

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



E47203



A DEVELOPMENT OF KNOWLEDGE-BASED EXPERT SYSTEM
FOR CAR FAULTY DIAGNOSIS

MR. WEERAYUTE SUDSOMBOON

DISSERTATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
(LEARNING INNOVATION IN TECHNOLOGY)
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI

2011

600254100

A Development of Knowledge-Based Expert System for Car Faulty Diagnosis

Mr. Weerayute Sudsomboon M.Ind.Ed. (Vocational Administration)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Doctor of Philosophy (Learning Innovation in Technology)

Faculty of Industrial Education and Technology
King Mongkut's University of Technology Thonburi

2011

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



Thesis Committee

..... Chairman of Thesis Committee

(Dr. Somchai Maunsaiyat, Ph.D.)

..... Member

(Assoc. Prof. Dr. Sak Kongsuwan, Ph.D.)

..... Member

(Assoc. Prof. Banchob Orachon)

..... Member and Thesis Advisor

(Assist. Prof. Dr. Anusit Anmanatrakul, Ph.D.)



Thesis Title	A Development of Knowledge-Based Expert System for Car Faulty Diagnosis
Thesis Credits	36
Candidate	Mr. Weerayute Sudsomboon
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Anusit Anmanatrakul
Program	Doctor of Philosophy
Field of Study	Learning Innovation in Technology
Department	Learning Innovation in Technology
Faculty	Industrial Education and Technology
B.E.	2554

Abstract

E 47203

The objectives of the study were: 1) to develop a Knowledge-Based Expert System for Car Faulty Diagnosis (KBESCFD) model that provides expert guidance; 2) to implement a knowledge-based expert system for car faulty diagnosis that supports the functionality required in extended for modifications and additions; and 3) to determine the effectiveness of the knowledge-based expert system for car faulty diagnosis in automotive troubleshooting tasks.

Participants are technicians of two different sections of a Mitsubishi Motors (Thailand) $N = 64$ and designing a quasi-experimental method. While six session of the course offered during January - March 2010 was exposed to this study. The KBESCFD model was established by qualitative methods and conducted with in-depth semistructured interviews, audio-visual, on-site observations, and focus group discussion. Training achievement and satisfaction were measured for both groups using pre-test and post-test, concept maps, and a questionnaire in quantitative methods.

The qualitative data analysis used the triangulation method was referred to enhance reliability and validity of a KBESCFD model. Both the interview protocol analysis technique and the grounded theory used to generate contextualized and analyze the data involves identifying the content analysis. Data analysis in the quantitative analysis included a regarding of the concept maps by frequency and percentile, and the qualitative analysis included a synthesis of crucial factors by Kinchin and Hay (2000)

and Novak Scoring Protocol (Novak & Gowin, 1984) by using revised criteria and a comparison with previous experiences.

The research results revealed that:

1. The KBESCFD model had generated into five aspects that contains as follow as: 1) automotive problem-solving efficiency process; 2) cognitive domain knowledge; 3) inference engine process; 4) diagnostic knowledge; and 5) reasoning engine. Experts were accepted a model for implementing in the workplace.
2. The qualitative data analysis found that the participants find concept mapping as an enjoyable and worthwhile activity. The complete maps were six cases that had affected to perform technicians' competitiveness.
3. The quantitative results of the study showed significant differences between pre-map and post-map results for both groups. The results of the independent t-test result showed that this difference in the mean score was great statistically significant analyzes the three sessions of the computer-assisted concept mapping group was significant values. Also, technicians' had learning satisfaction at the high level. The study concludes with recommendations for future research.

Keywords : Artificial Intelligence / Car Faulty Diagnosis / Concept Mapping /
Expert System / Knowledge-Based System

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัย ข้อบกพร่องรถยนต์
หน่วยกิต	36
ผู้เขียน	นายวีระยุทธ สดสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อนุศิษฐ์ อ้นมานะตระกูล
หลักสูตร	ปรัชญาคุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชา	นวัตกรรมการเรียนรู้ทางเทคโนโลยี
ภาควิชา	นวัตกรรมการเรียนรู้ทางเทคโนโลยี
คณะ	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
พ.ศ.	2554

บทคัดย่อ

E47203

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและพัฒนาโมเดลระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ 2) เพื่อทดลองระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ในการประยุกต์ใช้สำหรับการฝึกอบรมเพิ่มขีดความสามารถในการซ่อมรถยนต์ และ 3) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ภายใต้สถานการณ์จริง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ช่างซ่อมรถยนต์ในสังกัดของ บริษัท มิตรชุบิชิ มอเตอร์ส (ประเทศไทย) จำกัด จำนวน 64 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มจำนวนเท่ากันด้วยรูปแบบการวิจัยกึ่งทดลอง การดำเนินการเก็บผลการวิจัยอยู่ในช่วงระหว่างเดือน มกราคม – มีนาคม 2553 โดยทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 6 กรณีปัญหา เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์เชิงลึกกึ่งโครงสร้าง วัสดุทัศน การสังเกตการณ์การปฏิบัติงานจริงภายในสถานประกอบการ และเทคนิคการสนทนากลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผังมโนทัศน์ก่อนฝึกอบรมและหลังฝึกอบรม และแบบสอบถามความพึงพอใจในการฝึกอบรม การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพใช้วิธีเทคนิคสามเสาในการหาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของข้อมูล ร่วมกับการวิเคราะห์เนื้อหาการสัมภาษณ์ด้วยเทคนิคการจัดกลุ่มคำแล้วประมวลเนื้อหาเพื่อสังเคราะห์เชิงคุณภาพด้วยวิธีทฤษฎีฐานรากเพื่อสร้างรูปแบบระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ได้รูปแบบเรียกว่า KBESCFD

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ของระบบผู้เชี่ยวชาญโดยใช้ฐานความรู้สำหรับการวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ภายใต้สถานการณ์จริง ได้จากกรรมวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างผังมโน

E47203

ทัศนคติของผู้เชี่ยวชาญได้ใช้ฉันทามติของผู้เชี่ยวชาญแล้วทำการหาค่าความเที่ยงด้วย เทคนิคการ
ตั้งเคราะห์ของ Kinchin and Hay (2000) และ Novak Scoring Protocol (Novak & Gowin, 1984)

ผลการวิจัยพบว่า

1. โมเดลของระบบ KBESCFD มีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ 5 กระบวนการ คือ 1) กระบวนการ
แก้ปัญหาทางช่างยนต์ที่มีประสิทธิภาพ 2) กระบวนการปฏิบัติงานโดยใช้ความรู้เป็นฐาน 3)
กระบวนการการอนุมานข้อวินิจฉัย 4) ความรู้ที่ใช้ในการวินิจฉัยข้อบกพร่อง และ 5) กลไกที่ใช้ในการ
อนุมานข้อวินิจฉัยข้อบกพร่อง
2. ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นที่สอดคล้องกันต่อการสร้างผังมโนทัศน์ทางทักษะการ
แก้ปัญหาทางช่างยนต์โดยใช้ 6 กรณีเป็นฐานในการทดลองระบบ KBESCFD
3. ผลคะแนนเฉลี่ยก่อนฝึกอบรมและหลังฝึกอบรมของการวัดองค์ความรู้เดิมของช่างยนต์ไม่มีความ
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม ผลคะแนนเฉลี่ยก่อนฝึกอบรมและหลังฝึกอบรมของการวัดทักษะ
การแก้ปัญหากลุ่มที่ทำการฝึกโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสร้างผังมโนทัศน์มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญจำนวน 3 กรณีปัญหา และความพึงพอใจของช่างซ่อมรถยนต์ที่มีต่อระบบ KBESCFD อยู่ใน
ระดับมาก

คำสำคัญ : ปัญญาประดิษฐ์ / การวินิจฉัยข้อบกพร่องรถยนต์ / ผังมโนทัศน์ / ระบบผู้เชี่ยวชาญ /
ระบบฐานความรู้

ACKNOWLEDGEMENTS

First and foremost I would like to thank my advisor Assist. Prof. Dr. Anusit Anmanatrakul. I appreciate all his contributions of generate ideas, time, and funding to make my Ph.D. experience productive. I deeply thank all of him for valuable advice. Beside my advisor, I would like to thank the rest of my thesis committee: Dr. Somchai Maunsaiyat, Assoc. Prof. Dr. Sak Kongsuwan and Assoc. Prof. Banchob Orachon. for valuable contributions, compatible suggestions and encouragement throughout this research.

I would especially like to express gratitude for the contribution of Assoc. Prof. Dr. Ravinder Koul (Penn State University) for creative guidance, recommendation and suggestion support with kindness and patience, Mr. Pairat Phareklai, Mr. Thongchai Pansawas, Mr. Anucha Boonsuwan, and the training instructors and the automotive service technicians of Mitsubishi Motors (Thailand) Co., Ltd. I also would like to thank all the staffs involvement at the Learning Innovation in Technology Program and Department of Mechanical Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi. This research was partially funded by King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Finally, I really appreciate that my family: my parents Thaworn and Saengmanee Sudsomboon, for giving birth to me at the first place and supporting me spiritually throughout my persuits; my wife Janthima Sudsomboon and my daughters Kanthimaporn and Sasisopha Sudsomboon for loving, supporting, and encouraging. Phra Thongbai Piewphan who faithful funding support during the final stages of this Ph.D. is so appreciated. Thank you.

CONTENTS

	PAGE
ENGLISH ABSTRACT	ii
THAI ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENT	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	xiii
CHAPTER	
1. INTRODUCTION	1
1.1 Background	2
1.2 Problem Statement	4
1.3 The Purpose of this Study	5
1.4 Significance of this Study	5
1.5 Research Questions	7
1.6 Research Hypotheses	7
1.7 Outcomes	8
1.8 The Research Scopes	8
1.9 Conceptual Framework	10
1.10 Limitations	11
1.11 Delimitations	11
1.12 Assumptions	11
1.13 Definition of Terms	12
2. LITERATURE REVIEW	15
2.1 Automotive service technicians	15
2.2 Design approaches to the knowledge-based system	17
2.3 Modeling framework of knowledge-based expert systems	21
2.4 Concept Mapping as a support tool of KBEDCFD model	32
2.5 Computer-assisted concept mapping in a KBEDCFD model	40
2.6 Summary	41

CONTENTS (CONT.)

	PAGE
3. METHODOLOGY	43
3.1 Phase I: Establishing of a knowledge-based expert system for car faulty diagnosis model	45
3.2 Phase II: Experts' perceptions and transferable a KBESCFD model In the divearse of concept maps with human expertise reasoning	51
3.3 Phase III: Determine the effectiveness of the knowledge-based expert system for car faulty diagnosis	55
4. RESULTS	71
4.1 Phase I: Establishing of a knowledge-based expert system for car faulty diagnosis model	71
4.2 Phase II: Experts' perceptions and transferable a KBESCFD model In the divearse of concept maps with human expertise reasoning	76
4.3 Phase III: Determine the effectiveness of the knowledge-based expert system for car faulty diagnosis	79
5. DISCUSSION AND CONCLUSION	86
5.1 Discussions	86
5.2 Research finding	89
5.3 Conclusions	91
5.4 Implications	91
REFERENCES	92
APPENDIXES	
A. Research instrumentation in Phase I	104
B. Supplementary data	138
C. Validity and reliability of research instrumentation	153
CURRICULUM VITAE	165

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
3.1 Research-criteria (RC) assessment rubric for the concept maps task	55
3.2 Treatment procedures in this study	58
3.3 Phases in the study	60
3.4 The criterion strategy of six experts-concept maps by the Novak Scoring Protocol method	69
4.1 Open coding of automotive problem solving skills training program	73
4.2 Research-criteria (RC) assessment rubric for the concept maps task	76
4.3 Concept map scores and ranking based on the research criteria	77
4.4 Comparison of pre-test scores of technicians on knowledge acquisition	81
4.5 Comparison of post-test scores of technicians on knowledge acquisition	81
4.6 Comparison of pre-test and post-test scores of CA-CM group	82
4.7 Comparison of pre-test and post-test scores of SM-CM group	82
4.8 Comparison of the pre-map of the CA-CM and SM-CM group scores in six cases on independent sample test	82
4.9 Comparison of the post-map of the CA-CM and SM-CM group scores in six cases on independent sample test	83
4.10 The technicians' satisfactions towards the KBESCFD model	84
B.1 Comparison of pre-test scores of technicians on knowledge acquisition	139
B.2 Correlations of pre-test scores on knowledge acquisition	139
B.3 Comparison of t-test independent scores in pre-test on knowledge acquisition	139
B.4 Comparison of post-test scores on knowledge acquisition	140
B.5 Correlations of post-test scores on knowledge acquisition	140

LIST OF TABLES (CONT.)

TABLE	PAGE	
B.6	Comparison of t-test independent scores in post-test on knowledge acquisition	140
B.7	Comparison of pre-test and post-test scores of CA-CM group on knowledge acquisition	141
B.8	Correlations of pre-test and post-test scores of CA-CM group on knowledge acquisition	141
B.9	Comparison of pre-test and post-test scores of CA-CM group on knowledge acquisition	141
B.10	Comparison of pre-test and post-test scores of SM-CM group on knowledge acquisition	142
B.11	Correlations of pre-test and post-test scores of SM-CM group on knowledge acquisition	142
B.12	Comparison of pre-test and post-test scores of SM-CM group on knowledge acquisition	142
B.13	Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in diesel engine faulty diagnosis	143
B.14	Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in diesel engine faulty diagnosis on independent samples test	143
B.15	Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in diesel engine faulty diagnosis	144
B.16	Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in diesel engine faulty diagnosis on independent samples test	144
B.17	Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in MPI engine faulty diagnosis	145
B.18	Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in MPI engine faulty diagnosis on independent samples test	145
B.19	Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in MPI engine faulty diagnosis	145

LIST OF TABLES (CONT.)

TABLE	PAGE
B.20 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in MPI engine faulty diagnosis on independent samples test	146
B.21 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in CRD engine faulty diagnosis	146
B.22 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in CRD engine faulty diagnosis on independent samples test	147
B.23 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in CRD engine faulty diagnosis	147
B.24 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in CRD engine faulty diagnosis on independent samples test	147
B.25 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in steering system faulty diagnosis	148
B.26 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in steering system faulty diagnosis on independent samples test	148
B.27 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in steering system faulty diagnosis	149
B.28 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in steering system faulty diagnosis on independent samples test	149
B.29 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in manual transmission system faulty diagnosis	150
B.30 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in manual transmission system faulty diagnosis on independent samples test	150
B.31 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in manual transmission system faulty diagnosis	150
B.32 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in manual transmission system faulty diagnosis on independent samples test	151

LIST OF TABLES (CONT.)

TABLE	PAGE
B.33 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in automatic transmission system faulty diagnosis	151
B.34 Comparison of pre-test CA-CM and SM-CM scores in automatic transmission system faulty diagnosis on independent samples test	152
B.35 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in automatic transmission system faulty diagnosis	152
B.36 Comparison of post-test CA-CM and SM-CM scores in automatic transmission system faulty diagnosis on independent samples test	152
C.1 The results of IOC evaluation of pre-test on knowledge acquisition	154
C.2 The results of IOC evaluation of post-test on knowledge acquisition	156
C.3 Discrimination of pre-test on knowledge acquisition	158
C.4 Discrimination of post-test on knowledge acquisition	160
C.5 Difficulty and discrimination of pre-test on knowledge acquisition	162
C.6 Difficulty and discrimination of post-test on knowledge acquisition	163
C.7 Reliability of item tests and questionnaire	164

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1.1 KBESCFD architecture	6
1.2 Conceptual Framework of this study	10
2.1 Expert system block diagram	18
2.2 An architecture of knowledge-based expert system	20
2.3 The problem-solving method heuristic classification	21
2.4 A knowledge-based expert system model for medical diagnosis	24
2.5 Generate KBESCFD model	25
2.6 An inference layer with a typical data-concept mapping	26
2.7 A block diagram of the KBESCFD	31
2.8 The applications of inference process	32
2.9 The inference process of the system using the rules listed	33
2.10 The concept mapping relationships between the four rules	33
2.11 Concept mapping tools	35
2.12 Examples of good mappers	38
2.13 Novak Scoring Protocol	40
3.1 A summarize flowchart in research process	43
3.2 Interview protocol analysis techniques	48
3.3 Grounded theory coding from open coding to the axial coding paradigm	49
3.4 A KBESCFD model	50
3.5 Quasi-experimental design	56
3.6 CA-CM group performed base on the KBESCFD model	58
3.7 Evaluation of concept maps by the structural scoring method	61
3.8 Interpretation a flowchart of concept maps by the structural scoring method	62
3.9 Diesel engine faulty diagnosis symptom concept maps	63
3.10 MPI engine faulty diagnosis symptom concept maps	64
3.11 CRD engine faulty diagnosis symptom concept maps	65
3.12 Steering system faulty diagnosis symptom concept maps	66

LIST OF FIGURES (CONT.)

FIGURE		PAGE
3.13	Manual transmission system faulty diagnosis symptom concept maps	67
3.14	Automatic transmission system faulty diagnosis symptom concept maps	68
4.1	Axial and selective coding: Paradigm model in the KBESCFD model	74
4.2	A knowledge-based expert system model for car faulty diagnosis model	75
5.1	Data acquisition of KBESCFD model	87
5.2	The diagnosis reasoning process of KBESCFD model	88