

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ด้วย เทคนิคเหมืองข้อมูล

The Analysis Factor Effecting the User Satisfaction in Software Project Using Data Mining Techniques

พรทิพย์ เหลียวตระกุล¹ คทาวิธ แก้วบรรจง² ชัชชนันท์ อินเี่ยม³
Pornthip Liewtrakul¹, Katawut Kaewbanjong², Chatchanan Iniam

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

²สาขาบริหารธุรกิจ หลักสูตรระบบสารสนเทศทางคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจและศิลปศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

³สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

¹Department of Information Technology and Communication, Faculty of Science and
Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

²Department of Business Administration, Major of Computer Information System, Faculty
of Business Administration and Liberal Art, Rajamongala University of Technology Lanna

³Department of Automation Engineering Technology, Faculty of Engineering and Industrial
Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

*Corresponding author email: pornthip.li@bsru.ac.th

Received : 21 Nov 2024 ; Revised : 09 Dec 2024 ; Accepted : 28 Dec 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ โดยวิเคราะห์ข้อมูลโครงการจำนวน 191 โครงการ 71 ปัจจัย โดยประยุกต์ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การจัดเตรียมข้อมูล การคัดเลือกปัจจัยด้วยเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ 7 เทคนิค ได้แก่ Correlation Based Feature Selection, Chi-Square, Forward Selection, Backward Elimination, Evolutionary Selection, Information Gain และเทคนิค Gain Ratio และทำการทดสอบประสิทธิภาพของปัจจัยที่ได้ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

จากผลการวิจัยพบว่า มี 33 ปัจจัย จากเทคนิค Evolutionary Selection ให้ค่าร้อยละในการทำนายสูงที่สุดที่ร้อยละ 90.61 ประโยชน์ของผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่ได้ สามารถนำไปใช้เป็นปัจจัยพื้นฐาน ในการดำเนินโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจ และใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาตัวแบบทำนายความพึงพอใจ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ: ปัจจัย; ความพึงพอใจของผู้ใช้; โปรเจกต์ซอฟต์แวร์; การขุดข้อมูล

Abstract

This study aimed to analyze the factors affecting the satisfaction of users participating in software projects. The data was analyzed from 191 projects with 71 factors by using data mining techniques. The methodology consisted of three main steps: 1) Preparation of information, 2) Factor selection using feature selection techniques: Correlation, Chi-Square, Forward, Backward Elimination, Evolutionary, Information Gain, and Gain Ratio, and 3) Efficiency test by using Backpropagation Neural Network Model.

The results of the research were as follows: The result revealed that 33 factors from the Evolutionary technique provided the highest predictive percentage at 90.61. The result can be employed as basic information for software project implementation to satisfy users and applied as data to develop a more effective satisfaction predictive model.

Keywords: Factors ; User satisfaction ; Software project; Data Mining

1. บทนำ

จากรายงาน IT Industry Outlook 2021 (CompTIA, 2020) คาดการณ์มูลค่าตลาดอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศในปี ค.ศ.2021 ไว้ที่ 5.2 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ ในท่ามกลางวิกฤตสถานการณ์โควิดที่เกิดขึ้นทั่วโลก ที่ให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีสารสนเทศเพิ่มมากขึ้น โดยมีส่วนแบ่งการตลาดของผลิตภัณฑ์ด้านซอฟต์แวร์อยู่ที่ 12% ของภาพรวมทั้งหมด โดยจุดประสงค์หลักของการนำซอฟต์แวร์ไปใช้ เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานทางธุรกิจสูงถึง 56% เช่น ภาคธุรกิจการเงิน ภาคธุรกิจการเกษตรสมัยใหม่ และภาคงานบริการ เป็นต้น ซึ่งมีมูลค่าและความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น แต่กลับพบว่า มีโครงการซอฟต์แวร์เพียงจำนวนหนึ่ง ที่ประสบความสำเร็จ และมีอีกหลายโครงการซอฟต์แวร์ที่ไม่ประสบความสำเร็จ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าว ก่อให้เกิดผลกระทบเชิงลบต่ออุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ต้องสูญเสียทรัพยากรในการพัฒนาซอฟต์แวร์ เช่น จำนวนทีมงานพัฒนาซอฟต์แวร์ ระยะเวลาในการดำเนินงาน จำนวนงบประมาณในการดำเนินงาน เป็นต้น ดังนั้น การรับฟังความคิดเห็นจากผู้ใช้งานหรือลูกค้า (X. Xia, D. Lo, J. Tang & S. Li, 2015) จะทำให้ทราบถึงความต้องการ และปัจจัยที่ทำให้ลูกค้า หรือผู้ใช้งานซอฟต์แวร์เกิดความพึงพอใจมากที่สุด ซึ่งความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีความสำคัญ และนับเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์

(T. Nafees, 2011) ดังนั้น การวิเคราะห์และศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานซอฟต์แวร์ นับเป็นแนวทางหนึ่งในการลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ต่าง ๆ ซึ่งประจักษ์มงานวิจัยที่ทำการศึกษเกี่ยวกับปัญหาดังกล่าว เช่น J. Venkatesh, P. Cheruveetil, Thenmozhi. S, & Balasubramanie. P, 2012; K. Esaki, 2013; X. Xia, et.al, 2015 อย่างไรก็ตาม ด้วยมิติของการศึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ยังมีข้อจำกัด เช่น ปริมาณข้อมูล ที่ทำการวิเคราะห์มีขนาดจำกัด ความหลากหลายของปัจจัย หรือตัวแปร ที่การจัดเก็บ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ ล้วนทำให้ การศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ ยังคงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษา ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ โดยได้นำเอาเทคนิคเหมืองข้อมูลมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อทราบถึงคุณลักษณะ หรือปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ โดยใช้ข้อมูลจาก International Software Benchmarking Standard Group (ISBSG) ในการวิเคราะห์ ซึ่งยังไม่ปรากฏงานวิจัยใด ที่ทำการวิเคราะห์เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล จากฐานข้อมูลดังกล่าวมาก่อน ซึ่งในที่นี้ มีการกำหนดตัวแปรอิสระ ในการวิเคราะห์จำนวน 71 ตัวแปร เช่น Project Inactive Time, Project Management Change, Team Size,

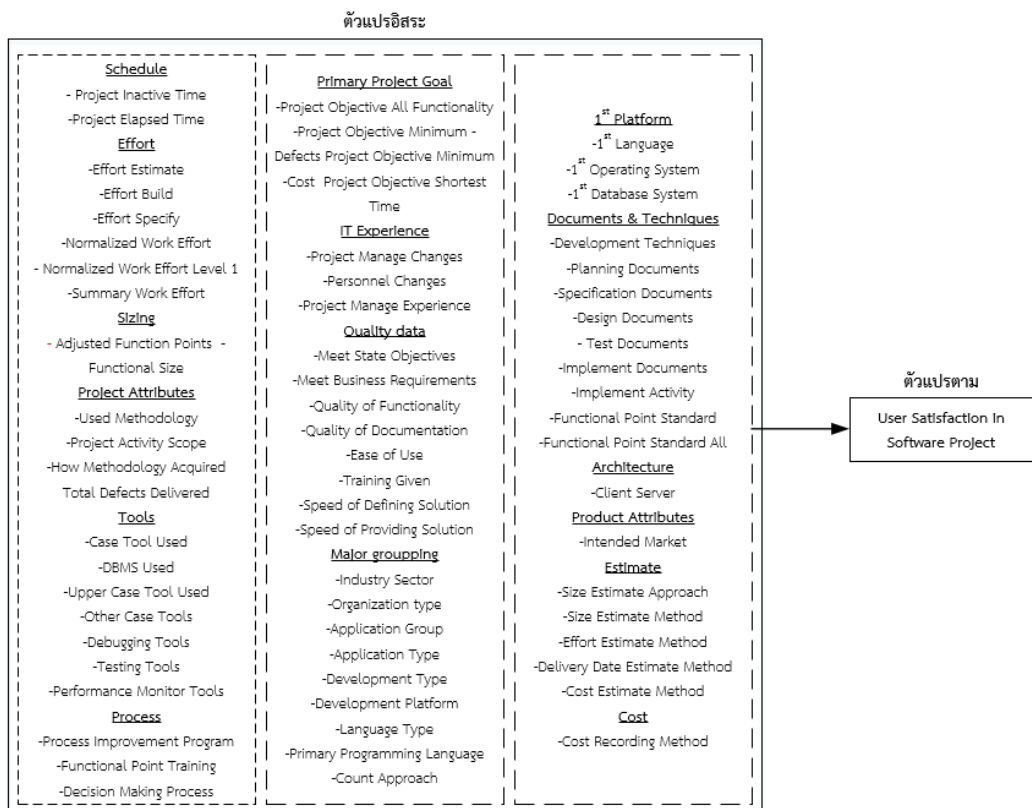
Quality of Documentation เป็นต้น และกำหนดตัวแปรตาม ที่แสดงถึงความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ คือ Meet State Objective (MSO) ซึ่งหมายถึง User satisfaction with the ability of system to meet state objective (ISBSG, 2018) โดยรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง วิธีการวิจัย ผลการวิจัย สรุปและอภิปรายผลการวิจัย ซึ่งจะได้กล่าวถึงในลำดับถัดไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์
- 2.2 เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัย ประกอบด้วยตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ดังแสดงในรูปภาพที่ 1

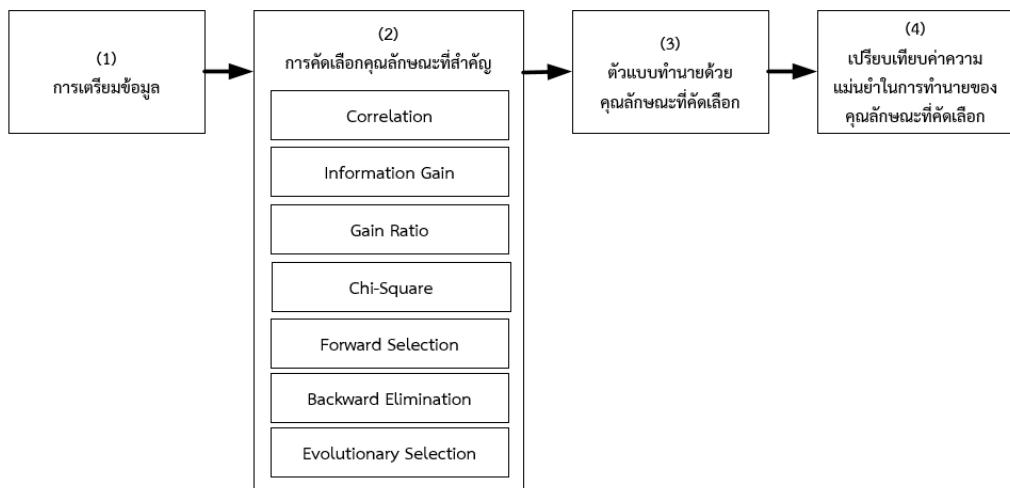


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

4. วิธีดำเนินงานวิจัย

ภาพรวมของแนวคิด และขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ดังภาพที่ 2 ประกอบด้วย 1) การเตรียมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์หาคุณลักษณะที่สำคัญ ซึ่งข้อมูลอาจประกอบด้วยคุณลักษณะที่ไม่เหมาะสม เช่น มีข้อมูลไม่ครบถ้วน หรือมีประเภทข้อมูลที่ไม่สอดคล้องกับวิธีการประมวลผลที่กำหนดไว้ เป็นต้น 2) การคัดเลือกคุณลักษณะ ซึ่งในที่นี้ นำเอาวิธีการคัดเลือกคุณลักษณะจำนวน 7 วิธีการมาใช้ ได้แก่ Forward selection,

Backward selection, Evolutionary selection, Correlation, Information gain, Gain ratio, Chi square ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยลดจำนวนคุณลักษณะที่ทำให้ได้คุณลักษณะข้อมูลที่มีความสำคัญเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการจำแนกข้อมูล (สุวิมล สิทธิชาติ, 2017). เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนทดสอบความสามารถในการทำนายของคุณลักษณะที่ได้ในขั้นตอนที่ 3 ด้วยตัวแบบทำนาย และขั้นตอนสุดท้าย 4) ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนายของคุณลักษณะที่ได้



ภาพที่ 2 ภาพรวมของแนวคิด และขั้นตอนการวิจัย

1) การเตรียมข้อมูล

ข้อมูล ISBSG release 12, 2018 ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยมีการจัดเก็บข้อมูลในลักษณะแถว และคอลัมน์ ซึ่งแต่ละแถว หมายถึง โครงการซอฟต์แวร์ และ

คอลัมน์ หมายถึง คุณลักษณะของข้อมูล โครงการ เช่น Industry sector, Organization type, Application group, Application type เป็นต้น โดยมีจำนวน 8,261 โครงการ ดังภาพที่ 3

 D&E Corporate Release February 2018											
ISBSG Project ID	Rating	Rating	Software Age	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping	Major Grouping
	Data Quality Rating	UFP rating	Year of Project	Industry Sector	Organisation Type	Application Group	Application Type	Development Type	Development Platform	Language Type	Primary Programming Language
10003	B	B	2015	Communication	Telecommunication	Online eSales	Enhancement	Multi			Java
10007	B	B	2016	Communication	Telecom	Business Application	Enhancement				Access
10011	B	A	1996	Construction	Construction	Business Application	Enhancement	Multi	4GL		COBOL
10012	B	A	2002	Wholesale & Retail	Billing	Business Application	Enhancement		3GL		
10014	B	A	2004				Enhancement				
10015	B	A	2000	Wholesale & Retail	Wholesale & Retail	Business Application	Enhancement	MF	3GL		COBOL
10019	B	B	2014	Communication	Telecommunication	Business Application	Enhancement	Multi	3GL		Shell
10026	B	A	2000	Insurance	Insurance	Business Application	New Development	MF	3GL		Java
10028	B	B	2015	Communication	Telecommunication	Business Application	Enhancement	Multi	4GL		Siebel
10029	B		2004	Banking	Banking	Business Application	New Development	MF	3GL		COBOL

ภาพที่ 3 ตัวอย่างชุดข้อมูล

ในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลให้มีความเหมาะสม ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การจัดการข้อมูลสูญหาย การคัดเลือกข้อมูล และการปรับเปลี่ยนข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การจัดการข้อมูลสูญหาย โดยทำการแทนที่ข้อมูลสูญหายด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) ในกรณีที่ข้อมูลดังกล่าว เป็นประเภทตัวเลข (Numeric) และค่าฐานข้อมูล (Mode) ในกรณีที่ข้อมูลดังกล่าว เป็นประเภท Nominal (L. Radlinski, 2015) และจะไม่เลือกใช้ข้อมูลโครงการใดที่ปรากฏว่ามีการสูญหายของข้อมูลมากกว่า 50%

1.2 จาก Guideline of use the ISBSG data (ISBSG, 2018) ได้แบ่งระดับคุณภาพของข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานข้อมูล ได้แก่ A, B, C, D แต่ในที่นี้ เลือกเฉพาะข้อมูลที่มี

ระดับคุณภาพ A หรือ B เท่านั้น เนื่องจากมีความเหมาะสมในการนำไปวิเคราะห์

1.3 ทำการปรับเปลี่ยนข้อมูล เช่น Change project manager, Not change project manager หรือ Used case tool, Not used case tool เป็นต้น ให้เป็นข้อมูลประเภทตัวแปรหุ่น (Dummy variables) ที่ประกอบด้วยค่าข้อมูล 0, 1 เพื่อความสะดวกในการประมวลผลข้อมูล และทำการปรับเปลี่ยนค่าข้อมูลของตัวแปรตาม โดยในที่นี้ คือ MSO ซึ่งแต่เดิม มีการแบ่งค่าของข้อมูลออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ Poorly met or not at all, Largely met, Fully met และ Exceeded expectation ดังนั้นจึงกำหนดให้ 0 แทน Poorly met or not met at all, Largely met และ 1 แทน Fully met และ Exceed expectation โดยมีตัวอย่างข้อมูลที่ผ่านการปรับเปลี่ยนข้อมูลแสดงดังภาพที่ 4

1	Normalised Work Effort	Summary Work Effort	Normalised Level 1 PDR (ufp)	Normalised PDR (ufp)	Project Inactive Time	CASE Tool Used	Used Methodology	Prototyping Used	DBMS Used	Upper CASE Used	Lower CASE Used (with code gen)	Lower CASE Used (no code gen)
2	741	608	11.1	11.1	0	0	1	1	1	0	0	0
3	314	288	6.2	6.2	0	0	1	1	1	0	0	0
4	856	796	1.9	1.9	0	0	0	1	1	0	0	0
5	1100	1100	14.5	14.5	0	0	1	1	1	0	0	0
6	28	28	9.3	9.3	0	0	1	1	1	0	0	0
7	23913	22000	44	62.6	0	1	1	1	1	0	0	0
8	324	266	3.3	3.3	0	0	1	1	1	0	0	0
9	18160	18160	29.3	29.3	0	0	0	1	1	0	0	0
10	2954	2422	21.4	21.4	0	0	1	1	1	0	0	0
11	8186	7449	27.6	27.6	0	0	1	1	1	0	0	0
12	92380	92380	570.2	570.2	0	0	1	1	1	0	0	0
13	568	460	304.3	3.1	0.3	0	1	1	1	0	0	0
14	327	271	34	4.5	0	0	1	1	1	0	0	0
15	888	728	14.1	14.1	0	0	1	1	1	0	0	0
16	20975	20975	28.7	28.7	0	0	1	1	1	0	0	0
17	789	789	4.4	4.4	0	0	1	1	1	0	0	0
18	7290	7290	63.9	63.9	0	0	1	1	1	0	0	0
19	7936	5873	14	14	1	0	1	1	1	0	0	0
20	4321	4321	10.8	10.8	1	0	1	1	1	0	0	0

ภาพที่ 4 ตัวอย่างการปรับเปลี่ยนข้อมูล

จากขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล จำนวน 191 โครงการ ซึ่งประกอบด้วย 71 ข้างต้น ทำให้ได้ข้อมูลโครงการที่เหมาะสม คุณลักษณะ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณลักษณะข้อมูลและประเภทข้อมูล

ประเภทของข้อมูล	รายละเอียด
Numeric (12)	Project Manage Experience (PME), Effort Estimate (ES), Total Defects Delivered (TDD), Effort Build (EB), Effort Specify (ES), Project Inactive Time (PIT), Project Elapsed Time (PET), Summary Work Effort (SWE), Normalized Work Effort (NWE), Normalized Work Effort Level 1 (NWEL1), Adjusted Function Points (AFS), Functional Size (FS)
Dummy variables (25)	Case Tool Used (CTU), Used Methodology (UM), Client Server (CS), DBMS Used (DBMSU), Upper Case Tool Used (UCTU), Other Case Tools (OCT), Debugging Tools (DBT), Testing Tools (TT), Performance Monitor Tools (PMT), Metrics Program (MP), Processing Improvement Program (PIP), Project Objective All Functionality (POAF), Project Objective Minimum Defects (POMD), Project Objective Minimum Cost (POMC), Project Objective Shortest Time (POST), Project Manage Changes (PMC), Personnel Changes (Pc), Meet

	State Objectives (MSO), Meet Business Requirements (MBR), Quality of Functionality (QOF), Quality of Documentation (QOD), Ease of Use (EOU), Training Given (TG), Speed of Defining Solution (SODS), Speed of Providing Solution (SOPS)
Nominal (34)	Industry Sector (IS), Organization type (OGT), Application Group (AG), Application Type (AT), Development Type (DT), Development Platform (DP), Language Type (LT), Primary Programming Language (PPL), Count Approach (CA), Project Activity Scope (PAS), How Methodology Acquired (HMA), 1 st Language (1 st LANG), 1 st Operating System (1 st OS), 1 st Database System (1 st DBS), Development Techniques (DTN), Planning Documents (PD), Specification Documents (SD), Design Documents (DD), Test Documents (TD), Implement Documents (IMD), Implement Activity (IMA), Functional Point Standard (FPS), Functional Point Standard All (FPSA), Architecture (ACT), Functional Point Training (FPT), Team Size Group (TSG), Decision Making Process (DMP), Intended Market (IMK), Size Estimate Approach (SEA), Size Estimate Method (SEM), Effort Estimate Method (EEM), Delivery Date Estimate Method (DDEM), Cost Estimate Method (CEM), Cost Recording Method (CRM)

2) การคัดเลือกคุณลักษณะ

ดำเนินการคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ โดยใช้เทคนิคการคัดเลือก

คุณลักษณะ 7 เทคนิค โดยมีรายละเอียดของเงื่อนไขในการคัดเลือกคุณลักษณะดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขในการคัดเลือกคุณลักษณะ

เทคนิคการคัดเลือก คุณลักษณะ	เงื่อนไขในการคัดเลือก
1. Forward selection 2. Backward elimination 3. Evolutionary selection	หากคุณลักษณะใดมีค่าน้ำหนักเป็น 0 หมายถึง ไม่เลือก คุณลักษณะดังกล่าวและหากคุณลักษณะใดมีค่าน้ำหนัก เป็น 1 หมายถึง เลือกคุณลักษณะดังกล่าว
4. Correlation 5. Information gain 6. Gain ratio 7. Chi square	กำหนดช่วงของค่าน้ำหนักในการพิจารณา คือ [ค่าน้ำหนักมากที่สุด, ค่าน้ำหนักน้อยที่สุด] ซึ่งค่าน้ำหนัก มากที่สุด หมายถึง คุณลักษณะดังกล่าวมีความสำคัญมาก ที่สุด และค่าน้ำหนักน้อยที่สุด หมายถึง คุณลักษณะ ดังกล่าว มีความสำคัญน้อยที่สุด และทำการทดสอบ คุณลักษณะทั้งหมดที่อยู่ในช่วงน้ำหนักดังกล่าว โดยเริ่ม จากคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดก่อน และเลือก กลุ่มคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้องในการทำนายที่สูง ที่สุด แต่หากมีค่าความถูกต้องในการทำนายที่สูงที่สุด เท่ากันหลายๆ กลุ่มจะเลือกกลุ่มที่ประกอบด้วยจำนวน คุณลักษณะที่น้อยที่สุดเป็นผลลัพธ์

3) การทำนายความถูกต้องของคุณลักษณะที่
คัดเลือกด้วยตัวแบบทำนายโครงข่าย
ประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

ทำการวัดประสิทธิภาพการทำนาย
ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการ
ซอฟต์แวร์ โดยใช้ตัวแบบทำนายโครงข่าย
ประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ร่วมกับ
คุณลักษณะที่ผ่านการคัดเลือก โดยใช้
โปรแกรม RapidMiner studio 9.0 ๑ ใน
การประมวลผลการทำงาน โดยกำหนด
จำนวนนิวรอน (Number of neurons, n)
เท่ากับ 2, จำนวนอีพ็อก (Number of
epoch, ep) เท่ากับ 200, อัตราการเรียนรู้
(Learning rate, lr) เท่ากับ 0.01 และ
ค่าคงที่โมเมนตัม (Momentum

constant, mc) เท่ากับ 0.9 และกำหนด
รูปแบบการตรวจสอบ (Validation) คือ 10
fold cross validation และ กำหนด
ลักษณะการทำ sampling type เป็นแบบ
stratified sampling โดยใช้มาตรวัดความ
ถูกต้องในการทำนาย (Accuracy) ดัง
สมการที่ 1

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (1)$$

True Positive (TP) หมายถึง ผล
การทำนายว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ และ
ผลลัพธ์บอกว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ
เช่นกัน, True Negative (TN) หมายถึง ผล
การทำนายว่าผู้ใช้งานไม่เกิดความพึงพอใจ
และผลลัพธ์ก็บอกว่าผู้ใช้งานก็ไม่เกิดความ

พึงพอใจเช่นกัน, False Positive (PS) หมายถึง ผลการทำนายว่าผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจ และผลลัพธ์บอกว่าผู้ใช้งานไม่เกิดความพึงพอใจ, False Negative (FN) หมายถึง ผลการทำนายว่าผู้ใช้งานไม่เกิดความพึงพอใจ แต่ผลลัพธ์บอกว่าผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจ

5. ผลการวิจัย

ผลการคัดเลือกปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ ด้วยเทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ เป็นดังนี้

5.1 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Correlation

ผลจากการใช้เทคนิค Evolutionary selection ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบช่วงค่าน้ำหนักมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ [1, 0.112] และทำการทดสอบกลุ่มคุณลักษณะที่ได้ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ โดยการลดคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดลงทีละ 1 คุณลักษณะ เพื่อหาว่าคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้องในการทำนายที่ดีที่สุด ผลจากการทดสอบพบ 58 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ ESM, DBMSU, CEM, PIT, AG, ES, NWEL1, DP, DMP, 1st DBS, PMC, ACT, 1st LANG, IS, PMT, TDD, POAF, UCTU, DDEM, DT, TSG, HMA, PME, PPL, IMK, NEW, SEA, 1st OS, DL, LT, DTN, PET, CRM, OCT, ES, TT, FS, CA, POMD, POMC, CTU,

SDS, MP, SPS, AT, Pc, OT, QOD, POST, CS, TG, SWE, MBR, QOF, PIP, EOU, SOPS, FPSA พบว่าให้ค่าความถูกต้องในการทำนายที่ร้อยละ 84.29

5.2 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Forward selection

ผลจากการใช้เทคนิค Forward selection ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบ 4 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ QOF, AFP, IMA, CRM หลังจากนั้น นำคุณลักษณะที่ได้เข้าสู่วิธีการทดสอบความถูกต้อง ในการทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ พบว่าให้ค่าความถูกต้องในการทำนายที่ร้อยละ 87.97

5.3 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิค Backward elimination

ผลจากการใช้เทคนิค Backward elimination ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบ 67 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ CTI, UM, CS, DBMSU, UCTU, DBT, TT, PMT, MP, PIM, POAF, POMD, POMC, POST, PMC, Pc, MBR, QOF, QOD, EOU, TG, SOPS, SODS, PME, ES, TDD, EB, ES, PIT, PET, NL1PDR, SWE, NEW, NWEL1, AFS, FS, IS, OGT, AT, AG, DT, PPL, DP, LT, CA, PAS, HMA, 1st OS, 1st DBS, DTN, PD, SD, DD, TD, IMD, IMA, FPSA, FP, ACT, FPT, DMP, IMK, SEA, ESM, DDEM, CEM, CRM หลังจากนั้น นำคุณลักษณะที่ได้เข้า

สู่การทดสอบความถูกต้อง ในการทำนาย ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ พบว่าให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายที่ร้อยละ 87.95

5.4 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Evolutionary selection

ผลจากการใช้เทคนิค Evolutionary selection ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบ 34 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ DBMSU, UCTU, DBT, TT, PIP, POMD, POMC, Post, Pc, MBR, QOF, QOD, TSG, ES, PIT, PET, NEW, NWEL1, IS, OGT, AT, DP, LT, PPL, CA, 1st LANG, DTN, PD, SD, IMD, FPSA, ACT, IMK, ESM หลังจากนั้นนำคุณลักษณะที่ได้เข้าสูการทดสอบความถูกต้อง ในการทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ พบว่าให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายที่ร้อยละ 90.61

5.5 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Information gain

ผลจากการใช้เทคนิค Information Gain ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบ ช่วงค่าน้ำหนักมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ [0.314, 0.001] และทำการทดสอบกลุ่มคุณลักษณะที่ได้ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ โดยการลดคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด

ลงทีละ 1 คุณลักษณะ เพื่อที่จะหากลุ่มคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายที่ดีที่สุด จากผลการทดสอบพบ 16 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ QOF, MBR, PD, IMD, DD, SD, EOU, PAS, IMA, TD, PIT, TG, QOS, DTN, FPT, PIP ให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ คือ ร้อยละ 86.39

5.6 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Gain ratio

ผลจากการใช้เทคนิค Gain Ratio ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบช่วงค่าน้ำหนักมากที่สุด และน้อยที่สุด คือ [0.359, 0.001] และทำการทดสอบกลุ่มคุณลักษณะที่ได้ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ โดยการลดคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดลงทีละ 1 คุณลักษณะ เพื่อหากลุ่มคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายที่ดีที่สุด ดังนั้นผลจากการทดลองพบ 6 คุณลักษณะที่ถูกเลือก ได้แก่ QOF, MBR, ES, AT, TDD, EB ให้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุดในการทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ คือ ร้อยละ 88.97

5.7 ผลการคัดเลือกคุณลักษณะ ด้วยเทคนิค Chi square

ผลจากการใช้เทคนิค chi square ในการคัดเลือกคุณลักษณะทั้งหมด 71 คุณลักษณะ พบว่าช่วงค่าน้ำหนักมากที่สุด และน้อยที่สุด [1, 0.0018] และทำการทดสอบกลุ่มของคุณลักษณะที่ได้ด้วยตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบ

แพร่กลับ โดยการลดคุณลักษณะที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดลงทีละ 1 คุณลักษณะ เพื่อที่จะหาว่าคุณลักษณะที่ให้ค่าความถูกต้อง ในการทำนายที่ดีที่สุด ดังนั้น จากผลการทดสอบพบ 12 คุณลักษณะที่ถูกเลือกได้แก่ QOF, MBR, PD, DD, SD, EOU, PAS, AT, IMA, TD, FPT, **P**IP ให้ค่าความถูกต้องที่ดีที่สุดในการทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ คือ ร้อยละ 87.97

ดังนั้น จากการคัดเลือกคุณลักษณะด้วยเทคนิคต่าง ๆ สามารถสรุปผลการทดลองได้ ดังตารางที่ 3 แสดง

ให้เห็นว่า Forward selection มีจำนวนคุณลักษณะที่ผ่านการคัดเลือกน้อยที่สุด คือ จำนวน 4 คุณลักษณะ และเทคนิค Backward elimination มีจำนวนคุณลักษณะที่ผ่านการคัดเลือกมากที่สุด คือ จำนวน 67 คุณลักษณะ แต่อย่างไรก็ตามคุณลักษณะที่ได้จากการทดลองในขั้นตอนนี้ ยังไม่สามารถชี้วัดได้ว่า กลุ่มคุณลักษณะใดที่มีประสิทธิภาพในการทำนายความพึงพอใจ ในการใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ได้ถูกต้องมากที่สุด ดังนั้น ในขั้นตอนถัดไป จึงนำเอาคุณลักษณะที่ได้เข้าสู่วิธีการทดสอบ

ตารางที่ 3 จำนวนคุณลักษณะและเงื่อนไขในการคัดเลือกคุณลักษณะ

เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ	จำนวนคุณลักษณะที่ผ่านการคัดเลือก	เงื่อนไขในการคัดเลือก [มากที่สุด, น้อยที่สุด]
1. Correlation	58	[1, 0.112]
2. Forward selection	4	[1, 0]
3. Backward elimination	67	[1, 0]
4. Evolutionary selection	34	[1, 0]
5. Information Gain	16	[0.314, 0.001]
6. Gain Ratio	6	[0.359, 0.001]
7. Chi square	12	[1, 0.0018]

6. การเปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพการทำนายความพึงพอใจ

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำนาย ได้จากการนำเอาคุณลักษณะที่ได้เป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ตัวแบบทำนายโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ พบว่า 33 คุณลักษณะ ที่ผ่านการ

คัดเลือกด้วยเทคนิค Evolutionary selection ให้ค่าร้อยละความถูกต้องในการทำนายที่สูงที่สุด คือ ร้อยละ 90.61 และในทางกลับกันหากนำ 71 คุณลักษณะเดิมทั้งหมด โดยไม่มีการคัดกรองด้วยเงื่อนไขใด ๆ เป็นข้อมูลนำเข้าตัวแบบในการทำนาย พบว่าให้ค่าร้อยละความถูกต้อง

ในการทำนายที่ต่ำที่สุด คือ ร้อยละ 81.13
แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการทำนายของแต่ละกลุ่มคุณลักษณะ

เทคนิคการคัดเลือก คุณลักษณะ	จำนวนคุณลักษณะ ที่ใช้ในการทำนาย	ค่าร้อยละของการ วัดประสิทธิภาพ
ไม่ใช้เทคนิคใด ๆ	71	81.13
Correlation	58	84.29
Forward selection	4	87.97
Backward elimination	67	97.95
Evolutionary selection	34	90.61
Information gain	16	86.39
Gain ratio	6	88.97
Chi square	12	87.97

7. สรุปผล

งานวิจัยนี้ ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล International Standard Benchmarking Standards Group ได้ข้อมูลจำนวน 191 โครงการที่มีความเหมาะสมในการนำไป

วิเคราะห์ด้วยหลักการเหมืองข้อมูล โดยใช้เทคนิคการคัดเลือกคุณลักษณะ พบ 33 ปัจจัย ที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์มากที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความถูกต้อง ในการทำนายของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ ปัจจัยเหล่านั้น แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจที่ผ่านการทดสอบจากตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ

ปัจจัย	ความหมาย
1.Architecture	สถาปัตยกรรมของซอฟต์แวร์
2.Application type	ประเภทของซอฟต์แวร์
3.Count Approach	วิธีประมาณการขนาดของโครงการซอฟต์แวร์
4.Development Techniques	เทคนิคที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์
5.DBMS used	มีการใช้งานระบบฐานข้อมูล
6.Development Platform	แพลตฟอร์มในการพัฒนาซอฟต์แวร์

7.Debugging Tools	มีการใช้งานเครื่องมือในการวิเคราะห์ และตรวจสอบซอฟต์แวร์
8.Effort Specify	ระดับขีดความสามารถในการดำเนินโครงการ
9.Effort Estimate Method	วิธีที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการดำเนินโครงการ
10.Fp Standard All	ฟังก์ชันหลักของซอฟต์แวร์
11.Implement Documents	เอกสารอธิบายรายละเอียดการติดตั้งซอฟต์แวร์
12.Intended Market	ความสัมพันธ์ที่ระหว่างผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินโครงการซอฟต์แวร์
13.Industry Sector	กลุ่มอุตสาหกรรม
14.Language Type	ประเภทของภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์
15.Meet Business Requirements	ตอบสนองความต้องการทางธุรกิจ
16.Normalized Work Effort	จำนวนชั่วโมงในการทำงานของทุกทีมงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการซอฟต์แวร์
17.Normalized Work Effort Level 1	จำนวนชั่วโมงที่ทีมพัฒนาซอฟต์แวร์ใช้ในการเขียนโปรแกรม
18.Organization Type	ประเภทของหน่วยงานหรือองค์กรธุรกิจ
19.Primary Programming Language	ภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์หลักที่ใช้ในการพัฒนาโครงการ
20.Project Inactive Time	เวลาที่สูญหายไปโดยไม่ได้ดำเนินโครงการ
21.Project Elapsed Time	ระยะเวลา (เดือน) ที่ใช้ในการดำเนินโครงการ
22.Process Improvement Program	แผนการทำงานที่ถูกกำหนดไว้เพื่อกำกับการทำงานของทีมพัฒนาซอฟต์แวร์
23.Project Objective Minimum Defects	การส่งมอบซอฟต์แวร์ที่มีข้อผิดพลาดในการทำงานที่น้อยที่สุด
24.Project Objective Minimum Costs	การส่งมอบซอฟต์แวร์ที่ทำงานได้ตามที่ต้องการด้วยค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด
25.Project Objective Shortest Time	การส่งมอบซอฟต์แวร์ที่ทำงานได้ตามที่ต้องการด้วยระยะเวลาที่สั้นที่สุด
26.Personnel Changes	การปรับเปลี่ยนทีมงานในการดำเนินโครงการซอฟต์แวร์
27.Planning Documents	เอกสารในการวางแผนโครงการ

28.Quality of Functionality	คุณภาพในการทำงานของซอฟต์แวร์
29.Quality of Documentation	คุณภาพของเอกสารประกอบโครงการ
30.Specification Documents	เอกสารอธิบายรายละเอียดของความต้องการในด้านต่าง ๆ
31.Team Size Group	ขนาดของทีมงาน
32.Testing Tools	มีการใช้งานเครื่องมือในการทดสอบซอฟต์แวร์
33.Upper Case Tool Used	มีการใช้งานเครื่องมือในการพัฒนาซอฟต์แวร์ขั้นสูง

8. อภิปรายผลการวิจัย

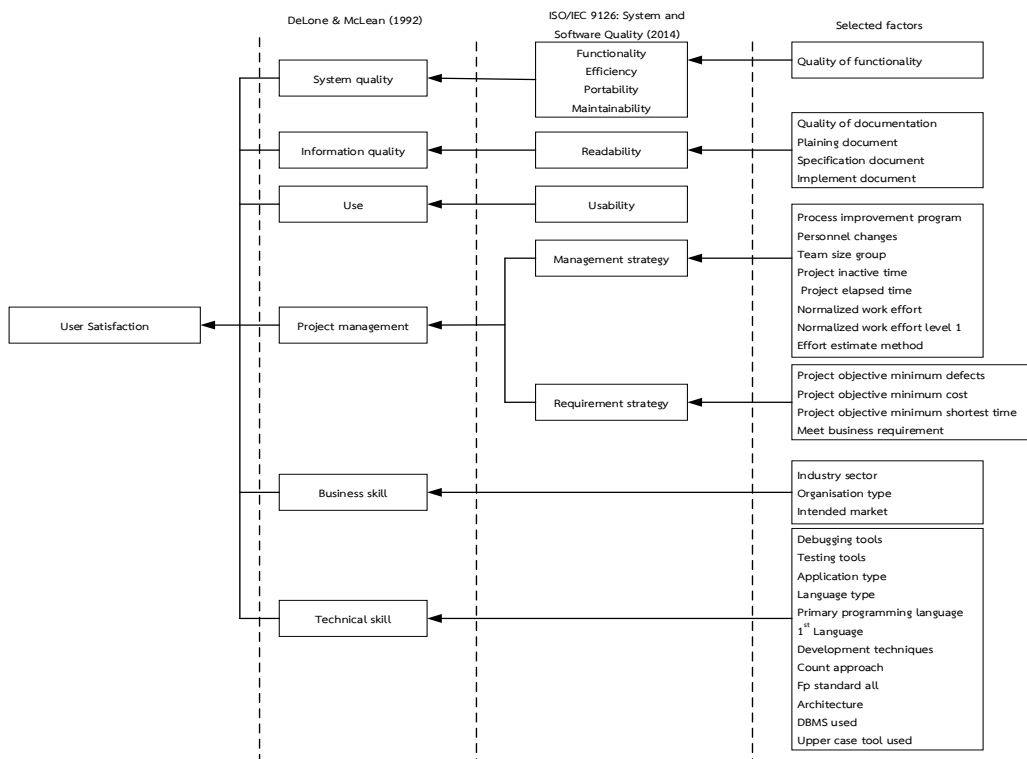
หากพิจารณากลุ่มคุณลักษณะที่ได้จากงานวิจัยนี้ ด้วยวิธีการจัดกลุ่มอย่างง่าย โดยเทียบเคียงกับองค์ความรู้ที่ได้จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในมุมมองของโมเดล และมาตรฐานนานาชาติที่ได้รับความนิยม ในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์หาปัจจัยหรือคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ระหว่างโมเดลความสำเร็จในการพัฒนาระบบสารสนเทศ (Information System Success, IS) ของ DeLone & McLean (S. Petter et.al, 2008) ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัย System Quality, Use และ Information Quality และมาตรฐาน ISO/IEC 9126: System and Software Product Quality (2014) ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัย Functionality, Efficiency, Portability, Maintainability, Usability และ Readability จะเห็นได้ว่า คุณลักษณะที่ได้จากงานวิจัยนี้ มีความสอดคล้องกับโมเดลของ DeLone & McLean (S.

Petter et.al, 2008) รวมถึงสอดคล้องกับมาตรฐาน ISO/IEC 9126 โดยจัดกลุ่มปัจจัยที่สอดคล้องกัน ได้เป็น 5 กลุ่มปัจจัยได้แก่

- 1) กลุ่มปัจจัยด้านคุณภาพของระบบ (System quality)
- 2) กลุ่มปัจจัยด้านคุณภาพสารสนเทศ (Information quality)
- 3) กลุ่มปัจจัยด้านการจัดการโครงการ (Project management) ซึ่งประกอบด้วย 2 กลุ่มปัจจัยย่อย ได้แก่
 - 3.1) กลุ่มกลยุทธ์การจัดการโครงการ (Management Strategy) และ
 - 3.2) กลุ่มกลยุทธ์การจัดการความต้องการ (Requirement Strategy)
- 4) กลุ่มปัจจัยด้านองค์ความรู้ทางธุรกิจ (Business skill)

5) กลุ่มปัจจัยด้านองค์ความรู้เชิงเทคนิค (Technical skill) โดยมีรายละเอียดแสดงดังภาพที่ 5 ซึ่งความหลากหลายของกลุ่มปัจจัยที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่า ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ไม่ได้เกิดจากคุณลักษณะ หรือปัจจัยใดปัจจัยหนึ่งเท่านั้น หากแต่ประกอบด้วยหลายปัจจัยร่วมกัน

ซึ่งนอกจากคุณภาพของระบบ คุณภาพของสารสนเทศ แล้วผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ยังชี้ให้เห็นว่าศักยภาพของการบริหารจัดการโครงการ และความสามารถของทีมงานทั้งในเชิงธุรกิจ และเชิงเทคนิค นับเป็นกลุ่มปัจจัยที่มีความสำคัญต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์



ภาพที่ 5 การจัดกลุ่มปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์

สำหรับแนวทางในการวิจัยต่อไปในอนาคต การพัฒนาโมเดลทำนายความพึงพอใจของผู้ใช้งานโครงการซอฟต์แวร์ที่สะท้อนถึงความพึงพอใจของผู้ที่มีส่วนร่วมในโครงการพัฒนาซอฟต์แวร์ และในแต่ ละภาคอุตสาหกรรม (Industry sector, IS)

9. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลในการดำเนินงานวิจัยจาก International Software Benchmarking Group

10. เอกสารอ้างอิง

- สุวิมล สิทธิชาติ. (2017). การวิเคราะห์
คุณลักษณะพื้นฐานทาง
การศึกษาด้วยเทคนิคเหมือง
ข้อมูล. วารสารเทคโนโลยี
สารสนเทศ ปีที่ 13, ฉบับที่ 2
กรกฎาคม-ธันวาคม หน้า 20-28.
- Comptia. (2020). IT industry
outlook 2021. Retrieved
from
[https://connect.comptia.org/
content/research/it-industry-
trends-analysis](https://connect.comptia.org/content/research/it-industry-trends-analysis).
- C. Venugopal, S. P. Devi and K. S.
Rao. (2010). Predicting ERP
user satisfaction and
adaptive neuro fuzzy
interface system (ANFIS)
approach. Intelligent
Information Management, 2,
pp.422-430. doi:
[https://10.4236/iim.2010.270
52](https://10.4236/iim.2010.27052).
- International Software Benchmarking
Group. (2018). ISBSG Repository
Data Release 12
<http://www.isbsg.org>.
- International Software Benchmarking
Standard Group. (2018).
Guideline of use the ISBSG
dataset.
<http://www.isbsg.org>.
- J. Han and M. Kamber. (2001). *Data
Mining Concepts and
Techniques*. Morgan
Kaufman Publishers.
- J. Venkatesh, P. Cherurvettil,
Thenmozhi. S and
Balasubramanie. (2012).
Analyses usage of process
performance models to
predict customer
satisfaction. International
Journal of Computer
Applications, Vol.47, No.12,
June, pp.35-40.
doi: [https://10.5120/7243-
0288](https://10.5120/7243-0288).
- K. Esaki. (2013). Prediction models
for total customer
satisfaction based on the
ISO/IEC 9126 system
quality model. American
Journal of Operations
Research, Vol.3, pp.393-401.
doi:
[http://10.4236/ajor.2013.340
37](http://10.4236/ajor.2013.34037).
- K. M. Alhendawi and A. S. Baharudia.
(2014). A classification
model for predicting web
users satisfaction with
information systems
success using data mining
techniques. Journal of

- Software Engineering, Vol.8, No.4, pp.265-277.
doi:
<https://10.3923/jse.2014.265.277>.
- K. P. Engelbrecht, F. Hartard, H. Katabdar and S. Moller. (2009). **Modeling user satisfaction with hidden markov models**. pp.170-177.
doi:<https://dl.acm.org/doi/pdf/10.5555/1708376.1708402>.
- L.Radlinski. (2015). **Preliminary evaluation of schemes for predicting user satisfaction with the ability of system to meet state objectives**. Journal of Theoretical and Applied Computer Science. Vol.9, No.2, 2015. pp.32-50.
- M. Bano, D. Zowghi and F. D. Rimini. (2016). **User satisfaction and system success: an empirical exploration of user involvement in software development**. Empirical Software Engineering. pp.1-36. doi:
<https://10.1007/s10664-016-94651>.
- S. Petter, W. DeLone and E. McLean. (2008). **Measuring information system success: models, dimensions, measures, and interrelationships**. European Journal of Information System, 17, pp.236-263, doi:
<https://doi.org/10.1057/ejis.2008.15>
- T. Nafees. (2011). **Impact of user satisfaction of software quality in use**. International Journal of Electrical & Computer Science Vol.11, No.03, pp.48-56.
- V. Kotu and B Deshpande. (2019). **Data Science Concepts and Practices**. Elsevier.
- X. Xia, D. Lo, J. Tang and S. Li. (2015). **Customer satisfaction feedback in an IT outsourcing company: a case study on the insigma hengtian company**. April 27-29. doi:
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/2745802.2745834>.