

## CONTENTS

	<b>Page</b>
Acknowledgement	c
Abstract in Thai	d
Abstract in English	f
List of Tables	k
List of Figures	m
List of Abbreviations	o
Statement of Originality in English	p
Statement of Originality in Thai	r
Chapter 1 Overview	1
1.1 Chapter Overview	1
1.2 Electricity Supply Industry	1
1.3 PEA Overview	4
1.4 Human Resource Development	11
1.5 Justification and Proposed Solution	14
1.6 Research Hypothesis	17
1.7 Scope of Work	18
1.8 Research Limitation	18
1.9 Expected Research Output	19
1.10 Research Novelty	19
1.11 Chapter Review	21
Chapter 2 Literature Review	23
2.1 Chapter Overview	23
2.2 Professional Development	24
2.3 Human Resource Development	27
2.4 Digital Game Based Learning	58
2.5 Capability Maturity Model	67
2.6 Knowledge Engineering	71

## CONTENTS (Continued)

	<b>Page</b>
2.7 Game Theory	80
2.8 Chapter Summary	83
Chapter 3 Research Methodology	85
3.1 Chapter Overview	85
3.2 Conceptual Framework of the Thesis	86
3.3 Proposed Competency Model Development based on CMM	87
3.4 Proposed Game Conceptual Framework Development	89
3.5 Knowledge Game Development	94
3.6 Testing and Data Analysis	130
3.7 Chapter Summary	131
Chapter 4 Case Study	133
4.1 Chapter Overview	133
4.2 Case Study 1: Capability Level of PEA North 3 Area (Lop Buri Province) Substation Maintenance Personnel	133
4.3 Case Study 2: 22 kV Switchgear Maintenance Course	140
4.4 Case Study 3: Personnel Development in 22 kV Switchgear Maintenance	144
4.5 Chapter Summary	149
Chapter 5 Results and Analysis	150
5.1 Chapter Overview	150
5.2 Case Study 1: Capability Level of PEA North 3 Area (Lop Buri Province) Substation Maintenance Personnel	150
5.3 Case Study 2: 22 kV Switchgear Maintenance Course	157
5.4 Case Study 3: Personnel Development in 22 kV Switchgear Maintenance	160
5.5 Chapter Summary	167
Chapter 6 Conclusion and Future Work	168
6.1 Chapter Overview	168
6.2 Research Novelty	168
6.3 Future Study	173
References	176

## CONTENTS (Continued)

	<b>Page</b>	
Appendixes		
Appendix A	Switchgear maintenance competency analysis table	188
Appendix B	Pictures of Protocol Analysis Process	191
Appendix C	Proposed Substation Maintenance Competency	193
Appendix D	The Result of Important Competency Survey	194
Appendix E	The capability classification level placement questions	195
Appendix F	Placement and Pretest: Level 1	197
Appendix G	Placement and Pretest: Level 2 and 3	203
Appendix H	Game: Newcomer Level	215
Appendix I	Pictures of game prototype testing	241
Appendix J	The EGameFlow Survey Form	242
Appendix K	The Example of Knowledge Map	245
Curriculum Vitae		247

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## LIST OF TABLES

	<b>Page</b>
Table 1.1 List of equipments in substation	8
Table 1.2 The learning style preference of each career in PEA	12
Table 2.1 HRD evaluation models and framework	35
Table 2.2 Comparing pedagogy and andragogy	55
Table 2.3 Overview of knowledge model template of analytic task	79
Table 2.4 Overview of knowledge model template of synthesis task	79
Table 2.5 Pay-offs matrix of the prisoners' dilemma game	82
Table 3.1 Knowledge game prototype development process	95
Table 3.2 The detail of process participation	96
Table 3.3 Agenda of scoping meeting	98
Table 3.4 Agenda of knowledge capture meeting	105
Table 3.5 Agenda of staff analysis	109
Table 3.6 Competency analysis table	110
Table 3.7 Criteria of proficiency level classification	111
Table 3.8 Competency catalogue form	112
Table 3.9 Details and criteria of competency classification	112
Table 3.10 Competency validation survey form	114
Table 3.11 Payoff matrix of planning skill scenario selection for PEA N3 technician	118
Table 3.12 Agenda of knowledge and experience elicitation meeting	121
Table 3.13 Agenda of case study meeting	122
Table 3.14 The Knowledge game scenario development framework	123
Table 3.15 Agenda of validation meeting	130
Table 4.1 Statistic data of PEA N3	135
Table 4.2 PEA substation maintenance competency model	137
Table 4.3 Target group detail of case study 1	138
Table 4.4 Substation equipment maintenance course	141

## LIST OF TABLES (Continued)

	<b>Page</b>
Table 4.5 22 kV switchgear maintenance course	142
Table 4.6 Target group detail of case study 2	146
Table 5.1 Knowledge and skill requirement for new technician	154
Table 5.2 Knowledge and skill requirement for technician	154
Table 5.3 Knowledge and skill requirement for senior technician	155
Table 5.4 Comparison between current competency model development and proposed classification model	156
Table 5.5 Results of game prototype V.1 testing by PEA C1 expert	158
Table 5.6 Results of game prototype V.2 testing by PEA C1 technician	159
Table 5.7 Knowledge testing results of trainee No.1 (new technician)	160
Table 5.8 Knowledge testing results of trainee No.2 (new engineer)	160
Table 5.9 Knowledge testing results of trainee No.3 (technician)	161
Table 5.10 Knowledge testing results of trainee No.4 (technician)	161
Table 5.11 Knowledge testing results of trainee No.5 (technician)	162
Table 5.12 Knowledge testing results of trainee No.6 (engineer)	162
Table 5.13 The summary results of prototype evaluation	164
Table 5.14 The prototype evaluation comparing with Tradition development method	164

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## LIST OF FIGURES

	<b>Page</b>
Figure 1.1 Power system in Thailand	2
Figure 1.2 ESI structure in Thailand	3
Figure 1.3 PEA service areas	5
Figure 1.4 Single line diagram of PEA power system	7
Figure 1.5 Preferred learning style of PEA employees	12
Figure 1.6 Research problem	15
Figure 2.1 PEA professional development framework	26
Figure 2.2 Learning and performance wheel	29
Figure 2.3 HRD process framework	31
Figure 2.4 RWE model of competence	43
Figure 2.5 RWE's potential appraisal program "Discoveries"	44
Figure 2.6 5-dimensions of PEA HRD Blueprint	51
Figure 2.7 PEA HRD blueprint	53
Figure 2.8 Digital game-based learning	61
Figure 2.9 Serious game development process	65
Figure 2.10 KMMM framework	71
Figure 2.11 The CommonKADS model suite	76
Figure 2.12 Overview of knowledge categories of CommonKADS	77
Figure 2.13 Task hierarchy diagram	78
Figure 2.14 Organizational learning model on maintenance activities	80
Figure 2.15: extensive form or game tree	83
Figure 3.1 Research Methodology	86
Figure 3.2 The research conceptual framework	87
Figure 3.3 The knowledge game development model	92
Figure 3.4 Personal capability classification development framework	97
Figure 3.5 Maintenance Learning Model	100
Figure 3.6 Planning inference template	101

## LIST OF FIGURES (Continued)

	<b>Page</b>
Figure 3.7 Diagnosis inference template	102
Figure 3.8 Scheduling inference template	103
Figure 3.9 Monitoring inference template	104
Figure 3.10 Assessment inference template	105
Figure 3.11 Introduction screen of placement scenario	115
Figure 3.12 Activity screen of placement scenario	116
Figure 3.13 Conclusion screen of placement scenario	117
Figure 3.14 Scenario introduction screen	125
Figure 3.15 Activity introduction screen	125
Figure 3.16 Information screen	126
Figure 3.17 Mini game screen	127
Figure 3.18 Negative feedback screen	128
Figure 3.19 Positive feedback screen	128
Figure 3.20 Conclusion screen of scenario	129
Figure 4.1 PEA N3 service area	134
Figure 4.2 Radar diagram of maintenance classification maturity model	139
Figure 4.3 The testing process of case study 3	147
Figure 5.1 Competency profile of PEA N3 new technician	151
Figure 5.2 Competency profile of PEA N3 technician	151
Figure 5.3 Competency profile of PEA N3 senior technician	151
Figure 5.4 Competency profile of PEA N3 supervisor	152

## LIST OF ABBREVIATIONS

ASTD	American Society for Training Directors
CMM	Capability Maturity Model
CPD	Continuing professional development
ESI	Electricity Supply Industries
EGAT	Electricity Generating Authority of Thailand
MEA	Metropolitan Electricity Authority
MIKE	Model-based and Incremental Knowledge Engineering
PEA	Provincial Electricity Authority
PEA N3	Provincial Electricity Authority North Area 3 (Lop Buri Province)
IPPs	Independent Power Producers
IDP	Individual Development Plan
SPPs	Small Power Producers
KE	Knowledge Engineering
KM	Knowledge Management
kV	kilovolt
HRD	Human Resource Development
SEPA	State Enterprise Performance Appraisal
MBNQA	Malcolm Baldrige National Quality Award
IDP	Individual Development Plan



## STATEMENT OF ORIGINALITY

This research is aimed to explore the new practical method for enhancing the inspection maintenance skill of the PEA substation maintenance staff. In this study, the proposed framework was utilized to construct the PEA's 22kV switchgear maintenance game prototype. Then the case studies were done for the prototype testing. The results of case studies show the new findings of the HRD intervention. These novelties found in this research can be summarized as follows:

- 1) The research proposed the competency analysis table as the originality. This table is the tool for holistic competency analysis which integrates human resource development with knowledge management, risks management and management information system.
- 2) The application of the capability maturity model to classify knowledge and skill of the maintenance tasks into maturity level is another academic value presented in this research. The proposed model gives the benefit to PEA in order to classify the capability of the switchgear maintenance personnel. This is potentially beneficial to the human resource development staff than traditional methods (current competency model) in the senses that it provides the information on how to develop the specific skill of the employees.
- 3) The game scenario development by knowledge engineering is the another originality of this research. This novelty is concerned the knowledge collected and stored in KM cycle. The knowledge engineering methodology has been used for eliciting the knowledge and experience from the subject matter experts. By this knowledge engineering technique, the knowledge elicitation needs the effort of subject matter experts only in knowledge capture meeting and case study meeting. This implies that the proposed framework consumes less of the experts' time. Moreover, the study proposes to structure the storyboard of game scenarios based

on knowledge engineering. Due to the knowledge engineering allows the organization add the new knowledge into knowledge model. Therefore, game scenarios can be systematically constructed and provided flexibility for future modification.

- 4) The next originality is the plug-in game structure. This research proposes to develop the game narrative with the plug-in structure. The story line of the game is cut into sub parts. This plug-in structure allows trainer to assign the most appropriate content for an individual trainee. Moreover, this structure also benefit the game developer in that additional game scenarios can be added without changing the entire content of the training program.
- 5) The knowledge transfer evaluation method in game is another benefit of this framework. This research proposes to manage the knowledge by developing an alternative method to share the knowledge from the experts to employees. It evaluates the knowledge sharing and transfer by comparing the decisions made and time taken by trainees and expert. The time and score are set up based on performance of subject matter experts. It means that the personnel performance is evaluated by comparing to the maintenance expert, or in other words, how close it is to the performance of the experts.
- 6) The method to select the appropriate scenario level in order to provide the optimal payoff to the player and organization is the KM originality. This method is carried out by managing and analyzing the knowledge and information with capture from expert and employee by applying the Game Theory. The game theory is adapted to analyze the optimal strategy selection in the scenario selection of the knowledge game. The information and knowledge captured from operators is used to perform the payoff matrix. The organization can utilize this payoff matrix for managing the game scenario selection to enhance the efficiency of knowledge transfer. Moreover, both employee and organization are considered to gain the maximum benefit in playing the game.

## ข้อความแห่งการริเริ่ม

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการรูปแบบใหม่ในการพัฒนาทักษะการตรวจประเมินอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับพัฒนาผู้ปฏิบัติงานที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยกรอบที่ถูกลำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ ได้ถูกนำไปสร้างเป็นต้นแบบของเกมส์สำหรับพัฒนาบุคลากรในการบำรุงรักษาสถานีไฟฟ้าแบบ 22 kV และได้ถูกนำไปทดสอบในกรณีศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง โดยผลของการศึกษาได้ค้นพบความคิดริเริ่มใหม่ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) งานวิจัยได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ความสามารถของพนักงานในรูปแบบใหม่ ซึ่งใช้ตารางการวิเคราะห์ความสามารถเป็นเครื่องมือ โดยตารางดังกล่าวจะมีการวิเคราะห์ความสามารถโดยบูรณาการงานขององค์กรในหลายด้าน เช่น งานบริหารทรัพยากรมนุษย์ การจัดการความรู้ การบริหารจัดการความเสี่ยง และการจัดการระบบสารสนเทศ
- 2) เครื่องมือ Capability Maturity Model เป็นความคิดริเริ่มใหม่ที่ถูกลำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้ โดยโมเดลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อหน่วยงานพัฒนาบุคลากรในการแบ่งระดับความสามารถของพนักงาน เพื่อกำหนดวิธีการพัฒนาพนักงานให้มีประสิทธิภาพได้มากกว่าการประเมินความสามารถในปัจจุบัน
- 3) การพัฒนาเนื้อหาเกมส์โดยใช้กระบวนการวิศวกรรมความรู้ เป็นอีกหนึ่งความคิดริเริ่มใหม่ในงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดการความรู้ โดยทฤษฎีวิศวกรรมความรู้ได้ถูกนำมาใช้ในการรวบรวมองค์ความรู้และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างเนื้อหาของเกมส์ ซึ่งการใช้ทฤษฎีดังกล่าวจะทำให้เกิดการประหยัดเวลาในการเก็บรวบรวมองค์ความรู้ และไม่เกิดเป็นภาระแก่ผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้พัฒนารอบการสร้างเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างตามรูปแบบของหลักการวิศวกรรมความรู้ ทำให้มีความสะดวกในการเพิ่มเติมหรือปรับปรุงเนื้อหาในภายหลัง
- 4) ความคิดริเริ่มอีกประการหนึ่งคือการนำเสนอโครงสร้างของเกมส์ในรูปแบบปลั๊กอิน โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนารูปแบบโครงสร้างของการเล่าเนื้อหาของเกมส์ให้เป็นแบบปลั๊กอิน ซึ่งเนื้อหาของเกมส์จะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ ทำให้ผู้ฝึกสอนสามารถที่จะกำหนดความยากง่ายของเนื้อหาในแต่ละส่วนได้ตรงกับความสามารถของแต่ละบุคคล นอกจากนี้ โครงสร้างแบบปลั๊กอินนี้จะทำให้

นักพัฒนาเกมส์สามารถเพิ่มเติมหรือปรับปรุงเนื้อหาของเกมส์ได้อย่างสะดวกโดยไม่กระทบกับเนื้อหาทั้งหมด

- 5) การประเมินการถ่ายทอดความรู้ในเกมส์เป็นอีกหนึ่งความคิดริเริ่มของงานวิจัยฉบับนี้ โดยได้นำเสนอวิธีการประเมินการถ่ายทอดความรู้จากผู้เชี่ยวชาญไปยังพนักงานที่ฝึกอบรม จากการเปรียบเทียบการตัดสินใจและระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ โดยมาตรฐานของคะแนนและระยะเวลาจะถูกกำหนดบนพื้นฐานความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในด้านการบำรุงรักษานั้น และนำมาใช้เป็นบรรทัดฐานในการเล่นเกม โดยการกำหนดลักษณะนี้จะหมายถึงการประเมินความสามารถของการเรียนรู้ของพนักงานหลังจากที่ได้ผ่านการเล่นเกมแล้ว จะต้องใกล้เคียงกับความสามารถของผู้เชี่ยวชาญในงานนั้นๆ ที่สุด
- 6) วิธีการเลือกระดับความยากของเกมส์เพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับผู้เล่นแต่ละบุคคลและเกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กร เป็นอีกหนึ่งความคิดริเริ่มที่เกิดจากงานวิจัยนี้ โดยวิธีการที่นำเสนอจะอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลและองค์ความรู้ที่ได้จากการสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญผสมผสานแนวคิดของทฤษฎีเกมส์ เพื่อเลือกฉากของเกมส์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดสำหรับทั้งผู้เล่นและองค์กร โดยข้อมูลและความรู้ที่ได้จากการจับความรู้จากผู้เชี่ยวชาญจะถูกนำมาสร้างเป็นตารางผลตอบแทน และนำมาใช้ในการวิเคราะห์โดยพิจารณาจากผลประโยชน์ที่ทั้งสองฝ่ายจะได้รับจะต้องมีค่าสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
Copyright © by Chiang Mai University  
All rights reserved