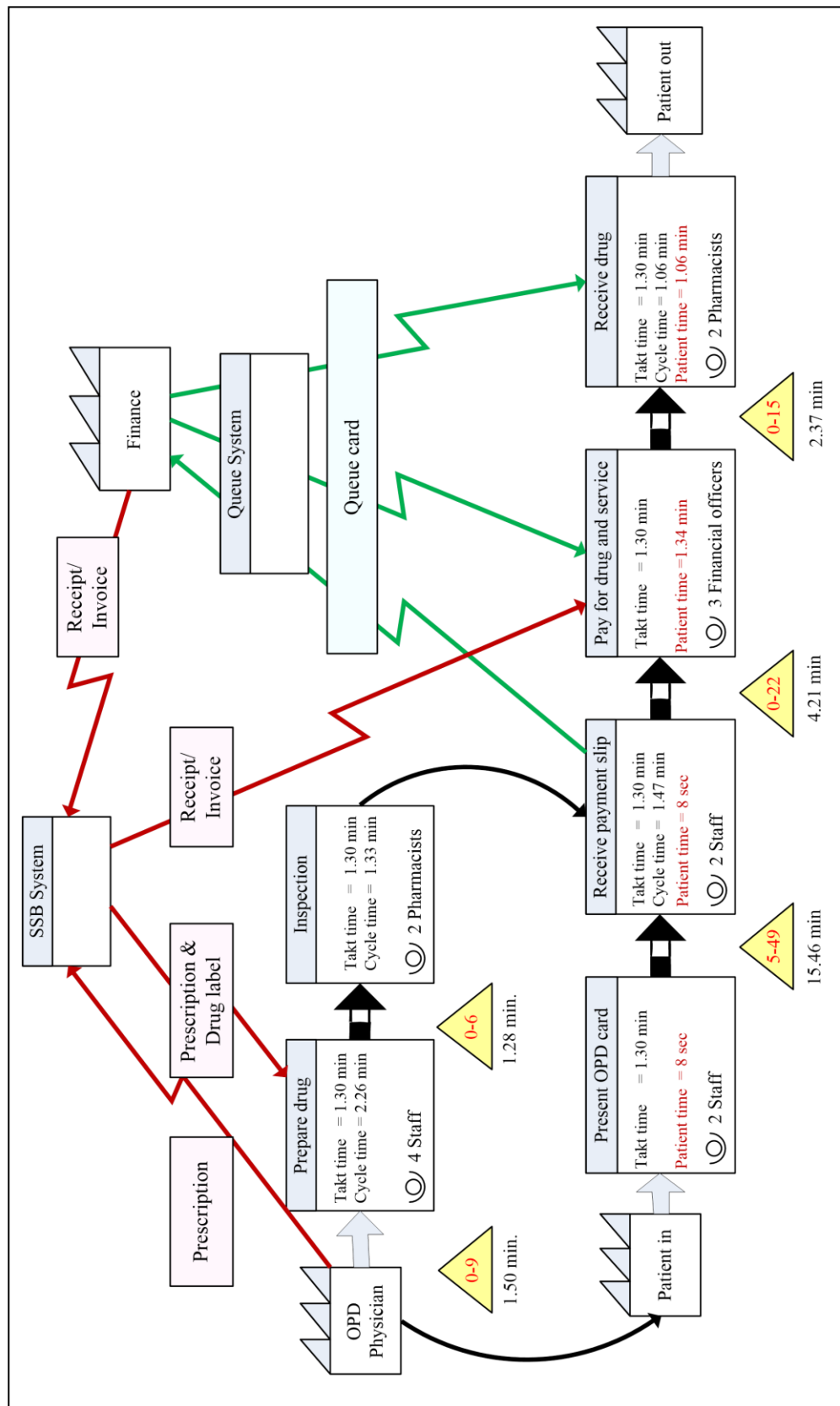


Figure 4.10 The current state map for core service process

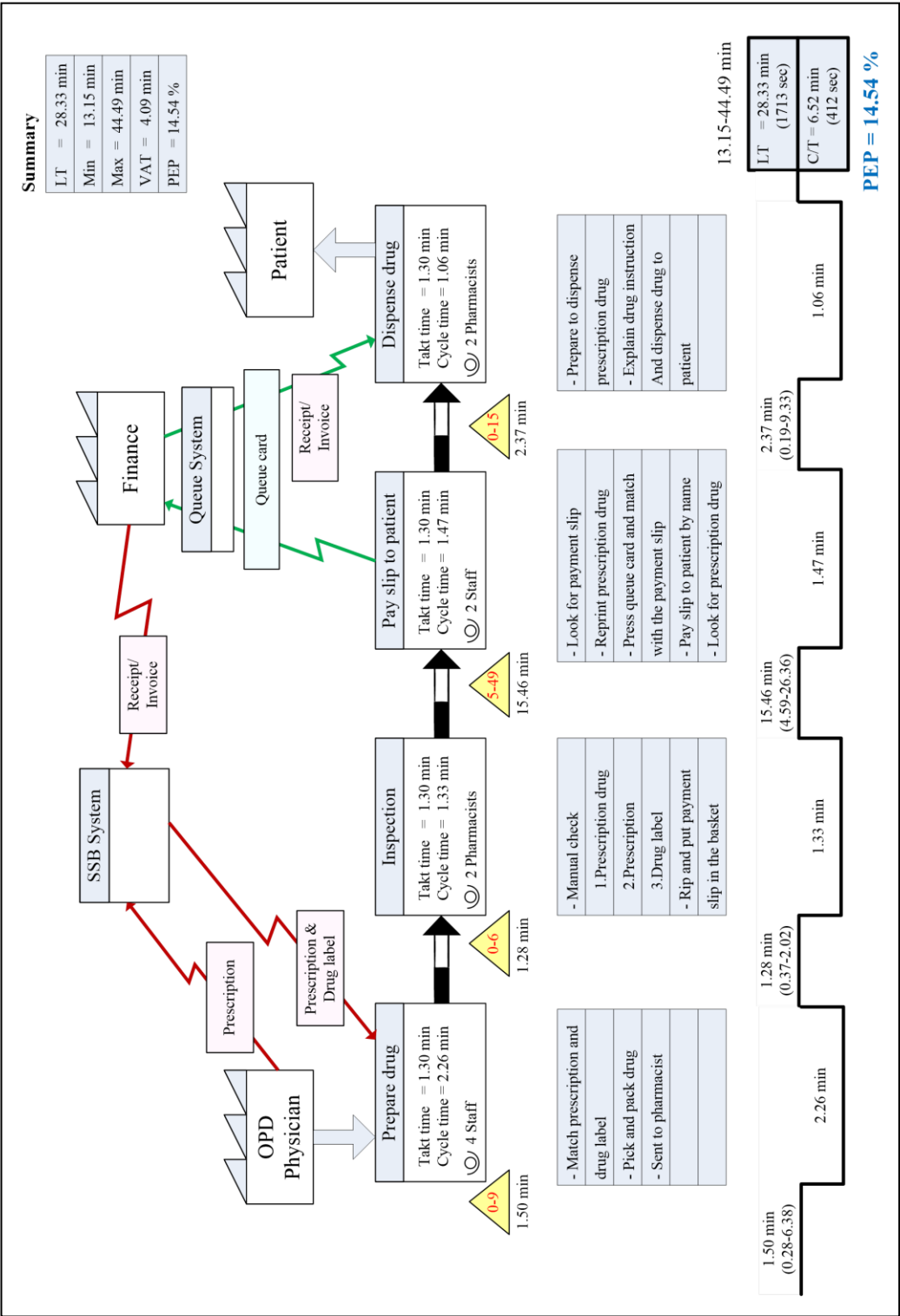


Figure 4.11 The current state map for OPD pharmacy flow

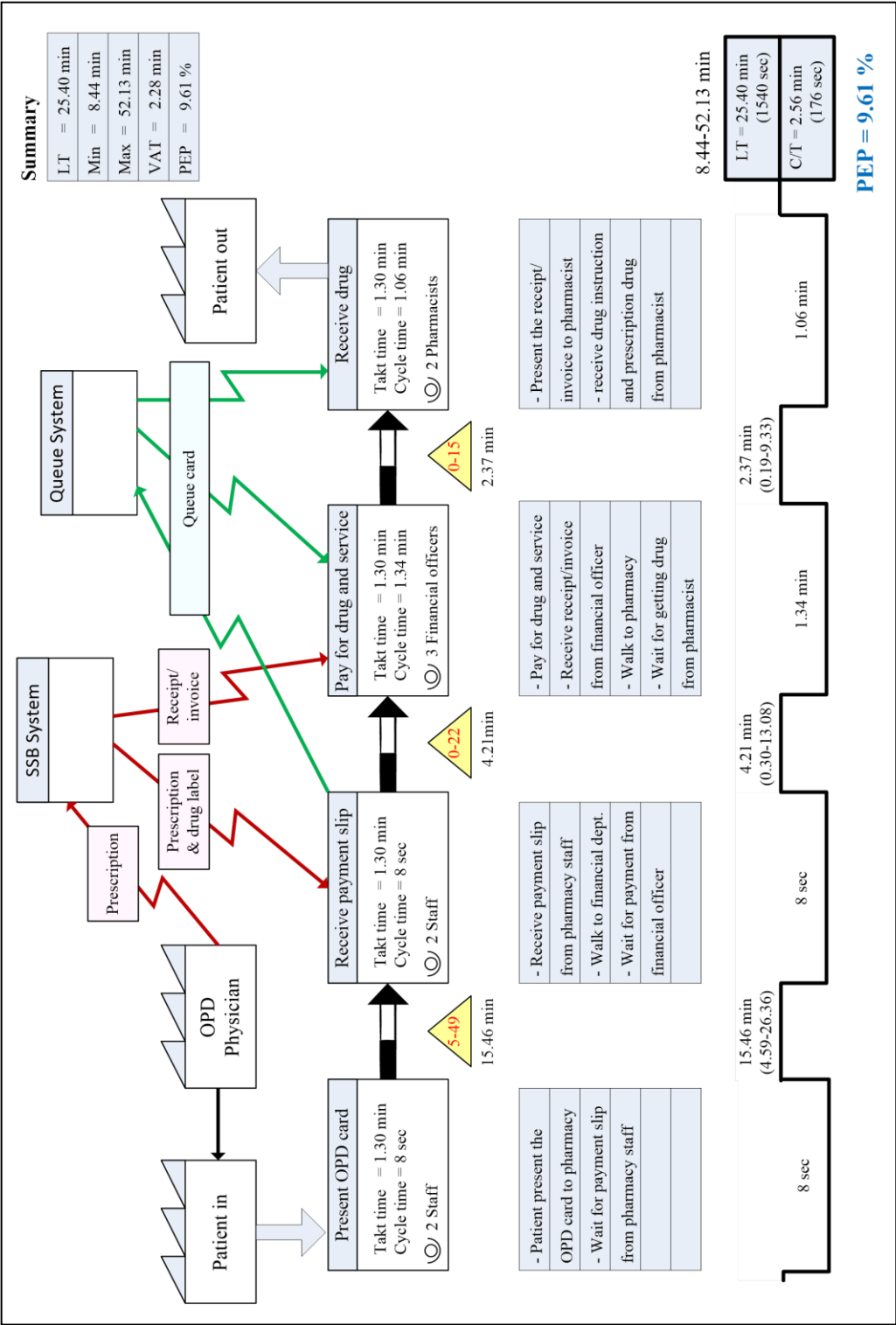


Figure 4.12 The current state map for OPD patient flow

Lead time and value-added time are used to calculate the efficiency of the process. According to Zidel (2006), the process efficiency percentage (PEP) can be calculated as follows:

$$PEP = \frac{\text{Value-added time (VAT)}}{\text{Lead time (LT)}} \times 100$$

In Table 4.3, the value-added time and lead time in OPD pharmacy flow are calculated to be 249 and 1,713 seconds. The process efficiency percentage of the OPD pharmacy flow is 14.54 percent. Similarly, in Table 4.4 the value-added time and lead time in OPD patient flow are calculated to be 148 and 1,540 seconds. The process efficiency percentage for the OPD patient flow is 9.61 percent.

The future state VSM should represent the elimination of non-value-added steps, the implementation of a pull system in core service process when prescription has been approved by pharmacist. The future state VSM for the core service process of the Medical Center is shown in Figure 4.13.

Table 4.3 The value analysis for drug operation process - OPD pharmacy flow

Process	Activity	VA	NNVA	NVA	Time	Time 1 (sec)	Time 2 (sec)
Prepare drug	1 Match prescription and drug label		•		30 sec	30	30
	2 Pick drug to drug basket	•			48 sec	48	48
	3 Pack and label drug	•			59 sec	59	59
	4 Sent prescription drug to pharmacist		•		9 sec	9	9
	5 Wait for inspection		•		1.28 min	88	88
Inspection	* Approve by pharmacist (new)	•			50 sec		50
	6 Inspect by pharmacist	•			1.28 min	88	88
	7 Rip and put payment slip in the basket			•	5 sec	5	
	8 Wait for paying slip to patient			•	15.46 min	946	
Pay slip to patient	9 Look for payment slip			•	43 sec	43	
	10 Reprint prescription drug			•	1.50 min	110	
	11 Press queue card and match with the slip			•	42 sec	42	
	12 Pay slip to patient by name			•	8 sec	8	
	13 Look for prescription drug		•		14 sec	14	14
	14 Wait for payment		•		2.37 min	157	
	* Wait for payment (new)		•		2.07 min		127
	15 Prepare to dispense prescription drug		•		12 sec	12	12
Dispense drug	16 Explain and dispense drug to patient	•			54 sec	54	54
	Total (sec)	249	310	1154	LT =	1713	579
				VAT =		249	299
				PEP =		14.54	51.64

Table 4.4 The value analysis for drug operation process - OPD patient flow

Process	Activity	VA	NNVA	NVA	Time	Time 1 (sec)	Time 2 (sec)
Present OPD card	1 Patient present the OPD card	•			8 sec	8	8
	2 Wait for payment slip			•	15.46 min	946	
Receive payment slip	3 Receive payment slip			•	8 sec	8	
	4 Walk to financial department			•	30 sec	30	
	5 Wait for payment	•			3.51 min	231	231
Pay for drug and service	6 Pay for drug and service	•			1.06 min	66	66
	7 Receive receipt/invoice	•			30 sec	28	28
	8 Walk to pharmacy			•	30 sec	30	
	9 Wait for getting drug		•		2.07 min	127	127
Receive drug	10 Present the receipt/invoice		•		12 sec	12	12
	11 Receive drug instruction	•			50 sec	50	50
	12 Receive prescription drug	•			4 sec	4	4
Total (sec)		148	378	1014	LT =	1540	526
					VAT =	148	148
					PEP =	9.61	28.14

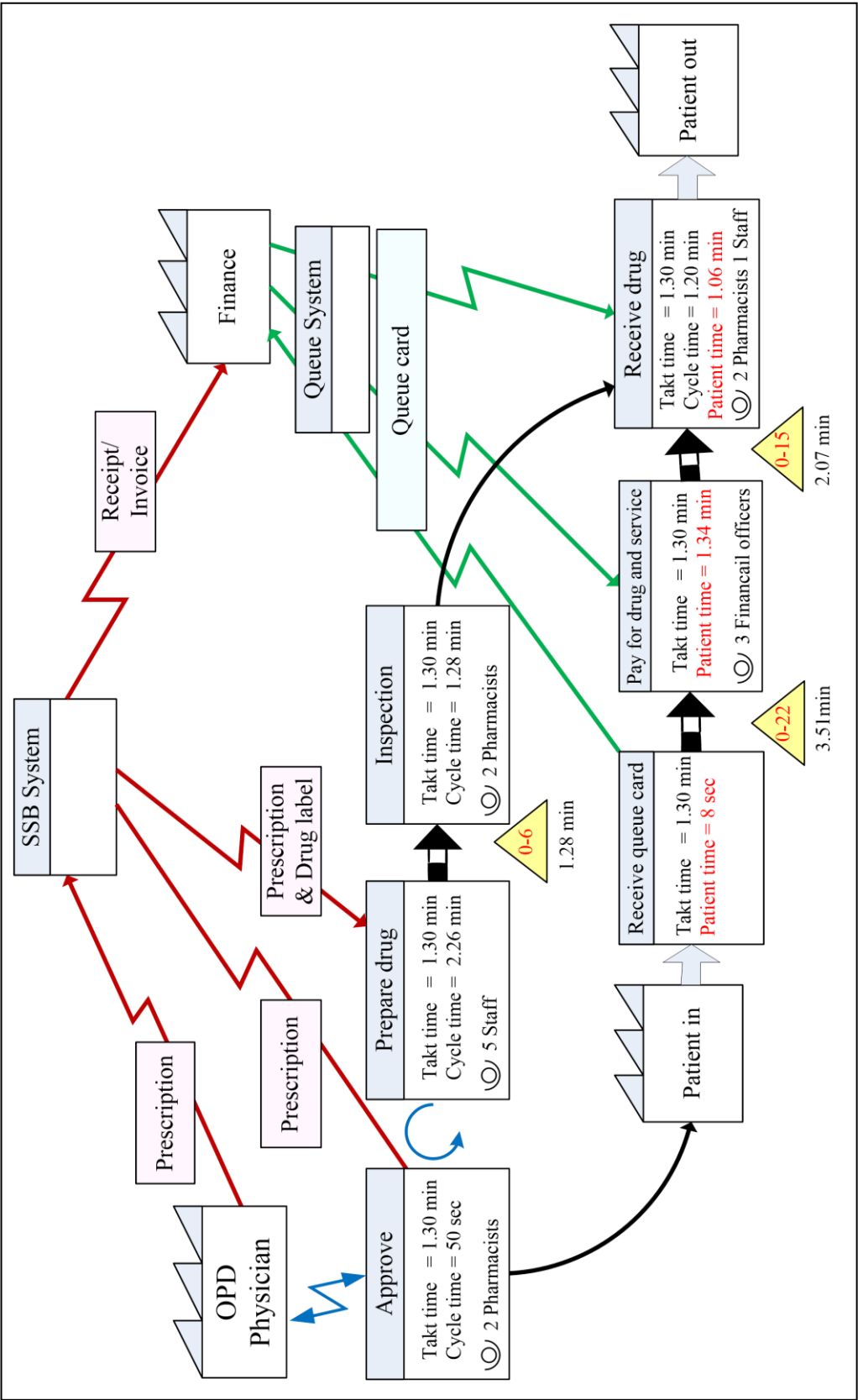


Figure 4.13 The future state map for core service process

Reduce *defects*: Count the defects or errors occurring in the current process, and categorize and display them on Pareto chart. Then use FMEA to analyze and eliminate the potential cause of these defects.

With over 70,000 prescription orders per year, there are 590 medical errors occurring in drug operation process. The defect rate was 8,377 per million prescription orders, or sigma level 3 (Linderman et al., 2003), see Table 4.5. The medical errors frequent originate in preparing (69.8 %), prescribing (15.6 %), and inspection (11 %) process, the origin of medical errors - Pareto chart is shown in Figure 4.14. There are several types of medical errors: improper quantity (49 %), wrong drug (20.9 %), wrong dose (19.3), and others (10.8 %) such as improper instruction, wrong dosage form, wrong label, wrong patient, and wrong package. The type of medical errors - Pareto chart is shown in Figure 4.15.

Table 4.5 Process sigma level of drug operation process

Month	Prescribing Error	Predisensing Error	Dispensing Error	Total	# Order	Defect Rate (%)	DPMO	Sigma
Oct-11	6	78		84	5176	1.6229	16,229	3
Nov-11					576			
Dec-11	6	29		35	5184	0.6752	6,752	3
Jan-12	10	85		95	5597	1.6973	16,973	3
Feb-12	12	40		52	6200	0.8387	8,387	3
Mar-12	8	33		41	6853	0.5983	5,983	4
Apr-12	2	50	3	55	5691	0.9664	9,664	3
May-12	19	39	1	59	6397	0.9223	9,223	3
Jun-12	15	62		77	6822	1.1287	11,287	3
Jul-12	7	24		31	7399	0.4190	4,190	4
Aug-12	5	35		40	7068	0.5659	5,659	4
Sep-12	2	19		21	7466	0.2813	2,813	4
Total	92	494	4	590	70429	0.8377	8,377	3

Note: Incomplete information due to the error in data collection

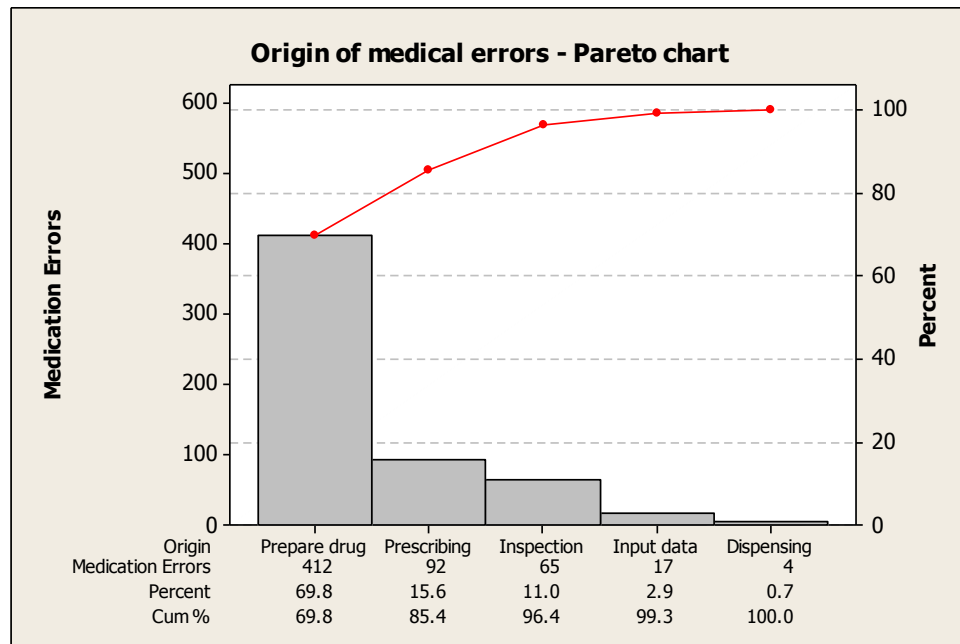


Figure 4.14 The origin of medical errors – Pareto chart

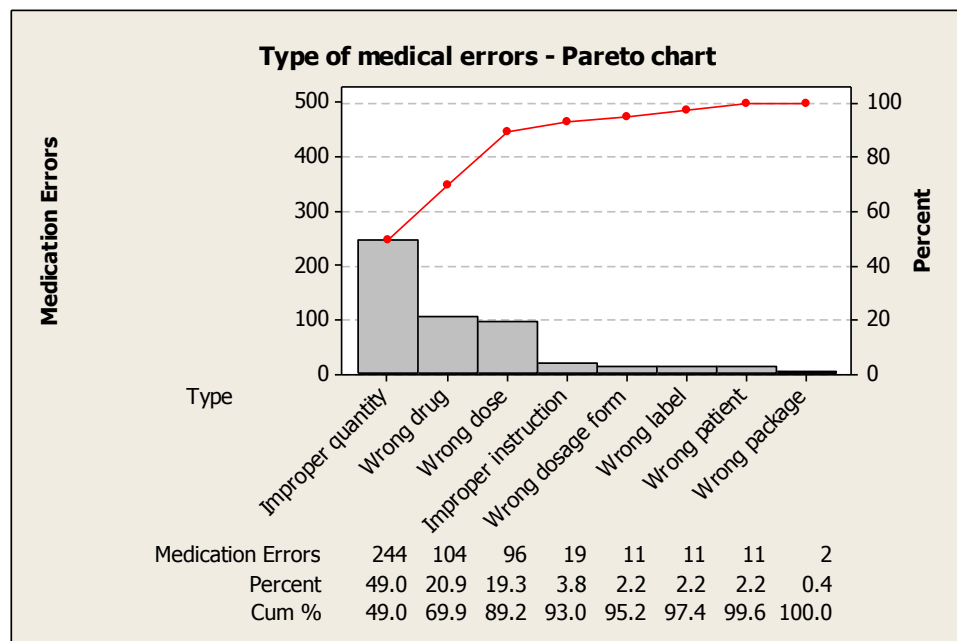


Figure 4.15 The type of medical errors – Pareto chart

To reduce the medical errors and failure risk in drug operation process, FMEA is used to analyze and eliminate the potential causes of the key problems. There are twenty five failure modes in drug operation process, related to the Ishikawa and Process mapping in the previous step, see Table 4.6. A value in the range of 1-10 was attributed to each step in drug operation process to quantify the occurrence (O), severity (S), and detection (D). The rating scales were adapted from Reichert (2006). Moreover, the numerical value obtained by multiplying these three factors (OxSxD) is the risk priority number (RPN), all data were scored by pharmacists and staff related to drug operation process. The total RPN of drug operation process was 17,812 and the maximum RPN was 600.

Additionally, the numerical value of the RPN factors were plotted in the priority matrix which were adapted from Lago (2012), a graph divided into four risk areas: very high (1=red), high (2=orange), medium (3=yellow), and low (4=green). The FMEA result shows that: there are 31 causes of failure mode were dropped in area 1 which is very high risk. There are 18 causes of high risk could be happened in core service process and they impact on long lead time, medical errors and process inefficiency. There are 13 causes of high risk could be happened in service supply process and they impact on process inefficiency. To reduce the failure risk, the recommended actions were identified for improving drug operation process.

The results from drug operation process – FMEA, the FMEA rating scales, and the risk priority matrix are shown in Appendix B. Moreover, the summary of drug operation process – FMEA and recommended actions for improvement are summarized in Table 4.7 and Table 4.8, respectively.

Table 4.6 The relationship between failure modes and key problems in drug operation process

#	Failure Mode	1 Long Lead Time	2 Medical Errors	3 Process Inefficiency
1	FM01 Inappropriate prescription		•	•
2	FM02 Order entered incorrectly		•	•
3	FM03 Order not entered	•		•
4	FM04 Order not auto-printed in pharmacy	•		•
5	FM05 Error by printing	•		•
6	FM06 Incorrect matching (prescription & drug label)		•	•
7	FM07 Wrong drug		•	•
8	FM08 Double order	•		•
9	FM09 Wrong label		•	•
10	FM10 Check inadequate		•	•
11	FM11 Approve not completed (SSB)			•
12	FM12 Lack of document	•		•
13	FM13 Lack of tracking in pharmacy	•		•
14	FM14 Human errors	•	•	•
15	FM15 Heavy workload	•		•
16	FM16 Wrong patient		•	•
17	FM17 Order not receive/processed in pharmacy	•		•
18	FM18 Unclear process	•		•
19	FM19 Stock inaccuracy (lot, expired, amount)			•
20	FM20 Out of stock/over stock			•
21	FM21 No traceability		•	•
22	FM22 Untrained staff			•
23	FM23 Complicated process			•
24	FM24 Forecasting inaccuracy			•
25	FM25 Poor coordination			•
		10	9	25

Table 4.7 The summary of drug operation process – FMEA

Process	RPN	High Risk	Recommended Action
Core Service Process	9,391 of 25,000		37.56%
C1 Prescribe drug to patient	1,584	C11-C12	A, B, C,D
C2 Prepare drug for patient	3,661	C21-C24, C26-C27	A, E, F, G, H
C3 Pay for drug and service	3,016	C31-C34, C36	E, I, J
C4 Dispense drug to patient	1,130	C41, C44	J, K
Support Supply Process	8,421 of 45,000		18.71%
S1 Request drug from warehouse	2,301	S11-S12	L, M
S2 Replenish drug to pharmacy	712	None	None
S3 Purchase drug from suppliers	2,842	S31, S33-S34, S37-S38	L, M, N, O
S4 Receive and manage inventory	2,566	S44-S48	N, O
Total	17,812 of 70,000		25.45%

Table 4.8 The recommended actions for drug operation process

#	Recommended Action
A	Check and approve each prescription order by pharmacist in SSB system
B	Use of Clinical Decision Support Systems (CDSS) support for prescribing
C	Adequate health professionals and resources (computer, printer etc.)
D	Training health professionals to deal with drug operation process and SSB system
E	Establish tracking system in pharmacy with real time display
F	Use of barcode technology to reduce human errors in drug operation process
G	Separate look-alike and sound-alike products
H	Approve the revised prescription order by physician
I	Send the related electronic files for each prescription order to pharmacy
J	Environmental and workflow improvement for the smooth OPD patient flow
K	Update the accurate stock into SSB system (lot, expired, amount)
L	Training warehouse and pharmacy staff to deal with inventory management
M	Establish drug replenishment system from warehouse to pharmacy
N	Reduce the complicated in purchasing process
O	Improve purchasing system and communication with suppliers

Reduce *deviation*: Measure and display the variance or deviation of the current process on histograms or control charts. Then use process capability not only to analyze the current status of core service process but also establish the process baseline for the improved process.

According to the timeline of current state VSM for OPD patient flow, the waiting time before getting payment slip from pharmacy is a bottle neck of the core service process. To analyze the variance of the patient waiting time, histograms are used to plot and display the density of data. The histograms of OPD patient waiting time before getting payment slip from pharmacy using Minitab is shown in Figure 4.16. The histograms illustrate non-normal distributions with fairly long tails indicating a few patients with quite long length of waiting time. The standard deviation for OPD patient waiting time before getting payment slip from pharmacy was 6.96 minutes.

Moreover, the same data can be used to create the individual and moving range (XmR) control chart to analyze stability of the core service process. The XmR control chart of OPD patient waiting time is shown in Figure 4.17. The control charts indicate that the current process is not stable due to out of control signals above upper control limit.

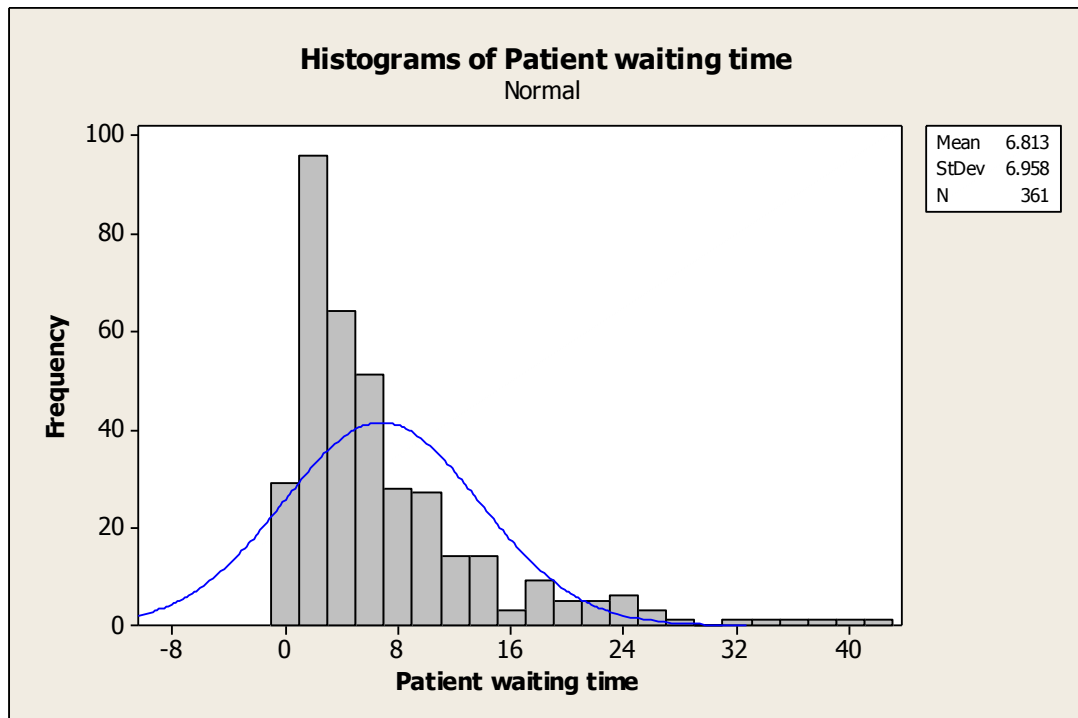


Figure 4.16 The histograms of OPD patient waiting time

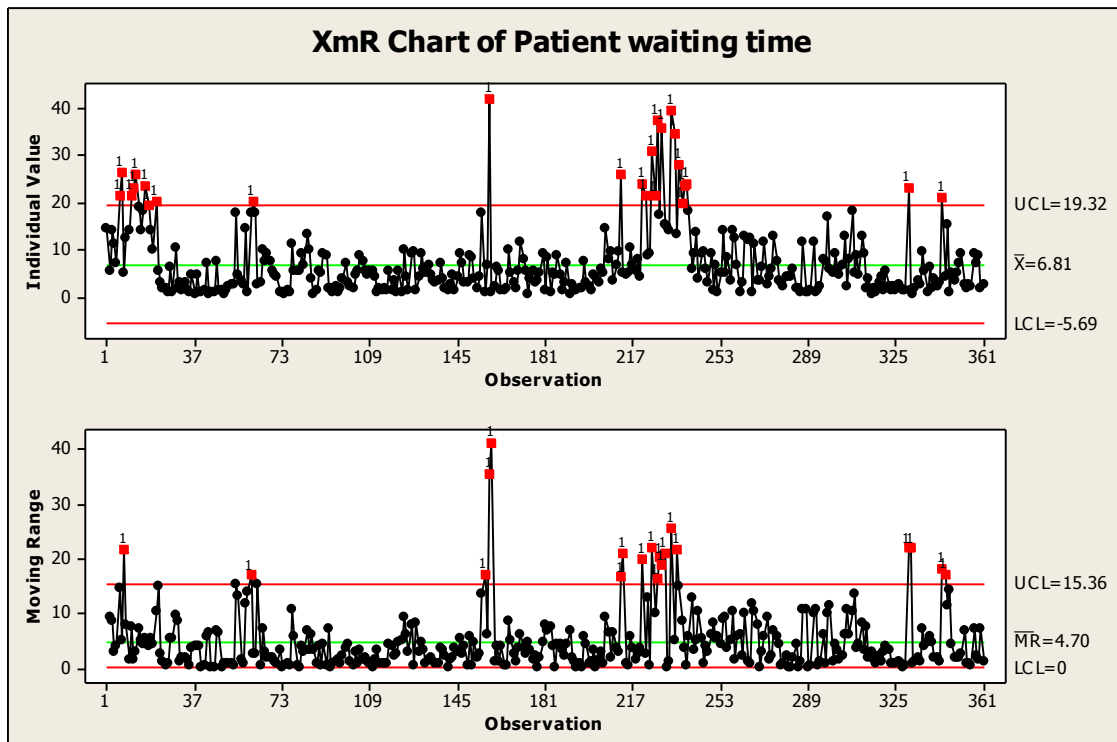


Figure 4.17 The XmR control chart of OPD patient waiting time

Furthermore, the Anderson-Darling test (Stephens, 1974) is used to determine normality of the data distribution in Minitab (Harry et al, 2010). The null hypothesis (H_0) is that the data are normal. The alternative hypothesis (H_a) is that the data are non-normal. Reject H_0 (accept H_a) when $P\text{-Value} \leq \alpha$ (Arthur, 2011). The Anderson-Darling normality test of the patient waiting time before getting payment slip from pharmacy using Minitab is shown in Figure 4.18. Because $P\text{-Value} < 0.005$ which is less than $\alpha = 0.05$, we can reject H_0 at $\alpha = 0.05$, so the data are non-normal.

To develop the process capability (Sahay, 2010), we fit non-normal statistical distribution for the patient waiting time and found the two-parameter exponential distribution is a better fit than the others because the data points roughly follow a straight line and its $P\text{-Value} = 0.076$ which is the highest, see Figure 4.19. The process capability for the patient waiting time is developed and the current process is not capable of meeting the specification of 30 minutes or less ($LSL = 0$ and $USL = 30$), see Figure 4.20. In long term, the process has low potential at $P_p = 0.71$ and the current process is not capable at $P_{pk} = 0.66$. We then moved onto the next step to identify improvements to the current process.

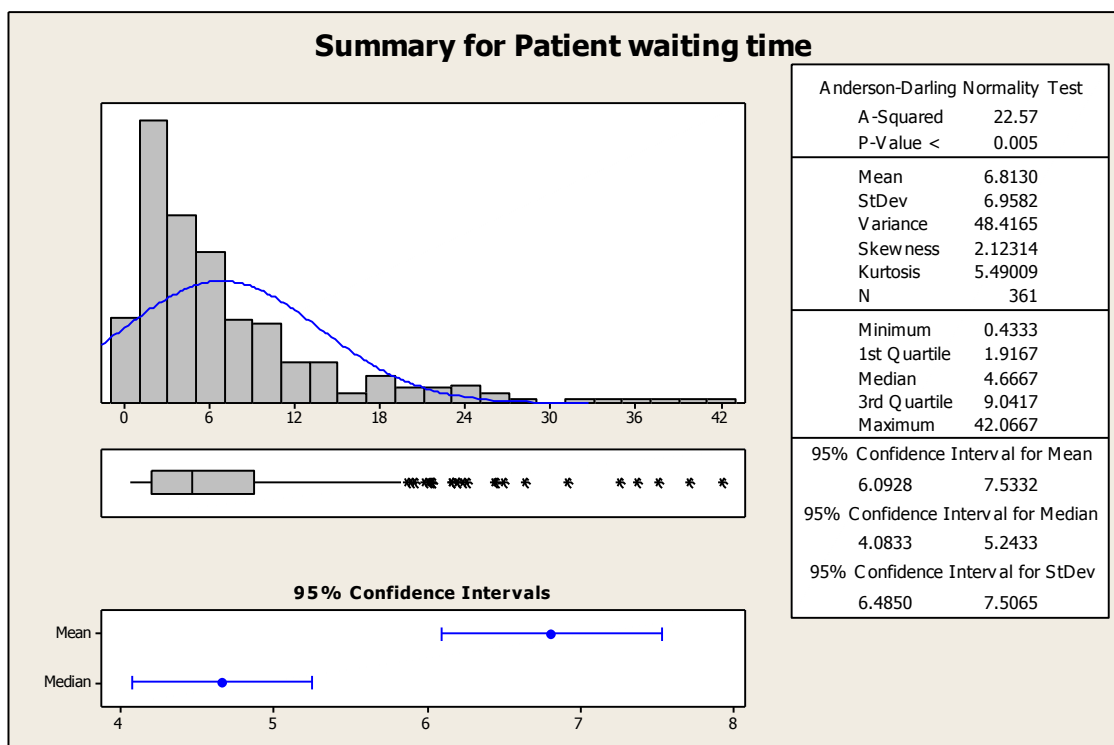


Figure 4.18 The summary for OPD patient waiting time

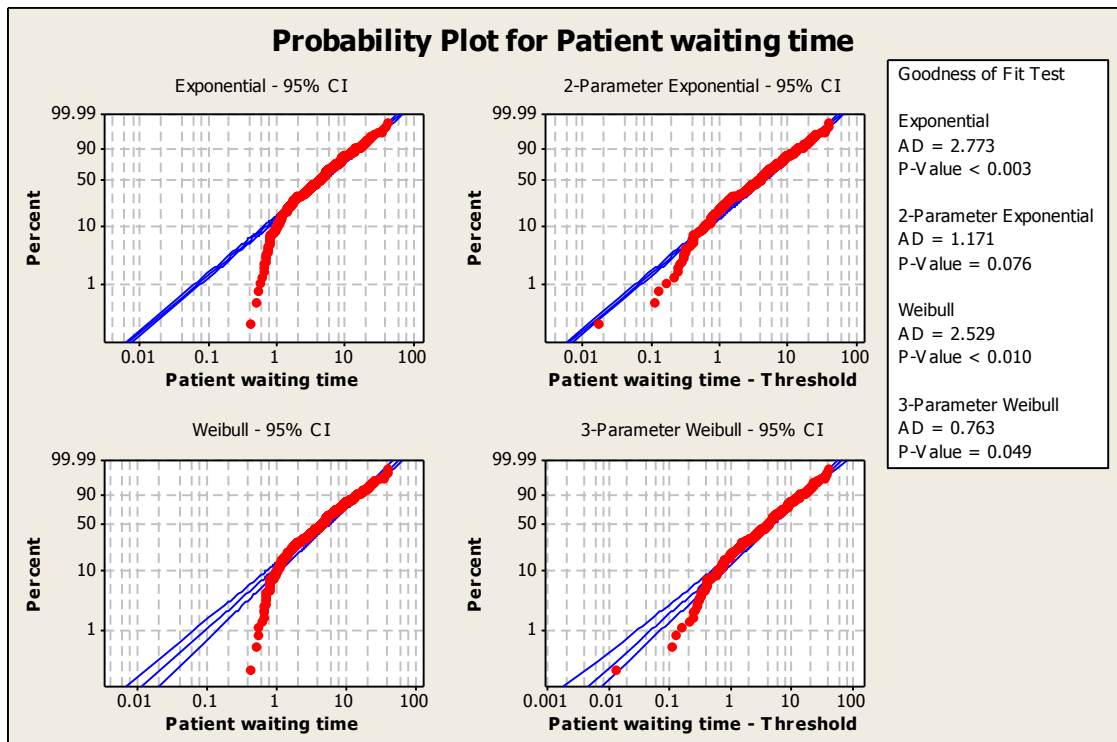


Figure 4.19 The probability plot for OPD patient waiting time

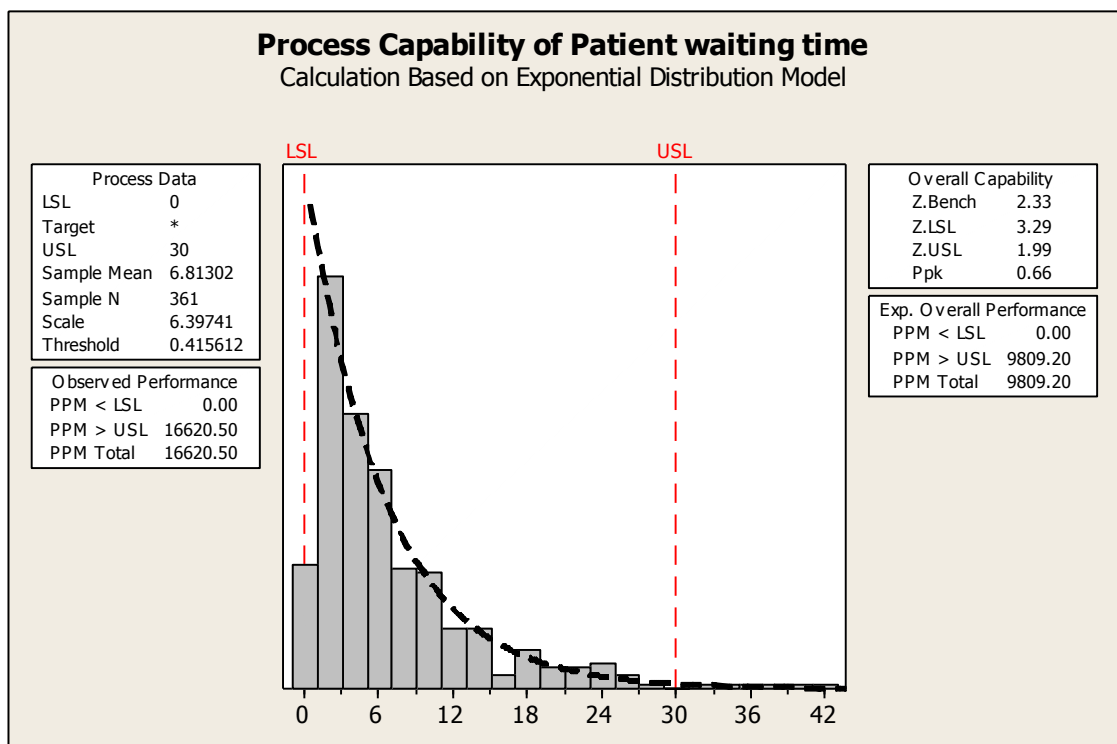


Figure 4.20 The process capability of OPD patient waiting time

Step 5: Create the improved process using Lean and Six Sigma application. In this step we develop the hospital pharmacy process to be the improved process from Lean and Six Sigma application in the previous step.

In the previous step, the appropriate methods are applied to analyze and improve the current process of drug operation process. Firstly, the current state VSM and value-added analysis are used to eliminating delays of core service process and then the future state VSM has been proposed. Next, DPMO and Pareto chart are used to categorize and display the medical errors occurring in core service process and then we used FMEA to analyze and eliminate failure risk in drug operation process. Finally, we not only analyzed variance of core service process using Histograms and XmR control chart but also analyzed performance of the pharmacy using process capability analysis.

To develop the improved process, we should reconsider both the future state VSM and FMEA recommended actions, and then combine them to be an improved process of drug operation process. The future state of drug operation process is developed by creating detailed process maps of the core service process and support supply process, shown in Appendix C.

Step 6: Develop a quality control plan. This step is to propose the control system belonging to the hospital pharmacy process quality and safety.

The quality control plan is a detailed guide for maintaining process controls. The process maps and FMEA documents of drug operation process support development of the quality control plan. The quality control plan of drug operation process is shown in Table 4.9.

Table 4.9 The quality control plan summary of drug operation process

Process step	Control method	Measure	Criticality	Reaction plan	Responsibility
C1 Prescribe drug to patient	Mistake-proofing; Inspection	Prescribing error; Time to approve order	High	Contact the OPD physician for corrective prescription	Pharmacy
C2 Prepare drug for patient	Standard work; Pharmacy display; Dashboard	Predispensing error; Time to prepare drug	High	Reverse the prescription for right drug before dispensing	Pharmacy
C3 Pay for drug and service	Mistake-proofing; Dashboard	Time to pay for drug and service	Medium	Root cause analysis	Financial officer
C4 Dispense drug to patient	Mistake-proofing; Dashboard	Dispensing error; Time to dispense drug	High	Follow-up with the patient; Root cause analysis	Pharmacy
S1 Request drug from warehouse	Mistake-proofing	Request accuracy; Time to request drug	Low	Root cause analysis	Pharmacy
S2 Replenish drug to pharmacy	Standard work; Replenishment display; Dashboard	Stock out of shelf; Forecast accuracy; Time to replenish drug	High	Analyze and improve replenishment system	Warehouse
S3 Purchase drug from suppliers	Standard work; Warehouse display; Inspection	Order accuracy; Time to purchase drug	Medium	Analyze and improve procurement system	Purchasing
S4 Receive and manage inventory	Standard work; Mistake-proofing Inspection	On-time delivery; Inventory accuracy	Medium	Inspect receiving drug for corrective inventory	Committee

Since all processes not only have natural variability due to the common causes but also have unnatural variability due to special causes. To sustain the improvement, statistical process control (SPC) is an effective tool using statistical signals to monitor and control performance of the process (Furterer, 2012). Additionally, control charts are mostly common used to indicate special causes through out of control signals. Moreover, process capability is the ability of process to provide services capable of meeting the customer's specification (Furterer, 2012). The stability and capability matrix is shown in Figure 4.21. So we can monitor and improve consistency of core service process using the SPC control charts, as well as, we can analyze competency of the improved process using process capability analysis.

	Stable – In Control	Unstable – Out of Control
Capable	Good	Analyze and correct special causes
Not Capable	Analyze and reduce common cause variation	Correct special causes to get a stable process, then reduce common cause variation

Figure 4.21 The stability and capability matrix (Adapted from Arthur, 2011)

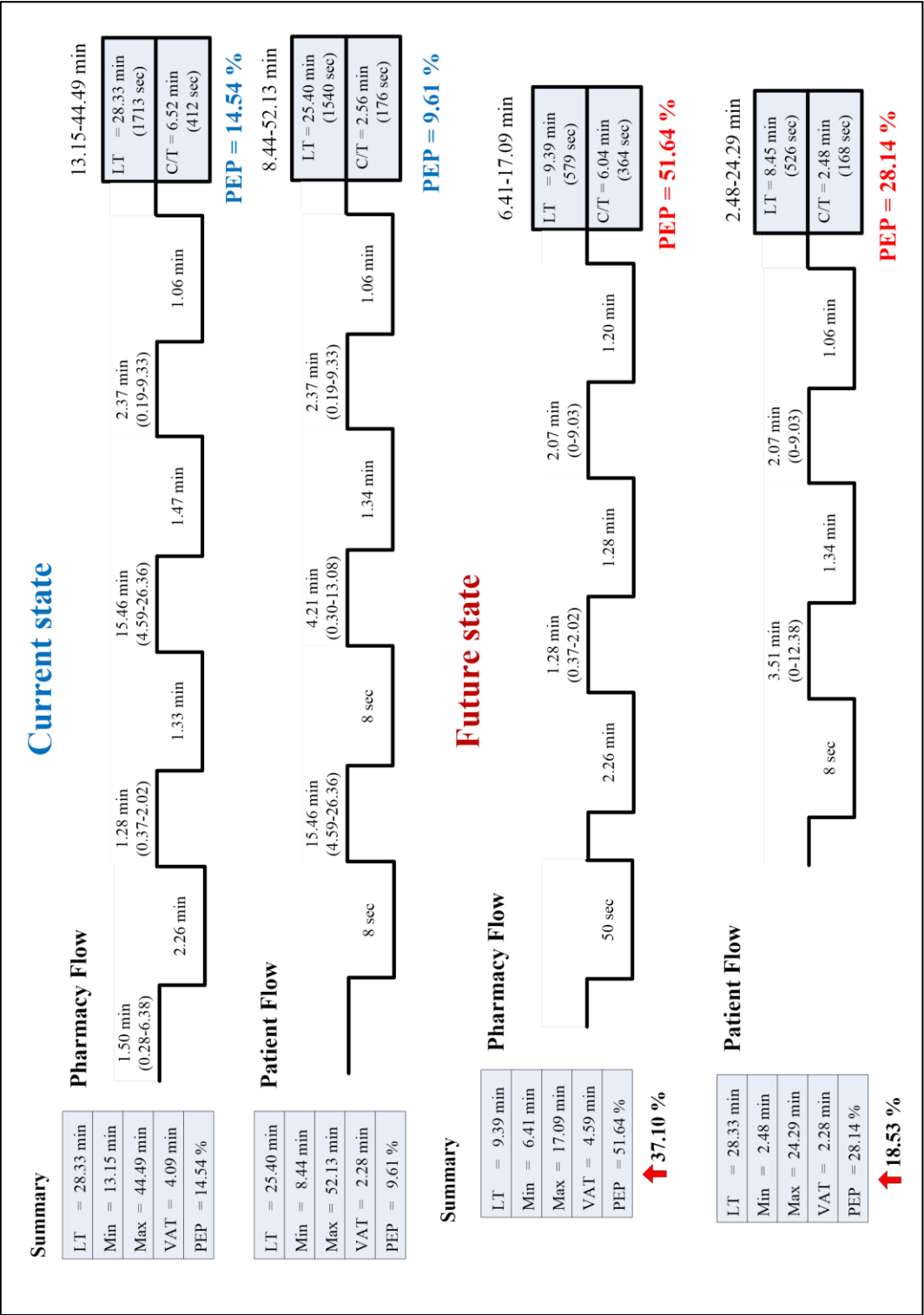
Step 7: Validate the improved process. This step aims to ensure that a service of an improvement flow meets the operational needs of the user, and then compare performance of the hospital pharmacy process between the current and future state of improvement.

To ensure a service of an improvement flow meets the needs of the user, the improved process of drug operation process has been proposed to the OPD pharmacy staff and other stakeholders. Additionally the system maps of drug operation process have been reconsidered and the details of gap analysis can be shown in Table 4.10.

Table 4.10 The details of gap analysis

Goal		As - Is	To - Be
Core Service Process :			
1	Lead time to getting drug is less than 30 minutes	Greater than 30 minutes	Less than 30 minutes
2	The OPD patient understand process	Not understand process	Understand process
3	Traceability of prescription drug is available	No traceability	Traceability is available
4	Low risk of failure in core service process	RPNs = 9,391	RPNs = 1,314
5	The pharmacy flow is smooth to process	Complicated process	Smooth process
6	Tracking of prescription details is available	Lack of tracking	Tracking is available
7	The pharmacy staff are adequate to work for the patient	Heavy workload	Adequate staff
8	The pharmacy staff have sufficient skills	Untrained staff	Skilled staff
9	Supporting tools are adequate for make a service (supporting tools: computer, printer, scanner etc.)	Lack of supporting tools	Adequate supporting tools
Support Supply Process :			
1	There are sufficient drug on pharmacy shelves	Out of stock/ over stock	Sufficient drug
2	Inventory records and demand forecasting are accuracy	Inaccuracy	Accuracy
3	Low risk of failure in support supply process	RPN = 8,421	RPN = 2,246
4	The warehouse staff have sufficient skills	Untrained staff	Skilled staff
5	Replenishment and purchasing flows are smooth	Complicated process	Smooth process
6	Tracking of drug information is available	Lack of tracking	Tracking is available
7	Supplier is able to deliver their products on time	Delays	On-time delivery
8	Support systems are available to process (support systems: replenishment, procurement, barcode etc.)	Lack of support systems	Support systems are available

Due to the eliminating delays using VSM in core service process, the value-added time and lead time in OPD pharmacy flow of the future state VSM are calculated to be 299 and 579 seconds. The process efficiency percentage of the OPD pharmacy flow improved from 14.54 to 51.64 percent, it was 37.10 percent improvement. Similarly, the value-added time and lead time in OPD patient flow of the future state VSM are calculated to be 148 and 526 second. The process efficiency percentage of the OPD patient flow improved from 9.61 to 28.14 percent, it was 18.53 percent improvement. The comparison of the current state and future state VSM is shown in Figure 4.22.



Since the process improvement for drug operation process has been proposed, we have to analyze the improved process and update the FMEA of drug operation process to be the future state, see Appendix D. The failure modes in drug operation process reduced from 25 to 16 failure modes, it was a 36 percent improvement. The total RPN of core service process reduced from 9,391 to 1,314, it was a 32.31 percent improvement. Additionally, the total RPN of support supply process reduced from 8,421 to 2,246, it was a 13.72 percent improvement. So the total RPN of drug operation process reduced from 17,812 to 3,560, it was a 20.36 percent improvement. The comparison of the current and future state FMEA of drug operation process is shown in Table 4.11.

Table 4.11 The comparison of the current state and future state FMEA

Process	RPN :	As - Is	To - Be	Diff
Core Service Process		9,391 37.56%	1,314 5.26%	↓ 32.31%
C1 Prescribe drug to patient		1,584	256	
C2 Prepare drug for patient		3,661	656	
C3 Pay for drug and service		3,016	338	
C4 Dispense drug to patient		1,130	64	
Support Supply Process		8,421 18.71%	2,246 4.99%	↓ 13.72%
S1 Request drug from warehouse		2,301	192	
S2 Replenish drug to pharmacy		712	430	
S3 Purchase drug from suppliers		2,842	1,170	
S4 Receive and mange inventory		2,566	454	
Total		17,812 25.45%	3,560 5.09%	↓ 20.36%

Step 8: Hand over to the process owner for continuous improvement. This step is to review the lessons learnt and outcomes of the process improvement project. Then hand over to the process owner to monitor and sustain the improved process.

The modified Lean Six Sigma approach has been established and applied to the hospital pharmacy department. In this case, we can state that this approach can be used to improve the operation process related to the flow of pharmaceutical

products in order to reducing delays, defects, and deviation. However, there are some specific key learning points and challenges to the pharmacy area:

First, data collection can be extremely difficult due to lacking of an appropriate measurement system analysis and metrics for drug operation process;

Second, the knowledge and training in Lean and Six Sigma is very crucial to support the project team getting more benefit in implementing this modified approach;

Third, it is difficult to perform any pilot project resulting from the need of the effective management: it will impact on the staff behavior. Therefore, the commitment of the top manager is important for the process of organizational culture change.

4.4 Implementation of the Research

Even though Lean and Six Sigma application in hospital is relatively a new topic in Thailand, it can be used to reduce delays, defects and deviation in the hospital both clinical and non-clinical process. In this research, we not only applied the modified approach to improve drug operation process in the hospital case study but also proposed the modified approach to other hospitals in Thailand.

In the hospital case study, we proposed the modified approach and the results from improvement to pharmacists and staff at the pharmacy department, as well as, health professionals and staff at the Medical Center. They said that the modified approach have been provided the improvement framework and appropriate methodologies for drug operation process. Additionally, the pharmacy department and other stakeholders must cooperate together for the successful implementation.

Moreover, the knowledge and experience learning from drug operation process improvement using the modified approach had been proposed to other hospitals in the workshop, which was organized by the ministry of public health in Thailand on 7 August, 2013. According to the workshop, the audiences were interesting in the modified approach and the results from the case study. They recommended that the application from the case study can be applied in other hospitals and it will be helpful in the development of health service in Thailand. However, they

feel like it difficult to understand due to lacking of skills in Lean and Six Sigma methodologies.

In order to participate in the development of health service in Thailand, the process improvement guide to apply Lean and Six Sigma in hospital had been developed for using as a detail guideline for process improvement project in hospital pharmacy department and in other related fields, see Appendix E.

CHAPTER V

DISCUSSION AND CONCLUSION

This chapter describes contribution from this research through discussion and conclusion. Additionally, the research limitation and recommendations for further research have been provided.

5.1 Discussion

5.1.1 Key issues of drug operation process improvement

To improve drug operation process, the modified Lean Six Sigma approach had been applied for reducing lead time in getting drug from pharmacy, medical errors in the core service process, and process inefficiency. In this part, the key issues during improvement drug operation process were discussed and classified into six categories as follows:

Category 1: Health Professionals

- **Heavy workload** - the pharmacy staff had heavy workload during the peak period because the rising of demand not balances to the service supply that pharmacy staff can provide
- **Human errors** - most of defects in drug operation process caused by human error. Thus there is the need to improve the process and use of supporting technology for preventing the further occurrence of errors
- **Difficult to change the staff behavior** - the commitment of the top manager and effective management of change were significant for reducing and managing resistance to change when implementing the improved process

Category 2: IT & Infrastructure

- *Different system* - the use of software for the front office and the back office is separated. The front office system is used for supporting service operation in core service process, and the back office system is used for supporting operation in support supply process. Thus it cannot real-time update and had to synchronize to update data every day

- *Lack of measurement system for data analysis* - the information system was not designed for gathering data associated with medical errors, human errors, waiting time, processing time of core service process, so it is difficult and need time consumption in data collecting

- *System integration* - there is no relationship between SSB system and Queue system, these information systems have been used to support the service operation between pharmacy and financial department

Category 3: Drug Operation Process

- *Complex process* - drug operation process is a complex service process which consists of multiple flows of product, service and information involving with multiple stakeholders. These things made it easier for any person to make a mistake or error in every step of the process, especially during the rush hours or peak period

- *Multiple steps purchasing* - due to purchasing policy has been set conditions about several approved steps so that the Medical Center has long lead time in purchasing procedure, lead to the high level of pharmaceutical products in pharmacy and warehouse

Category 4: Prescription Drugs

- *No traceability for patient safety* – the prescription drugs cannot trace in drug operation process due to stock inaccuracy in the current system. Thus it impacts to patient safety and entire the pharmaceutical supply chain efficiency

Category 5: Patients

- *Unnecessary steps for the out-patients* – there are multiple steps for the out-patients in drug operation process. Most of these steps do not increase value in

the OPD patient flow and these things impact to the long lead time in getting drug from pharmacy

- *Not understand process* – the out-patients did not understand the process at pharmacy because the OPD patient flow had multiple steps associated with multiple operators

Category 6: Inventory Management

- *Lack of inventory management skills* - pharmacy staff do not have skills or talent enough on inventory management to manage the stock of pharmaceutical products

- *Difficult to forecast demand* - demand forecasting of pharmaceutical products is a difficult area to manage because pharmaceutical products are ordered by physicians based on their clinical preference rooted in their medical training

- *Stock inaccuracy* – drug information in SSB system not matched with on-hand stock at warehouse. Thus it cannot track or trace, and it impacts to patient safety and entire the supply chain efficiency

5.1.2 The unique characteristic of hospital supply chain

Hospital supply chain has unique challenges that make it more difficult to improve processes using Lean and Six sigma methodologies than other industries. The characteristic of hospital supply chain has been summarized in Table 5.1.

Table 5.1 The unique characteristic of hospital supply chain

Topic	Hospital
Focus :	Patient safety and supply chain efficiency
Demand driver :	Patient care demand
Business ownership :	Non-profit ownership
Payers :	Government or Health insurance payers
Procurement :	Long lead time of product procurement and delivery
Inventory :	Keeping a large amount of inventory on hand for preventing out of stock

Table 5.1 The unique characteristic of hospital supply chain (cont.)

Topic	Hospital
Identification :	Difficult to identify due to lack of standardization in hospital supply chain
Traceability :	Lack of traceability in hospital supply chain
Information sharing :	Lack of information sharing

5.1.3 Research Finding for drug operation process improvement

The results from drug operation process – FMEA were analyzed based on a single case study. Therefore, in this section, researcher analyzed and provided the research finding for drug operation process improvement in the future, see Table 5.2.

Table 5.2 Research finding for drug operation process improvement

#	Failure Mode	KPI *			Action **
		1	2	3	
Health Professionals					
1	Inappropriate prescription orders		●	●	A, B
2	Prescription orders entered incorrectly		●	●	A, B
3	Prescription order not entered	●		●	C, D
4	Human errors at pharmacy	●	●	●	E
5	Heavy workload at pharmacy	●		●	E, N
IT & Infrastructure					
1	Order not auto-printed at pharmacy	●		●	E
Drug Operation Process					
1	Incorrect matching of prescription drugs		●	●	F
2	Check inadequate at pharmacy		●	●	A
3	Approve not completed			●	H
4	Lack of tracking at pharmacy	●		●	E
5	Order not receive/process at pharmacy	●		●	E

Table 5.2 Research finding for drug operation process improvement (cont.)

#	Failure Mode	KPI [*]			Action ^{**}
		1	2	3	
Patients					
1	Wrong drug (type/dose/amount)		●	●	F, G
2	Lack of document for dispensing	●		●	I
3	Unclear process	●		●	J
Inventory Management ^{***}					
1	Stock inaccuracy			●	K
2	Out of stock/over stock			●	L, M
3	Untrained staff			●	L
4	Complicated process			●	N, O
5	Forecasting inaccuracy			●	L, M
6	Poor coordination in purchasing			●	O

(*) 1 = Lead time in core service process, 2 = Medical errors in core service process, 3 = Process efficiency of drug operation process

(**) These actions are the recommended actions for drug operation process, see Table 4.6

(***) The failure modes, which were classified in the inventory management category, not related to lead time and medical errors problems of core service process because they are failure modes of support supply process

5.2 Conclusion

The purpose of this research is to improve drug operation process of pharmacy department in hospital using Lean and Six Sigma methodologies. In hospital supply chain, there are three major problems including delays, defects and deviation which directly impact patient safety and supply chain efficiency. Due to the complexity in hospital supply chain, hospital has specific challenge to improve quality of care in hospital process especially in the internal process associated with pharmaceutical products or drug operation process.

Moreover, Lean and Six Sigma are the two best continuous improvement methodologies which are widely used to improve process efficiency and quality in recent years for quality improvement of the hospital process. In addition, there is a shortage of applied research in term of Lean and Six Sigma integration in drug operation process.

In order to apply Lean and Six Sigma in the hospital, the modified Lean Six Sigma approach had been developed and used as an important tool in this research. To improve drug operation process, the pharmacy department of a Medical Center in Thailand was chosen as a single case study. To understand the current process in the hospital case study, semi-structured interview and on-sited observation were conducted to support the case study method.

Due to the complexity in hospital supply chain, the process improvement in this research focused on the internal flow of pharmaceutical products and information in pharmacy department only. The value chain of drug operation process consists of core service process and support supply process. An improvement framework was established to conceptualize the process improvement project using the modified Lean Six Sigma approach in a hospital pharmacy department.

5.2.1 The modified Lean Six Sigma approach

The modified Lean Six Sigma approach had been developed based on the combination of Lean principle and DMAIC structure of Six Sigma methodology. There are eight main steps to solve the problem related to delays, defects, and deviation in hospital and improve the specific process for patient safety and supply chain efficiency.

The modified Lean Six Sigma approach had been applied to improve drug operation process efficiency of pharmacy department in a hospital case study. Drug operation process efficiency related to the efficiency of core service process and support supply process. The result from Ishikawa diagram illustrated that the process inefficiency in drug operation process depends on 25 factors from 6 categories: drug operation process, health professional, IT and infrastructure, inventory management, patient, and prescription drug.

To improve process efficiency, Lean and Six Sigma methodologies had been integrated in the modified approach and used to decrease lead time of core service process, as well as, reduce failure risk of drug operation process concurrently. The summary of drug operation process improvement as follows:

▪ **Reducing lead time of core service process:** VSM and value analysis could be used to enhance speed in OPD pharmacy and OPD patient flow of core service process. The results from eliminating delays are described as follows:

- In OPD pharmacy flow: lead time reduced from 28.33 (13.15-44.49) minutes to 9.39 (6.41-17.09) minutes
- In OPD patient flow: lead time reduced from 25.40 (8.44-52.13) minutes to 8.45 (2.48-24.29) minutes
- The process efficiency percentage increased 37.10 percent in OPD pharmacy and 18.53 percent in OPD patient flow

▪ **Reducing medical errors in core service process and failure risk in drug operation process:** DPMO, Pareto chart and FMEA could be used to analyze and reduce medical errors and failure risk in drug operation process. The results from eliminating defects are described as follows:

- Failure modes of medical errors and possible causes of failure occurring in drug operation process reduced 36 percent from 25 to 16 failure modes
- In core service process: the total RPN reduced 32.31 percent from 9,391 to 1,314
- In support supply process: the total RPN reduced 13.72 percent from 8,421 to 2,246
- The total RPN reduced 20.36 percent from 17,812 to 3,560

5.2.2 The process improvement guide to apply Lean and Six Sigma in hospital

The process improvement guide to apply Lean and Six Sigma in hospital had been developed as a detail guideline to improve process in hospital. The guidelines consists of four part including: the key problems and the need of Lean and Six Sigma in hospital, the comparison of Lean and Six Sigma, the detail guidelines of the modified Lean Six Sigma approach, and the recommendations for improvement. The modified Lean Six Sigma approach had been proposed, and the eight main steps to accomplish this approach integrated with some Lean and Six Sigma tools were described step by step. For better understanding, some parts of the hospital case study were also used as examples of the process improvement guidelines.

5.3 Limitation and Recommendations for Further Research

5.3.1 Research Limitation

The limitation of process improvement using Lean and Six Sigma application in hospital is divided into three parts as follows:

The first part is limitation in data gathering, researcher collected interview data from pharmacists and pharmacy staff by semi-structure interview and collected observation data by on-sited observation at a hospital pharmacy department to address the key problems and document the current process. However the current information system of the hospital case study cannot provide the appropriated data for analyze in the process improvement, it was difficult to collect data such as cycle time, waiting time and queue in each process step due to the several steps with multiple stakeholders in drug operation process. Additionally, the pharmacy documents and reports gave us some statistical data to analyze the current process, such as the number of daily prescription order and the number of medical error in drug operation process. Therefore, it was difficult to collect data for this research.

The second part is limitation in time to accomplish this research, when the modified Lean Six Sigma has been proposed to the hospital case study, the improved process is recommended and stakeholders of drug operation process would like to

perceive and participate in the improvement project. Due to the limited time of thesis study in master degree, it was difficult to perform any pilot project in the improved process. In order to hand over the process improvement to the hospital case study, the process improvement guide to apply Lean Six Sigma in hospital has been developed as a detailed guideline for process improvement project in hospital of Thailand.

The third part of limitation is research contribution based on a single case study, this research focused on drug operation process improvement using Lean and Six Sigma for reducing lead time and failure risk, and increasing efficiency of a hospital pharmacy department. Because hospital supply chain is a complicated service system, it has specific challenges to apply Lean and Six Sigma in process improvement project not only for reducing delays defects and deviation in hospital processes, but also for other improving entire hospital supply chain.

5.3.2 Recommendations

▪ Recommendations for hospital

The modified Lean Six Sigma approach had been proposed for being used not only in a hospital case study but also in other hospitals in Thailand. The recommendation of process improvement is summarized as follows:

- The process improvement in this research can be used as a big picture for drug operation process improvement in a hospital pharmacy department. Additionally, other hospitals can reconsider their process and apply the modified approach to solve the major problem in drug operation process and related fields
- Drug operation process should be implemented information technology such as barcode and RFID in order to reduce medical errors and improve efficiency entire hospital supply chain
- To reduce long lead time in purchasing process, the traditional purchasing policy should be examined, and the complicated process such as multiple approval and paper based document should be reduced for shorter lead time in the smooth purchasing process

- The decision support system can be used as supporting tool in hospital. In drug operation process: Clinical Decision Support System (CDSS) can support for prescribing in core service process, and drug replenishment system and purchasing system can support operation in support supply process

In Thailand, nowadays Lean is more often used to enhancing speed and eliminating waste in hospital than Six Sigma which is a powerful approach but still rarely used in hospital process improvement. Due to the heavy workload and lack of skill talent, the combination of Lean and Six Sigma in hospital is relatively a new topic. In order to support the adoption of Lean and Six Sigma in hospital, researcher anticipates that this study will be beneficial to hospital in process improvement project especially in drug operation process.

▪ **Recommendations for future research**

- The appropriate measurement system analysis and metrics for drug operation process in hospital should be developed
- The change management guide to apply Lean and Six Sigma using a modified Lean Six Sigma approach in hospital should be developed
- The application of Lean and Six Sigma using the modified Lean Six Sigma approach in other case studies in Thailand should be further studied
- The other application of drug operation process improvement using Lean and Six Sigma in hospital supply chain should be further studied

REFERENCES

- Ahmad, Niaz, Awan, Muhammad Usman, Raouf, Abdul, & Sparks, Leigh. (2009). Development of a service quality scale for pharmaceutical supply chains. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 3(1), 26-45.
- Al-Shara M. (2011). Factors contributing to medication errors in Jordan: a nursing perspective. *Iran J Nurs Midwifery Res*, 16(2), 158-61.
- Antony, Jiju. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234-248.
- Antony, Jiju, & Banuelas. (2001). Six Sigma: A Business Strategy for Manufacturing Organizations. *Manufacturing Engineering*, 8(3), 119-121.
- Arnheiter, Edward D., & Maleyeff, John. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5-18.
- Arthur, Jay. (2011). *Lean Six Sigma for Hospitals: Simple Steps to Fast, Affordable, and Flawless Healthcare*: McGraw-Hill.
- Bertolini, Massimo, Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Giacchetta, G. (2011). Business process re-engineering in healthcare management: a case study. *Business Process Management Journal*, 17(1), 42-66.
- Bicheno, John. (2004). *The New Lean Toolbox: Towards Fast, Flexible Flow*. UK: PICSIE Books.
- Byrne, G., Lubowe, D., & Blitz, A. (2007). Using a lean Six Sigma approach to drive innovation. *Strategy & Leadership*, 35(2), 5-10.
- Cagliano, Anna Corinna, Grimaldi, Sabrina, & Rafele, Carlo. (2011). A systemic methodology for risk management in healthcare sector. *Safety Science*, 49(5), 695-708. Chiarini, Andrea. (2011). Japanese total quality control, TQM, Deming's system of profound knowledge, BPR, Lean and Six Sigma Comparison and discussion. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 332-355.

- Cima, Robert R., Brown, Michael J., Hebl, James R., Moore, Robin, Rogers, James C., Kollengode, Anantha, Deschamps, Claude. (2011). Use of Lean and Six Sigma Methodology to Improve Operating Room Efficiency in a High-Volume Tertiary-Care Academic Medical Center. *Journal of the American College of Surgeons*, 213(1), 83-92.
- Coronado, Ricardo Banuelas, & Antony, Jiju. (2002). Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. *The TQM Magazine*, 14(2), 92-99.
- Dahlgaard, Jens J., & Dahlgaard-Park, Su Mi. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *The TQM Magazine*, 18(3), 263-281.
- Delgado, Catarina, Ferreira, Marlene, & Branco, Manuel Castelo. (2010). The implementation of lean Six Sigma in financial services organizations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(4), 512-523.
- Dubey, Arun Kumar, Palaian, Subish, Shankar, Pathiyil Ravi, Mishra, Pranaya, Prabhu, Mukhyaprana, Bhandari, Ram Bahadur, & Chhetri, Anupa Khadka. (2006). *Introduction to medication errors and the error prevention initiatives in a teaching hospital in Western Nepal* (Vol. 19).
- Ellram, Lisa M. (1996). The Use of the Case Study Method in Logistics Research. *Journal of Business Logistics*, 17(2), 93-139.
- Committee on Identifying Preventing Medication Errors. (2007). *Preventing Medication Errors: Quality Chasm Series*: The National Academies Press.
- Eyefortransport. (2010). Healthcare & Life Sciences Supply Chain Industry Report Series Pharmaceutical Focus: An in-depth analysis of Pharmaceutical Manufacturers' responses to eyetransport's 2010 Executive Survey, from <http://events.eyefortransport.com/pharma/pdf/Healthcare-Report-Pharma.pdf>
- Furterer, Sandra L. (2012). *Lean Six Sigma for the Healthcare Enterprise: Methods, Tools, and Applications*: Taylor & Francis Group.
- Institute of Medicine, Committee on Quality of Health Care in America. (2000). *To Err Is Human: Building a Safer Health System*: The National Academies Press.

- Garnes, Maria Aklestad, & Vikhagen, Tonje. (2011). *Improving business processes: A case study of AS Spilka Industri*. Molde University College.
- Geimer, Harald, & Tomlinson, Geoff. (2002). The Neglected Pharmaceutical Supply Chain, from <http://www.pharmtech.com/pharmtech/Analytical/article/detail/57640>
- George, Michael L. (2003). *Lean Six Sigma for services*. New York: McGraw-Hill.
- Greene, Bradley M. (2002). *A Taxonomy of The Adoption of Lean Production Tools and Techniques*. (The Doctor of Philosophy Degree), The University of Tennessee, Knoxville.
- Harry, M. J. M., Prem S. Hodgins, Ofelia C. De Hulbert, Richard L. Jacke, Christompher J. (2010). *The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*: John Wiley & Sons.
- Health Performance Partners. (2008). 8 Wastes with Healthcare Examples, from <http://www.hpp.bz/page.php?page=8+Wastes+with+Healthcare+Examples>
- Heuvel, Van den, Does, Ronald J.M.M., & Koning, Henk de. (2006). Lean Six Sigma in a hospital. *Int. J. Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(4), 377-388.
- Hughes, R. G. (2008). Chapter 44 Tools and Strategies for Quality Improvement and Patient Safety *Patient Safety and Quality: An Evidence-Based Handbook for Nurses*: Agency for Healthcare Research and Quality (US).
- Jenkins, A., & Eckel, S. F. (2012). Analyzing methods for improved management of workflow in an outpatient pharmacy setting. *Am J Health Syst Pharm*, 69(11), 966-971.
- Koning, Henk de, Verver, John P. S., Heuvel, Jaap van den, Bisgaard, Soren, & Does, Ronald J. M. M. (2006). Lean Six Sigma in Healthcare. *Journal for Healthcare Quality*, 28(2), 4-11.
- Kumar, Sameer, Dieveney, Erin, & Dieveney, Aaron. (2009). Reverse logistic process control measures for the pharmaceutical industry supply chain.
- Langabeer, James, DelliFraine, Jami, Heineke, Janelle, & Abbass, Ibrahim. (2009). Implementation of Lean and Six Sigma quality initiatives in hospitals: A goal theoretic perspective. *Operations Management Research*, 2(1), 13-27.

- Laureani, Alessandro, & Antony, Jiju. (2011). Standards for Lean Six Sigma certification. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 61(1), 110-120.
- Linderman, Kevin, Schroeder, Roger G., Zaheer, Srilata, & Choo, Adrian S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203.
- Lindlof, T.R., & Taylor, B.C. (2002). *Qualitative Communication Research Methods*: SAGE.
- Mustaffa, Noorfa Haszlinna, & Potter, Andrew. (2009). Healthcare supply chain management in Malaysia: a case study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(3), 234-243.
- Nave, D. (2002). How to compare Six Sigma, Lean and the theory of constraints. *Quality Progress*, 35(3), 73-78.
- Nonthaleerak, P., & Hendry, L.C. (2006). Six Sigma: Literature review and key review future research areas. *International Journal Six Sigma and Competitive Advantage*, 2(2), 105-161.
- O'Rourke, Peter M. (2005). *A multiple-case analysis of Lean Six Sigma deployment and implementation strategies*. Air Force Institute of Technology, USA.
- Pagaiya, N., & Noree, T. . (2009). Thailand's health workforce a review of challenges and experiences. Washington, D.C.: World Bank.
- Pedroso, Marcelo Caldeira, & Nakano, Davi. (2009). Knowledge and information flows in supply chains: A study on pharmaceutical companies. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 376-384.
- Penchas, Shmuel. (2003). Complexity in Health Care Systems. *Complexus*, 1(4).
- Plenert, Gerhard. (2007). Chapter 8 - What are the technical tools of lean management? *Reinventing Lean* (pp. 233-269). Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Reichert, T. A. (2004). *Applying Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) in Healthcare: Preventing Infant Abduction, A Case Study*. Paper presented at the 2004 Society for Health Systems Presentation.

- Rossetti, Christian L., Handfield, Robert, & Dooley, Kevin J. (2011). Forces, trends, and decisions in pharmaceutical supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 41(6), 601-622.
- Roth, Nicholas, & Franchetti, Matthew. (2010). Process improvement for printing operations through the DMAIC Lean Six Sigma approach: A case study from Northwest Ohio, USA. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 119-133.
- Sahay, A. (2012). *Six Sigma Quality: Concepts & Cases Volume 1 Statistical Tools in Six Sigma DMAIC Process with MINITAB Applications*: QMS Global LLC.
- Salah, Souraj, Rahim, Abdur, & Carretero, Juan A. (2010). The integration of Six Sigma and lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(3), 249-274.
- Salah, Souraj, Rahim, Abdur, & Carretero, Juan A. (2011). Implementation of Lean Six Sigma (LSS) in supply chain management (SCM): an integrated management philosophy. *International Journal of Transitions and Innovation Systems*, 1(2), 138-162.
- Schweikhart, S. A., & Dembe, A. E. (2009). The applicability of Lean and Six Sigma techniques to clinical and translational research. *J Investig Med*, 57(7), 748-755.
- Shah, Nilay. (2004). Pharmaceutical supply chains: key issues and strategies for optimisation. *Computers and Chemical Engineering*, 28(6-7), 929-941.
- Singh, Nahender. (2005). *The Pharmaceutical Supply Chain: a Dianosis of the State-of-the-Art*. (Master of Engineering in Logistics), Massaschusetts Institute of Technology.
- Sousa, Rui T., Liu, Songsong, Papageorgiou, Lazaros G., & Shah, Nilay. (2011). Global supply chain planning for pharmaceuticals. *Chemical Engineering Research and Design*, 89(11), 2396-2409.
- Sower, Victor E., Savoie, Michael J., & Renick, Stephen. (1999). *An Introduction to Quality Management and Engineering*: Prentice-Hall.
- Stephens, M. A. (1974). EDF Statistics for Goodness of Fit and Some Comparisons. *Journal of the American Statistical Association*, 69, 730-737.

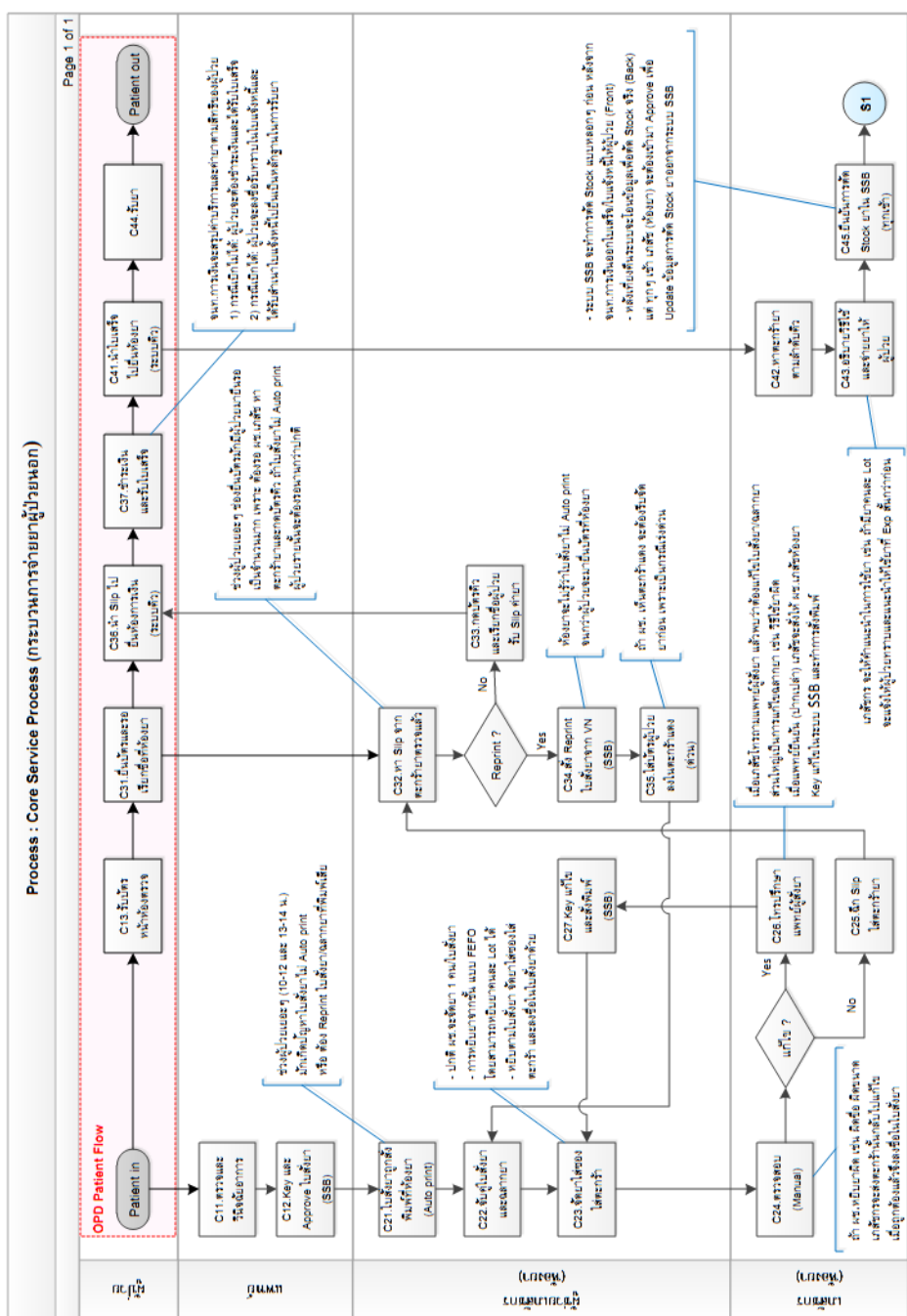
- Taner, Mehmet Tolga, Sezen, Bülent, & Antony, Jiju. (2007). An overview of six sigma applications in healthcare industry. *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 20(4), 329-340.
- Teichgräber, Ulf K., & de Bucourt, Maximilian. (2012). Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents. *European Journal of Radiology*, 81(1), e47-e52. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.12.045
- The Health Strategies Consultancy LLC. (2005). Follow The Pill: Understanding the U.S. Commercial Pharmaceutical Supply Chain, from <http://www.kff.org/rxdrugs/upload/follow-the-pill-understanding-the-u-s-commercial-pharmaceutical-supply-chain-report.pdf>
- The Medication Errors Panel. (2005). Prescription for Improving Patient Safety: Addressing Medication Errors. Sacramento, CA: California State Senate.
- Thomas, Andrew, Barton, Richard, & Chuke-Okafor, Chiamaka. (2009). Applying lean six sigma in a small engineering company - a model for change. *Journal for Manufacturing Technology Management*, 20(1), 113-129.
- Tien, James M., & Goldschmidt-Clermont, Pascal J. (2009). Healthcare: A Complex Service System. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 18(3), 257-282.
- Womack, James P., & Jones, Daniel T. (1996). *Lean thinking. Banish waste and create wealth in your Corporation*. New York: Simon and Schuster.
- Womack, James P., Jones, Daniel T., & Roos, Daniel. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Simon and Schuster.
- Yin, Robert K. (2009). *Case Study Research: Design and Methods*: SAGE.
- Yu, Xuan, Li, Cheng, Shi, Yuhua, & Yu, Min. (2010). Pharmaceutical supply chain in China: Current issues and implications for health system reform. *Health Policy*, 97(1), 8-15.
- Zhang, N. S., He, W., & Tan, P. S. (2008). Understanding local pharmaceutical supply chain visibility, from http://www.simtech.a-star.edu.sg/TechnicalReports/STR_V9_N4_CD_Version/STR_V9_N4_10_POM.pdf

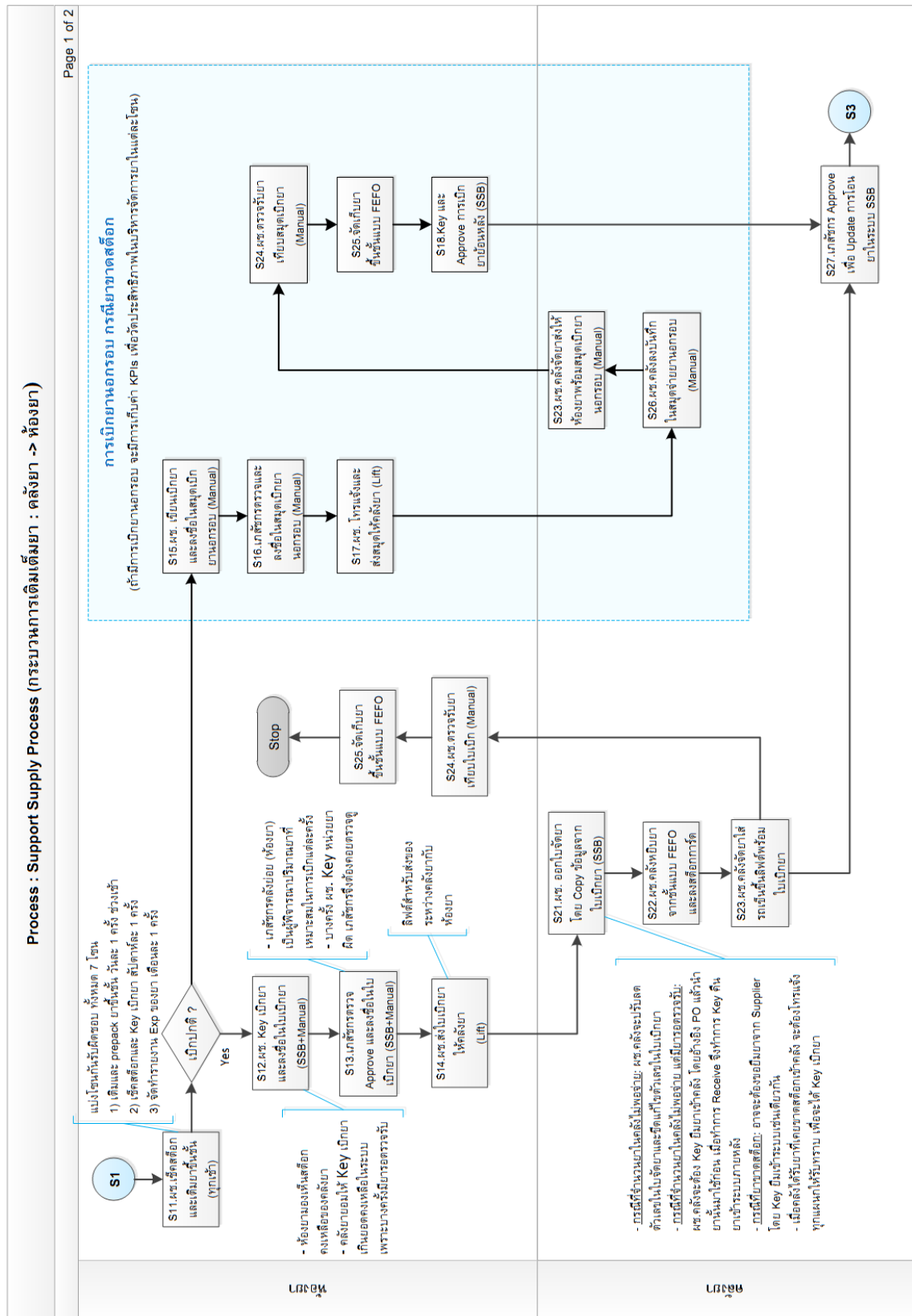
Zidel, T. G. (2006). *A Lean Guide To Transforming Healthcare: How to Implement Lean Principles in Hospitals, Medical Offices, Clinics and Other Healthcare Organizations*. ASQ Quality Press.

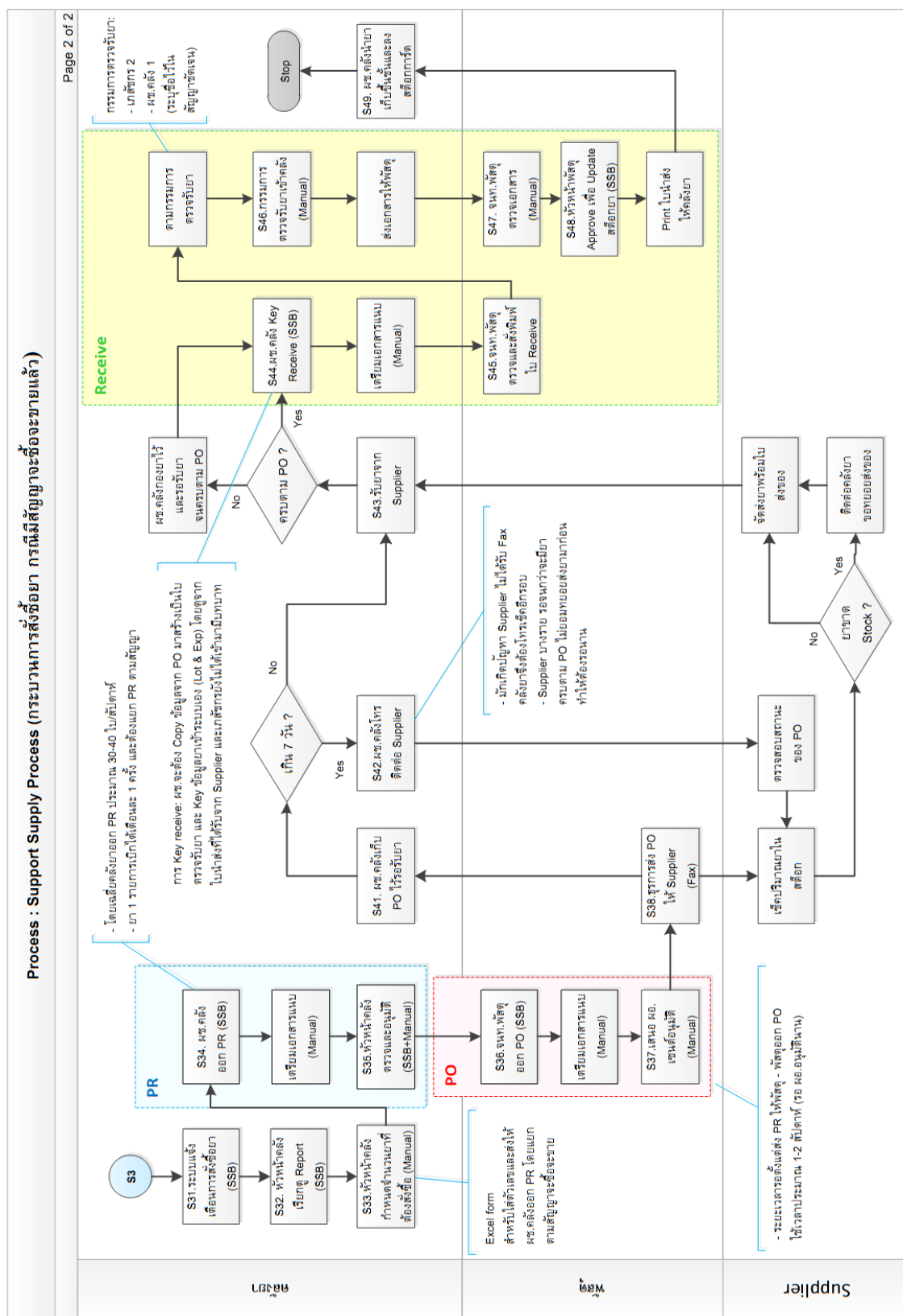
APPENDICES

APPENDIX A

PROCESS MAPPING FOR DRUG OPEARTION PROCESS (AS IS)







APPENDIX B

FMEA FOR DRUG OPERATION PROCESS (AS IS)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

[illegible]

Process : Core Service Process (กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก)												
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
C23 จัดยาใส่ซองใส่ตะกร้า (ต่อ)	FM08 จัดยาซ้ำซ้อน	9	แพทย์ออกใบสั่งยาใหม่; สลับพิมพ์/Reprint ใบสั่งยาซ้ำซ้อน	8	เกิดการทำงานซ้ำซ้อนที่ห้องยา	4	ผู้ช่วยเภสัชกรห้องยา (จ่ายสลิป์ค่ายา)	6	48	192	3	
	FM09 จลากยาไม่ถูกต้อง	10	ความเร่งรีบ; ดิดจลากยาสลับกัน	9	ผู้ป่วยเกิดอาการแพ้ยา; overdose; under-dose; ADR	6	เภสัชกรห้องยา (ตรวจสอม); ตรวจสอมแบบ Manual	6	54	324	2	
	FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	11	ตรวจยาที่จัดเสร็จเทียบใบสั่งยา; ความเร่งรีบ; ส่วนใหญ่ดูชนิด ขนาด และความเหมาะสมของการสั่งยา; การตรวจสอบ เป็นแบบ Manual	7	ความผิดพลาดหลุดไปสู่ผู้ป่วย; ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม	9	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา)	7	49	441	1	A
C25 มี slip ใส่ตะกร้ายา	-		-	-	-	-						
C26 โทรปรึกษาแพทย์ผู้สั่งยา	FM11 ขาดการยืนยันผ่านระบบ	12	เภสัชกรจะโทรศัพท์ปรึกษาแพทย์ หากต้องแก้ไขใบสั่งยา/จลากยา; แพทย์ไม่ได้ทำการยืนยันผ่านระบบ	10	การสั่งจ่ายและตรวจสอมยา ในระบบยังไม่สมบูรณ์; ความรับผิดชอบตกอยู่ที่ห้องยา	9	เภสัชกรห้องยา	6	60	540	1	H
C27 Key แก์ไขและสั่งพิมพ์ใบสั่ง/จลากยา	FM11 ขาดการยืนยันผ่านระบบ	13	เภสัชกรจะให้ผู้ช่วยแก้ไขในระบบ; เภสัชกร/แพทย์ไม่ได้ทำการยืนยันผ่านระบบ	10	การสั่งจ่ายและตรวจสอมยา ในระบบ ไม่สมบูรณ์; ความรับผิดชอบตกอยู่ที่ห้องยา	9	เภสัชกรห้องยา	6	60	540	1	H
C3. Pay for drug and service (ชำระเงินค่ายาและบริการ)										3016	of 8000	
C31 ผู้ป่วยยื่นบัตรและรอเรียกชื่อที่ห้องยา	FM12 เอกสารไม่ครบ	14	แผนกที่สั่งจ่ายยาไม่ได้แนบเอกสารให้ผู้ป่วยนำมายื่นที่ห้องยา	9	ผู้ป่วยต้องกลับไปติดต่อแผนกที่สั่งจ่ายยา เพื่อตามเอกสาร	7	ผู้ช่วยเภสัชกรห้องยา (จ่ายสลิป์ค่ายา)	6	54	378	1	I
C32 หา slip จากตะกร้ายาตรงแล้ว	FM13 ไม่สามารถตรวจสอบสถานะของใบสั่งยาภายในห้องยา	15	ระบบยังไม่ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยตรวจสอมและติดตามใบสั่งยา; ขาดอุปกรณ์สนับสนุนการทำงาน	10	เสียเวลาตามหา slip/ตะกร้ายา; ทำให้เกิดการท้งานซ้ำซ้อน; ผู้ป่วยต้องรอเป็นเวลานาน	8	ผู้ช่วยเภสัชกรห้องยา (จ่ายสลิป์ค่ายา); ตามหาสลิป์/ตะกร้ายา	7	70	560	1	E
C33 กดบัตรคิวและเรียกชื่อผู้ป่วยรับ slip	FM14 ความผิดพลาดของคน	16	ใส่บัตรคิวผิดตะกร้า; ความเร่งรีบ; เขียน VN ผิด	7	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ถูกต้อง	7	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา)	6	42	294	1	E
	FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก	17	ห้องยาจะจ่ายสลิป์ค่ายาก็ต่อเมื่อยาถูกจัดและเภสัชกรตรวจเรียบร้อยแล้ว	10	ผู้ป่วยต้องรอนาน โดยเฉพาะ กรณีที่ใบสั่งยาไม่ Auto print	6	ผู้ช่วยเภสัชกรห้องยา; จัดยาโดยด่วนใส่ตะกร้าแดง	8	80	480	1	E
	FM16 การจ่ายยาให้ผู้ป่วยผิดคน	18	จ่าย slip ค่ายาให้ผู้ป่วยผิดคน; ผู้ป่วยชื่อออกเสียงเหมือนกัน	5	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ถูกต้อง	8	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา)	5	25	200	2	

Process : Core Service Process (กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
C34 สั่ง Reprint ใบสั่งยา จาก VNของผู้ป่วย	FM17 ห้องยาไม่ได้รับใบสั่งยา	19	ห้องยาไม่รู้ว่าใบสั่งยาไหนไม่ถูกพิมพ์ ต้องรอจนกว่าผู้ป่วยมายื่นบัตร แล้วตรวจสอบจาก VN ผู้ป่วย	10	ผู้ป่วยต้องรอนานกว่าปกติ; ต้องสั่ง Reprint ใบสั่ง/ฉลากยา	6	ผู้ป่วยเภสัชกรห้องยา (จ่ายสลิปค่ายา); ทราบเมื่อผู้ป่วยมายื่นบัตร	8	80	480	1	E
C35 ใส่บัตรผู้ป่วยลงในตะกร้าแดง	-		-		-		-					
C36 ผู้ป่วยนำ slip ค่ายาไปยื่น ที่ห้องการเงิน (ตามคิว)	FM18 ผู้ป่วยไม่เข้าใจกระบวนการ	20	ผู้ป่วยต้องเดินไปติดต่อหลายจุด; ห้องยาและการเงินอยู่ห่างกัน	10	ผู้ป่วยเกิดความสับสน; เกิดความล่าช้าจากการเดิน; ไม่ได้ยื่น/ไม่รู้ว่าถึงคิว	6	ผู้ป่วยถามเจ้าหน้าที่	8	80	480	1	J
C37 ผู้ป่วยชำระเงินและรับใบเสร็จ	FM14 ความผิดพลาดของคน	21	การเงิน click ชำระเงินผิด VN; ความเร่งรีบ; เลือก VN ผู้ป่วยผิด	4	ผู้ป่วยต้องเดินกลับไปจ่ายเงิน; ผู้ป่วยที่จ่ายเงินแล้วต้องรอนาน	6	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา); ขอคืนใบเสร็จรับเงินค่ายา	6	24	144	3	
C4. Dispense drug to patient										1130	of 4000	
C41 ผู้ป่วยนำใบเสร็จกลับไปยื่น ที่ห้องยา	FM18 ผู้ป่วยไม่เข้าใจกระบวนการ	22	ผู้ป่วยต้องเดินไปติดต่อหลายจุด; ห้องยาและการเงินอยู่ห่างกัน	9	ผู้ป่วยเกิดความสับสน; เกิดความล่าช้าจากการเดิน; ไม่ได้ยื่น/ไม่รู้ว่าถึงคิว	6	ผู้ป่วยถามเจ้าหน้าที่; เจ้าหน้าที่ขานชื่อผู้ป่วย	7	63	378	1	J
C42 หาดะกร้ายาตามลำดับคิว	-		-		-		-					
C43 อธิบายวิธีใช้และจ่ายยา ให้ผู้ป่วย	FM16 จ่ายยาให้ผู้ป่วยผิดคน	23	ขาดการสื่อสารกับผู้ป่วย; บัตรคิวสลับตะกร้ากัน; ตรวจไม่พบ สลับคิวใบสั่งยากับฉลากยา	4	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ตรงตามที่ แพทย์สั่งจ่าย; เกิดความผิด พลาดจากการใช้ยา	8	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา); อธิบายวิธีใช้แล้วผู้ป่วย แจ้งว่าได้รับยาไม่ถูกต้อง	4	16	128	2	
C44 ผู้ป่วยรับยากลับบ้าน	FM19 สติ๊กเกอร์ไม่ตรง (lot, exp)	24	ยาที่ระบบทำการตัดสต็อก lot/exp ไม่ตรงกับยาที่จ่ายออกจริง; สามารถจ่ายยาคนละ lot ต่อใบสั่งยา แต่ละใบจะตัดแค่ 1 lot ต่อใบสั่งยา	10	Traceability/Recall ไม่ได้	6	ไม่มี	10	100	600	1	K
C45 ยืนยันการตัดสต็อกยา ใน SSB	FM19 สติ๊กเกอร์ไม่ตรง (amount)	25	จำนวนยาคงเหลือในระบบไม่ตรงกับ ยอดคงเหลือจริง; Font จะตัดสต็อก อัตโนมัติหลังได้รับชำระเงิน แต่ Back จะตัดสต็อกแค่วันละ 1 ครั้ง	6	จำนวนยาคงเหลือในระบบ ไม่สะท้อนยอดจ่ายจริง แบบ real time	1	สุ่มนับสต็อกห้องยา เดือนละ 1 ครั้ง	4	24	24	4	
							Total RPN	=		9391	of 25000	

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)				Process : Support Supply Process (กระบวนการเติมเต็มและสั่งซื้อยา)									
Process & Subprocess		Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level of	Action Plan
S1. Request drug from warehouse (เบิกยาจากคลังยา)											2301		
S11 เช็คลิสต์และเติมยาขึ้นชั้น (ทุกเช้า)	FM20 ยาขาด/ล้นสต็อก	26	ปริมาณยาบนชั้นไม่เหมาะสม; ไม่มีการกำหนดระดับ min/max; เดมียาขึ้นชั้นโดยใช้ประสิทธิภาพ; ไม่มีระบบแจ้งเตือนการเติมยา; ขึ้นวางมีพื้นที่จำกัด	10	ยานบนชั้นไม่เพียงพอ/มากเกินไป สำหรับการจ่ายยาในแต่ละวัน; ต้องเสียเวลาเดมียาขึ้นชั้น ระหว่างการจ่ายยาในแต่ละวัน	6	ผู้ช่วยเภสัชกร; แบ่งหน้าที่กันรับผิดชอบแต่ละโซน สต็อกยาไว้เพื่อให้ไม่ขาด มีการเบิกยานอกกรอบ	9	90	540	1	L	
		27	ข้อมูลยาไม่เพียงพอ; นนชของยาที่ทำการ prepack จะติด label แสดง: ชื่อยา วันหมดอายุ และจำนวนเม็ด	10	Traceability/Recall ไม่ได้	2	ไม่มี	10	100	200	3		
		28	เจ้าหน้าที่ต้องรับผิดชอบหลายอย่าง; ขาดทักษะ/ความรู้ด้านการพยากรณ์ และการจัดการสินค้าคงคลัง	10	การจัดการยามบนชั้นและคลังย่อยของห้องยาขาดประสิทธิภาพ	6	เภสัชกร (คลังย่อยห้องยา); ความคุมการเบิกยาจากคลังยา	9	90	540	1	L	
		29	Key ข้อมูลการเบิกยาไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	7	ห้องยามียาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	6	เภสัชกร (คลังย่อยห้องยา); ความคุมการเบิกยาจากคลังยา	9	63	378	1	M	
FM19 สต็อกไม่ตรง (amount)		30	จำนวนยาคงเหลือในระบบไม่ตรงกับยอดคงเหลือจริง; การ update สต็อกไม่เป็นแบบ real time; มียาอยู่ที่ สามารถจ่ายได้แต่ไม่ได้ key เข้าระบบ	9	คลังยาต้องปรับแก้ตัวเลขเท่าที่สามารถจ่ายได้; ห้องยาไม่ได้รับ ครบตามจำนวนที่ต้องการเบิก	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา, ห้องยา)	9	81	243	2		
S13 ตรวจและ approve ในขอเบิกยา (Manual+SSB)		FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	31	ตรวจและประเมินจากประสิทธิภาพ; ยังไม่มีระบบ/เครื่องมือสนับสนุน	9	ห้องยามียาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ปรับแก้ตัวเลขเท่าที่สามารถจ่ายได้	6	54	108	4	
S14 ส่งในขอเบิกยาให้คลังยา (Lift)		FM23 การทำงานซ้ำซ้อน	32	Key ในขอเบิกซ้ำซ้อน; ไม่ได้ยกเลิก ในขอเบิกเดิมในระบบ SSB	2	คลังยารัดยาดานในขอเบิกผิดใบ; เกิดการทำงานซ้ำซ้อน	1	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); รับในขอเบิกในระบบและฉบับจริง	4	8	8	4	
S15 เขียนเบิกยาและลงชื่อในสมุดเบิกยานอกกรอบ (Manual)		FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	33	เขียนข้อมูลการเบิกยาไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	4	ห้องยามียาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	3	เภสัชกร (คลังย่อยห้องยา); ตรวจสอบแบบ Manual	6	24	72	3	
S16 ตรวจและลงชื่อในสมุดเบิกยานอกกรอบ (Manual)		FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	34	ตรวจสอบและประเมินจากประสิทธิภาพ; ยังไม่มีระบบ/เครื่องมือสนับสนุน	6	ห้องยามียาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ปรับแก้ตัวเลขเท่าที่จ่ายได้จริง	6	36	72	4	
S17 โทรมแจ้งคลังยาและส่งสมุดลงลิฟต์		FM14 ความผิดพลาดจากคน	35	บอกข้อมูลยาที่ต้องการไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	4	หยิบยามาจากชั้นและลงสต็อกการวัด ไม่ถูกต้อง	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ตรวจรับยาเทียบสมุดขอเบิก	5	20	60	4	

Process : Support Supply Process (กระบวนการเดิมและสิ่งต่อมา)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
S18 Key และ Approve ใบขอเบิก ย่อมหลังในระบบ SSB	FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	36	Key ข้อมูลการเบิกจ่ายไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	5	จำนวนยาคงเหลือจริงไม่ตรงกับจำนวนยาคงเหลือในระบบ	2	เภสัชกร (คลังยอย่อยห้องยา); ตรวจสอบใบขอเบิกที่ยอมในขอเบิก	8	40	80	4	
S2. Replenish drug to pharmacy (เดิมยาในห้องยา)										712	of 11000	
S21 คลังยาออกใบสั่งยา และปรับปรุงจำนวนยาที่สามารถจ่ายได้จริง	FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	37	สร้างใบสั่งยาโดย copy ข้อมูลจากใบขอเบิกผิดใน; ปรับตัวเลขยาผิดรายการ	2	สั่งยาไม่ถูกต้องตามใบขอเบิก; ห้องยาไม่ได้รับยาตามจำนวนที่ต้องการเบิก	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ตรวจสอบใบขอเบิก	6	12	24	4	
	FM19 สัตว์ไม่ตรง	38	ยารอตรวจรับไม่ได้ถูกนำทิ้งระบบ; คลังยาขอใบขอเบิกเกินกว่าจำนวนคงเหลือในระบบ เพราะสามารถยืมยา รอตรวจรับมาจ่ายก่อนได้	9	ใช้เวลาในการตรวจสอบสต็อกคงเหลือจริงและปรับแก้ตัวเลข; ห้องยาได้รับยาล่าช้า	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ปรับแก้ตัวเลขเท่าที่สามารถจ่ายได้	4	36	72	4	
S22 หยิบยาจากชั้นแบบ FEFO และลงสต็อกการ (คลังยา)	FM14 ความผิดพลาดจากคน	39	หยิบยาจากชั้นไม่ถูกต้อง; ผิดขนาด/จำนวน/หน่วยของยา	3	สั่งยาไม่ถูกต้องตามใบขอเบิก; ห้องยาไม่ได้รับยาตามจำนวนที่ต้องการเบิก	2	ตรวจนับสต็อกคลังยา; หาสาเหตุที่ตัวเลขไม่ตรงและทำการแก้ไขให้ถูกต้อง	3	9	18	4	
		40	ลงสต็อกการไม่ถูกต้อง; ผิดขนาด/จำนวน/หน่วยของยา	2	จำนวนยาที่จ่ายจริงไม่ตรงกับจำนวนยาที่ลงในสต็อกการ	1	ตรวจนับสต็อกคลังยา	4	8	8	4	
S23 จัดยาใส่กรงเช่นสิ้นชีพต์ ตู้เอกสารขอเบิกยา	FM14 ความผิดพลาดจากคน	41	คลังยาทำการจัดและจ่ายยาไม่ถูกต้อง; นำยาใส่กรงเช่นไม่ครบ/เกินจากที่ห้องยาขอเบิก	3	ห้องยาได้รับยาไม่ครบ/เกินจากที่ขอเบิกจากคลังยา	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ตรวจสอบใบขอเบิก	5	15	30	4	
S24 ห้องยาตรวจรับยาเทียบ เอกสารขอเบิกยา (Manual)	FM14 ความผิดพลาดจากคน	42	คลังยาแก้ไขข้อมูลในใบขอเบิกไม่ถูกต้อง; จำนวนยาในใบสั่งยากับใบขอเบิกไม่ตรงกัน	3	ห้องยาได้รับยาไม่ครบ/เกินจากที่ขอเบิกจากคลังยา	2	ตรวจนับสต็อกห้องยา; หาสาเหตุที่ตัวเลขไม่ตรงและทำการแก้ไขให้ถูกต้อง	5	15	30	4	
S25 จัดเตียงขึ้นชั้นแบบ FEFO (ห้องยา)	FM14 ความผิดพลาดจากคน	43	การจัดยาขึ้นชั้นที่ห้องยาไม่ FEFO; ยา lot ที่เบิกมา exp ก่อนยาที่จัดอยู่บนชั้นปัจจุบัน	6	การจัดยาออกจากชั้นไม่ FEFO	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); จัดยาขึ้นชั้นโดยเรียงตาม exp	9	54	162	3	
	FM20 ยาขาด/สิ้นสต็อก	44	ขาดระบบควบคุมจำนวนยาบนชั้น; ห้องยาไม่ทราบจำนวนคงเหลือบนชั้น; ไม่มีสต็อกการ/ระบบสต็อกจากชั้นวางยา ณ ห้องยา	8	ยาบนชั้นไม่เพียงพอ/มากเกินไม่สำหรับการจ่ายยาในแต่ละวัน; ต้องเสียเวลาเดิมยาขึ้นชั้นระหว่างการจัดยาในแต่ละวัน	2	ถ้ายาในโพธิ์ผลิตของของใครขาดสต็อกจะถูกลบบันทึกไว้ (ส่วนใหญจะดูจนยาเพื่อไม่ให้ขาด)	10	80	160	3	
S26 คลังยาลงบันทึกในสมุดจ่ายยานอกรอม (Manual)	FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	45	เขียนข้อมูลการเบิกจ่ายไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	3	สั่งยาไม่ถูกต้องตามใบขอเบิก; ห้องยาไม่ได้รับยาตามจำนวนที่ต้องการเบิก	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ตรวจสอบใบขอเบิก	6	18	36	4	

Process : Support Supply Process (กระบวนการเติมเต็มและสั่งซื้อยา)												
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
S27 หัวหน้าสั่งยา Approve เพื่อ updateการโอนยาในระบบ SSB	FM19 สติ๊กไม่ตรง (lot, exp)	46	ยาที่ถูกตัดสต็อกเพื่อโอนให้ห้องยาจะติด lot ที่ exp ก่อนแบบอัตโนมัติ; ไม่สามารถตรวจสอบ lot/exp ของยาที่จ่ายออกจริงได้	10	Traceability/Recall ไม่ได้	1	ไม่มี	10	100	100	3	
	FM19 สติ๊กไม่ตรง (amount)	47	หลังจากจัดและจ่ายยาเรียบร้อยแล้ว หัวหน้าคลังยาต้องเข้าไป approve เพื่อ update สต็อกยกคงเหลือในระบบ ระบบจึงจะตัดสต็อกเพื่อโอนยา	9	การ update สต็อกยาในระบบไม่สะท้อนจำนวนยกคงเหลือจริงแบบ real time	1	ตรวจสอบสต็อกคลังยา; หาสาเหตุที่ตัวเลขไม่ตรงและทำการแก้ไขให้ถูกต้อง	8	72	72	3	
S3. Purchase drug from suppliers (สั่งซื้อยาจากผู้ขาย)												
S31 ระบบ SSB แจ้งเตือนการสั่งซื้อยา	FM20 ยาขาด/สิ้นสต็อก	48	ระบบแจ้งเตือนการสั่งซื้อยาไม่แม่นยำ; การรับ/จ่าย/โอนยาในระบบไม่สะท้อนยอดการใช้จริงแบบ real time	9	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/สิ้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	เก็ลสิกร (คลังยา); วิเคราะห์จากประสบการณ์	8	72	360	1	L
S32 เรียกดู Report จากระบบ SSB	FM23 การทำงานซ้ำซ้อน	49	ต้องเรียก Report เพื่อดูข้อมูลทั้งจาก font และ back มาพิจารณาพร้อมกันแล้วสั่งพิมพ์เสนอหัวหน้าคลังยา	9	ใช้เวลานานในการเรียกดูและสั่งพิมพ์ Report; เกิดต้นทุนจากการพิมพ์เอกสาร	2	เก็ลสิกร (คลังยา)	8	72	144	3	
S33 กำหนดจำนวนยาที่ต้องสั่งซื้อ (Manual)	FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	50	หัวหน้าเก็ลสิกรต้องเขียนตัวเลขที่ต้องการสั่งซื้อในแบบฟอร์มกระดาษ แยกตามสัญญา; อาจระบุชื่อ/ขนาด/จำนวนยาไม่ถูกต้อง	2	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/สิ้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	เก็ลสิกร (หัวหน้าคลังยา); ตรวจสอบอีกครั้งก่อนอนุมัติ PR	6	12	60	4	
	FM24 การพยากรณ์ไม่แม่นยำ	51	ขาดระบบ/เครื่องมือสนับสนุน; หัวหน้าคลังยาเป็นผู้ตัดสินใจรายการและจำนวนยาที่ต้องสั่งซื้อ โดยอาศัยประสบการณ์	10	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/สิ้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	เก็ลสิกร (คลังยา); วิเคราะห์จากประสบการณ์	8	80	400	1	L
S34 คลังยาออก PR จากระบบ SSB	FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	52	key ข้อมูล PR ในระบบไม่ถูกต้อง; ระบุชื่อ/ขนาด/จำนวนยาไม่ถูกต้อง	3	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/สิ้นสต็อก; ยานหมดอายุ	6	เก็ลสิกร (หัวหน้าคลังยา); ตรวจสอบอีกครั้งก่อนอนุมัติ PR	8	24	144	3	
	FM23 การทำงานซ้ำซ้อน	53	คลังยาต้องจัดเตรียมเอกสารสำหรับแนบคู่กับ PR เพื่อให้สอดคล้อง	6	เกิดต้นทุนในการเตรียมเอกสาร; เกิดความล่าช้าในการสั่งซื้อยา	2	ผู้ช่วยเก็ลสิกร (คลังยา)	6	36	72	4	

Process : Support Supply Process (กระบวนการเดิมและสิ่งซื้อ)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
S34 คลังจ่ายออก PR จาก ระบบ SSB (ต่อ)	FM23 การทำงานเข้าช้อน	54	นโยบายและเงื่อนไขการสั่งซื้อยา; การออก PR ต้องแยกตามสัญญา; ขั้นตอนก่อนเข้าช้อน	8	ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อยา	6	เจ้าหน้าที่งานพัสดุ	9	72	432	1	N
		55	หัวหน้าคลังต้องตรวจและอนุมัติ PR แบบ Manual	10	เกิดความล่าช้าในการจัดส่งยา; ใช้เวลาในกระบวนการออก PR	4	เจ้าหน้าที่งานพัสดุ	10	100	400	3	
		56	สร้าง PO โดย copy ข้อมูลจาก PR ก่อนหน้าไว้ใน PO เดียวกัน; ระบบเลขที่ PR/copy ข้อมูลไม่ถูกต้อง	2	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยากขาด/สิ้นสต็อก; ยากหมดอายุ	5	หัวหน้างานพัสดุ	10	20	100	4	
S37 เสนอ ผอ.เซนต์อนุมัติ (Manual)	FM11 ขาดการยืนยันผ่านระบบ FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก	57	ผอ.เป็นผู้เซ็นอนุมัติ (Manual) โดยพิจารณา PO และเอกสารแบบ	10	การอนุมัติ PO ในระบบยังไม่สมบูรณ์	1	ไม่มี	10	100	100	3	
58		เอกสารจำนวนมากกว่า 1-2 สัปดาห์	9	เกิดความล่าช้าในการสั่งซื้อยา	5	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); โทรตามเอกสารกับจนท.ธุรการ	7	63	315	1	N	
S38 ธุรการส่ง PO ให้ supplier (Fax)		FM25 การสื่อสารขาดประสิทธิภาพ	59	การส่ง Fax ไม่สมบูรณ์; ไม่ได้ทำการยืนยันกับ supplier; การทำงานเข้าช้อน; ขั้นตอน/เครื่องมือสนับสนุน	9	เกิดความล่าช้าในการจัดส่งยา; Supplier ไม่ได้รับ PO	5	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); โทรตามยากับ supplier	7	63	315	1
S4. Receive and manage inventory (รับและบริหารจัดการยา)												
S41 คลังยาเก็บ PO ไว้รอรับยา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2566	of	11000
S42 คลังโทรติดต่อ Supplier (เก็บ 7 วัน)	FM25 การสื่อสารขาดประสิทธิภาพ	60	Supplier ส่งยาล่าช้า (เกิน 7 วัน); ไม่ได้รับ PO; รองยาตามตาม PO; ยากขาดสต็อกแต่ไม่โทรแจ้งคลังยา	7	เกิดความล่าช้าในการจัดส่งยา; ยากขาดสต็อก	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); โทรตามยากับ supplier	6	42	252	3	
		61	Supplier ต้อง key ข้อมูลเพื่อจัดทำใบนำส่งมาจาก PO ที่ได้รับทาง Fax; ระยะชื่อ/ขนาด/จำนวนยาไม่ถูกต้อง	3	คลังยาได้รับยาไม่ตรงตาม PO	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ตรวจรับยาและใบนำส่งเทียบกับ PO	6	18	108	4	
S43 รับมาจาก Supplier	FM23 การทำงานเข้าช้อน	62	Supplier จัดส่งยาไม่ครบตาม PO; ยากขาดสต็อกทำให้ต้องทยอยส่ง; คลังยาไม่สามารถตรวจรับยาเข้าระบบได้จนกว่าจะได้รับยาครบตาม PO	6	เกิดความล่าช้าในการตรวจรับยา; ยากขาดสต็อกระหว่างรอตรวจรับ	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ตรวจรับยาและใบนำส่งเทียบกับ PO Supplier สามารถทยอยส่งยาได้ ทำให้ 1 PO อาจมีหลายใบนำส่ง	6	36	216	3	

Process : Support Supply Process (กระบวนการเดิมและสิ่งข้อยก)												
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level	Action Plan
S44 Key receive ยาในระบบ SSB	FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	63	คลังยาต้อง key receive ยาโดย copy ข้อมูลจาก PO และ key ข้อมูล lot, exp เพิ่มตามใบนำส่ง; key ข้อมูลยา/lot/exp ไม่ถูกต้อง	3	ข้อมูล lot/exp ของยาในระบบไม่ตรงกับข้อมูลของยาในคลัง	2	กรรมการตรวจรับยา	8	24	48	4	
	FM23 การทำงานเข้าช้อน	64	คลังยาต้องจัดเตรียมเอกสารสำหรับใช้ในการตรวจรับยา	10	เกิดต้นทุนในการเตรียมเอกสาร; เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา)	7	70	350	1	N
S45 ฟัสดตรวจและสั่งพิมพ์ใบ Receive	FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก	65	ฟัสดต้องใช้เวลานานในการตรวจเอกสารและข้อมูลใบ Receive ในระบบแล้วจึงส่งพิมพ์ใบ Receive ให้คลังยา	10	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	เจ้าหน้าที่งานฟัสด	7	70	350	1	N
S46 กรรมการตรวจรับยาเข้าคลัง (Manual)	FM23 การทำงานเข้าช้อน	66	นโยบายการตรวจรับยา; คลังยาต้องตามกรรมการทำการตรวจรับยาหลังจากได้รับใบ Receive	10	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	กรรมการตรวจรับยา	7	70	350	1	N
S47 ฟัสดตรวจเอกสาร (Manual)	FM23 การทำงานเข้าช้อน	67	หลังจากกรรมการตรวจรับยาแล้วฟัสดต้องตรวจเอกสารอีกครั้ง	10	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	เจ้าหน้าที่งานฟัสด	7	70	350	1	N
S48 หัวหน้าฟัสด Approve เพื่อ update สติ๊กเกอร์ในระบบ SSB	FM23 การทำงานเข้าช้อน	68	หัวหน้าฟัสดจะทำการ approve เพื่อ update ข้อมูลการรับยาเข้าคลังและออกใบนำส่งจากกระบบ SSB;	10	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	หัวหน้างานฟัสด	10	100	500	1	N
S49 คลังยานำยานาเก็บขึ้นชั้นและลงสติ๊กเกอร์เมื่อได้รับใบนำส่งจากฟัสด	FM19 สติ๊กเกอร์ไม่ตรง (amount)	69	จำนวนอาจเหลือในระบบ, สติ๊กเกอร์การไม่ตรงกับยอดที่เหลือจริง; ไม่ได้ key ยิม/คืนในระบบ; ไม่ได้ลงสติ๊กเกอร์; หยิบ/วางยาผิด	3	ข้อมูลยาในระบบกับข้อมูลยาในคลังไม่ตรงกัน	2	ตรวจนับสติ๊กเกอร์คลังยา; หาสาเหตุที่ตัวเลขไม่ตรงและทำการแก้ไขให้ถูกต้อง	3	9	18	4	
	FM14 ความผิดพลาดของคน	70	การจัดยาขึ้นชั้นที่คลังยาไม่ FEFO; ยาที่ได้รับเข้าคลัง lot หลัง exp ก่อนยาที่ถูกจัดอยู่บนชั้น ณ คลังยา	2	การจ่ายยาออกจากระบบไม่ FEFO	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); จัดยาขึ้นชั้นโดยเรียงตาม exp	4	8	24	4	
Total RPN									=	8421	of 45000	

SEVERITY RATING SCALE

Rating	Description	Definition
10	Extremely dangerous	Failure could cause death of a customer (patient, visitor, employee, staff member, business partner) and/or total system breakdown, without any prior warning.
9 8	Very dangerous	Failure could cause major or permanent injury and/or serious system disruption with interruption in service, with prior warning.
7	Dangerous	Failure causes minor to moderate injury with a high degree of customer dissatisfaction and/or major system problems requiring major repairs or significant re-work.
6 5	Moderate danger	Failure causes minor injury with some customer dissatisfaction and/or major system problems.
4 3	Low to Moderate danger	Failure causes very minor or no injury but annoys customers and/or results in minor system problems that can be overcome with minor modifications to system or process.
2	Slight danger	Failure causes no injury and customer is unaware of problem however the potential for minor injury exists, little or no effect on system.
1	No danger	Failure causes no injury and has no impact on system.

OCCURRENCE RATING SCALE

Rating	Description	Definition
10	Certain probability of occurrence	Failure occurs at least once a day; or, failure occurs almost every time.
9	Failure is almost inevitable	Failure occurs predictably; or, failure once every 3 or 4 days.
8 7	Very high probability of occurrence	Failure occurs frequently; or, failure occurs about once per week.
6 5	Moderately probability of occurrence	Failure occurs about once per month.
4 3	Moderate probability of occurrence	Failure occurs occasionally; or, failure once every 3 months.
2	Low probability of occurrence	Failure occurs rarely; or, failure occurs about once per year.
1	Remote probability of occurrence	Failure almost never occurs; no one remember last failure.

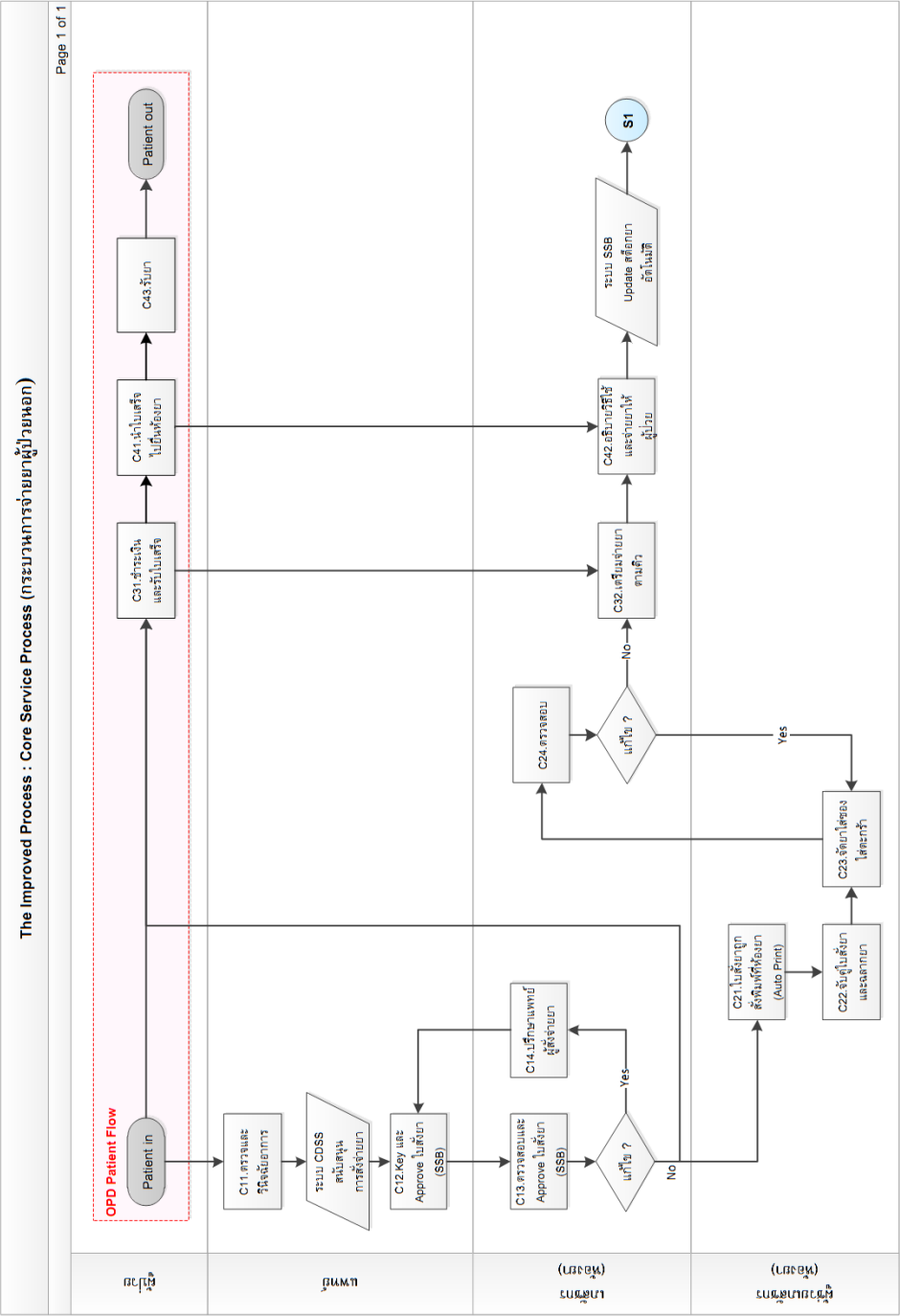
DETECTION RATING SCALE

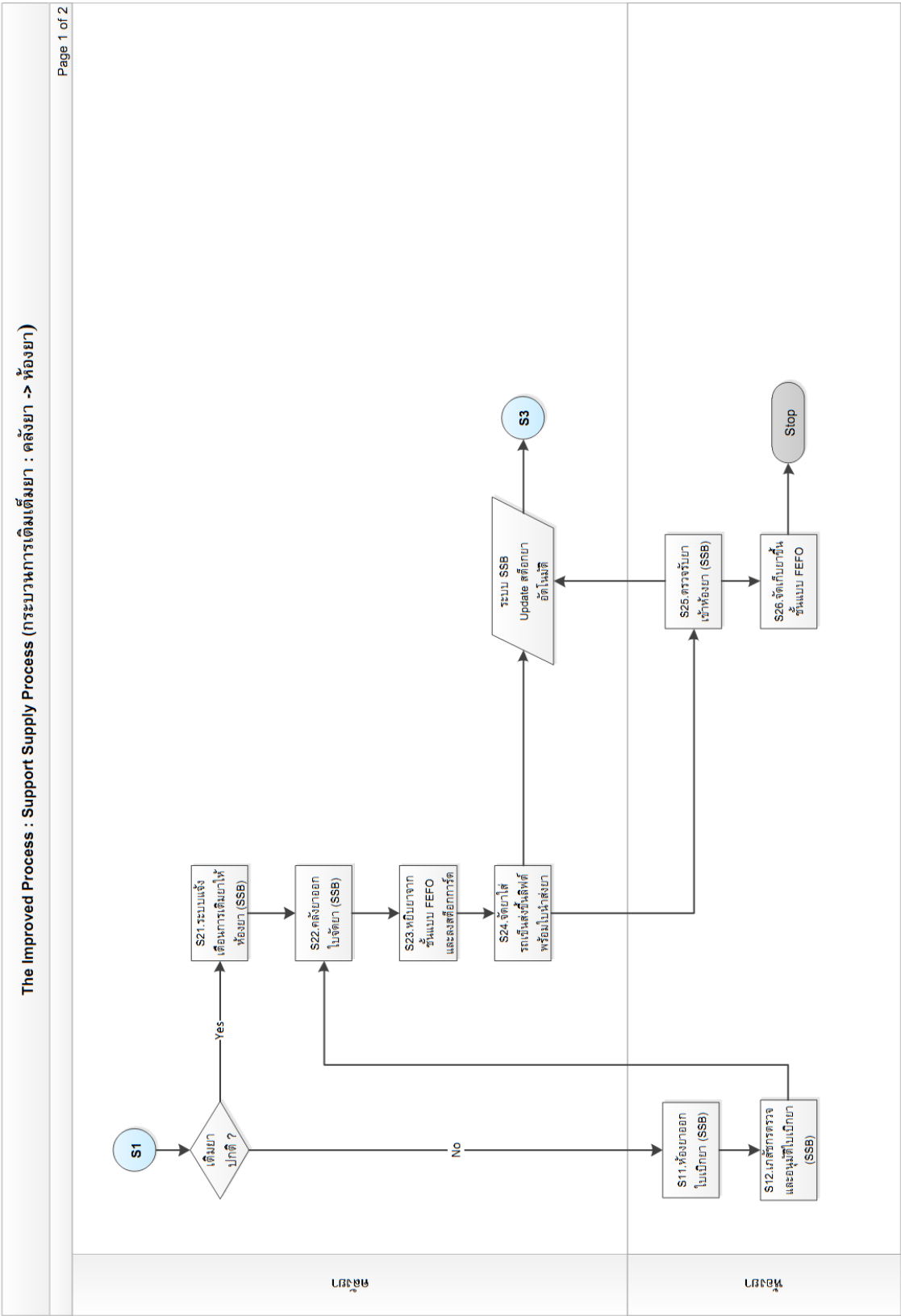
Rating	Description	Definition
10	No chance of detection	There is no known mechanism for detecting the failure.
9 8	Very remote or Unreliable	The failure can be detected only with thorough inspection and this is not feasible or cannot be readily done.
7 6	Remote	The error can be detected with manual inspection but no process is in place so that detection left to chance.
5	Moderate chance of detection	There is a process for double-checks or inspection but it not automated and/or is applied only to a sample and/or relies on vigilance.
4 3	High	There is 100% inspection or review of the process but it is not automated.
2	Very high	There is 100% inspection of process and it is automated.
1	Almost certain	There are automatic “shut-offs” or constraints that prevent failure.

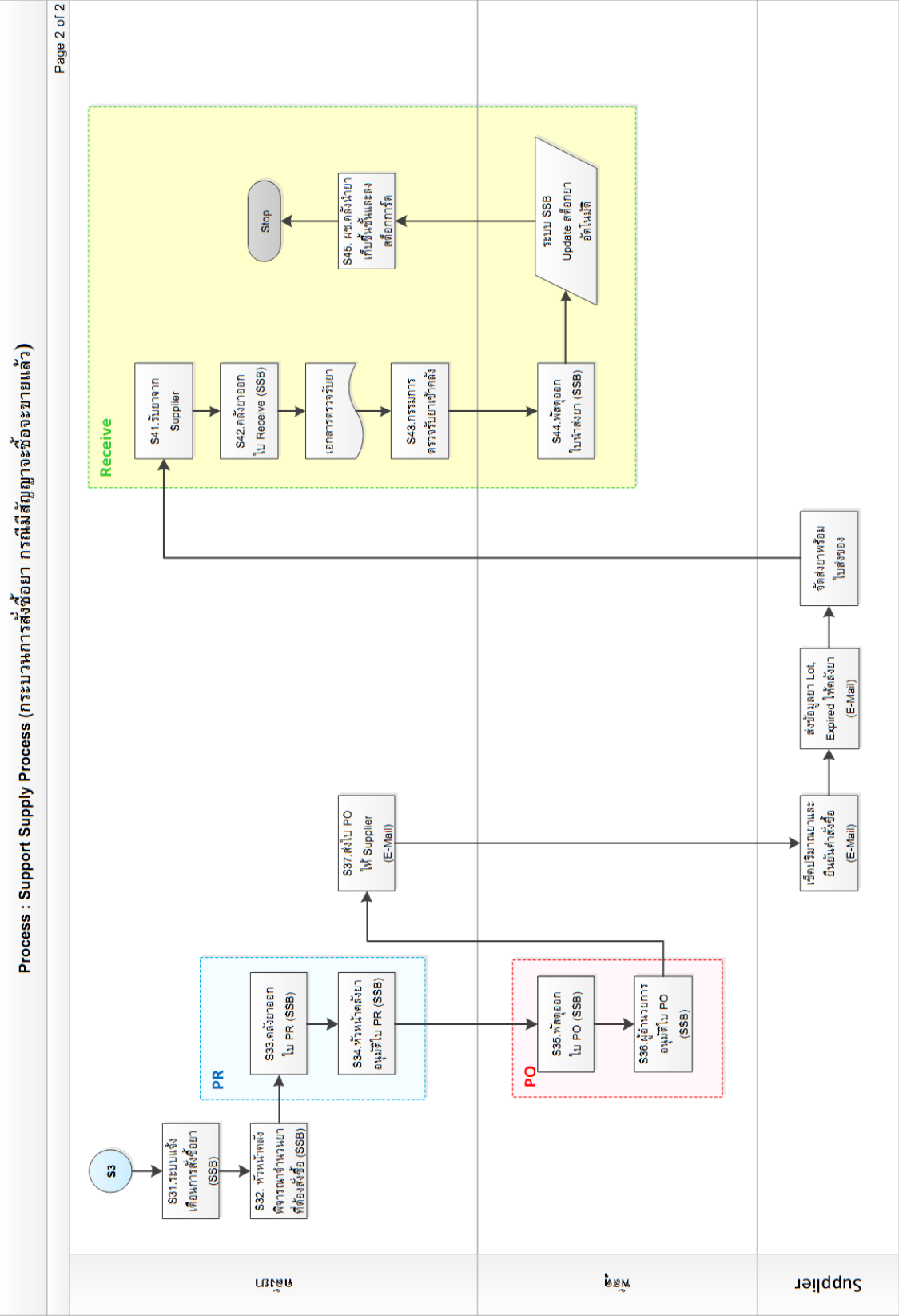
APPENDIX C

PROCESS MAPPING FOR DRUG OPERATION PROCESS

(TO BE)







APPENDIX D

FMEA FOR DRUG OPERATION PROCESS (TO BE)

Process : Core Service Process (กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก)												
The Improved Process												
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)												
Process & Subprocess		Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level
C1. Prescribe drug to patient (สั่งจ่ายยาให้ผู้ป่วย)											256	of 4000
C1.1 แพทย์ทำการตรวจและวินิจฉัยอาการ	FM01 สั่งจ่ายยาไม่เหมาะสม	1	ไม่ได้ดูประวัติการแพ้ยาของผู้ป่วย; ยาขาดสต็อก; ขาดประสบการณ์	4	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยเกิดอาการแพ้ยา; overdose; under-dose; ADR	8	ระบบ CDSS ช่วยในการสั่งจ่ายยา; เกสเซอร์ตรวจสอบการสั่งจ่ายยาของแพทย์	2	8	64	3	
	FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	2	Key ขอบเขตในใบสั่งยาไม่ถูกต้อง; ระบบชื่อ/ขนาด/จำนวนยาไม่ถูกต้อง	4	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยเกิดอาการแพ้ยา; overdose; under-dose; ADR	8	ระบบ CDSS ช่วยในการสั่งจ่ายยา; เกสเซอร์ตรวจสอบการสั่งจ่ายยาของแพทย์	2	8	64	3	
	FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	4	ตรวจสอบความเหมาะสมของใบสั่งยาและความเร่งรีบ; ขาดข้อมูลเกี่ยวกับยา	4	คำอธิบายวิธีใช้ยาไม่เหมาะสม; overdose; under-dose; ADR	7	ระบบ CDSS ช่วยในการสั่งจ่ายยา; เกสเซอร์ตรวจสอบ	2	8	56	3	
	FM13 เก็บรักษาตรวจสอบและ Approve ใบสั่งยา (SSB)	4	ตรวจสอบความเหมาะสมของใบสั่งยาและจลจกยา	4	ความปลอดภัยสูงไปสู่ผู้ป่วย; ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม	9	ระบบ CDSS ช่วยในการสั่งจ่ายยา; เกสเซอร์ตรวจสอบก่อนจ่ายยาให้ผู้ป่วย	2	8	72	3	
C1.4 เกสเซอร์รักษาแพทย์หากต้องแก้ไขใบสั่งยา	-											
C2. Prepare drug for patient (จัดตามใบสั่งยา)											656	of 6000
C2.1 ใบสั่งยาลงถึงพื้นที่ห้องยา (Auto Print)	FM04 ใบสั่งยา/จลจกยาไม่ Auto print	5	ระบบขัดข้อง/เครื่องพิมพ์มีปัญหา	4	ห้องยาไม่ได้รับใบสั่งยา; ผู้ป่วยต้องรอนานกว่าปกติ; ต้องสั่ง Reprint ในส่ง/จลจกยา	7	ระบบแจ้งเตือนและตรวจสอบสถานะในสิ่งยา	2	8	56	3	
	FM05 ความผิดพลาดระหว่างพิมพ์	6	กระดาษติด; หมึกหมด; ดกขม; ใบสั่งยา/จลจกยาไม่มีชัดเจน	8	ต้องสั่ง Reprint; เกิดของเสีย	6	ผู้ช่วยเภสัชกรห้องยา (จับคู่ใบสั่งกับจลจกยา)	2	16	96	4	
C2.2 รับดูใบสั่งยานและจลจกยา	FM06 รับดูใบสั่งยานและจลจกยาไม่ถูกต้อง	7	ส่งมาผิดใบสั่งยาที่จลจกยา; จลจกยาขาด/เกินจากใบสั่งยา; เลือกปรับใบสั่งยาในระบบผิด VN	9	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ตรงตามใบสั่ง; ยาไม่ตรงตามจำนวน; ได้รับยาเกินจากใบสั่งยา	7	เกสเซอร์ห้องยา (ตรวจสอบ); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	2	18	126	3	
C2.3 จัดยาใส่ซองใส่ตะกร้า	FM07 การจ่ายยาไม่ผู้ป่วยผิดชนิด/ขนาด/จำนวน	8	ยาที่มีชื่อ/ลักษณะคล้ายกัน; จัดยาผิดขนาด/ความแรง; ผิดจำนวน/หน่วย จากใบสั่งยา	9	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ตรงตามใบสั่ง; ผู้ป่วยเกิดอาการแพ้ยา; overdose; under-dose; ADR	8	เกสเซอร์ห้องยา (ตรวจสอบ); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	2	18	144	3	

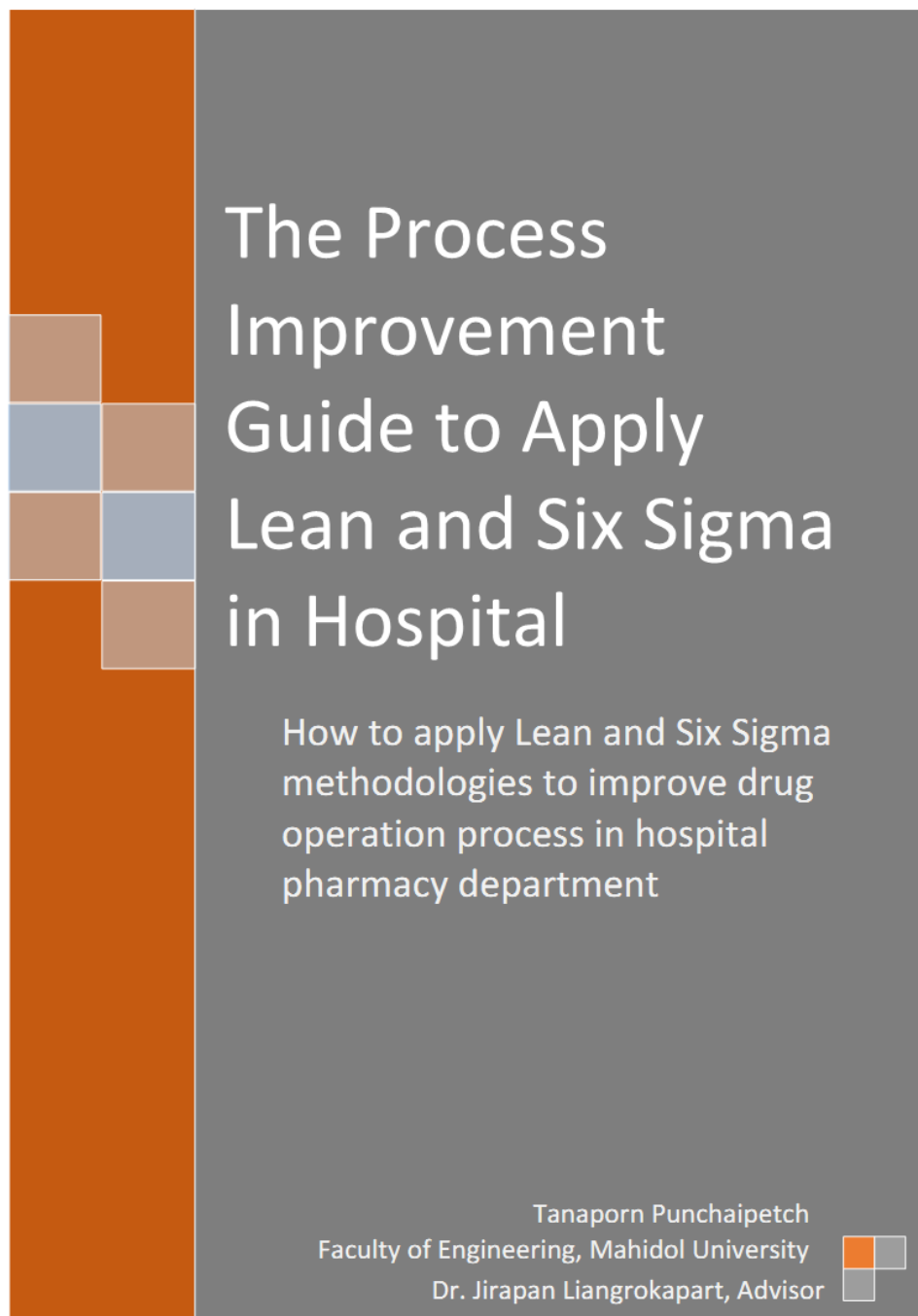
Process : Core Service Process (กระบวนการจ่ายยามาผู้ป่วยนอก)											
The Improved Process											
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)											
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level
C23 จัดยาใส่ซองใส่ตะกร้า (ต่อ)	FM09 ฉลากยาไม่ถูกต้อง	9	ความเร่งรีบ; ติดฉลากยาสลับกัน	9	ผู้ป่วยเกิดอาการแพ้ยา; overdose; under-dose; ADR	6	เภสัชกรห้องยา (ตรวจสอบ); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	18	108	4
	FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	10	ตรวจยาที่จัดเสร็จเทียบในสิ่งยา; ความเร่งรีบอาจทำให้ความผิดพลาดหลุดไปสู่ผู้ป่วยได้	7	ความผิดพลาดหลุดไปสู่ผู้ป่วย; ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม	9	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	14	126	3
C3. Pay for drug and service (ชำระเงินค่ายาและค่าบริการ)											
C31 ผู้ป่วยชำระเงินและรับใบเสร็จที่ห้องการเงิน	FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก	11	การเงินจะรับชำระเงินจากผู้ป่วยได้เมื่อเภสัชกรยื่นใบสั่งยานั้นแล้ว	10	ผู้ป่วยอาจต้องรอนาน โดยเฉพาะกรณีที่ไม่สั่งยามีปัญหา หรือช่วงเวลาที่มีผู้ป่วยจำนวนมาก	6	แผนกผู้ป่วยนอก; แจ้งให้ผู้ป่วยติดต่อการเงินเมื่อใบสั่งยาได้รับการอนุมัติ	2	20	120	4
	FM14 ความผิดพลาดของคน	12	ความเร่งรีบ; หยิบตะกร้ายาผิด; ชื่อหรือ HN ของผู้ป่วยใกล้เคียงกัน	7	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ถูกต้อง	7	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	14	98	3
C32 ห้องยาเตรียมจ่ายยาตามคิว	FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก	13	ห้องยาจะจ่ายยาให้ผู้ป่วยได้เมื่อผู้ป่วยติดต่อการเงินเรียบร้อยแล้ว และยาถูกจัดและตรวจเรียบร้อยแล้ว	10	ผู้ป่วยอาจต้องรอนาน โดยเฉพาะกรณีที่ไม่สั่งยามีปัญหา หรือช่วงเวลาที่มีผู้ป่วยจำนวนมาก	6	ผู้ป่วยเภสัชกรห้องยา; ระบบแจ้งเตือนและตรวจสอบสถานะในสิ่งยา	2	20	120	4
	C4. Dispense drug to patient										
C41 ผู้ป่วยนำใบเสร็จกลับไปยื่นที่ห้องยา	-									64	of 1000
	FM16 จ่ายยาให้ผู้ป่วยผิดคน	14	หยิบยาผิดตะกร้า; ตรวจไม่พบว่าสลัดใบสั่งยากับฉลากยา	4	ผู้ป่วยได้รับยาไม่ตรงตามที่แพทย์สั่งจ่าย; เกิดความผิดพลาดจากการใช้ยา	8	เภสัชกรห้องยา (จ่ายยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	8	64	3
C43 ผู้ป่วยรับยากลับบ้าน	-										
							Total RPN	=		1314	of 14000

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)				The Improved Process				Process : Support Supply Process (กระบวนการเติมเต็มและสั่งซื้อยา)			
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level
S1. Request drug from warehouse (เบิกยาจากคลังยา)											
S1.1 ห้องยาออกใบเบิกยา (SSB)	FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง	15	Key ข้อมูลการเบิกยาไม่ถูกต้อง; ระบบขาด/จำนวน/หน่วยของยาผิด	7	ห้องยาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	6	เภสัชกรห้องยา; ระบบเติมเต็มยา; ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	14	84	4
	FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	16	ตรวจสอบไม่พบความผิดพลาด; ความเร่งรีบ	9	ห้องยาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ระบบเติมเต็มยา	2	18	108	4
S2. Replenish drug to pharmacy (เติมยาในห้องยา)											
S2.1 ระบบแจ้งเดือนการเติมยาในห้องยา (SSB)	FM20 ยาขาด/ล้นสต็อก	17	ยาอาจขาดสต็อกระหว่างการเติมยา; ระบบ SSB จะแจ้งเดือนการเติมยาในห้องยาอัตโนมัติ	8	ยามขึ้นอาจไม่เพียงพอสำหรับการจ่ายยา โดยเฉพาะกรณีที่มีผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ระบบคัมมิง (2-bin); ระบบเติมเต็มยา	2	16	96	4
	FM24 การพยากรณ์ไม่แม่นยำ	18	ปริมาณความต้องการใช้ยาไม่แน่นอน; การพยากรณ์ให้แม่นยำทำได้ยาก; แพทย์เป็นผู้สั่งจ่ายยาตามอาการผู้ป่วย	8	ห้องยาไม่เพียงพอ/มากเกินไป เกิดปัญหาขาด/ล้นสต็อก	6	คลังยาและห้องยาร่วมกันพิจารณา; ระบบคัมมิง (2-bin); ระบบเติมเต็มยา	2	16	96	4
S2.2 คลังยาออกใบจัดยา (SSB)	-									430	8000
S2.3 หยียาจากชั้นเก็บ FEFO และลงสต็อกการ์ด	FM14 ความผิดพลาดจากคน	19	หยียาจากชั้นไม่ถูกต้อง; ยาที่มีชื่อหรือลักษณะใกล้เคียงกัน	3	จัดยาไม่ถูกต้องตามใบจัดยา; ห้องยาได้รับยาไม่ถูกต้องตามที่ระบบแจ้งเตือน	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	6	12	4
		20	ลงสต็อกการ์ดไม่ถูกต้อง	2	จำนวนยาที่จ่ายจริงไม่ตรงกับจำนวนยาที่ลงในสต็อกการ์ด	1	ตรวจสอบสต็อกคลังยา	4	8	8	4
S2.4 จัดยาใส่กล่องขึ้นส่งขึ้นลิฟต์ พร้อมใบนำส่งยา	FM14 ความผิดพลาดจากคน	21	คลังยาทำการจัดและส่งยาไม่ถูกต้อง; นำยาใส่กล่องขึ้นลิฟต์/เก็บ	3	ห้องยาได้รับยาไม่ถูกต้องตามที่ระบบแจ้งเตือน	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	6	12	4
S2.5 ตรวจรับยาเข้าห้องยา (SSB)	FM14 ความผิดพลาดจากคน	22	ห้องยาตรวจรับยาไม่เรียบร้อย; ตรวจไม่เจอข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดจากการจัดและส่งยา	3	ห้องยาได้รับยาไม่ถูกต้องตามที่ระบบแจ้งเตือน	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ระบบ Barcode ช่วยสนับสนุนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากคน	2	6	12	4

The Improved Process												Process : Support Supply Process (กระบวนการเติมเต็มและสั่งซื้อยา)											
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)			Process & Subprocess			Failure Mode		#	Causes		O	Effects		S	Current Control		D	O*D	RPN	Level			
S26 จัดเก็บยาชั้นชั้นแบบ FEFO (ห้องยา)			FM14 ความผิดพลาดจากคน		การจัดเก็บยาชั้นชั้นที่ห้องยาไม่ FEFO; ยา lot ที่นำมาเติมเต็มหลัง exp ก่อนยาที่ค้างอยู่บนชั้น		23	6	การจ่ายยาออกจากชั้นไม่ FEFO;	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); จัดยาโดยเรียงตาม exp	9	54	162	3								
							FM20 ยาขาด/ล้นสต็อก		24	8	ยานมขึ้นช้าเกินไปเพื่อรอสำหรับการจ่ายยา โดยเฉพาะกรณีที่มีผู้ป่วยเป็นจำนวนมาก	2	ผู้ช่วยเภสัชกร (ห้องยา); ระบบคั่นมั่ง (2-bin); ระบบเติมเต็มยา	2	16	32	4						
S3. Purchase drug from suppliers (สั่งซื้อยาจากผู้ขาย)																				8000			
S31 ระบบ แจ้งเตือนการสั่งซื้อยา			FM20 ยาขาด/ล้นสต็อก		ระบบแจ้งเตือนการสั่งซื้อยาไม่แม่นยำ; ยาอาจขาดสต็อกระหว่างการสั่งซื้อ กระบวนการสั่งซื้อมีหลายขั้นตอน		25	9	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/ล้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	เภสัชกร (คลังยา); ระบบคั่นมั่ง (2-bin); ระบบสั่งซื้อยา	2	18	90	4								
							FM24 การพยากรณ์ไม่แม่นยำ		26	10	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/ล้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	เภสัชกร (คลังยา); ระบบคั่นมั่ง (2-bin); ระบบสั่งซื้อยา	2	20	100	4						
S33 คลังยาออกใบ PR (SSB)			FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง		key ข้อมูล PR ในระบบไม่ถูกต้อง; ระบบข้อมูลยา/เลขที่สัญญาไม่ถูกต้อง		27	3	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/ล้นสต็อก; ยานหมดอายุ	6	เภสัชกร (หัวหน้าคลังยา); ตรวจสอบอีกครั้งก่อนอนุมัติ PR	5	15	90	4								
S34 หัวหน้าคลังอนุมัติใบ PR (SSB)			FM23 การทำงานเข้าช้อน		นโยบายและเงื่อนไขการสั่งซื้อยา; การออก PR ต้องแยกตามสัญญา พร้อมเอกสารแนบในใบ PR (SSB)		28	8	ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อยา	6	เจ้าหน้าที่งานพัสดุ	5	40	240	3								
							FM23 การทำงานเข้าช้อน		29	10	เกิดความล่าช้าในการจัดส่งยา; ใช้เวลาในกระบวนการออก PR	4	เจ้าหน้าที่งานพัสดุ	5	50	200	3						
S35 ฟัสตอกใบ PO (SSB)			FM02 การกรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง		ใช้คำสั่งสร้าง PO จาก PR ก่อนหน้าผ่านระบบ SSB; ระบบเลขที่ PR ไม่ถูกต้อง		30	2	การสั่งซื้อยาไม่เหมาะสม; ยาขาด/ล้นสต็อก; ยานหมดอายุ	5	หัวหน้างานพัสดุ	5	10	50	4								
S36 ผู้คำนวณการอนุมัติใบ PO			FM15 ภาระงานค่อนข้างหนัก		เอกสารจำนวนมากการอนุมัติ		31	8	เกิดความล่าช้าในการสั่งซื้อยา	5	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ระบบสั่งซื้อยา	5	40	200	3								
S38 คลังส่ง PO ให้ supplier (E-mail)			FM25 การสื่อสารขาดประสิทธิภาพ		การส่ง PO ไม่สมบูรณ์; ไม่ได้ทำการยืนยันกับ supplier; การทำงานข้ามขั้นตอน		32	8	เกิดความล่าช้าในการจัดส่งยา; Supplier ไม่ได้รับ PO	5	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); ระบบสั่งซื้อยา	5	40	200	3								

The Improved Process											Process : Support Supply Process (กระบวนการเดิมและสิ่งส่งชื่อยา)			
Process & Subprocess		Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O*D	RPN	Level		
S4. Receive and manage inventory (รับและบริหารจัดการยา)														
S41 คลังยารับยาจาก Supplier	FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	33	Supplier กรอกข้อมูลยาเพื่อจัดทำใบนำส่งยาจาก PO ที่ได้รับไม่ถูกต้อง; ระบบ lot, exp ไม่ถูกต้อง	3	คลังยาได้รับยาไม่ตรงตาม PO; ข้อมูลยาไม่ถูกต้อง	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); กรรมการตรวจรับยา; ระบบ Barcode	2	6	36	4			
	FM20 ยาขาด/ล้นสต็อก	34	Supplier จัดส่งยาไม่ตรงตาม PO; Supplier ต้องยืนยันคำสั่งซื้อหลังจากได้รับ PO และส่งข้อมูลยาให้คลังยา ก่อนการจัดส่ง	6	เกิดความล่าช้าในการตรวจรับยา; ยาขาดสต็อกระหว่างรอตรวจรับ	6	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); กรรมการตรวจรับยา; ประเมินผลการจัดส่งยา Supplier	2	12	72	4			
S42 คลังยาออกใบ Receive (SSB)	FM02 การกรอกข้อมูล ไม่ถูกต้อง	35	คลังยาต้องออกใบ receive; โดยให้ข้อมูลจาก PO และใบนำส่งยา ที่มีข้อมูลยา lot, exp จาก Supplier	3	ข้อมูล lot/exp ของยาในระบบ ไม่ตรงกับข้อมูลของยาในคลัง	2	กรรมการตรวจรับยา; ระบบ Barcode	2	6	12	4			
S43 กรรมการตรวจรับยาเข้าคลัง	FM23 การทำงานซ้ำซ้อน	36	นโยบายการตรวจรับยา; คลังยาต้องดำเนินการทำการตรวจรับยาหลังจากได้รับใบ Receive	8	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	กรรมการตรวจรับยา; ระบบ Barcode	2	16	80	4			
S44 ฟัสดอกใบนำส่งยา (SSB)	FM23 การทำงานซ้ำซ้อน	37	นโยบายการตรวจรับยา; เมื่อตรวจรับยาเรียบร้อยแล้ว ฟัสดต้องออกใบนำส่งยาเพื่อโอนยาให้คลังยา	8	เกิดความล่าช้าในการรับยา	5	หัวหน้างานฟัสด	5	40	200	3			
S45 คลังยานำยาเก็บขึ้นชั้นและลงสต็อกการัด	FM19 สต็อกไม่ตรง	38	จำนวนยาคงเหลือในระบบ,สต็อกการัด ไม่ตรงกับยอดคงเหลือจริง; "ไม่ได้" key ยิม/คืนในระบบ; "ไม่"ได้ลงสต็อกการัด; หยิม/วางยาผิด	3	ข้อมูลยาในระบบกับข้อมูลยาในคลังไม่ตรงกัน	2	ตรวจนับสต็อกคลังยา	5	15	30	4			
	FM14 ความผิดพลาดของคน	39	การจัดยาขึ้นชั้นที่คลังยาไม่ FEFO; ยาที่ได้รับเข้าคลัง lot หลัง exp ก่อนยาที่ถูกจัดอยู่บนชั้น ณ คลังยา	2	การจ่ายยาออกจากชั้นไม่ FEFO	3	ผู้ช่วยเภสัชกร (คลังยา); จัดยาขึ้นชั้นโดยเรียงตาม exp	4	8	24	4			
Total RPN								=		2246	of 25000			

APPENDIX E
A PROCESS IMPROVEMENT GUIDE TO APPLY LEAN AND
SIX SIGMA IN HOSPITAL



The Process Improvement Guide to Apply
Lean and Six Sigma in Hospital



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	2
บทที่ 2 รู้จักกับเครื่องมือ Lean และ Six Sigma	4
บทที่ 3 The modified Lean Six Sigma approach	6
บทที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	41
ภาคผนวก	42

บทที่ 1 บทนำ

ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ มาช่วยสนับสนุนการให้บริการด้านสุขภาพภายในโรงพยาบาล โรงพยาบาลจึงต้องปรับกระบวนการทำงานเพื่อให้เกิดความเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพในการให้บริการมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้โรงพยาบาลยังได้รับความกดดันจากหลายฝ่าย ทั้งภาครัฐและเอกชน บุคลากรภายใน ตลอดจนผู้ป่วยที่เข้ารับบริการ โรงพยาบาลจึงมุ่งเน้นการให้บริการด้านสุขภาพแก่ประชาชน โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้ป่วย (Patient safety) และประสิทธิภาพของการให้บริการ (Efficiency) เป็นสิ่งสำคัญ

อย่างไรก็ตาม ทุกขั้นตอนของกระบวนการทำงานสามารถเกิดข้อผิดพลาดได้ทั้งสิ้น ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางยา (Medical errors) ซึ่งเป็นสาเหตุของเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์หรืออาการไม่พึงประสงค์จากการใช้ยา ส่งผลกระทบทั้งต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยและประสิทธิภาพของการให้บริการ อีกทั้งขณะนี้ทั่วโลกกำลังประสบปัญหาขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์ ไม่ว่าจะเป็น แพทย์ เภสัชกร หรือพยาบาล ขณะที่ปริมาณความต้องการเข้ารับบริการของผู้ป่วยมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้บุคลากรทางการแพทย์ต้องแบกรับภาระงานค่อนข้างหนักในการให้บริการ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลส่วนใหญ่เกิดจากสาเหตุหลัก 3 ประเภท ได้แก่

- Delays: ความล่าช้าทำให้เกิดระยะเวลารอคอยที่ยาวนาน
- Defects: ความผิดพลาดทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางยา
- Deviation: ความแปรปรวนส่งผลต่อประสิทธิภาพของการให้บริการ

หนทางหนึ่งในการแก้ปัญหา คือ การนำหลักการ Lean และ Six Sigma มาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม ทั้ง Lean และ Six Sigma เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตและบริการ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมด้านสุขภาพต่างๆ รวมถึงโรงพยาบาลเริ่มยอมรับและนำหลักการดังกล่าวมาใช่มากขึ้น โดยนำ Lean มาช่วยลดของเสียอันเป็นสาเหตุให้เกิดความล่าช้าต่างๆในกระบวนการ อีกทั้งยังช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางการแพทย์ ทำให้โรงพยาบาลสามารถให้บริการผู้ป่วยได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ขณะที่ Six Sigma ช่วยลดความผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ทำให้โรงพยาบาลสามารถให้บริการผู้ป่วยได้อย่างปลอดภัยและเกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ Supply chain ของโรงพยาบาลมีความซับซ้อนและแตกต่างจากอุตสาหกรรมอื่น การนำ Lean และ Six Sigma ที่ประสบความสำเร็จในหลาย Supply chain มาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล จึงควรประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้ป่วย

ดังนั้น The process improvement guide to apply Lean and Six Sigma in Hospital เล่มนี้ ได้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอแนวทางในการนำ Lean และ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล โดยผู้จัดทำมีความมุ่งหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสิ่งที่ได้เสนอไว้ในคู่มือเล่มนี้จะช่วยอำนวยความสะดวกและเป็นประโยชน์กับโรงพยาบาลหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องใน Supply chain ของโรงพยาบาลบ้างไม่มากก็น้อย

บทที่ 2 รู้จักกับเครื่องมือ Lean และ Six Sigma

Lean เป็นแนวคิดที่เกิดขึ้นในระบบการผลิตแบบ Toyota (Toyota Production System: TPS) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Taiichi Ohno เนื่องจากความต้องการใช้ทรัพยากรที่น้อยที่สุดในกระบวนการผลิตของ TPS ดังนั้น หัวใจสำคัญของหลักการนี้ คือ การกำจัดความสูญเปล่า เพื่อความสิ้นเปลืองของงานตลอดทั้งกระบวนการ แนวคิดของ Lean ประกอบด้วยหลักการสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ Value, Value Stream, Flow, Pull และ Perfection เครื่องมือที่นำมาใช้ตามหลักการ Lean ส่วนใหญ่เกี่ยวกับการมองเห็น (Visual Control)

ตัวอย่างของเครื่องมือ Lean ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการของโรงพยาบาล ได้แก่ DOWNTIME, Value Stream mapping (VSM), Value analysis และ Pull System

Six Sigma เป็นแนวคิดในการจัดการคุณภาพของบริษัท Motorola Corporation ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Bill Smith เนื่องจากความต้องการลดปริมาณของเสียและความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้เกิดน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิตและยกระดับความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้น หัวใจสำคัญของหลักการนี้ คือ การลดความแปรปรวน โดยนำเครื่องมือทางสถิติและวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงกระบวนการแบบ Six Sigma ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ Define, Measure, Analyze, Improve และ Control

ตัวอย่างของเครื่องมือทางสถิติและการแก้ปัญหาแบบ Six Sigma ที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการของโรงพยาบาล ได้แก่ Ishikawa diagram, System map, Defects per million opportunities (DPMO), Pareto chart, Failure mode and effect analysis (FMEA), Histograms, Control chart และ Capability analysis

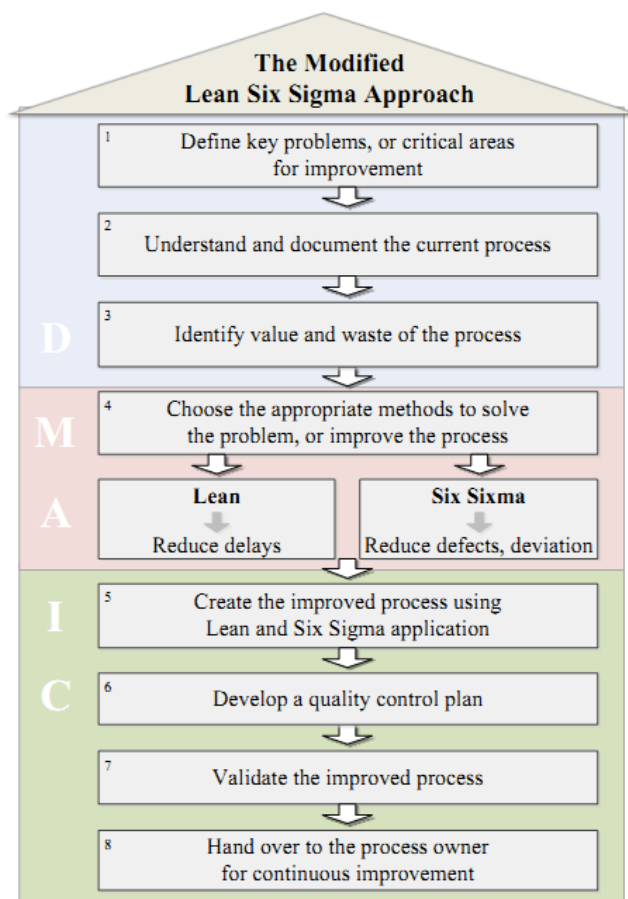
เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Lean และ Six Sigma

ตารางที่ 1 ข้อแตกต่างระหว่าง Lean และ Six Sigma

	Lean	Six Sigma
หัวใจสำคัญ :	กำจัดความสูญเปล่า	ลดความแปรปรวน
ต้นกำเนิด :	Toyota production system โดย Taiichi Ohno (1970s)	Motorola Corporation โดย Bill Smith (1980s)
หลักการ :	1. Value: ระบุคุณค่า 2. Value Stream: สร้างสาย ธารคุณค่าของกระบวนการ 3. Flow: ทำให้เกิดการไหล ของงานอย่างต่อเนื่อง 4. Pull: ใช้หลักการดึง 5. Perfection: สร้างความ สมบูรณ์แบบด้วยการพัฒนา อย่างต่อเนื่อง	1. Define: กำหนดนิยาม 2. Measure: วัดผล 3. Analyze: วิเคราะห์ 4. Improve: ปรับปรุง 5. Control: ควบคุม
สิ่งที่มุ่งเน้น :	ความสิ้นเปลืองของงาน	การแก้ไขปัญหา
เครื่องมือ :	เกี่ยวกับการมองเห็น	เครื่องมือทางสถิติ

บทที่ 3 The Modified Lean Six Sigma Approach

The modified Lean Six Sigma approach เป็นเครื่องมือที่ผู้เขียนได้พัฒนาขึ้นจากการนำหลักการ Lean และ Six Sigma มาปรับเข้าหากัน เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการของโรงพยาบาล ภายใต้กรอบการดำเนินงาน 8 ขั้นตอนดังรูป



ภาพที่ 1 The modified Lean Six Sigma approach

Step 1: Define key problems, or critical areas for improvement

การกำหนดนิยามปัญหา เป็นการพิจารณาร่วมกันถึงสิ่งที่เป็นปัญหาและส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยหรือประสิทธิภาพของการให้บริการภายในโรงพยาบาล จากนั้นจึงระบุปัญหาหลักที่เห็นว่าสมควรต้องนำมาพิจารณาและแก้ไขปรับปรุงในครั้งนี้

นอกจากนี้การกำหนดพื้นที่ที่เป็นปัญหาและเห็นควรว่าต้องทำการปรับปรุง ก็เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาอย่างเหมาะสม เพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการมีขอบเขตที่แน่ชัด สามารถวิเคราะห์สาเหตุซึ่งเป็นที่มาของปัญหาได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

เครื่องมือที่ใช้

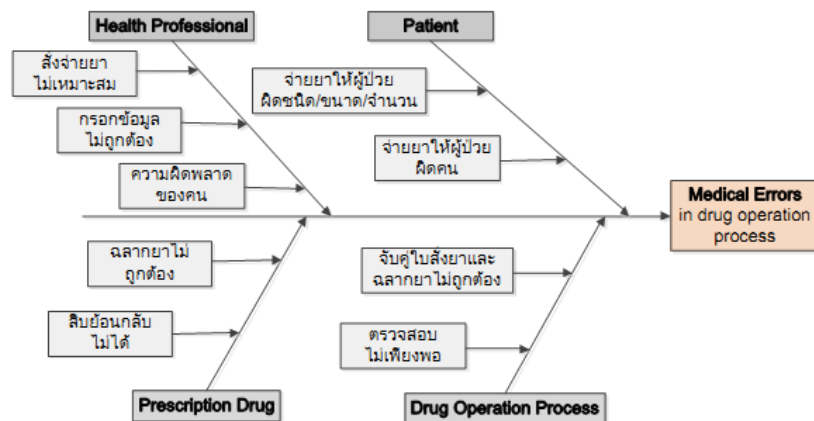
1.1 Ishikawa diagram หรือแผนภูมิแก๊งปลา เป็นเครื่องมือช่วยในการระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาหลักที่เราต้องการแก้ไขปรับปรุง แล้วนำเสนอออกมาในรูปแบบของแผนภาพ ช่วยแสดงให้เห็นสาเหตุย่อยต่างๆ (แก๊งปลา) ที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาหลัก (หัวปลา) ขั้นตอนการสร้างและตัวอย่างของแผนภูมิแก๊งปลา แสดงตามภาพที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสร้างแผนภูมิแก๊งปลา

The Process Improvement Guide to Apply
Lean and Six Sigma in Hospital

8



ภาพที่ 3 ตัวอย่าง Ishikawa diagram - Medical errors ในกระบวนการจ่ายยา

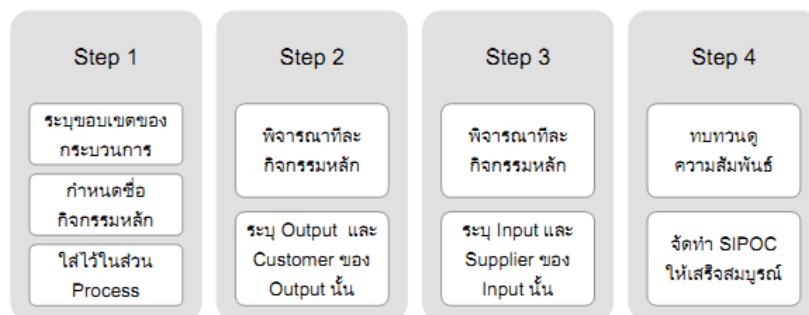
Step 2: Understand and document the current process

การศึกษากระบวนการปัจจุบัน (As Is) เป็นการสังเกตเพื่อศึกษาและทำความเข้าใจ จากนั้นจึงจัดทำเอกสารเกี่ยวกับกระบวนการปัจจุบัน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจกระบวนการปัจจุบันมากยิ่งขึ้น หลังที่ได้มีการกำหนดปัญหาและขอบเขตของพื้นที่ที่จะทำการปรับปรุงแล้ว ขั้นตอนนี้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการควรช่วยกันพิจารณา เพื่อให้เอกสารเกิดความสมบูรณ์ และสามารถใช้เป็นสื่อกลางในการสื่อสาร เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน และเป็นประโยชน์สำหรับการดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

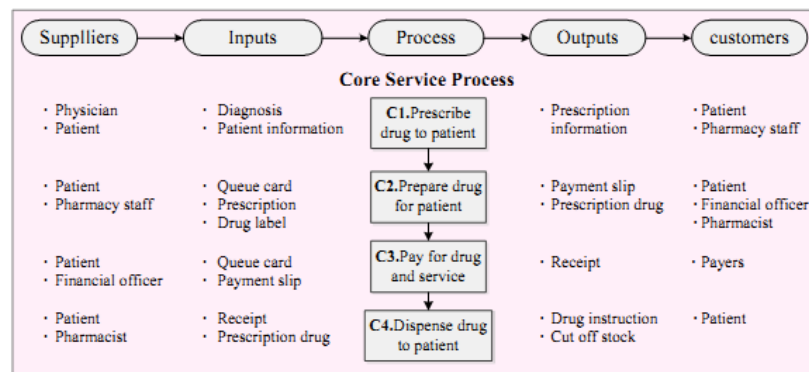
เครื่องมือที่ใช้

เครื่องมือที่นิยมใช้เพื่อจัดทำเอกสารเกี่ยวกับกระบวนการปัจจุบัน ได้แก่ SIPOC, Process mapping และ System map

2.1 SIPOC เป็นแผนภาพที่แสดงภาพนิ่งของกระบวนการ ช่วยให้เห็นภาพรวมและส่วนประกอบย่อยต่างๆ ของกระบวนการปัจจุบัน การทำ SIPOC จะต้องกำหนดขอบเขตของกระบวนการที่ต้องการจะปรับปรุงไว้อย่างชัดเจน จึงนิยมใช้ในช่วงแรกของการศึกษากระบวนการปัจจุบัน โครงสร้างของ SIPOC ประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ Supplier – Input – Process – Output – Customer ขั้นตอนการสร้างและตัวอย่างของ SIPOC แสดงตามภาพที่ 4 และ 5 ตามลำดับ



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสร้าง SIPOC



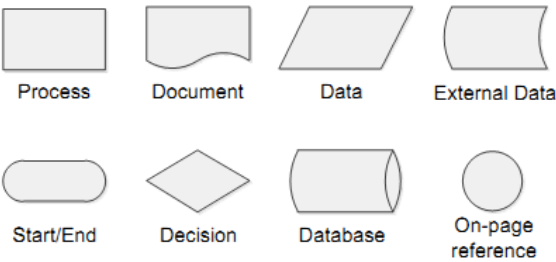
ภาพที่ 5 ตัวอย่างของ SIPOC

2.2 Process mapping เป็นแผนภาพที่แสดงให้เห็นความเชื่อมโยงกันของกิจกรรมหลัก กิจกรรมย่อย รวมทั้งรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ สำหรับข้อมูลที่นำมาใช้ในการสร้าง Process mapping ควรได้มาจากการสังเกตและทำความเข้าใจกระบวนการเป็นอย่างดีแล้ว เพื่อให้แผนภาพที่ได้สอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

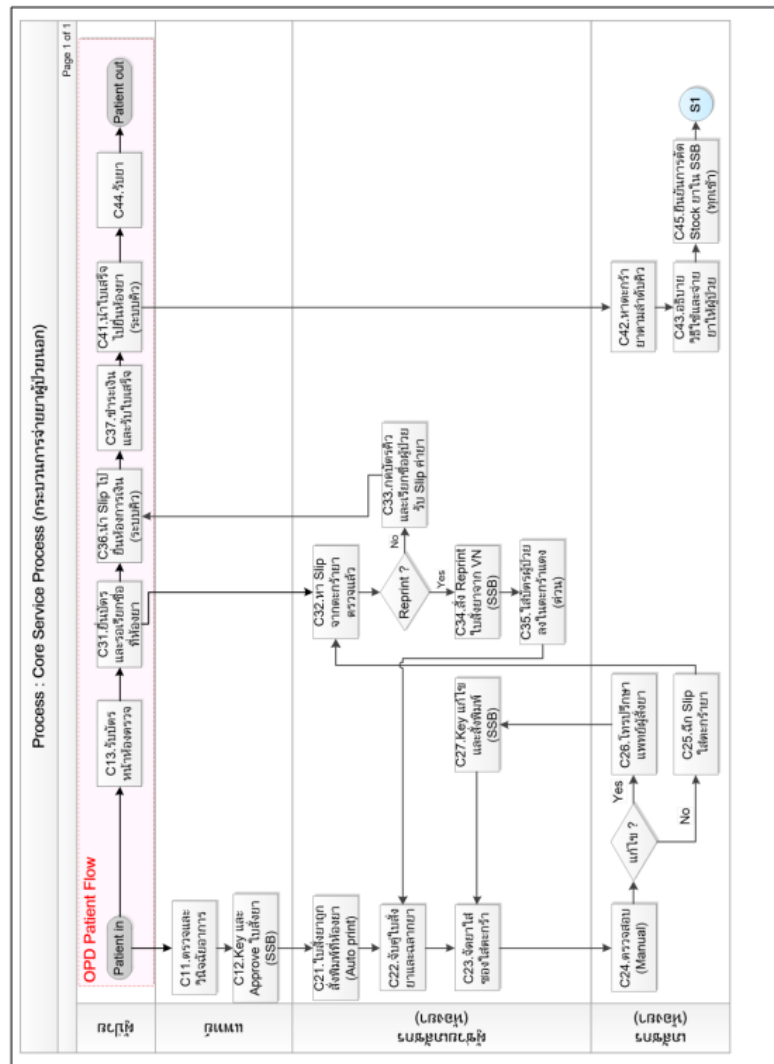
เนื่องจากกระบวนการภายในโรงพยาบาลมีความซับซ้อนและมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย ดังนั้นเราสามารถเลือกใช้ Process mapping แบบ Cross-functional flowchart ซึ่งนิยมใช้เพื่อแสดงการไหลของงานตามหน้าที่ สำหรับขั้นตอนการสร้างและสัญลักษณ์ที่ใช้ รวมทั้งตัวอย่างของ Process mapping แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการสร้าง Process mapping

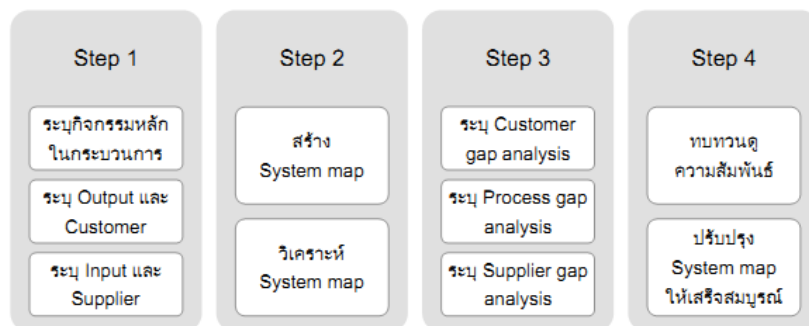


ภาพที่ 7 ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้ใน Cross-functional flowchart



ภาพที่ 8 ตัวอย่าง Process mapping – กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก

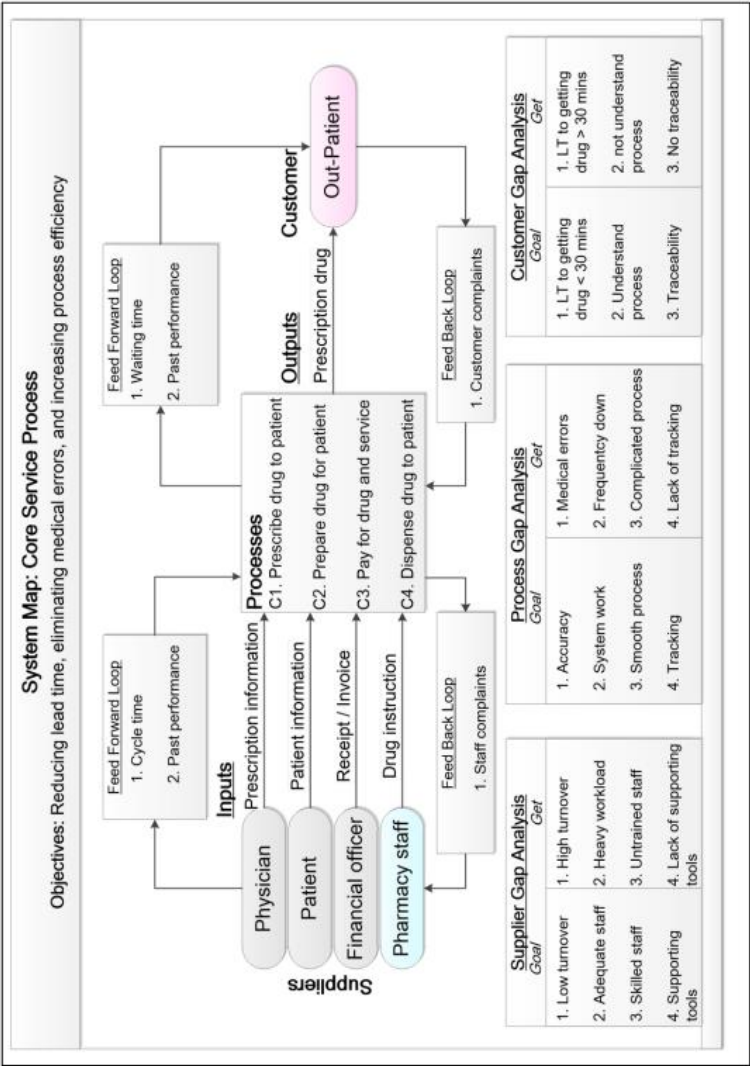
2.3 System map เป็นแผนภาพที่ช่วยให้เห็นภาพรวมและความเชื่อมโยงกันของส่วนประกอบต่างๆในกระบวนการ นอกจากนี้ยังเพิ่มการวิเคราะห์ Gap analysis ทั้งในมุมมองของ Supplier, Process และ Customer เพื่อชี้ให้เห็นช่องว่างที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างสถานะปัจจุบันของกระบวนการกับเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ ขั้นตอนการสร้าง นิยามศัพท์เฉพาะ และตัวอย่างของ System map แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการสร้าง System map

ตารางที่ 2 คำศัพท์ที่ใช้ใน System map

Output gap analysis
• การวิเคราะห์หาช่องว่างระหว่างระบบปัจจุบันกับความต้องการของลูกค้า
Input gap analysis
• การวิเคราะห์หาช่องว่างระหว่างระบบปัจจุบันกับความต้องการของ Supplier
Customer gap analysis
• การวิเคราะห์หาช่องว่างระหว่างระบบปัจจุบันกับเป้าหมายของกระบวนการ
Feed back loop
• สิ่งที่สามารถสะท้อนให้เห็นผลตอบรับของ Customer / Supplier ในกระบวนการ
Feed forward loop
• สิ่งที่ Customer / Supplier ใช้สำหรับประเมินสถานะและกำหนดเป้าหมาย



ภาพที่ 10 ตัวอย่าง System map - กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก

Step 3: Identify value and waste of the process

การนิยามสิ่งที่ก่อให้เกิดคุณค่า (Value) และความสูญเปล่า (Waste) เราจะพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าในกระบวนการ สำหรับโรงพยาบาลลูกค้าในกระบวนการมีทั้ง ลูกค้าภายนอก (ผู้ป่วยที่เข้ารับบริการ) และลูกค้าภายใน (เจ้าหน้าที่/หน่วยงานในโรงพยาบาล)

เครื่องมือที่ใช้

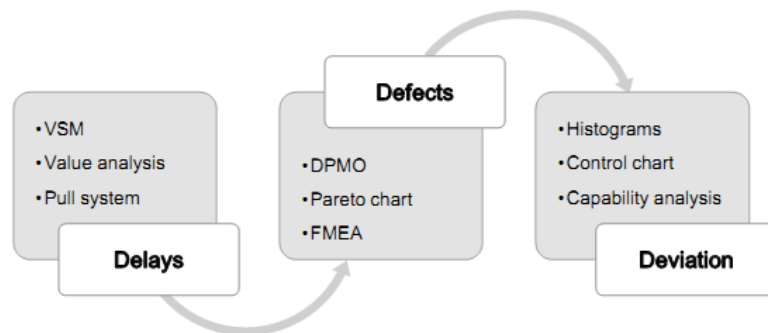
3.1 DOWNTIME เป็นตัวย่อของความสูญเปล่า 8 ประเภท ที่เกิดขึ้นในกระบวนการของโรงพยาบาล ได้แก่ Defects, Over-production, Waiting, Not using staff talent / Not clear, Transportation, Inventory, Motion และ Excessive processing สำหรับรายละเอียดของความสูญเปล่าแต่ละประเภท พร้อมทั้งตัวอย่างของความสูญเปล่าในกระบวนการจัดการยา แสดงตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ประเภทของความสูญเปล่า DOWNTIME – กระบวนการจัดการยา

ความสูญเปล่า	คำอธิบาย	ตัวอย่าง
Defects	ข้อบกพร่องที่ต้องทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขให้ถูกต้อง	Medical errors, Human errors เช่น กรอกข้อมูลไม่ถูกต้อง สื่อสารไม่ชัดเจน ระบุตัวผู้ป่วยผิดคน
Over-production	การผลิตหรือให้บริการมากเกินไปจนจำเป็น	การสั่งซื้อหรือเบิกยาเพื่อสำรองใช้เกินจำเป็น การเตรียมยาหรือส่งจ่ายยาซ้ำซ้อนกัน
Waiting	การรอคอย	ผู้ป่วยรอพบแพทย์ รอคิวรับยา รอคิวจ่ายเงิน ความล่าช้าในการสั่งซื้อยา รอรับยาเข้าคลัง
Not using staff talent หรือ	ทักษะความรู้และความสามารถไม่ถูกนำไปใช้อย่างเต็มที่	การตรวจรักษาโรคทั่วไป โดยแพทย์เฉพาะทาง การไม่รับฟังปัญหาของผู้อยู่หน้าที่รู้ปัญหาดี
Not clear	การทำงานโดยขาดทักษะและความเชี่ยวชาญ	แพทย์สั่งจ่ายยาผ่านระบบโดยขาดการฝึกอบรม ผู้ดูแลสต็อกยาขาดทักษะด้านบริหารสินค้าคงคลัง
Transportation	การเดินทางและการเคลื่อนย้ายโดยไม่จำเป็น	การให้ผู้ป่วยเดินทางหรือเคลื่อนย้ายไปหลายจุด การเคลื่อนย้ายเอกสารการเบิกจ่ายหรือสั่งซื้อยา
Inventory	วัสดุคงคลังที่มีมากเกินไปจนจำเป็น	การสำรองยาและเวชภัณฑ์เกินความต้องการ การจัดเก็บเอกสารไว้เกินความจำเป็น
Motion	การเคลื่อนที่หรือการเคลื่อนไหวของบุคลากร โดยไม่จำเป็น	การเคลื่อนไหวเพื่อหาใบสั่งยาหรือยาที่ต้องจ่าย การเคลื่อนที่ไปหลายจุดเพื่อหยิบยาตามชั้นวางยา
Excessive-processing	ขั้นตอนที่มากเกินไปจนจำเป็น	การทำงานซ้ำซ้อน เช่น อนุมัติสั่งซื้อยาหลายขั้นตอน เบิกยาผ่านระบบแต่ต้องส่งใบเบิกยา การคัดลอกข้อมูลขอเบิกยาเพื่อออกใบจ่ายยา

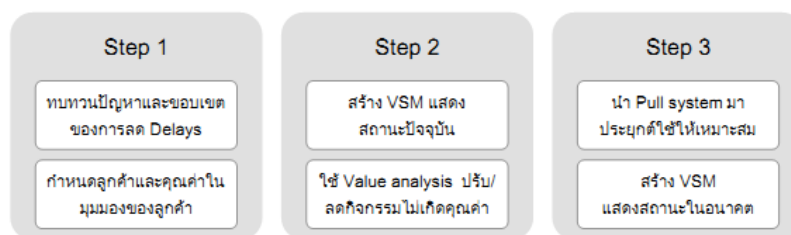
Step 4: Choose the appropriate methods to solve the problem, or improve the Process

การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาหรือปรับปรุงกระบวนการเป็นสิ่งสำคัญ ในขั้นตอนนี้เป็นการนำเสนอเครื่องมือสำหรับการใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง Delays, Defects, และ Deviation รายละเอียดแบ่งได้เป็น 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 11 เครื่องมือสำหรับแก้ปัญหาเกี่ยวกับ Delays, Defects และ Deviation

4.1 Delays: การกำจัดสิ่งทำให้เกิดความล่าช้าออกไปจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเกิดความโหล่นมากยิ่งขึ้น หลักการของ Lean สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ตัวอย่างปัญหาความล่าช้าในโรงพยาบาล เช่น ผู้ป่วยรอพบแพทย์หรือรอรับยาเป็นเวลานาน ความล่าช้าในการสั่งซื้อยาและเวชภัณฑ์ สำหรับการลด Delays เราสามารถนำหลักการของ Lean มาประยุกต์ใช้ได้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้



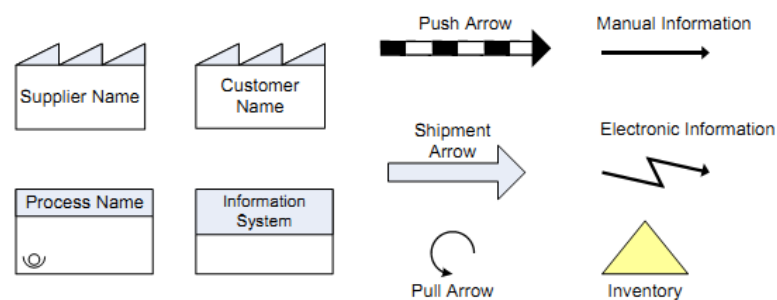
ภาพที่ 12 ขั้นตอนการลด Delays

เครื่องมือที่ใช้

4.1.1 VSM เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้เราเห็นภาพการไหลของสิ่งสำคัญทั้งหมดในกระบวนการ (งาน วัตถุ ข้อมูล) อีกทั้งยังช่วยชี้ให้เห็นจุดที่ทำให้เกิดความล่าช้าอันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความสูญเปล่าขึ้นในกระบวนการ สำหรับขั้นตอนการสร้าง สัญลักษณ์และคำศัพท์ที่ใช้ รวมทั้งตัวอย่างของ VSM แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 13 ขั้นตอนการสร้าง VSM



ภาพที่ 14 ตัวอย่างสัญลักษณ์ที่ใช้ใน VSM

ตารางที่ 4 ตัวชี้วัดที่สำคัญใน VSM

Takt time

- เวลาทั้งหมดที่พร้อมทำงาน หาคด้วยปริมาณความต้องการของลูกค้าในช่วงเวลานั้น
- เช่น เวลาพร้อมทำงาน 8 ชั่วโมง (480 นาที) ต้องจัดยาให้ผู้ป่วย 240 ใบสั่งยา

$$\text{Takt time} = 480/300 = 2 \text{ นาที}$$
 แปลว่า ในทุกๆ 2 นาทีควรจัดยาเสร็จ 1 ใบสั่งยา

Cycle time

- เวลาทั้งหมดที่ใช้ไปในแต่ละกิจกรรม
- เช่น การจ่ายยามี 4 กิจกรรมหลัก เราต้องหาค่า Cycle time ของแต่ละกิจกรรม
- โดย Cycle time ของแต่ละกิจกรรมไม่ควรมากหรือน้อยกว่า Takt time มากเกินไป

Lead time

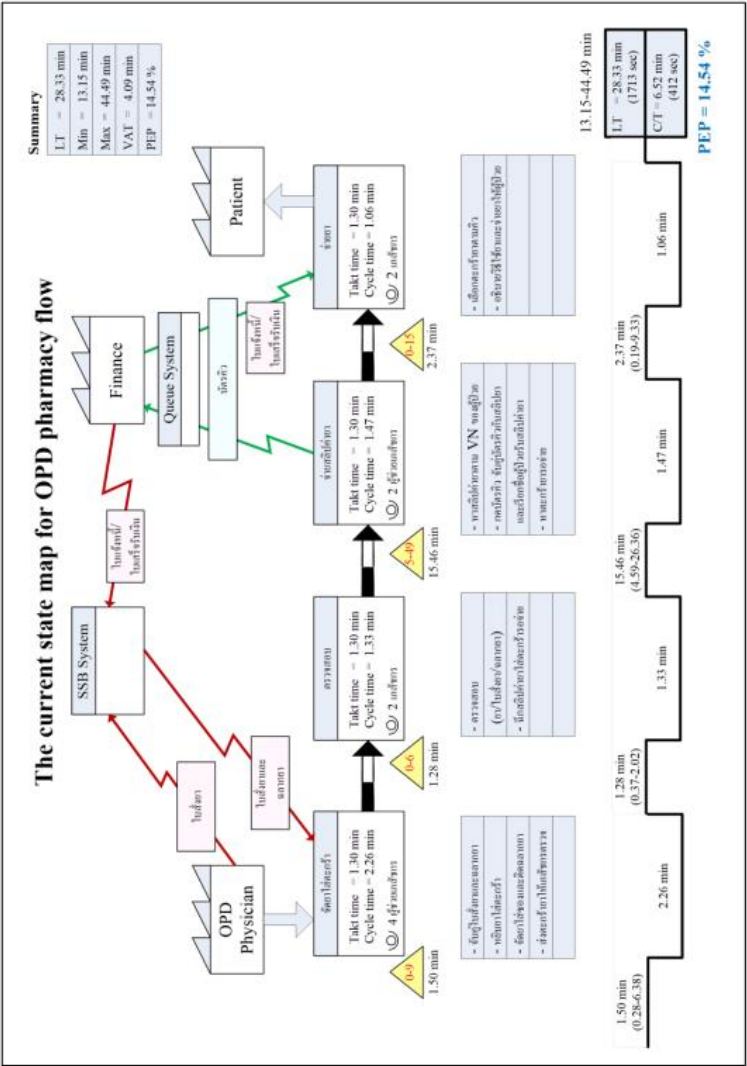
- เวลาทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ.
- เช่น Lead time ของการจัดยา คือ ระยะเวลาทั้งหมดตั้งแต่ห้องยาได้รับใบสั่งยา จนกระทั่งจัดยาเสร็จและจ่ายให้กับผู้ป่วยอย่างเรียบร้อย

Value-added time (VAT)

- เวลาที่ก่อให้เกิดคุณค่าต่อลูกค้าของกระบวนการ
- เช่น ในกระบวนการจ่ายยาซึ่งมีผู้ป่วยเป็นลูกค้าของกระบวนการ ดังนั้น VAT ของกระบวนการจ่ายยา คือ เวลาที่เกิดคุณค่าในมุมมองของผู้ป่วย

Process efficiency percentage (PEP)

- VAT หาคด้วย $\text{Lead time} \times 100$
- PEP เป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยมีค่าระหว่าง 1 - 100 %
- โดย ถ้า PEP สูงแสดงว่ามีประสิทธิภาพมาก แต่ค่า PEP ต่ำแสดงว่ามีประสิทธิภาพน้อย



ภาพที่ 15 ตัวอย่างของ VSM – กระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก

4.1.2 Value analysis เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และแบ่งประเภทของกิจกรรมตลอดทั้งกระบวนการ สำหรับการแบ่งประเภทของกิจกรรมเราจะวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากมุมมองของลูกค้าซึ่งประกอบด้วย 3 มุมมองดังนี้

Value-Added (VA)	<ul style="list-style-type: none"> กิจกรรมในกระบวนการที่สำคัญต่อการจัดส่งสินค้า/บริการให้แก่ลูกค้ากระบวนการ/ผู้ป่วย ควรปรับปรุงให้เหมาะสมและทำให้เป็นมาตรฐาน
Business Non-Value-Added (BNVA)	<ul style="list-style-type: none"> กิจกรรมที่จำเป็นต้องทำเพื่อให้กิจการที่เพิ่มคุณค่า แต่ไม่ได้เพิ่มคุณค่าจริงๆในมุมมองของลูกค้า/ผู้ป่วย หากเป็นไปได้ควรลด/กำจัดออกไป
Non-Value-Added (NVA)	<ul style="list-style-type: none"> กิจกรรมที่ไม่เพิ่มคุณค่าในมุมมองของลูกค้า/ผู้ป่วย และไม่จำเป็นต้องทำเพราะไม่เกิดงานที่เพิ่มคุณค่า ควรถูกกำจัดออกไป

ภาพที่ 16 ประเภทของกิจกรรมจากมุมมองของลูกค้า/ผู้ป่วย

ตารางที่ 5 ตัวอย่างของ Value analysis - กระบวนการภายในห้องยา

OPD Pharmacy Flow					As Is		To Be
Process	Activity	VA	NNVA	NVA	Time	Time 1 (sec)	Time 2 (sec)
จัดยาใส่ตะกร้า	1 จับคูใบสั่งและฉลากยา		•		30 sec	30	30
	2 หยิบยาใส่ตะกร้า	•			48 sec	48	48
	3 จัดยาใส่ซองและติดฉลากยา	•			59 sec	59	59
	4 ส่งตะกร้ายาให้เภสัชกรตรวจสอบ		•		9 sec	9	9
	5 รอเภสัชกรตรวจสอบ		•		1.28 min	88	88
ตรวจสอบ	* เภสัชกรยืนยันใบสั่งยา (ใหม่)	•			50 sec		50
	6 เภสัชกรตรวจสอบยา	•			1.28 min	88	88
	7 เภสัชกรใส่ซองจ่าย			•	5 sec	5	
จ่ายสลิปจ่าย	8 รอจ่ายสลิปจ่ายให้ผู้ป่วย			•	15.46 min	946	
	9 หาสลิปจ่ายตาม VN			•	43 sec	43	
	10 ส่งพิมพ์ใบสั่งยาที่ไม่ Autoprint			•	1.50 min	110	
	11 กดบัตรคิวและจับคู่สลิปจ่าย			•	42 sec	42	
	12 เรียกชื่อผู้ป่วยรับสลิปจ่าย			•	8 sec	8	
	13 หาดะกร้าจ่าย		•		14 sec	14	14
	14 รอผู้ป่วยติดต่อการเงิน		•		2.37 min	157	
	* รอผู้ป่วยติดต่อการเงิน (ใหม่)		•		2.07 min		127
จ่ายยา	15 เภสัชกรหยิบยดะกร้าตามคิว		•		12 sec	12	12
	16 อธิบายวิธีใช้ยาและจ่ายยาให้ผู้ป่วย	•			54 sec	54	54
Total (sec)		249	310	1154	LT =	1713	579
					VAT =	249	299
					PEP =	14.54	51.64
					Diff	37.10	Increase

4.1.3 Pull system เป็นหลักการสำคัญของ Lean ที่เน้นให้งานที่

เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตหรือให้บริการ มีปริมาณที่เหมาะสมและผลิตตามความต้องการของลูกค้า หลักการนี้ช่วยลดปริมาณงานที่ค้างอยู่ระหว่างกระบวนการ ซึ่งถือเป็นความสูญเสียประเภทหนึ่ง เราสามารถนำ Pull system มาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลได้ 2 แนวทาง ได้แก่

- ในการให้บริการผู้ป่วย เช่น ห้องยาจัดยาไว้เตรียมจ่ายให้ผู้ป่วยตามคิวรอรับยา เพื่อลดปริมาณงานระหว่างกระบวนการจ่ายยาและลดระยะเวลารอคอยรับยาของผู้ป่วย
- ในการควบคุมการเบิกจ่ายยาหรือเวชภัณฑ์ตามจุดต่างๆ ของโรงพยาบาล เช่น การใช้การ์ดคัมบังในการเบิกยามาเติมบนชั้นที่ห้องยา เพื่อช่วยควบคุมการเบิกจ่ายยาและลดปริมาณยาคงคลัง

4.2 Defects: การลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดออกจากกระบวนการ

ปัจจุบัน สามารถนำหลักการของ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ได้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ตารางที่ 6 ขั้นตอนการลด Defects

Step 1

- จัดบันทึกข้อมูลความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการ
- สรุปข้อมูลและแบ่งประเภทของความผิดพลาด

Step 2

- คำนวณอัตราส่วนความผิดพลาดทั้งหมดเทียบกับ 1 ล้าน (DPMO)
- หาระดับ Sigma ของกระบวนการ (ระดับ 1-6)

Step 3

- จัดเรียงประเภท/สาเหตุของความผิดพลาดตามลำดับ
- สร้างแผนภูมิ Pareto chart
- เลือกประเภทของความผิดพลาดที่ควรปรับปรุง

Step 4

- สร้าง FMEA กระบวนการปัจจุบัน
- เก็บรวบรวมคะแนน หาค่า RPN และระดับความเสี่ยง
- วิเคราะห์และกำหนดแนวทางเพื่อปรับปรุงกระบวนการ

เครื่องมือที่ใช้

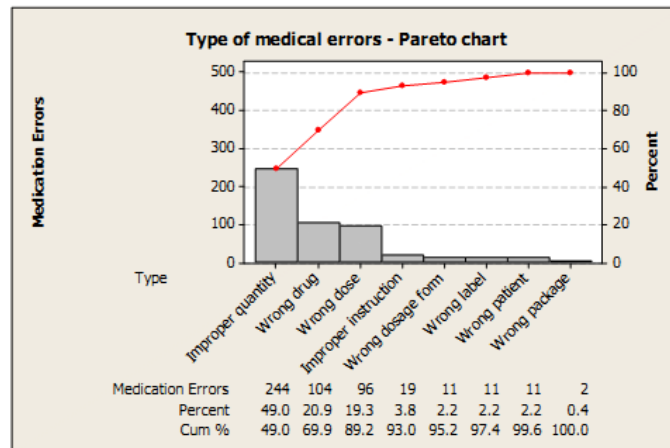
4.2.1 DPMO เป็นการวัดจำนวนความผิดพลาดต่อปฏิบัติการ 1 ล้านครั้ง ตามหลักการของ Six Sigma ที่ยอมรับความผิดพลาดได้เพียง 3.4 ชิ้นต่อปฏิบัติการ 1 ล้านครั้ง หรือ 3.4 DPMO ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนความผิดพลาดกับระดับ Sigma แบ่งออกเป็น 6 ระดับ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน Defects กับ Sigma level

Sigma level	DPMO
1	697,672
2	308,770
3	66,810
4	6,210
5	233
6	3.4

4.2.2 Pareto chart เป็นแผนภูมิแท่งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนกับปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาด โดยแสดงตามลำดับจากมากไปน้อย เพื่อช่วยในการวิเคราะห์และเลือกปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดมากที่สุด ตามหลักการของ Pareto เราจะลดความผิดพลาด โดยเริ่มแก้ปัญหามาจากปัจจัยที่ทำให้เกิดความผิดพลาดเพียงไม่กี่ปัจจัยที่รวมกันเป็นสัดส่วนประมาณ 80% ของปัจจัยทั้งหมด

ตัวอย่าง Pareto chart (ภาพที่ 17) แสดงสัดส่วนของปัจจัยที่ทำให้เกิด Medical errors ในกระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก จากภาพจะเห็นว่า ปัญหา Medical errors เกิดจากปัจจัยหลักเพียง 3 ปัจจัย ได้แก่ จัดยาผิดจำนวน ผิดชนิด และผิดขนาด ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหามากกว่า 80% เมื่อเทียบกับปัจจัยทั้งหมด ดังนั้น ในการปรับปรุงกระบวนการดังกล่าว เราควรเน้นแก้ปัญหาซึ่งเกิดจาก 3 ปัจจัยหลักนี้เสียก่อน



ภาพที่ 17 ตัวอย่างของ Pareto chart

4.2.3 FMEA เป็นเครื่องมือสำคัญช่วยในการวิเคราะห์และประมาณค่าความเสี่ยงของอาการขัดข้อง (Failure mode) ที่อาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ รวมทั้งจัดลำดับความสำคัญของกิจกรรมที่ควรปรับปรุง เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต สำหรับขั้นตอนการสร้าง FMEA สามารถศึกษาจากตารางที่ 8

เนื่องจากกระบวนการภายในโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีหลายขั้นตอนและมีความซับซ้อน หากเกิดขึ้นผิดพลาดขึ้นอาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วย เราสามารถนำ FMEA มาช่วยในการวิเคราะห์ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการ เพื่อพิจารณาระดับความเสี่ยงและหาแนวทางในการป้องกันล่วงหน้า

จากตัวอย่าง FMEA ของกระบวนการจ่ายยา (ตารางที่ 9) หลังจากที่ได้วิเคราะห์และเก็บข้อมูลเพื่อหาค่า RPN แล้ว เรายังนำค่า OxD และ S ไปหาจุดตัดของกราฟใน Priority matrix เพื่อวิเคราะห์ว่า เราควรเลือกปรับปรุงในส่วนไหนก่อน กรณีนี้เราเลือกปัญหาที่มีค่าความเสี่ยงสูง (ระดับที่ 1) มาวิเคราะห์และหาแนวทางในการปรับปรุงก่อน โดยได้เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการ แสดงไว้ในตารางที่ 10

ตารางที่ 8 ขั้นตอนการทำ FMEA

Step 1

- ทบทวนผลิตภัณฑ์/บริการ แผนภูมิแกงปลา และ Process mapping ของกระบวนการ
- ใส่รหัสและกิจกรรมของกระบวนการ เรียงลำดับตาม Process mapping

Step 2

- จัดเรียงและกำหนดรหัสของอาการขัดข้องที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากแผนภูมิแกงปลา
- วิเคราะห์และใส่อาการขัดข้องที่เกิดขึ้นได้ในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ

Step 3

- วิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของอาการขัดข้องที่อาจเกิดขึ้น ในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ และเพิ่มเข้าไปใน FMEA
- ให้คะแนนโอกาส (O) และความรุนแรง (S) ที่สามารถเกิดอาการขัดข้อง: Rating scale 1-10 โดย 1 แทนค่า O, S น้อยที่สุด และ 10 แทนค่า O, S มากที่สุด

Step 4

- วิเคราะห์ความสามารถในการตรวจจับอาการขัดข้องที่อาจเกิดขึ้น ในแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ และเพิ่มเข้าไปใน FMEA
- ให้คะแนนความสามารถในการตรวจจับ (D): Rating scale 1-10 โดย 1 แทนค่า D มากที่สุด และ 10 แทนค่า D น้อยที่สุด

Step 5

- คำนวณค่า Risk priority number (RPN): $RPN = O \times S \times D$
- พิจารณาค่า $O \times D$ กับ S ใน Priority matrix เพื่อหาระดับความเสี่ยง: Risk level 1-4 โดย 1 แทนระดับสูงสุด และ 4 แทนระดับต่ำสุด

Step 6

- เลือกปรับปรุงกระบวนการที่มีระดับความเสี่ยงสูงที่สุดก่อน (ระดับ 1-2)
- เสนอแนวทางในการปฏิบัติเพื่อลดความเสี่ยง (Recommend action)
- วางแผนเพื่อลดหรือกำจัดความเสี่ยงที่ทำให้เกิดอาการขัดข้องออกจากกระบวนการ

หมายเหตุ:

Rating scale และ Priority matrix สำหรับ FMEA แสดงไว้ในภาคผนวก

ตารางที่ 9 ตัวอย่างของ FMEA

Process : Core Service Process (กระบวนการงานผู้ป่วยนอน)									
Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)		Process : Core Service Process (กระบวนการงานผู้ป่วยนอน)							
Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D O+D	RPN Level
C1. Prescribe drug to patient (สั่งจ่ายยาผู้ป่วย) C1.1 ตรวจและวินิจฉัยการ	FM01 สั่งจ่ายยาไม่เหมาะสม	1	ไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนสั่งจ่าย; ขาดข้อสังเกต; ขาดการสังเกต	8	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; overdose; under-dose; ADR	8	เภสัชกรสั่งยา (จ่ายยา); ถามผู้ป่วยว่ารับประทานได้บ้าง	6 48	384 1
	C1.2 Key และ Approve ในสั่งจ่าย (SSB)	2	Key สั่งจ่ายไม่ในสั่งจ่ายถูกต้อง; ระบุผู้ส่งยา/จ่ายยาไม่ถูกต้อง	8	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; overdose; under-dose; ADR	8	เภสัชกรสั่งยา (ตรวจสอบ); ตรวจสอบแบบ Manual	6 48	384 1
		3	Key สั่งจ่ายไม่ในสั่งจ่ายถูกต้อง; ความถี่; ขาดข้อสังเกต	8	ค่าสังเกตได้รับยาไม่เหมาะสม; overdose; under-dose; ADR	7	เภสัชกรสั่งยา (ตรวจสอบ); ตรวจสอบแบบ Manual	6 48	336 1
C2. Prepare drug for patient (จ่ายยาแก่ผู้ป่วย) C2.1 ในสั่งจ่าย Auto print สั่งจ่าย	FM03 ไม่ใน Key ในสั่งจ่าย	4	ความถี่; ไม่เข้าใจกระบวนการ; ไม่ได้ใช้กระบวนการใช้ระบบ SSB; ขาดข้อสังเกตจากการแพทย์; จำนวนของคิวตรวจไม่เพียงพอ	10	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยแพ้ Key และสังเกต; ในสั่งจ่ายเมื่อผู้ป่วยมีอาการ; ผู้ป่วยอาจต้องนอน	8	เภสัชกรสั่งยา (จ่ายยา); ทราบเมื่อผู้ป่วยมีอาการ	6 60	480 1
	C2.2 สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ Auto print	5	ระบบพิมพ์/เครื่องพิมพ์มีปัญหา	10	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; ต้องสั่ง Reprint ในสั่งจ่าย	7	เภสัชกรสั่งยา (จ่ายยา); ทราบเมื่อผู้ป่วยมีอาการ	7 70	490 1
		6	กระดาษพิมพ์; หมึกหมด; ความถี่; ในสั่งจ่าย/ความถี่ในการพิมพ์	9	ต้องสั่ง Reprint; เกิดข้อผิดพลาด	6	เภสัชกรสั่งยา (จ่ายยา); ทราบเมื่อผู้ป่วยมีอาการ	6 54	324 2
C2.3 สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ ไม่ Auto print	FM06 สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ ไม่ถูกต้อง	7	สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ ความถี่/ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์	9	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; ในสั่งจ่าย	7	เภสัชกรสั่งยา (ตรวจสอบ); ตรวจสอบแบบ Manual	6 54	378 1
C2.3 สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ ไม่ Auto print	FM07 การจ่ายยาไม่ ถูกต้อง/ความถี่/ความถี่	8	ความถี่/ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์	9	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; overdose; under-dose; ADR	8	เภสัชกรสั่งยา (ตรวจสอบ); ตรวจสอบแบบ Manual	6 54	432 1
C2.3 สั่งจ่ายในสั่งจ่ายแบบ ไม่ Auto print	FM08 การจ่ายยาไม่ ถูกต้อง/ความถี่/ความถี่	9	ความถี่/ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์; ความถี่ในการพิมพ์	9	ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม; ผู้ป่วยมีอาการแพ้; overdose; under-dose; ADR	8	เภสัชกรสั่งยา (ตรวจสอบ); ตรวจสอบแบบ Manual	6 54	432 1

Process : Core Service Process (กระบวนการรับผู้ป่วยนอน)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O	P	RPN	Level	Action Plan
C23 จัดยาให้ผู้ป่วยได้ทันที (4a)	FM08 จัดยาผิด	9	แพทย์สั่งยาไม่ชัดเจน; ผู้ป่วย/Relative ไม่เข้าใจ	8	เกิดการทำงานผิดพลาด	4	ผู้รับบริการ (จ่ายยา)	6	48	192	3		
	FM09 ยาหมดอายุ	10	ความเร่งรีบ; เวลาการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา; การตรวจสอบ (เป็นแบบ Manual)	9	ผู้รับบริการ; overdose; under-dose; ADR	6	ผู้รับบริการ (จ่ายยา); ตรวจสอบแบบ Manual	6	54	324	2		
C24 ตรวจสอบ (Manual)	FM10 ตรวจสอบไม่เพียงพอ	11	ความเร่งรีบ; ความระมัดระวังในการส่งยา; ความเร่งรีบ; ส่วนใหญ่ผู้ดูแลระบบตรวจสอบความเหมาะสมของการสั่งยา; การตรวจสอบ (เป็นแบบ Manual)	7	ความผิดพลาดของผู้รับ; ผู้ป่วยได้รับยาไม่เหมาะสม	9	ผู้รับบริการ (จ่ายยา)	7	49	441	1	A	
C25 สัก ฉีดยา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
C26 โทรเรียกพยาบาลผู้รับ	FM11 ขาดการแจ้งเตือน	12	ผู้รับบริการ; เวลาที่พยาบาลแพทย์หาข้อมูลในใบสั่งยา; ความผิดพลาด; แพทย์ไม่แจ้งการแจ้งเตือนที่เหมาะสม	10	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	9	ผู้รับบริการ	6	60	540	1	H	
C27 Key แพทย์สั่งยาในสิ่งที่	FM11 ขาดการแจ้งเตือน	13	ผู้รับบริการ; เวลาที่พยาบาลแพทย์หาข้อมูลในใบสั่งยา; ความผิดพลาด; แพทย์ไม่แจ้งการแจ้งเตือนที่เหมาะสม	10	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	9	ผู้รับบริการ	6	60	540	1	H	
C3. Pay for drug and service (ชำระค่าบริการและค่าบริการ)										3016	of 8000		
C31 ผู้รับบริการและญาติที่	FM12 ไม่ชำระเงินค่าบริการ	14	แพทย์สั่งจ่ายยาไม่ชัดเจน; ผู้ป่วยไม่เข้าใจ	9	ผู้รับบริการ; ค่าบริการไม่ถูกต้อง	7	ผู้รับบริการ (จ่ายยา)	6	54	378	1	I	
C32 หาสัก ฉีดยา จากสายตรวจ	FM13 ยาหมดอายุ	15	ความเร่งรีบ; เวลาการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา	10	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	8	ผู้รับบริการ (จ่ายยา); ตรวจสอบแบบ Manual	7	70	560	1	E	
FM14 ความผิดพลาด	FM14 ความผิดพลาด	16	ความเร่งรีบ; เวลาการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา	7	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	7	ผู้รับบริการ (จ่ายยา)	6	42	294	1	E	
C33 กรณีฉุกเฉินและ	FM15 ยาหมดอายุ	17	ความเร่งรีบ; เวลาการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา	10	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	6	ผู้รับบริการ (จ่ายยา); ตรวจสอบแบบ Manual	8	80	480	1	E	
กรณีฉุกเฉินและ	FM16 ยาหมดอายุ	18	ความเร่งรีบ; เวลาการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา; ความระมัดระวังในการส่งยา	5	การแจ้งเตือนผิดพลาด; ความผิดพลาด; ความผิดพลาด	8	ผู้รับบริการ (จ่ายยา)	5	25	200	2		

Process : Core Service Process (กระบวนการรับผู้ป่วยนอน)

Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Process & Subprocess	Failure Mode	#	Causes	O	Effects	S	Current Control	D	O+D	RPN	Level	Action Plan
C4 ด้ Request ใบสั่งยา จาก VPhongผู้รับ	FMI7 ผิดยาใบสั่งยาใบเดิม	19	พยานใบสั่งยาใบเดิมใบถูกพิมพ์ ผิดหรือเกินกว่าผู้รับยาที่รับหรือ แผลหายหลังจาก VN ผู้รับ	10	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	6	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับ	8	80	480	1	E
C5 ไม่ได้รับยาตามใบสั่งยา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6 ผู้รับยา ผิด จำนวนใบสั่งยา	FMI8 ผู้รับยาใบสั่งยาใบเดิม	20	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	10	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	6	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับ	8	80	480	1	J
C7 ผู้รับยาผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	FMI4 ความผิดพลาดของ	21	การเดิน click จำนวนผิด VN; ความเร่งรีบ; ผิด VN ผู้รับยา	4	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	6	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับ	6	24	144	3	-
C4. Dispense drug to patient										1130 of 4000		
C41 ผู้รับยาใบสั่งยาใบเดิม	FMI8 ผู้รับยาใบสั่งยาใบเดิม	22	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	9	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	6	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับ	7	63	378	1	J
C42 พยานผู้รับยาผิดขนาดยา	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C43 ผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	FMI6 จำนวนยาผิดผู้รับยา	23	พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา	4	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	8	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับยา	4	16	128	2	-
C4 ผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	FMI9 ผิดขนาดยา (lot, exp)	24	พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา	10	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	6	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับยา	10	100	600	1	K
C45 ผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	FMI9 ผิดขนาดยา (amount)	25	พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา; พยานผู้รับยาที่รับยา	6	ผู้รับผิดขนาดยา/ผลข้างเคียง	1	ผู้รับผิดขนาดยา (จำนวน); พยานผู้รับยาที่รับยา	4	24	24	4	-
										9391 of 25000		

ตารางที่ 10 ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการจ่ายยาผู้ป่วยนอก

#	Recommended Action
A	เภสัชกรตรวจสอบและยืนยันใบสั่งยาในระบบ SSB
B	นำระบบ CDSS เข้ามาช่วยในการสั่งจ่ายยา
C	จัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอกับความต้องการ
D	จัดอบรมบุคลากรให้มีความเข้าใจกระบวนการและระบบ SSB
E	ระบบแจ้งเตือนและตรวจสอบสถานะใบสั่งยา
F	ใช้เทคโนโลยี Barcode ช่วยลดความผิดพลาดของคน
G	แยกยาที่คล้ายกันออกจากกันและสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน
H	แพทย์ทำการยืนยันผ่านระบบหากมีการแก้ไขใบสั่งยาหรือฉลากยา
I	แนบเอกสารมาเป็น Electronic file ในระบบ SSB คู่กับใบสั่งยา
J	ปรับ Patient flow ให้สั้นไหลและเข้าใจง่าย
K	ปรับข้อมูล Lot, Exp ยาในระบบ SSB ให้ตรงกับ Stock คงเหลือจริง

4.3 Deviation: ความแปรปรวนนอกจากจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการแล้ว ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการต่างๆของโรงพยาบาล ยังส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยและความพึงพอใจของผู้ป่วยที่เข้ารับบริการทางสุขภาพอีกด้วย เราสามารถนำหลักการของ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อลดหรือกำจัดความแปรปรวนในกระบวนการของโรงพยาบาลได้เช่นกัน สำหรับแนวทางการลด Deviation มีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพที่ 18 แนวทางการลด Deviation

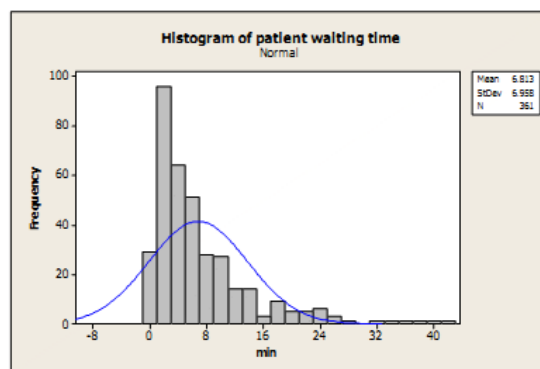
ตัวอย่างปัญหาเกี่ยวกับความแปรปรวนในโรงพยาบาล เช่น ระยะเวลารอรับยา ที่ต่างกันทำให้ผู้ป่วยไม่พึงพอใจ เนื่องจากปัญหานี้ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพในการ ให้บริการของห้องยา เราจึงเลือกเก็บข้อมูล ระยะเวลารอรับสลิปค่ายาของผู้ป่วย จาก ผู้ป่วย 361 คน (ควรเก็บข้อมูลในวันและช่วงเวลาที่มียุผู้ป่วยจำนวนมาก) แล้วนำมา วิเคราะห์ตามแนวทางที่ได้เสนอไว้ โดยใช้ Histogram, Control chart หรือ Capability analysis ตามลำดับ

เครื่องมือที่ใช้

4.3.1 Histogram เป็นกราฟแท่งแสดงจำนวนความถี่ของข้อมูล แต่ละช่วง ช่วยให้เราเห็นลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็น เครื่องมือเบื้องต้น ในการวิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลอีกด้วย ตัวอย่างการกระจายของ ข้อมูลแสดงดังนี้



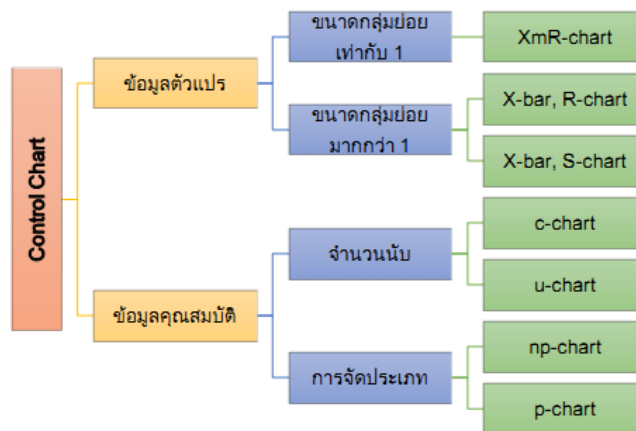
ภาพที่ 19 ตัวอย่างการกระจายของข้อมูล



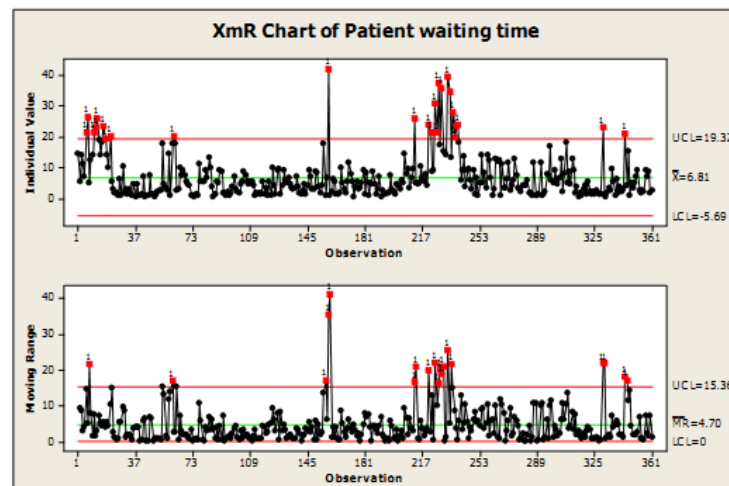
ภาพที่ 20 ตัวอย่าง Histogram – Patient waiting time

ตัวอย่างของ Histogram (ภาพที่ 20) แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลา รอคอยของผู้ป่วยไม่เป็นการแจกแจงปกติ และมีความเบ้ไปทางขวา แสดงว่ามีผู้ป่วยบาง คนต้องรอรับสลิปค่ายานานกว่าปกติมาก ซึ่งสาเหตุและแนวทางแก้ปัญหาเราจะนำไป วิเคราะห์ร่วมกับเครื่องมือในส่วนของการลด Delays และ Defects ด้วย แล้วจึงสร้าง ออกมาเป็นกระบวนการในอนาคตต่อไป

4.3.2 Control chart เป็นแผนภูมิแสดงข้อมูลจากการวัดค่า ตามลำดับเวลา สามารถใช้เพื่อช่วยวัดคุณภาพผลิตภัณฑ์/บริการในกระบวนการ นอกจากนี้ยังสามารถใช้เพื่อตรวจจับและติดตามผลของกระบวนการตามระยะเวลาได้อีก ด้วย ส่วนประกอบสำคัญของ Control chart ได้แก่ ค่าเฉลี่ย-เส้นกลาง ขีดจำกัดควบคุม ห่างจากค่าเฉลี่ย ± 3 ของช่วงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เส้นบนเรียกว่า Upper control limit (UCL) ส่วนเส้นล่างเรียกว่า Lower control limit (LCL) เนื่องจาก Control chart มีอยู่ หลายประเภท เราจึงควรพิจารณาและเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูล ประเภท และตัวอย่างของ Control chart แสดงตามภาพที่ 21 และ 22 ตามลำดับ



ภาพที่ 21 ประเภทของ Control chart



ภาพที่ 22 ตัวอย่างของ Control chart ประเภท XmR-chart

ตัวอย่างของ XmR-chart (ภาพที่ 22) แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลา รอคอยของผู้ป่วยมีความแปรปรวนสูงและอยู่เหนือขอบเขตการควบคุม ดังนั้น เรา จำเป็นต้องวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางในการควบคุมความแปรปรวน แล้วนำไปวิเคราะห์ ร่วมกับเครื่องมือในส่วนของ การลด Delays และ Defects ด้วย เพื่อสร้างกระบวนการใน อนาคตต่อไป

4.3.3 Capability analysis เนื่องจากความแปรปรวนที่เกิดขึ้นใน กระบวนการอาจส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้าได้ ดังนั้น เครื่องมือนี้จึงถูกนำไปใช้เพื่อ วิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการในการตอบสนองข้อเรียกร้องของลูกค้า โดย พิจารณาจากสัดส่วนของข้อมูลปัจจุบันที่ตกอยู่ภายในขีดจำกัดที่ลูกค้ากำหนด เปรียบเทียบกับ ข้อมูลปัจจุบันที่ตกอยู่ภายในขีดจำกัดของกระบวนการ

สำหรับรายละเอียดต่างๆ ทั้งนิยามศัพท์ที่ใช้ ประเภทของ Capability analysis การแปลความหมาย รวมทั้งขั้นตอนการทำ และตัวอย่างของ Capability analysis แสดงตามลำดับดังต่อไปนี้

ขีดจำกัดของลูกค้า	ขีดจำกัดของกระบวนการ
• ผลต่างระหว่างค่า Lower spec limit (LSL) กับ Upper spec limit (USL)	• ผลต่างระหว่างค่า Lower process limit (LPL) กับ Upper process limit (UPL)

ภาพที่ 23 คำศัพท์ที่ใช้ในการทำ Capability analysis

ตารางที่ 11 ประเภทของ Capability analysis

Topic	Short-Term	Long-Term
กลุ่มตัวอย่าง	ขนาดเล็ก	ขนาดใหญ่
จำนวน Lot	Lot เดียว	หลาย Lot
ช่วงเวลา	ชั่วโมง - วัน	สัปดาห์ - เดือน
ความสามารถของกระบวนการ	C_p	P_p
ประสิทธิภาพของกระบวนการ	C_{pk}	P_{pk}
โอกาสที่นำไปใช้	กระบวนการนำร่อง	กระบวนการที่มีอยู่แล้ว

ตารางที่ 12 การตีความค่าจาก Capability analysis

ค่า C_p หรือ P_p	ค่า C_{pk} หรือ P_{pk}
<ul style="list-style-type: none"> • มากกว่า 1: ความสามารถค่อนข้างสูง • เท่ากับ 1: ความสามารถเท่ากับขีดจำกัดของกระบวนการ • น้อยกว่า 1: ความสามารถค่อนข้างต่ำ 	<ul style="list-style-type: none"> • มากกว่า 1.5: ตอบสนองข้อเรียกร้องของลูกค้าได้ค่อนข้างสูง • ระหว่าง 1 - 1.5: ตอบสนองข้อเรียกร้องของลูกค้าได้ • น้อยกว่า 1: ไม่สามารถตอบสนองข้อเรียกร้องของลูกค้าได้

ตารางที่ 13 ขั้นตอนการทำ Capability analysis

Step 1

- เลือกข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ
- สร้าง Histogram เพื่อดูลักษณะการแจกแจงของข้อมูล

Step 2

- ทดสอบการแจกแจงของข้อมูลว่ามีการกระจายตัวแบบปกติหรือไม่: สามารถใช้ Anderson-Darling method ทำการทดสอบด้วยโปรแกรม Minitab
- เมื่อเรากำหนดให้ H_0 แทนสมมติฐาน ว่า "การแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ" ถ้าได้ค่า $P\text{-Value} > \alpha$ แสดงว่า การแจกแจงของข้อมูลเป็นแบบปกติ แต่...ถ้าได้ค่า $P\text{-Value} \leq \alpha$ แสดงว่า การแจกแจงของข้อมูลไม่เป็นแบบปกติ

Step 3

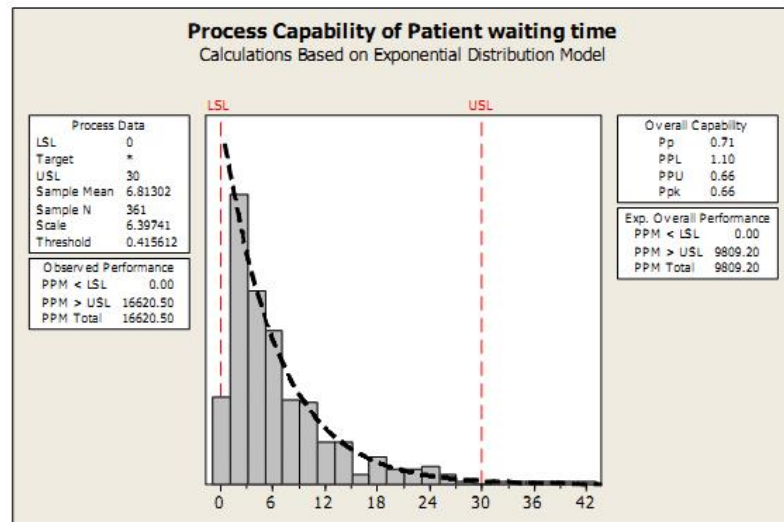
- วิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงของข้อมูล กรณีที่ไม่เป็นแบบปกติ: สามารถใช้ Probability plot และ Goodness of Fit Test วิเคราะห์รูปแบบการแจกแจง
- เลือกการแจกแจงของข้อมูลที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากค่า $P\text{-Value}$

Step 4

- วิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ: สามารถใช้ฟังก์ชัน Capability analysis ในโปรแกรม Minitab ทำการวิเคราะห์ โดยกำหนดรูปแบบการแจกแจงของข้อมูลด้วย
- ระบุขีดจำกัดของลูกค่า (ค่า LSL และ USL) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการโดยเปรียบเทียบกับข้อเรียกร้องที่ลูกค่ากำหนดไว้

Step 5

- วิเคราะห์ขีดความสามารถของกระบวนการ โดยพิจารณาจากกราฟ และค่า C_p (Short-term) หรือ P_p (Long-term)
- วิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการ โดยพิจารณาจากกราฟ และค่า C_{pk} (Short-term) หรือ P_{pk} (Long-term)

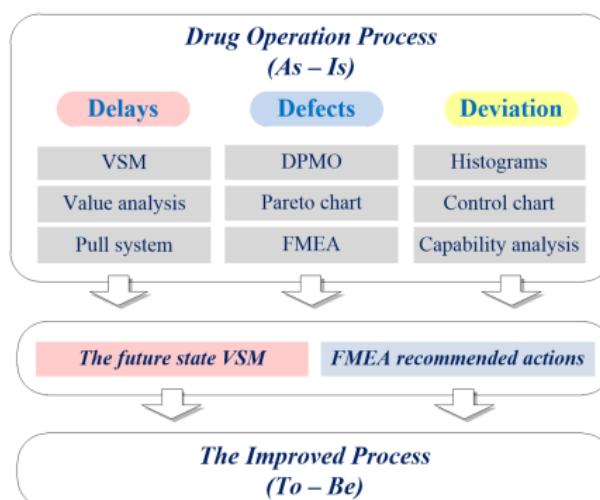


ภาพที่ 24 ตัวอย่างของ Capability analysis จากโปรแกรม Minitab

ตัวอย่างของ Capability analysis (ภาพที่ 20) แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลารอคอยของผู้ป่วยซึ่งไม่เป็นการแจกแจงปกติ (เช่นเดียวกับผลจาก Histogram และ Control chart) และจากผลการทดสอบการกระจายพบว่า มีการแจกแจงแบบ Exponential ด้วยค่า P-value = $0.076 \leq 0.05$ ในการเปรียบเทียบขีดความสามารถของ กระบวนการ พบว่า มีค่า $P_p=0.71$ และ $P_{pk}=0.66$ ดังนั้น ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว กระบวนการจ่ายยาในระบบปัจจุบัน ยังไม่มีความสามารถและประสิทธิภาพในการตอบสนองข้อเรียกร้องของผู้ป่วยที่มาารับยา ซึ่งไม่ต้องการคอยนานเกิน 30 นาที ดังนั้น เราจำเป็นต้องวิเคราะห์สาเหตุและแนวทางในการควบคุมความแปรปรวน แล้วนำไปวิเคราะห์ร่วมกับเครื่องมือในส่วนของการลด Delays และ Defects ด้วย เพื่อสร้าง กระบวนการในอนาคตต่อไป

Step 5: Create the improved process using Lean and Six Sigma application

หลังจากที่ได้ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการ Lean และ Six Sigma เพื่อลดและกำจัดสิ่งทำให้เกิด Delays, Defects หรือ Deviation ออกจากกระบวนการปัจจุบันแล้ว ในขั้นตอนนี้หากเราพิจารณาและทบทวน สิ่งที่ได้จากการวิเคราะห์และนำแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆที่ได้วางแผนไว้ในขั้นต้นก่อนนำมาประยุกต์เข้าด้วยกัน ในขั้นตอนนี้เราสามารถปรับปรุงและออกแบบกระบวนการในอนาคตได้ ตัวอย่างของขั้นตอนการออกแบบกระบวนการในอนาคตแสดงตามภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 25 ตัวอย่างของขั้นตอนการออกแบบกระบวนการในอนาคต

Step 6: Develop a quality control plan

แผนควบคุมคุณภาพมีบทบาทสำคัญช่วยให้การปรับปรุงกระบวนการสำเร็จ และสามารถส่งมอบให้เจ้าของกระบวนการเป็นผู้รักษาให้กระบวนการที่ปรับปรุงใหม่คงอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้นตอนการสร้างแผนควบคุมคุณภาพและตัวอย่างแผนควบคุมคุณภาพของกระบวนการแสดงดังนี้

ตารางที่ 14 ขั้นตอนการสร้างแผนควบคุมคุณภาพของกระบวนการ

Step 1

- ทบทวน Process mapping ของกระบวนการ (To-Be)
- ใส่รหัสและชื่อกิจกรรมย่อยของกระบวนการ โดยเรียงตามลำดับก่อนหลัง

Step 2

- กำหนดตัวชี้วัดที่จะใช้ในการควบคุมแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ
- กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างและความถี่ในการเรียกดูข้อมูล

Step 3

- เลือกกลไกหรือเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับควบคุมแต่ละกิจกรรมของกระบวนการ
- วิธีการควบคุม เช่น SPC, Inspection, Mistake-proofing, Standard work, Visual control

Step 4

- กำหนดแผนเพื่อเป็น Reaction plan ไว้รองรับเวลาเกิดปัญหาขึ้นในกระบวนการ
- ระบุผู้มีหน้าที่รับผิดชอบลงในแผนควบคุม

ตารางที่ 15 ตัวอย่างแผนควบคุมคุณภาพของกระบวนการ

Process step	Control method	Measure	Criticality	Reaction plan	Responsibility
C1 Prescribe drug to patient	Mistake-proofing; Inspection	Prescribing error; Time to approve order	High	Contact the OPD physician for corrective prescription	Pharmacy
C2 Prepare drug for patient	Standard work; Pharmacy display; Dashboard	Predispensing error; Time to prepare drug	High	Reverse the prescription for right drug before dispensing	Pharmacy
C3 Pay for drug and service	Mistake-proofing; Dashboard	Time to pay for drug and service	Medium	Root cause analysis	Financial officer
C4 Dispense drug to patient	Mistake-proofing; Dashboard	Dispensing error; Time to dispense drug	High	Follow-up with the patient; Root cause analysis	Pharmacy
S1 Request drug from warehouse	Mistake-proofing	Request accuracy; Time to request drug	Low	Root cause analysis	Pharmacy
S2 Replenish drug to pharmacy	Standard work; Replenishment display; Dashboard	Stock out of shelf; Forecast accuracy; Time to replenish drug	High	Analyze and improve replenishment system	Warehouse
S3 Purchase drug from suppliers	Standard work; Warehouse display; Inspection	Order accuracy; Time to purchase drug	Medium	Analyze and improve procurement system	Purchasing
S4 Receive and manage inventory	Standard work; Mistake-proofing; Inspection	On-time delivery; Inventory accuracy	Medium	Inspect receiving drug for corrective inventory	Committee

เครื่องมือที่ใช้

6.1 Statistical process control (SPC) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาเสถียรภาพของกระบวนการ เนื่องจากความแปรปรวนเกิดขึ้นได้ในทุกกิจกรรมของกระบวนการ การนำเครื่องมือทางสถิติเข้ามาช่วยตรวจจับและติดตามผลจะช่วยให้เกิดคุณภาพในการควบคุมกระบวนการมากยิ่งขึ้น เครื่องมือทางสถิติ 2 ตัวที่มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์และควบคุมคุณภาพของกระบวนการ คือ Control chart และ Capability analysis เราสามารถนำผลที่ได้จากเครื่องมือดังกล่าวมาวิเคราะห์เสถียรภาพและขีดความสามารถของกระบวนการได้โดยใช้หลักการดังภาพ

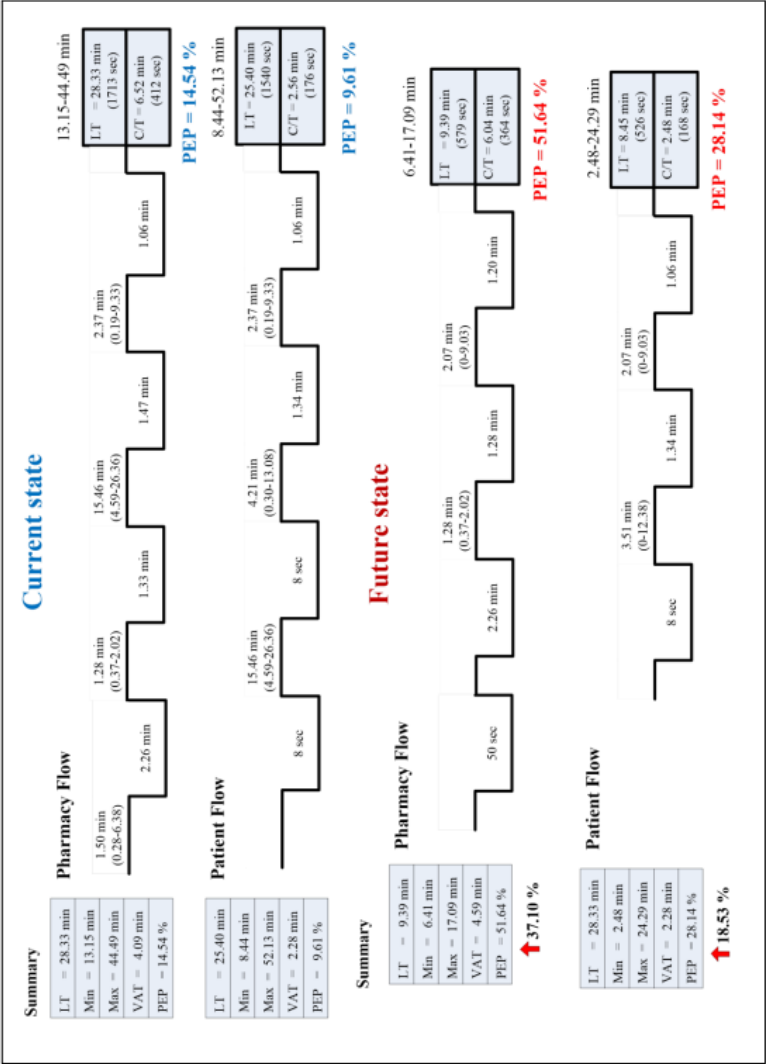
	Stable – In Control	Unstable – Out of Control
Capable	ดี รักษาเสถียรภาพต่อไป	วิเคราะห์สาเหตุและแก้ไขปัญห ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ
Not Capable	วิเคราะห์สาเหตุและลดความแปรปรวน ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ	วิเคราะห์สาเหตุและแก้ไขปัญห จากนั้นจึงลดความแปรปรวน ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ

ภาพที่ 26 การวิเคราะห์ผลจาก SPC

Step 7: Validate the improved process

การตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการ เป็นการทดสอบหรือพิสูจน์เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นว่า กระบวนการที่เราทำการปรับปรุงมีความถูกต้องเหมาะสมแล้ว กรณีที่กระบวนการมีความซับซ้อนเกี่ยวข้องกับหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาล การปรับกระบวนการใหม่อาจส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ป่วยและคุณภาพในการให้บริการของโรงพยาบาล เพื่อป้องกันปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น เราสามารถทำการทดลองนำร่อง หรือใช้การจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วย เพื่อให้เกิดความมั่นใจในกระบวนการใหม่มากยิ่งขึ้น จากนั้นจึงสรุปผลการปรับปรุงกระบวนการ โดยการนำผลของกระบวนการทั้งก่อนและหลังได้รับการปรับปรุงมาวิเคราะห์ เปรียบเทียบ และสรุปผลว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ ตัวอย่างผลการตรวจสอบความถูกต้องของกระบวนการแสดงตามภาพและตารางต่อไปนี้

Goal	As - Is	To - Be
Core Service Process :		
1 Lead time to getting drug is less than 30 minutes	Greater than 30 minutes	Less than 30 minutes
2 The OPD patient understand process	Not understand process	Understand process
3 Traceability of prescription drug is available	No traceability	Traceability is available
4 Low risk of failure in core service process	RPNs = 9,391	RPNs = 1,314
5 The pharmacy flow is smooth to process	Complicated process	Smooth process
6 Tracking of prescription details is available	Lack of tracking	Tracking is available
7 The pharmacy staff are adequate to work for the patient	Heavy workload	Adequate staff
8 The pharmacy staff have sufficient skills	Untrained staff	Skilled staff
9 Supporting tools are adequate for make a service (supporting tools: computer, printer, scanner etc.)	Lack of supporting tools	Adequate supporting tools
Support Supply Process :		
1 There are sufficient drug on pharmacy shelves	Out of stock/ over stock	Sufficient drug
2 Inventory records and demand forecasting are accuracy	Inaccuracy	Accuracy
3 Low risk of failure in support supply process	RPN = 8,421	RPN = 2,246
4 The warehouse staff have sufficient skills	Untrained staff	Skilled staff
5 Replenishment and purchasing flows are smooth	Complicated process	Smooth process
6 Tracking of drug information is available	Lack of tracking	Tracking is available
7 Supplier is able to deliver their products on time	Delays	On-time delivery
8 Support systems are available to process (support systems: replenishment, procurement, barcode etc.)	Lack of support systems	Support systems are available



ภาพที่ 27 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบจาก VSM

ตารางที่ 17 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบจาก FMEA

Process	RPN :	As - Is	To - Be	Diff
Core Service Process	9,391	37.56%	1,314	5.26%
C1 Prescribe drug to patient	1,584		256	
C2 Prepare drug for patient	3,661		656	
C3 Pay for drug and service	3,016		338	
C4 Dispense drug to patient	1,130		64	
Support Supply Process	8,421	18.71%	2,246	4.99%
S1 Request drug from warehouse	2,301		192	
S2 Replenish drug to pharmacy	712		430	
S3 Purchase drug from suppliers	2,842		1,170	
S4 Receive and manage inventory	2,566		454	
Total	17,812	25.45%	3,560	5.09%

Step 8: Hand over to the process owner for continuous improvement

หลังจากกระบวนการที่เราปรับปรุงได้รับการตรวจสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องเหมาะสม ขั้นตอนนี้เราสามารถส่งต่อกระบวนการดังกล่าวพร้อมทั้งแผนควบคุมคุณภาพให้เจ้าของกระบวนการเป็นผู้ควบคุมและดูแลรักษา เพื่อให้เกิดเสถียรภาพและมีการปรับปรุงกระบวนการอย่างต่อเนื่องสืบไป ซึ่งสามารถทำได้ตามขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 28 ขั้นตอนการส่งมอบงานให้เจ้าของกระบวนการ

บทที่ 4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

การนำหลักการ Lean และ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล เป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถช่วยในการปรับปรุงกระบวนการของโรงพยาบาลเกิดประสิทธิภาพและความปลอดภัย เนื่องจากหลักการดังกล่าวเน้นการปรับปรุงกระบวนการโดยคำนึงถึงความพึงพอใจและความปลอดภัยของผู้ป่วยเป็นสิ่งสำคัญ อีกทั้งการปรับปรุงกระบวนการยังให้ความสำคัญกับความพึงพอใจของบุคลากรและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการอีกด้วย ดังนั้น เพื่อให้การปรับปรุงกระบวนการประสบความสำเร็จ การนำหลักการ Lean และ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ จึงควรคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ดังต่อไปนี้

Leadership Support: การปรับปรุงกระบวนการอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ทำให้บุคลากรบางส่วนต้องปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการปฏิบัติงาน ดังนั้น การได้รับความเห็นชอบและสนับสนุนจากผู้บริหารของโรงพยาบาล มีส่วนช่วยให้การปรับปรุงกระบวนการเกิดความราบรื่นและช่วยลดแรงกดดันจากบุคลากรภายใน

Cross-Functional Team: สมาชิกของทีมควรมาจากแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในกระบวนการที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้ทุกฝ่ายได้มีส่วนร่วมและเกิดแนวคิดที่หลากหลายในการปรับปรุงกระบวนการ

Training: การนำเครื่องมือ Lean และ Six Sigma มาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาลจะเกิดประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้น หากสมาชิกของทีมมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับ Lean และ Six Sigma

Data Collecting: ควรวางแผนและเตรียมความพร้อมในการเก็บรวบรวมข้อมูล เนื่องจากข้อมูลเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงกระบวนการ หากเราสามารถจัดเก็บและเรียกดูข้อมูลได้จากระบบ IT ของโรงพยาบาล จะช่วยให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว ในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างมาก

Change Management: การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือความเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นจากการปรับปรุงกระบวนการเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากความเปลี่ยนแปลงอาจส่งผลกระทบต่อวัฒนธรรมและความเชื่อภายในองค์กรของโรงพยาบาล

Motivation: การสร้างแรงจูงใจให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการ เกิดความยอมรับและอยากมีส่วนร่วมในการปรับปรุงกระบวนการเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยผลักดันให้การปรับปรุงกระบวนการประสบความสำเร็จ

The Process Improvement Guide to Apply
Lean and Six Sigma in Hospital

42

ภาคผนวก

OCCURRENCE RATING SCALE

Rating	Description	Definition
10	เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา	- ขอบกพร่องเกิดขึ้นอย่างน้อยวันละ 1 ครั้ง - เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
9	ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้	- ไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อไหร่ - เกิดขึ้นทุกๆ 3-4 วัน
8	โอกาสเกิดขึ้นสูงมาก	- เกิดขึ้นค่อนข้างบ่อย
7		- ประมาณสัปดาห์ละ 1 ครั้ง
6	โอกาสเกิดขึ้นสูง	- เกิดขึ้นเดือนละ 1 ครั้ง
5		
4	โอกาสเกิดขึ้นปานกลาง	- เกิดขึ้นบ้างในบางโอกาส
3		
2	โอกาสเกิดขึ้นต่ำ	- เกิดขึ้นน้อยมาก - ประมาณปีละ 1 ครั้ง
1	โอกาสเกิดขึ้นได้ยาก	- แทบจะไม่เคยเกิดขึ้นเลย - จำไม่ได้ว่าครั้งสุดท้ายเกิดขึ้นเมื่อไหร่

SEVERITY RATING SCALE

Rating	Description	Definition
10	อันตรายร้ายแรง	<ul style="list-style-type: none"> - อาจก่อให้เกิดอันตรายถึงชีวิต - เกิดความเสียหายกับระบบ/การให้บริการต้องหยุดชะงักโดยปราศจากการแจ้งเตือน (ไม่มีระบบแจ้งเตือน)
9 8	อันตรายมาก	<ul style="list-style-type: none"> - อาจก่อให้เกิดการเจ็บป่วยสาหัส - ระบบเกิดความเสียหาย/การให้บริการต้องหยุดชะงักหลังจากได้รับการแจ้งเตือน (มีระบบแจ้งเตือน)
7	อันตราย	<ul style="list-style-type: none"> - อาจก่อให้เกิดการเจ็บป่วยเล็กน้อยถึงปานกลาง - มีแนวโน้มที่ลูกค้า/ผู้ป่วยไม่พึงพอใจสูง - ระบบเกิดปัญหา/การให้บริการหลักต้องหยุดชะงักก่อให้เกิดความล่าช้าหรือต้องทำการ re-work
6 5	อันตราย ปานกลาง	<ul style="list-style-type: none"> - อาจก่อให้เกิดการเจ็บป่วยเล็กน้อย - มีแนวโน้มที่ลูกค้า/ผู้ป่วยไม่พึงพอใจปานกลาง - ระบบเกิดขัดข้อง/การให้บริการหยุดชะงักชั่วคราว
4 3	อันตรายเล็กน้อย ถึงปานกลาง	<ul style="list-style-type: none"> - อาจก่อให้เกิดการเจ็บป่วยเพียงเล็กน้อย/แทบไม่เกิด - มีแนวโน้มที่ลูกค้า/ผู้ป่วยบางส่วนไม่พึงพอใจ - ระบบเกิดขัดข้องเล็กน้อย/ต้องปรับกระบวนการให้บริการ
2	อันตรายเล็กน้อย	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย - ลูกค้า/ผู้ป่วยไม่รู้ตัวว่ามีข้อบกพร่องเกิดขึ้น - ส่งผลกระทบต่อระบบ/การให้บริการเพียงเล็กน้อย
1	ไม่อันตราย	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย - ไม่มีผลกระทบต่อระบบ/การให้บริการ

The Process Improvement Guide to Apply
Lean and Six Sigma in Hospital

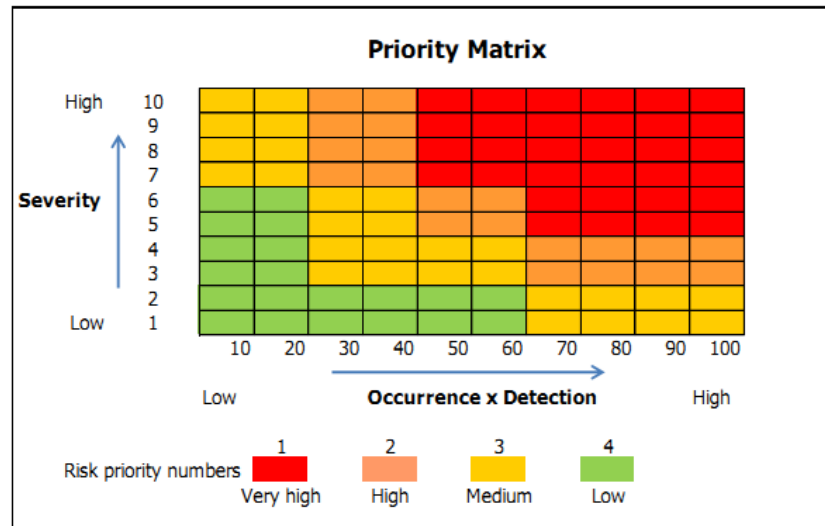


DETECTION RATING SCALE

Rating	Description	Definition
10	ไม่มี โอกาสตรวจพบ	- ยังไม่มีระบบ/กลไกในการตรวจจับข้อบกพร่อง
9	โอกาสตรวจพบ น้อยมาก	- มีระบบ/กลไกในการตรวจจับข้อบกพร่อง
8		- สามารถตรวจจับหาข้อบกพร่องเมื่อผ่านการตรวจสอบเท่านั้น
7	โอกาสตรวจพบ ค่อนข้างน้อย	- มีการตรวจสอบแบบ manual
6		- ยังไม่มีกระบวนการในการตรวจจับข้อบกพร่องที่หลุดออกไป
5	โอกาสตรวจพบ ปานกลาง	- ยังไม่สามารถตรวจจับหาข้อบกพร่องได้ 100% - มีการตรวจสอบอย่างน้อย 2 ขั้นตอน (double-checks) - ยังไม่มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับข้อบกพร่อง
4	โอกาสตรวจพบ ค่อนข้างสูง	- สามารถตรวจจับหาข้อบกพร่องได้ 100%
3		- ยังไม่มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับข้อบกพร่อง
2	โอกาสตรวจพบ สูงมาก	- สามารถตรวจจับหาข้อบกพร่องได้ 100% - มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับข้อบกพร่อง
1	ตรวจพบอย่าง แน่นอน	- มีระบบอัตโนมัติในการตรวจจับและกำจัดข้อบกพร่อง

The Process Improvement Guide to Apply
Lean and Six Sigma in Hospital

45



BIOGRAPHY

NAME	Tanaporn Puchaipetch
DATE OF BIRTH	2 January 1984
PLACE OF BIRTH	Khon Kaen, Thailand
INSTITUTIONS ATTENDED	Chulalongkorn University, 2002 – 2006 Bachelor of Science (Mathematics) Mahidol University, 2010 – 2014 Master of Engineering (Industrial Engineering)
RESEARCH GRANTS	N/A
HOME ADDRESS	570 Moo 1 Suranarai Road, Tambol Bankoh, Amphoe Muang, Nakhon Ratchasima 30000 E-mail: jan_jpink@hotmail.com
EMPLOYMENT ADDRESS	N/A
PUBLICATION/PRESENTATION	The implementation of Lean and Six Sigma in Healthcare focusing on pharmaceutical products, APIEMS Conference 2012, December 2-5, 2012.