การประยุกต์อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุปัจจัยความสำเร็จที่ถูกสนับสนุนโดยการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ

An Application of Machine Learning Algorithms to Identify Success Factors being Promoted by Repetition Online Learning

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2565
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

การประยุกต์อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุปัจจัยความสำเร็จที่ถูกสนับสนุนโดยการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ

An Application of Machine Learning Algorithms to Identify Success Factors being Promoted by Repetition Online Learning

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2565
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การประยุกต์อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุปัจจัยความสำเร็จที่ถูกสนับสนุนโดยการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ

ผู้วิจัย : ดร. พรภัทร์ ศิริธรรมกุล สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

พ.ศ. : 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอ add-on ที่ทำงานร่วมกับ Google Forms สำหรับสร้างคำถามที่มีตัวเลือกแบบปรนัย (Multiple-Choice Questions: MCQs) ตัว add-on นี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ซอฟต์แวร์สำหรับสร้าง MCQs และหน่วยเก็บข้อมูลสำหรับเก็บข้อมูลที่ใช้สร้าง MCQs ในเอกสารฉบับนี้ ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ add-on โดยการใช้ add-on นี้ในบริบทของการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำซึ่งเป็นวิธีการที่นักศึกษาสามารถเรียนซ้ำและทำข้อสอบที่ใช้ MCQs ที่สร้างจาก add-on ในขั้นตอนสุดท้ายของงานวิจัยนี้ นักวิจัยได้แนะนำการใช้วิธีวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) – ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการประมวลผลภาษาธรรมชาติและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อค้นหาปัจจัยแวดล้อมและกลยุทธ์การสอนที่เหมาะสมกับการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ

Title : An Application of Machine Learning Algorithms to Identify Success Factors being Promoted by Repetition Online Learning

Researcher : Dr. Pornpat Sirithumgul Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

Year : 2022

ABSTRACT

This research suggests an add-on working compatibly with Google Forms to construct multiple-choice questions (MCQs). This add-on comprises two main components, including software for constructing MCQs, and a data storage for collecting data used to compose MCQs. I demonstrated effectiveness of the add-on by applying it in the context of repetition online learning in which students could learn, relearn, and take an exam of which MCQs generated by the add-on. At the last step of this research, I suggest using a sentiment analysis method – based on natural language processing and machine learning to find environmental factors and teaching strategies suitable for the repetition online learning.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยทุนวิจัยจากงบประมาณรายได้ประจำปีงบประมาณ 2565 [รหัสทุนวิจัย 65-1406-01/3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และทุนความร่วมมือที่สนับสนุนโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประเทศไทย และ Indian Council of Social Science Research (ICSSR) ประเทศอินเดีย ทางผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1	8
บทนำ	8
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	8
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง	10
1.4 ขอบเขตการวิจัย	11
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย	11
บทที่ 2	12
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
2.1 Ontology Database	12
2.2 Sentiment Analysis	14
บทที่ 3	19
อัลกอริทึมและการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม	19
3.1 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ	19
3.2 อัลกอริทึมสำหรับการสร้างคำถามในโดเมนความรู้	21

3.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ MCQs ที่ผลิตโดย Add-on 24

บทที่ 4 27

การทดลอง 27

4.1 การวางแผนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ 27

4.2 การทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้แบบวนซ้ำ 30

4.3 การค้นคว้าหากลยุทธ์สำหรับการสอนออนไลน์แบบวนซ้ำ 30

บทที่ 5 33

ผลการทดลอง 33

5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์ 33

5.2 ผลการทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้แบบวนซ้ำ 39

5.3 ผลการค้นคว้าหากลยุทธ์สำหรับการสอนออนไลน์แบบวนซ้ำ 40

บทที่ 6 42

บทสรุปงานวิจัย 42

บรรณานุกรม 44

ภาคผนวก 51

ประวัติผู้วิจัย 66

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1: ตัวอย่างข้อมูลและเอาต์พุตจากการประมวลผลโดย Google Cloud NLP	32
5-1: ตารางแจกแจงความถี่	34
5-2: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 1 - 2	36
5-3: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 3 - 4	36
5-4: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 5	37
5-5: จำนวนนักศึกษาที่เลือกตัวลวงใน MCQs เซต 1 - 5	38
5-6: จำนวนตัวลวงที่มีประสิทธิภาพของ MCQs ในเซต 1 - 5	38
5-7: ข้อมูลสถิติของคะแนนสอบก่อนและหลังการเรียนทวนซ้ำ	39
5-8: บทสรุปกลยุทธ์การสอนจากการประมวลผล Sentiment Analysis	40

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1: Ontology ของโดเมนความรู้	13
2-2: Relational Database ของข้อมูลในโดเมนความรู้	13
2-3: ตัวอย่างการประมวลผลโดยใช้ Google Cloud NLP	14
2-4: รูปแบบของการประมวลผล Sentiment Analysis	15
2-5: การประมวลผล Sentiment Analysis แบบ Lexicon-based Approach	16
2-6: การประมวลผล Sentiment Analysis แบบ Machine Learning Approach	17
3-1: สถาปัตยกรรมของ Add-On	20
3-2: (a) ตัวอย่าง Python Code และ (b) Flow Graph ของ Python Code	21
3-3: จำนวน test cases ที่คำนวณด้วย Software Testing Methods ทั้ง 3 วิธี	22
3-4: Pseudocode สำหรับสร้างประโยคคำถาม	23
3-5: Pseudocode สำหรับสร้างตัวเลือก	24
3-6: (a) MCQ ประเภทที่ 1 และ (b) MCQ ประเภทที่ 2	25
3-7: (a) MCQ ประเภทที่ 3 และ (b) MCQ ประเภทที่ 4	26
4-1: การแบ่งข้อมูลในกลุ่มทดลอง	28
4-2: ตัวอย่างคำถามที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์	29
5-1: กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคำตอบของคำถามจาก Add-On และจากผู้เชี่ยวชาญ	35

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ ขอบเขตงานวิจัย และประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้รับแรงบันดาลใจจากการเรียนการสอนออนไลน์ในช่วงสถานการณ์ Covid-19 ที่ระบาดไปทั่วโลก ถึงแม้ว่าการสื่อสารออนไลน์ – ทั้งแบบซิงโครนัส (synchronous) และแบบอะซิงโครนัส (asynchronous) จะถูกนำมาใช้ในการเรียนการสอนออนไลน์แทนการเรียนในห้องเรียน การสอบวัดประเมินความรู้ก็ยังเป็นสิ่งที่ท้าทาย ยากลำบาก และใช้แรงงานและเวลาของผู้สอนอย่างมากในการเตรียมการ

ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้ประโยชน์จากกูเกิ้ลฟอร์ม (Google Forms) เพื่อสร้างเป็นเครื่องมือสำหรับผลิตข้อสอบอัตโนมัติที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญมนุษย์ในสาขาวิชาที่กำหนด เนื่องจาก Google Forms เป็นเครื่องมือที่ได้รับความนิยม มักถูกใช้เพื่อสร้างแบบสอบถามออนไลน์ (online survey) เพราะมีฟีเจอร์ (feature) ไว้สำหรับจัดการชุดของคำถามให้สวยงามและเหมาะสมกับสำหรับผู้ที่ตอบแบบสอบถาม [1] การที่ Google Forms สามารถสร้างรายงานให้กับผู้ใช้งานได้อย่างอัตโนมัติยังเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ Google Forms ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ทำแบบสอบถามออนไลน์และยังเป็นที่นิยมนำมาใช้สร้างเป็นแบบทดสอบออนไลน์ [2]

ถึงแม้ว่า Google Forms จะเป็นเครื่องมือที่ใช้ง่ายและมีฟังก์ชันที่พอเพียงสำหรับการสร้างคำถามให้กับผู้ใช้งานออนไลน์ ทางผู้วิจัยกลับเห็นว่า Google Forms ก็ยังไม่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมเพียงพอที่จะใช้เพื่อสร้างข้อสอบให้กับผู้เรียนออนไลน์ ด้วยเหตุว่า ในการสอบออนไลน์นั้น ผู้สอนต้องคำนึงถึงการป้องกันการทุจริตระหว่างการสอบ [3 – 6] และเพื่อเป็นการป้องกันปัญหานี้ ผู้สอนจึงต้องสร้างข้อสอบขึ้นมาหลายชุด โดยข้อสอบแต่ละชุดจะต้องมีโจทย์ข้อสอบที่แตกต่างกัน แต่สามารถวัดผลความรู้ในเรื่องเดียวกันและมีความยาก - ง่ายในระดับเดียวกัน การเตรียมการในลักษณะนี้ถือว่าเป็นภาระงานที่หนักอย่างมากสำหรับผู้สอน

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงขอเสนอวิธีการสร้างแอปพลิเคชันซึ่งเป็นส่วนต่อขยายการทำงานของ Google Forms เรียกว่า add-on สำหรับสร้างคำถามแบบปรนัยแบบอัตโนมัติ โดยคำถามที่สร้างจะมีความหลากหลายของการสร้างประโยคคำถามและตัวเลือก แต่ยังคงความความสม่ำเสมอใน

การวัดความรู้ตามจุดประสงค์ที่ผู้สอนวางไว้ ทั้งนี้ ยังเป็นการช่วยลดภาระงาน แรงงาน และเวลาของผู้สอนในการสอนออนไลน์ได้อีกด้วย

นอกจาก add-on ที่ประดิษฐ์ขึ้นแล้ว ทางผู้วิจัยยังเสนอแนวทางการนำ add-on ไปใช้ กล่าวคือ ทางผู้วิจัยเห็นว่าการเรียนออนไลน์มีข้อดีในแง่ที่ว่า ผู้เรียนสามารถย้อนกลับมาเรียนซ้ำหรือเรียนเพิ่มเติมบทเรียนเดิมได้ที่เรียกว่า การเรียนแบบวนซ้ำ (repetition learning) ผ่านสื่อการสอน เช่น วิดิโอบันทึกการสอน และเอกสารประกอบการสอน รวมถึงการเรียนเพิ่มเติมแบบเรียลไทม์ (real time) โดยอาจารย์ผู้สอน การเรียนแบบวนซ้ำนี้มีแนวโน้มที่จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนดียิ่งขึ้น บทพิสูจน์นี้ทำได้โดยใช้ add-on ที่งานวิจัยนี้ประดิษฐ์ขึ้นในการสร้างคำถามวัดผลความรู้ หากข้อสอบสำหรับวัดผลก่อนและหลังการเรียนซ้ำมีความยาก – ง่ายที่สม่ำเสมอ และนักศึกษาสามารถทำข้อสอบได้ด้วยคะแนนที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจะเป็นบทพิสูจน์ว่า การเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำมีประสิทธิภาพ

สุดท้าย งานวิจัยนี้ยังเสนอแนวทางการจัดการเรียนการสอนออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพไว้ด้วย โดยบทสรุปแนวทางการเรียนการสอนที่เหมาะสมนี้จะมาจากความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อการเรียนในหมวดวิชาทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ (computer science and engineering) โดยการวิเคราะห์จะใช้อัลกอริทึมทางคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า sentiment analysis (หรือการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก) ที่มีเบื้องหลังการทำงานได้แก่ การวิเคราะห์ความรู้สึกของผู้เรียนต่อการเรียนผ่านคำศัพท์ที่ใช้ (lexical analysis) และการใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning algorithm) ในการวิเคราะห์ทัศนะคติของผู้เรียนต่อวิชาเรียน อาจารย์ผู้สอน รวมถึงเทคนิคที่อาจารย์นำมาใช้สอนในรายวิชา

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อเสนอวิธีการออกแบบและผลิตแอปพลิเคชัน add-on สำหรับผลิตข้อสอบออนไลน์แบบอัตโนมัติ
2) เพื่อแสดงประสิทธิภาพของ add-on และแสดงผลลัพธ์ของการทำงานที่ชัดเจนในบริบทของการใช้งานจริง
3) เพื่อเสนอแนวทางการนำ add-on ไปใช้ในบริบทของการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ (repetition online learning) และนำเสนอแนวคิดการหาปัจจัยแวดล้อม (environmental factors) ของการใช้ add-on ที่ทำให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการเรียน

1.3 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

เครื่องมือที่ใช้สำหรับผลิตคำถามอัตโนมัติเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับอาจารย์ผู้สอนที่ใช้สำหรับลดภาระงานในการสร้างข้อสอบได้ และเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพก็จะช่วยให้อาจารย์รักษามาตรฐานของข้อสอบที่มีอยู่หลากหลายชุดให้อยู่ในระดับเดียวกันได้

งานวิจัยก่อนหน้านี้ [7 - 17] ได้แนะนำวิธีการผลิตรวมถึงอัลกอริทึมของซอฟต์แวร์ที่ผลิตคำถามอัตโนมัติไว้ งานวิจัยเหล่านี้ นับว่าประสบความสำเร็จในแง่มุมของการสร้างคำถามที่อ่านรู้เรื่องและเข้าใจได้โดยมนุษย์ หากแต่มีการพบข้อจำกัดว่าซอฟต์แวร์ที่ผลิตคำถามเหล่านี้ [7 – 17] มิได้ถูกนำมาใช้เพื่อทดสอบความรู้ในบริบทการเรียนรู้จริง และระดับความรู้ของนักเรียนที่ถูกประเมินโดยเครื่องมือเหล่านี้ก็มิได้ถูกรายงานอย่างชัดเจน

งานวิจัยอีกจำนวนหนึ่ง [18 – 39] มีความคล้ายกับงานวิจัยนี้ กล่าวคือ มีการสร้างเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับสร้างคำถามปรนัยหลายตัวเลือก (Multiple-Choice Questions: MCQs) ที่ใช้ในการวัดความรู้ในชั้นเรียน เครื่องมือของงานวิจัย [18 – 22] ถูกใช้เพื่อวัดความรู้ด้านภาษาศาสตร์ และงานวิจัย [23 – 39] วัดความรู้ในวิชาทางสายวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยในกลุ่มนี้ [18 – 39] ก็มิได้แสดงว่าคำถามที่เครื่องมืออัตโนมัติผลิตขึ้นมีความสม่ำเสมอกันหรือไม่ เมื่อพิจารณาในแง่มุมต่าง ๆ ได้แก่ หัวข้อ (topic) ของเนื้อหาบทเรียน แนวคิด (concept) ของบทเรียน หรือระดับความรู้ (cognitive levels) [40] ที่คำถามนั้นวัดได้อยู่ในระดับใด เช่น ระดับความจำ (remembering) ระดับความเข้าใจ (understanding) หรือระดับวิเคราะห์ (analyzing)

สำหรับงานวิจัยนี้มุ่งหวังที่จะสร้างเครื่องมือสำหรับผลิต MCQs ที่มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) **ทำงานร่วมกันได้กับ Google Forms:** แอปพลิเคชันที่สร้างขึ้นนี้ถือว่าเป็นส่วนต่อขยาย (add-on) ของ Google Forms โดย add-on นี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้ Google Forms เพื่อนำเสนอ MCQs ที่อยู่ในรูปแบบที่นักศึกษาอ่านได้
2) **สามารถสร้าง MCQs ที่มีความสม่ำเสมอ:** ความสม่ำเสมอของ MCQs ในที่นี้หมายถึง ชุดของคำถามที่ถูกสร้างขึ้นต่างชุดกันจะประกอบด้วยคำถามที่วัดความรู้ในหัวข้อ (topic) เดียวกัน วัดแนวคิด (concept) เดียวกัน วัดระดับความรู้ (cognitive levels) ในระดับเดียวกัน รวมถึงมีความยาก – ง่ายของคำถามใกล้เคียงกัน
3) **ไม่ใช้เวลาและแรงงานของผู้ใช้งานสำหรับสร้าง MCQs:** ณ เวลาใช้งานการสร้าง MCQs จะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติ ผู้ใช้งาน (ในที่นี้คือ อาจารย์ผู้สอน) เพียงเตรียมตัวอย่างข้อมูลให้กับ add-on เท่านั้น ผู้ใช้งานไม่จำเป็นต้องมีความรู้เป็นพิเศษในการตั้งค่า (config) หรือจัดการข้อมูลที่มีความซับซ้อน

นอกจากนี้ทางผู้วิจัยเล็งเห็นว่า ด้วยตัวเทคโนโลยีที่นำเสนอเพียงอย่างเดียวมิอาจทำให้เกิดประโยชน์ได้มากนักกับผู้ใช้งาน – ทั้งในแง่มุมของนักเรียนและอาจารย์ ทางผู้วิจัยจึงได้แนะนำสภาพแวดล้อมของการใช้งานที่เหมาะสมกับการใช้ add-on ที่เป็นผลผลิตของงานวิจัยนี้ไว้ด้วย โดยงานวิจัยนี้เสนอว่า add-on ที่สร้างขึ้นนี้สามารถนำไปใช้ในบริบทของการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ (repetition online learning) ที่ต้องการวัดผลความรู้ของการเรียนของนักศึกษาที่มีการเรียนทบทวนเป็นวงรอบได้ งานวิจัยนี้ได้เสนอแนะว่าการเรียนทบทวนในแต่ละครั้งจะทำให้นักเรียนรู้จุดบกพร่องที่ตนเองพลาดไปในการเรียนรอบก่อนหน้า และมีแนวโน้มว่าผลของการเรียนที่วัดได้หลังการเรียนทบทวนจะดีขึ้น ทั้งนี้ การเรียนแบบวนซ้ำก็ควรจะอยู่ในสิ่งแวดล้อมและบริบทการเรียนรู้ที่นักเรียนยอมรับได้ด้วย นักวิจัยได้เพิ่มเติมบทวิเคราะห์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนไว้ในเอกสารวิจัยนี้ด้วย ซึ่งบทวิเคราะห์นี้เป็นผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) และการวิเคราะห์คำศัพท์ (lexical analysis) เพื่อวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) ของความเห็น (opinion) ของนักศึกษาเกี่ยวกับบทบาทของอาจารย์ผู้สอน เทคนิคที่อาจารย์ใช้ รวมถึงสภาพแวดล้อมการเรียนที่กลุ่มนักเรียนเหล่านี้รู้สึกพึงพอใจ

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1) ออกแบบและสร้าง add-on สำหรับผลิตคำถามแบบปรนัย (MCQs) สำหรับวัดความรู้ในโดเมนความรู้เกี่ยวกับการทดสอบซอฟต์แวร์ (software testing)
2) ทดสอบประสิทธิภาพของ add-on ในบริบทการใช้งานจริง
3) วิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ตามแนวทางการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ โดยใช้อัลกอริทึมและศาสตร์คอมพิวเตอร์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ได้เห็นแนวทางการสร้างแอปพลิเคชันที่อยู่ในรูปแบบของระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) และได้เข้าใจสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงของแอปพลิเคชัน

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีฐานข้อมูลออนโทโลจี (ontology database) [52] ที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานสำหรับสร้าง add-on และหลักการวิเคราะห์อารมณ์ความรู้สึกของงานเขียน (sentiment analysis) ที่อยู่บนพื้นฐานของการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์คำศัพท์ (lexical analysis) และการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ในส่วนของ ontology database นั้น ผู้วิจัยได้นำไปใช้เพื่อกำหนดขอบเขตแนวคิด (concept) และความสัมพันธ์ของแนวคิด (concepts' relations) ในโดเมนความรู้เกี่ยวกับการทดสอบซอฟต์แวร์ และได้ทำการสร้างสืบเนื่อง (derive) ให้เป็นฐานข้อมูลความสัมพันธ์ (Relational Database: RDB) สำหรับการเก็บข้อมูล (data instances)

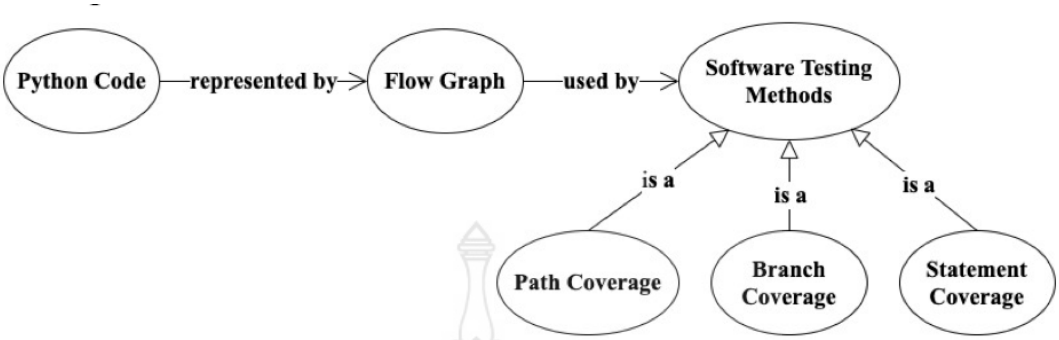
สำหรับการวิเคราะห์ sentiment analysis ผู้วิจัยได้นำมาใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็น (opinion) ของนักศึกษาที่ปรากฏในเว็บไซต์แสดงความคิดเห็น (review site) เพื่อค้นหาความคิดเห็นเชิงบวก (positive opinion) ที่วิพากษ์วิจารณ์ผู้สอนและสภาพแวดล้อมในการเรียนที่ทำให้นักศึกษาประสบความสำเร็จ เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการอธิบายคุณลักษณะและการทำงานของ Google Cloud NLP[1] ที่ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์รวมถึงแนวคิด lexical analysis และ machine learning ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของการสร้างเครื่องมือนี้

2.1 Ontology Database

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้การออกแบบ ontology เพื่อกำหนด concepts และความสัมพันธ์ของ concepts ดังแสดงในภาพที่ 2-1 โดย concepts ที่ในโดเมนที่มีความสัมพันธ์แบบ mutual relations ประกอบด้วย 'Python Code', 'Flow Graph' และ 'Software Testing Methods' โดยที่ความสัมพันธ์ 'represented by' หมายถึง data instances ที่เป็น flow graph ถูกใช้เพื่ออธิบาย data instances ที่เป็น Python code แต่ละชิ้น และความสัมพันธ์ 'used by' เป็น mutual relation ระหว่าง 'Flow Graph' และ 'Software Testing Methods' ที่แสดงว่าในการคำนวณหาจำนวนกรณีทดสอบ (test cases) นั้น แต่ละวิธีการของการทดสอบซอฟต์แวร์ (แต่ละ instance ของ software testing method) จะใช้ data instance ที่เป็น flow graph ในการคำนวณ

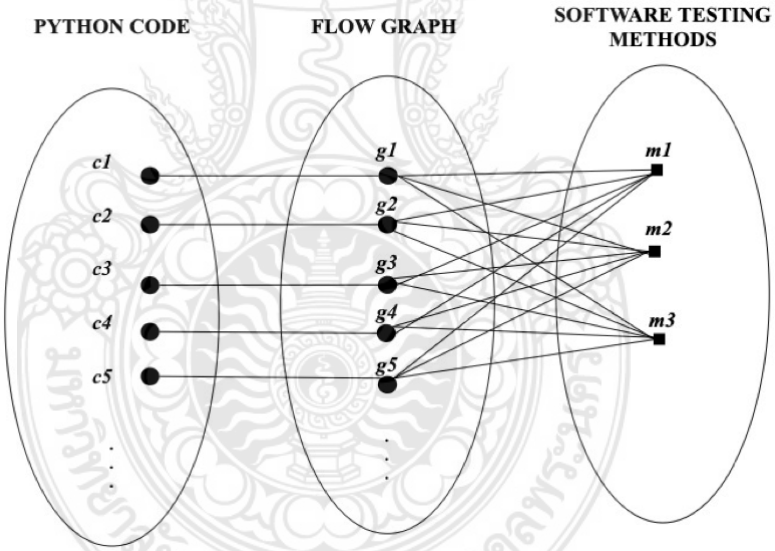
---

[1] **Natural Language AI.** สืบค้นจาก https://cloud.google.com/natural-language วันที่ 21 กันยายน 2565



ภาพที่ 2-1: Ontology ของโดเมนความรู้

มี concepts อยู่ 3 ตัวที่เป็น instance concepts ได้แก่ ‘Path Coverage,’ ‘Branch Coverage’ และ ‘Statement Coverage’ ความสัมพันธ์ระหว่าง ‘Software Testing Methods’ และ instance concepts ทั้ง 3 ตัวนี้ เรียกว่า ‘is-a’ relation หรือความสัมพันธ์ของแนวคิดในภาพรวม (generic idea) กับแนวคิดที่เป็นรูปธรรม (instance concepts)



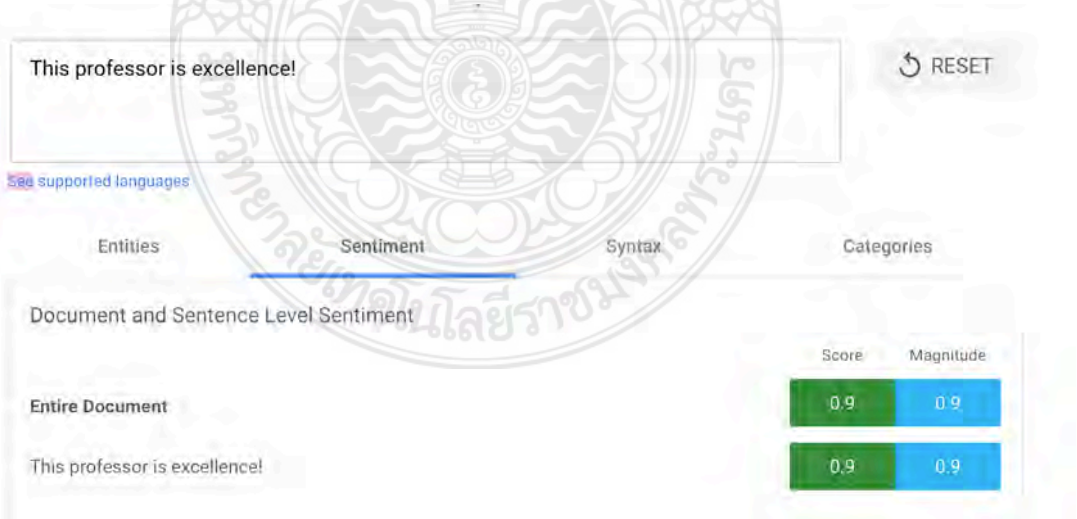
ภาพที่ 2-2: Relational Database ของข้อมูลในโดเมนความรู้

ผู้วิจัยได้นำ ontology ที่ออกแบบซึ่งเป็นการออกแบบในระดับตรรกะ (logical design) ไปพัฒนาต่อให้เป็นการออกแบบสำหรับจัดเก็บข้อมูลของฐานข้อมูลแบบ RDB ซึ่งเป็นการออกแบบในระดับกายภาพ (physical design) ดังแสดงในภาพที่ 2-2

เมื่อเปรียบเทียบภาพที่ 2-1 กับภาพที่ 2-2 จะเห็นว่า concept หลัก -- 'Python Code', 'Flow Graph' และ 'Software Testing Methods' ได้ถูกเปลี่ยนให้เป็น entities ของ RDB และ instance concepts – 'Path Coverage', 'Branch Coverage' และ 'Statement Coverage' ได้ถูกปรับให้เป็น data instances ของ entity ชื่อ 'Software Testing Methods' การจับคู่ความสัมพันธ์ของข้อมูลในระดับ physical design มีความสอดคล้องกับความสัมพันธ์ของ concept ในระดับ logical design ด้วย กล่าวคือ data instances ใน entities 'Python Code' และ 'Flow Graph' จับคู่กันแบบ one-to-one และ data instances ใน entities 'Flow Graph' และ 'Software Testing Methods' จับคู่กันแบบ many-to-many

2.2 Sentiment Analysis

Google Cloud NLP เป็น "Software as a Service" (SaaS) ที่มีการประมวลผลบน Cloud และมี API ไว้ให้บริการประมวลผลทางภาษา (Natural Language Processing: NLP) ขั้นพื้นฐานทั้งหมด ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้บริการในส่วนของการประมวลผล sentiment analysis มาใช้ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับอาจารย์ผู้สอนและสภาพแวดล้อมของการเรียนรู้

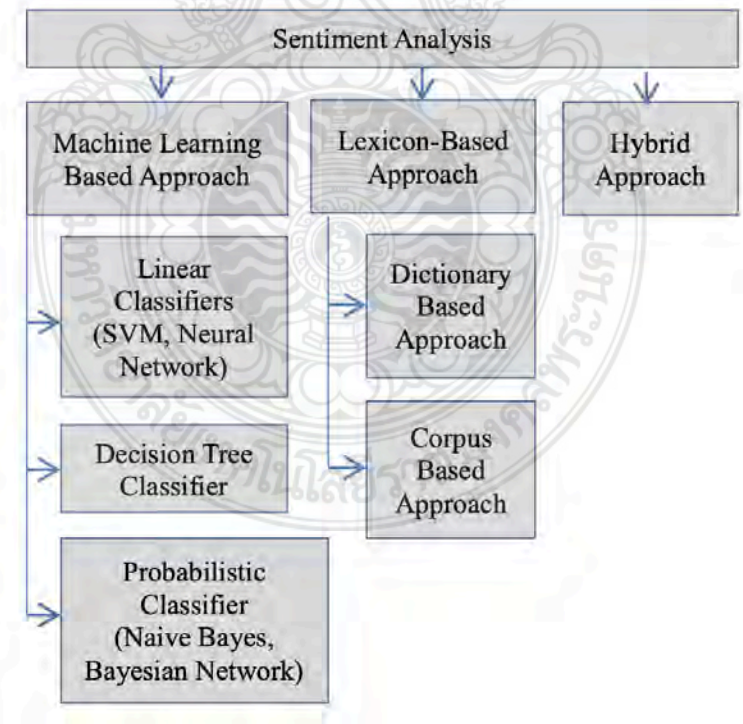


ภาพที่ 2-3: ตัวอย่างการประมวลผลโดยใช้ Google Cloud NLP

ตัวอย่างการประมวลผลโดย Google Cloud NLP และเอาต์พุตที่ได้แสดงในภาพที่ 2-3 เอาต์พุตที่ได้จาก Google Cloud NLP คือค่าที่ระบุโดย 2 ตัวแปร ได้แก่ ‘score’ และ ‘magnitude’ ค่าของ score จะบ่งบอกความรู้สึกของประโยค/เซตของประโยคที่วิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้ว อารมณ์ ได้แก่ รู้สึกบวก (positive) – ค่า score อยู่ระหว่าง [0.25, 1.00], รู้สึกลบ (negative) – ค่า score อยู่ระหว่าง [-0.25, 0.25] และกลางๆ (neutral) – ค่า score อยู่ระหว่าง [-1.00, -0.25] ส่วนตัวแปร magnitude แสดงความเข้มข้นของอารมณ์ (strength of sentiment) มีค่าตั้งแต่ 0 ไปจนถึง infinity

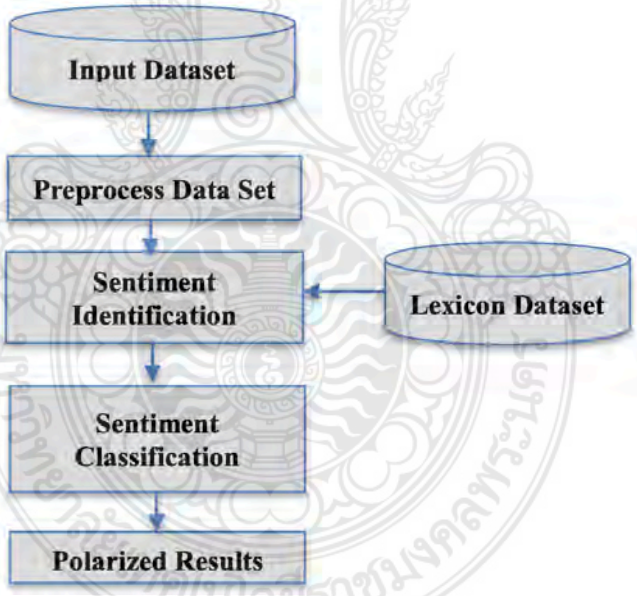
จากตัวอย่างภาพที่ 2-3 เป็นการวิเคราะห์ sentiment analysis ของประโยค “This professor is excellent!” ได้ผลสรุปว่าประโยคนี้แสดง positive sentiment และมีค่า strength of sentiment เท่ากับ 0.90

หลักการสร้างเครื่องมือประมวลผล sentiment analysis แบ่งออกเป็น 3 แบบ หลัก ดังแสดงในภาพที่ 2-4 [53] ได้แก่ การประมวลผลแบบ lexicon-based approach, การประมวลผลแบบ machine learning-based approach และแบบผสมระหว่าง lexicon-based และ machine learning-based approaches



ภาพที่ 2-4: รูปแบบของการประมวลผล Sentiment Analysis [53]

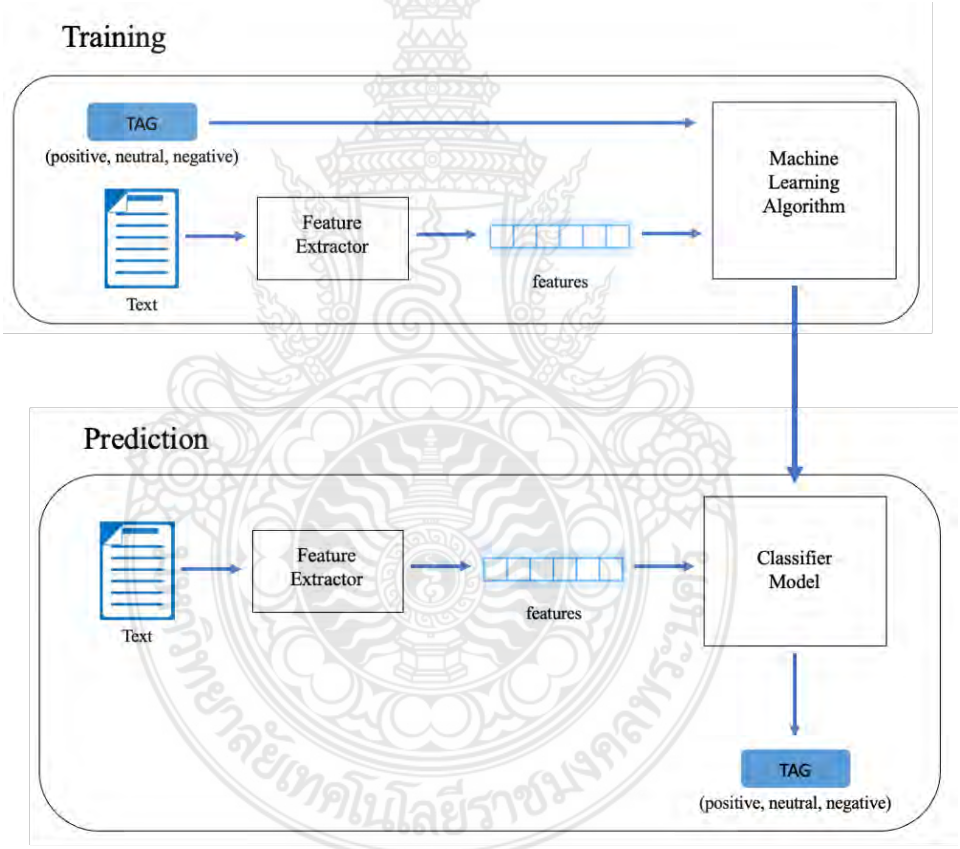
การประมวลผลแบบ lexicon-based approach แสดงในภาพที่ 2-5 [53] เป็นรูปแบบการประมวลผลที่นักออกแบบซอฟต์แวร์ได้กำหนดกฎเกณฑ์ของคุณลักษณะของประโยค (feature) และคำศัพท์ (lexicon) เพื่อจัดหมวดหมู่หรือขั้วอารมณ์ (polarization) ของประโยคไว้ล่วงหน้า และใช้ “lexicon dataset” เป็นเครื่องมือในการตีความหมายของคำศัพท์และระบุประเภทของอารมณ์ (sentiment identification) จากความหมายของคำ เนื่องจากวิธีนี้จะเน้นการพิจารณาความหมายของคำ (semantic analysis) ขั้นตอนการประมวลผลทางภาษา “data preprocessing” ก่อนการประมวลผล “sentiment analysis” จึงมีความสำคัญ ขั้นตอน *data preprocessing* ประกอบด้วย *text cleansing* – สำหรับละเครื่องหมายวรรคตอน, *tokenization* – การแบ่งคำในประโยคออกเป็นโทเค็น (token) เพื่อค้นหา token ที่แสดง feature สำคัญในประโยค, *POS tagging* – ใช้เพื่อกำหนดบทบาทหน้าที่ของคำ เช่น คำนาม และคำกริยา, *stop-word removal* – ใช้เพื่อละคำประเภท stop words เช่น สรรพนาม บุพบท และกริยาช่วย เป็นต้น และสุดท้าย lemmatization – ใช้เพื่อแปลง (convert) คำที่แปรไปตามหลักไวยากรณ์ให้กลับไปอยู่ในรูปแบบของคำที่อยู่ในพจนานุกรม เช่น การแปลงคำนามพหูพจน์ไปเป็นเอกพจน์ และแปลง participial เป็น present tense



ภาพที่ 2-5: การประมวลผล Sentiment Analysis แบบ Lexicon-based Approach [53]

การประมวลผลแบบ machine learning-based approach[2] แสดงในภาพที่ 2-6 ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการสอน (training) และขั้นตอนการทำนาย (prediction)

ในขั้นตอนการสอน (training) ข้อมูลที่เป็นข้อความ (text) จะถูกเลือกฟีเจอร์โดยซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่สกัดฟีเจอร์ (feature extractor) โดยฟีเจอร์ที่เลือกคือ คำที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ เช่น คำนาม คำกริยา และคำคุณศัพท์เป็นต้น ทั้งนี้คำที่เลือกจะถูกแท็ก (tag) ไว้แล้วว่าเป็นคำที่อยู่ในกลุ่มของความรู้สึกใด เช่น positive, negative และ neutral คำที่ถูก tag แล้วนี้จะเข้าสู่กระบวนการการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning Algorithm) เช่น Naïve Bayes, Linear Regression, Support Vector Machines และ Deep Learning เป็นต้น ผลลัพธ์การเรียนรู้ของเครื่องคือ โมเดลการจำแนกข้อมูล (classifier model) เป็นต้น



ภาพที่ 2-6: การประมวลผล Sentiment Analysis แบบ Machine Learning Approach

[2] **ข้อมูลจาก Sentiment Analysis: A Definitive Guide.** สืบค้นเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2565, จาก https://monkeylearn.com/sentiment-analysis/

ในขั้นตอนการทำนาย (prediction) เอกสารอินพุตที่ต้องการทำนายซึ่งอยู่ในรูปแบบข้อความ (text) ถูกสกัดฟีเจอร์โดยซอฟต์แวร์สำหรับสกัดฟีเจอร์ (feature extractor) โดยฟีเจอร์ที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลโดยโมเดลการจำแนกข้อมูล (classifier model) และได้ผลลัพธ์เป็นบทสรุปว่าเอกสารอินพุตอยู่ในหมวดอารมณ์ใดระหว่าง positive, negative และ neutral

กล่าวโดยสรุป การประมวลผลแบบ lexicon-based approach จะใช้กฎ (rule) ที่ผู้เชี่ยวชาญสร้างขึ้น ส่วนการประมวลผลแบบ machine learning-based approach จะเป็นการสร้าง rule ในรูปแบบของ classifier model ที่ได้จากการเรียนรู้ของเครื่องผ่านข้อมูล training dataset

วิธี hybrid approach คือวิธีการที่ผสมผสานระหว่าง rule-based และ machine learning approaches เข้าด้วยกัน เพื่อให้การวิเคราะห์อารมณ์ (เช่น positive, negative และ neutral) มีความแม่นยำมากขึ้น ตัวอย่างของประโยคที่ใช้วิธี hybrid approach เช่น ประโยคเย้ยหยัน ถากถาง ประชดประชัน การพูดที่ตรงกันข้ามกับความเป็นจริง และการเปรียบเปรย เป็นต้น โดยประโยคประเภทนี้ หากวิเคราะห์กันตามตัวอักษร มักจะเป็นไปในทางบวก (positive) หรือทางลบ (negative) แต่ความหมายเป็นไปในทิศทางตรงกันข้าม หรือใช้เพื่อการเปรียบเปรย ดังปรากฏในคำสุภาษิตหรือคำพังเพย ซึ่งไม่สามารถแปลอย่างตรงไปตรงมาได้ เช่น *“The grass is always greener on the other side”* ซึ่งหากใช้วิธี rule-based approach ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ความหมายของศัพท์แต่ละตัวในประโยคอาจสรุปได้ว่าประโยคนี้เป็น neutral หรือระดับ neutral ที่ค่อนไปทาง positive แต่หากใช้การวิเคราะห์ร่วมกับวิธี machine learning approach ที่พิจารณาบริบท (context) ของการนำประโยคไปใช้รวมอยู่ด้วยจะแสดงผลทาง negative ซึ่งแม่นยำมากกว่าในแง่การพิจารณาว่าผู้พูดประโยคนี้ไม่เห็นคุณค่าสิ่งที่ตนเองมีอยู่ แต่กลับเห็นสิ่งที่ผู้อื่นมี (แต่ตนเองไม่มี) มีคุณค่ามากกว่า

บทที่ 3

อัลกอริทึมและการออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม

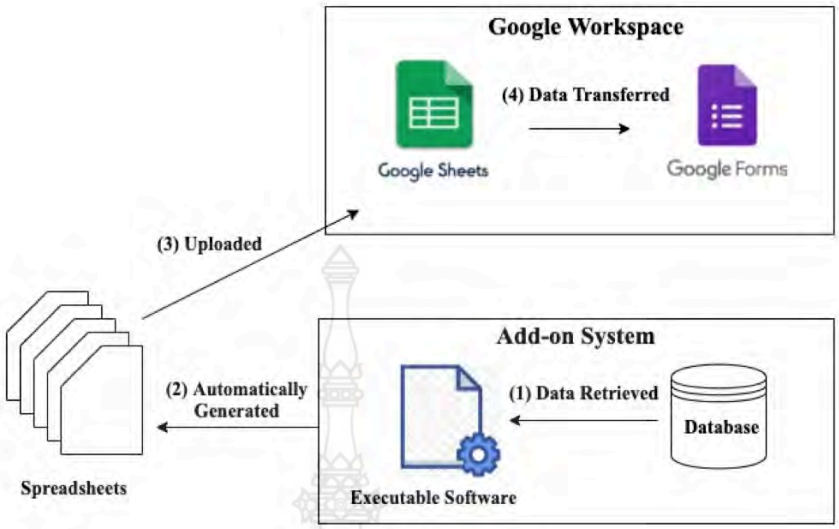
ในบทนี้กล่าวถึงอัลกอริทึมและสถาปัตยกรรมของระบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ โดยระบบนี้เรียกว่า add-on ใช้สำหรับสร้างชุดคำถามปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก (Multiple-Choice Questions: MCQs) ระบบอัตโนมัตินี้ประกอบด้วยการทำงานของ 4 องค์ประกอบร่วมกัน ได้แก่ ฐานข้อมูล (data storage) ซอฟต์แวร์ปฏิบัติงาน (executable software) สเปรดชีต (spreadsheet) และกูเกิ้ลฟอร์ม (Google Forms)

ในภาพรวมของการสร้าง MCQs นั้นเกิดจากการใช้ตัวอย่างข้อมูล (data instance) ที่อธิบายแนวคิด (concept) ที่มีความสัมพันธ์ในอยู่ในโดเมนความรู้ (knowledge domain) เดียวกัน

ในงานวิจัยนี้จะเน้นการสร้างคำถาม MCQs แบบอัตโนมัติ ซึ่งคำถามเหล่านี้จะอยู่ในโดเมนความรู้เกี่ยวกับการทดสอบซอฟต์แวร์ (software testing) ซึ่งประกอบด้วย 5 แนวคิดหลัก ได้แก่ โค้ดภาษาไพธอน (Python code) โฟล์วกราฟ (flow graph) ที่อธิบายการทำงานของ Python code และ 3 แนวคิดของการทดสอบซอฟต์แวร์แบบกล่องขาว (white-box testing) ได้แก่ path coverage, branch coverage และ statement coverage

3.1 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ

ภาพที่ 3-1 แสดงการทำงานของระบบเพื่อสร้างคำถาม MCQs โดยอัตโนมัติ ระบบนี้ประกอบด้วยส่วนของ add-on ที่ประกอบด้วยฐานข้อมูล (database) และซอฟต์แวร์ปฏิบัติงาน (executable software) ในขั้นตอนที่ (1) ตามภาพที่ 3-1 แสดงให้เห็นการทำงานของ executable software ที่ดึงข้อมูลจาก database เพื่อสร้างข้อมูล (ในขั้นตอนที่ 2) สำหรับการประกอบเป็น MCQs โดยข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ในไฟล์ spreadsheet



ภาพที่ 3-1: สถาปัตยกรรมของ Add-On

ขั้นตอนที่ (3) เป็นการอัปโหลด (upload) ไฟล์ spreadsheets ไปยัง Google Workspace ซึ่งนักวิจัยเลือกที่จะอัปโหลดไฟล์ข้อมูลไปยัง Google Sheets เพื่อคงรักษาโครงสร้างของข้อมูลที่เป็นหมวดหมู่ไว้ในคอลัมน์ของข้อมูล ข้อมูลทั้ง 5 คอลัมน์นี้ประกอบด้วย คอลัมน์สำหรับเก็บประโยคคำถาม คอลัมน์สำหรับเก็บข้อมูลของตัวเลือกข้อที่ถูกต้อง และอีกสามคอลัมน์ที่เหลือเป็นข้อมูลของตัวลวง ขั้นตอนที่ (4) เป็นการใช้ซอฟต์แวร์ชื่อ Form Builder[3] ในการย้ายข้อมูลจาก Google Sheets ไปยัง Google Forms สุดท้ายเมื่อสิ้นสุดขั้นตอนที่ 4 ข้อมูลใน Google Forms ก็พร้อมใช้เป็นข้อสอบสำหรับการทดสอบออนไลน์

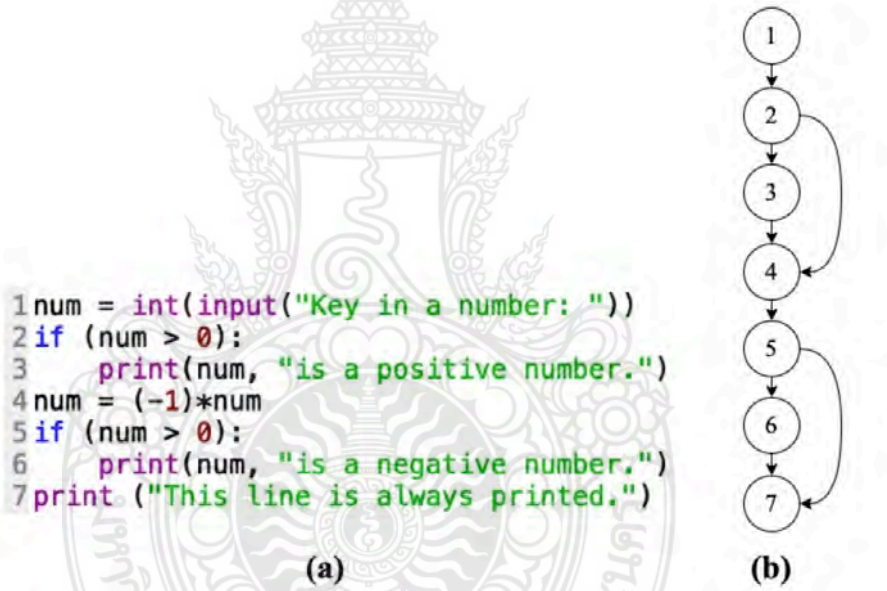
[3] **Form Builder.** https://formbuilder.jivrus.com สืบค้นวันที่ 20 กันยายน 2565

3.2 อัลกอริทึมสำหรับการสร้างคำถามในโดเมนความรู้

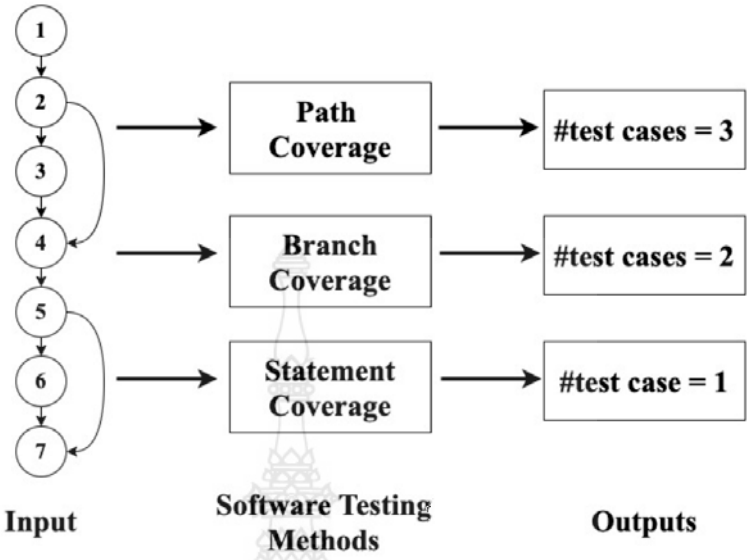
เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการอธิบายอัลกอริทึมการทำงานของ executable software ซึ่งเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของ add-on

เมื่อเริ่มต้นข้อมูลในฐานข้อมูล (database) จะถูกดึงมาใช้ โดยข้อมูลในฐานข้อมูลมีลักษณะตามภาพที่ 3-2 โดยภาพที่ 3-2 (a) แสดงตัวอย่าง code ภาษา Python และภาพที่ 3-2 (b) คือ flow graph ที่แสดงลำดับการทำงานของ code ในภาพที่ 3-2 (a)

สำหรับภาพที่ 3-3 แสดงการคำนวณจำนวนทดสอบ (test case) โดยใช้ flowgraph เป็นอินพุตสำหรับการคำนวณ และวิธีการคำนวณมี 3 วิธีหลักได้แก่ path coverage testing, branch coverage testing และ statement coverage testing ตามลำดับ เอาต์พุตจากการคำนวณ – ซึ่งก็คือจำนวน test case ของการคำนวณทั้งสามวิธีได้ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล



ภาพที่ 3-2: (a) ตัวอย่าง Python Code และ (b) Flow Graph ของ Python Code



ภาพที่ 3-3: จำนวน test cases ที่คำนวณด้วย Software Testing Methods ทั้ง 3 วิธี

ซอฟต์แวร์ executable software ที่เป็นองค์ประกอบของ add-on ทำหน้าที่ดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลทั้ง 3 ส่วนได้แก่ Python code, flow graph และ จำนวน test case ของวิธีการทดสอบซอฟต์แวร์ทั้งสามแบบ – path coverage testing, branch coverage testing และ statement coverage testing และนำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างเป็น MCQs โดย MCQ 1 ข้อประกอบด้วย ประโยคคำถาม (question phrase) และตัวเลือกแบบปรนัย (multiple choices) 4 ข้อ ประกอบด้วยตัวเลือกของคำตอบที่ถูกต้อง 1 ข้อ และตัวลวง (distractor) อีก 3 ข้อ

ภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5 แสดง pseudocode สำหรับสร้างประโยคคำถามและตัวเลือกแบบปรนัย ตัวแปร ***"question_type"*** (ในภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5) ใน pseudocode ใช้สำหรับระบุประเภทของคำถาม – ถ้าตัวแปร ***"question_type"*** เท่ากับ 1 หมายถึงประโยคคำถามและตัวเลือกจะใช้ flow graph ในการสร้าง ถ้าตัวแปรนี้ เท่ากับ 3 หมายถึง Python code จะถูกใช้เพื่อสร้างทั้งส่วนที่เป็นประโยคคำถามและตัวเลือก ในทำนองเดียวกัน หากตัวแปร ***"question_type"*** เท่ากับ 2 และ 4 การสร้างประโยคคำถามและตัวเลือกจะเป็น Python code และ flow graph สลับกัน กล่าวคือ ถ้าตัวแปรเป็น 2 แล้ว ประโยคคำถามจะเป็น flow graph และตัวเลือกจะเป็น Python code และในทางกลับกัน ถ้าตัวแปรเป็น 4 ประโยคคำถามจะเป็น Python code และตัวเลือกจะเป็น flow graph

Pseudocode 1: Question Phrase Formulation

```
1   Function Question_Phrase (String method, Integer question_type):
    /** Inputs:
        1) The variable method identifies one of the software testing methods
           in the set {'path coverage', 'branch coverage', 'statement
           coverage'}
        2) If the variable question_type is 1 or 2, a flow graph is used in the
           question phrase; otherwise, Python code is instead used.

        Output: A question phrase of a multiple-choice question **/
/** Retrieving data from the database **/
2       Select Object_list
3       From Data_collection
4       Where Calculation_method = method

5   Data_object ← Randomly select from Object_list
6   If (question_type = 1 OR question_type = 2) Then
7       Flow_graph = Data_object.flow_graph
8       #test_cases = Data_object.test_cases
9       Construct → Question Phrase (Flow_graph)
10      Call Function Multiple_Choices (method, question_type, #test_cases)
11  Else if (question_type = 3 OR question_type = 4) Then
12      Code = Data_object.code
13      #test_cases = Data_object.test_cases
14      Construct → Question Phrase (Code)
15      Call Function Multiple_Choices (method, question_type, #test_cases)
```

ภาพที่ 3-4: Pseudocode สำหรับสร้างประโยคคำถาม

ตัวแปร *"method"* (ในภาพที่ 3-4 และภาพที่ 3-5) ถูกใช้เพื่อระบุประเภทของการทดสอบซอฟต์แวร์ที่ถามในประโยคคำถาม โดยตัวเลขจะระบุวิธีคำนวณตามแนวทางใดแนวทางหนึ่งระหว่าง – path coverage testing, branch coverage testing และ statement coverage testing สุดท้ายตัวแปร ***"#test_cases"*** ที่ปรากฏใน pseudocode ในภาพที่ 3-5 แสดงจำนวน test case ของตัวเลือกที่ให้คำตอบที่ถูกต้อง ไม่ว่าตัวเลือกนั้นจะอยู่ในรูปแบบของ Python code หรือ flow graph ส่วนตัวลวง (distractor) ของคำถามชุดเดียวกันจะต้องเป็น Python code หรือ flow graph ที่ให้ผลของการคำนวณ test case ***"ไม่เท่ากับ"*** จำนวนที่ระบุในตัวแปร *"#test_cases"*

Pseudocode 2: Multiple-choice Formulation

```
1   Function Multiple_Choices (String method, Integer question_type, Integer #test_cases):
    /** Inputs:
        1) The variable method identifies one of the software testing methods in the set
           {'path coverage', 'branch coverage', 'statement coverage'}
        2) If the variable question_type is 1 or 4, flow graphs are used in multiple choices;
           otherwise, four pieces of Python code are instead used.
        3) The variable #test_cases contains the number of test cases as calculated by the
           software testing method.

        Output: A set of four answer choices**/
/** Retrieving data from the database **/
2       Select Object_list
3       From Data_collection
4       Where Calculation_method = method

5   While (Four choices have not yet been set) {
6       Data_object ← Randomly select from Object_list
7       If (question_type = 1 OR question_type = 4) Then
8           Flow_graph = Data_object.flow_graph
9           If (#test_cases is equal to Data_object.test_cases) Then
10              Construct → Correct Answer Choice (Flow_graph)
11          Else if (#test_cases is not equal to Data_object.test_cases) Then
12              Construct → Distractor (Flow_graph)
13      Else if (question_type = 2 OR question_type = 3) Then
14          Code = Data_object.code
15          If (#test_cases is equal to Data_object.test_cases) Then
16              Construct → Correct Answer Choice (Code)
17          Else if (#test_cases is not equal to Data_object.test_cases) Then
18              Construct → Distractor (Code)
```

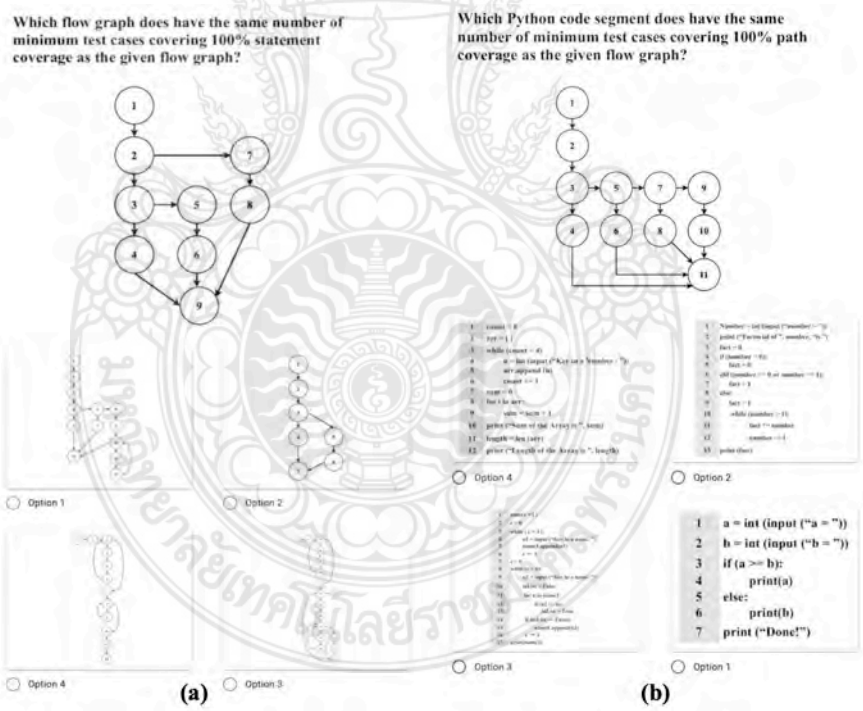
ภาพที่ 3-5: Pseudocode สำหรับสร้างตัวเลือก

3.3 ตัวอย่างผลลัพธ์ของ MCQs ที่ผลิตโดย Add-on

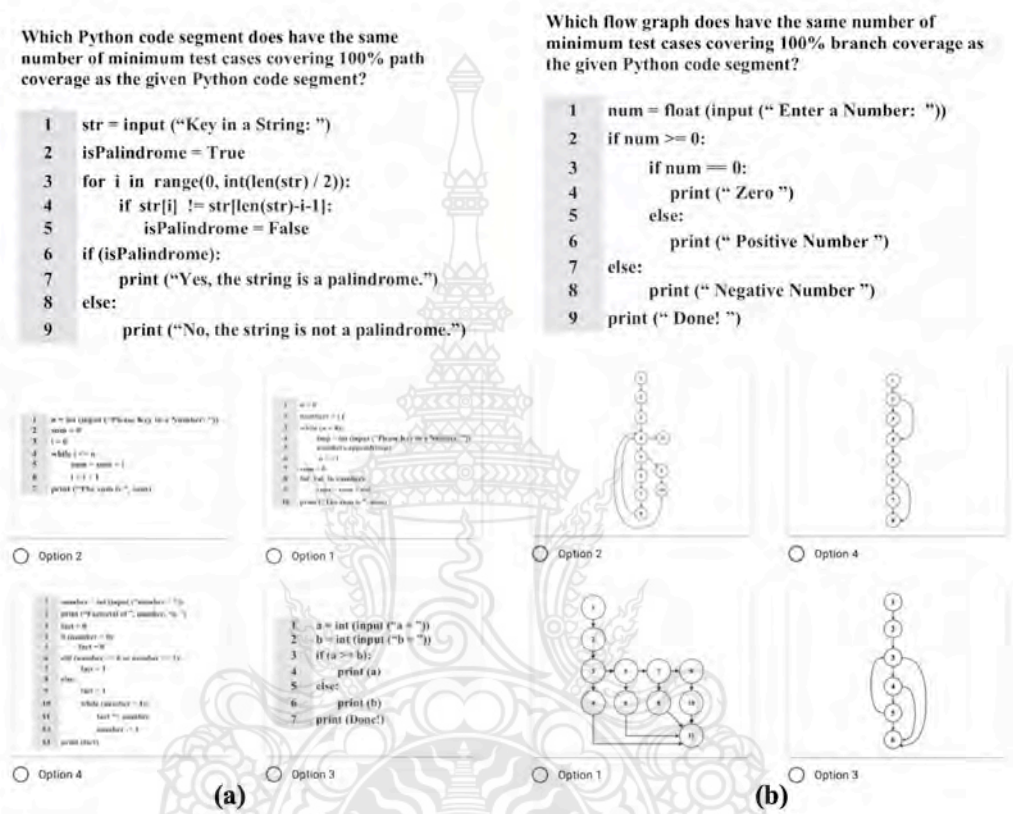
ผลลัพธ์จากการทำงานของ add-on คือ MCQs ทั้ง 4 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) **ประเภทที่ 1: MCQs ที่ประกอบด้วย flow graph ในประโยคคำถามและในตัวเลือกของ MCQs** คำถามประเภทนี้ (แสดงในภาพที่ 3-6 (a)) ให้นักศึกษาค้นหา flow graph ในตัวเลือกที่มีจำนวน test case ตรงกับจำนวน test case ของ flow graph ที่ปรากฏในคำถาม

2) **ประเภทที่ 2: MCQs ที่ประกอบด้วย flow graph ในประโยคคำถามและ Python code ในตัวเลือกของ MCQs** คำถามประเภทนี้ (แสดงในภาพที่ 3-6 (b)) ให้นักศึกษาค้นหา Python code ในตัวเลือกที่มีจำนวน test case ตรงกับจำนวน test case ของ flow graph ที่ปรากฏในคำถาม
3) **ประเภทที่ 3: MCQs ที่ประกอบด้วย Python code ในประโยคคำถามและในตัวเลือกของ MCQs** คำถามประเภทนี้ (แสดงในภาพที่ 3-7 (a)) ให้นักศึกษาค้นหา Python code ในตัวเลือกที่มีจำนวน test case ตรงกับจำนวน test case ของ Python code ที่ปรากฏในคำถาม
4) **ประเภทที่ 4: MCQs ที่ประกอบด้วย Python code ในประโยคคำถามและ flow graph ในตัวเลือกของ MCQs** คำถามประเภทนี้ (แสดงในภาพที่ 3-7 (b)) ให้นักศึกษาค้นหา flow graph ในตัวเลือกที่มี test case ตรงกับจำนวน test case ของ Python code ที่ปรากฏในคำถาม



ภาพที่ 3-6: (a) MCQ ประเภทที่ 1 และ (b) MCQ ประเภทที่ 2



ภาพที่ 3-7: (a) MCQ ประเภทที่ 3 และ (b) MCQ ประเภทที่ 4

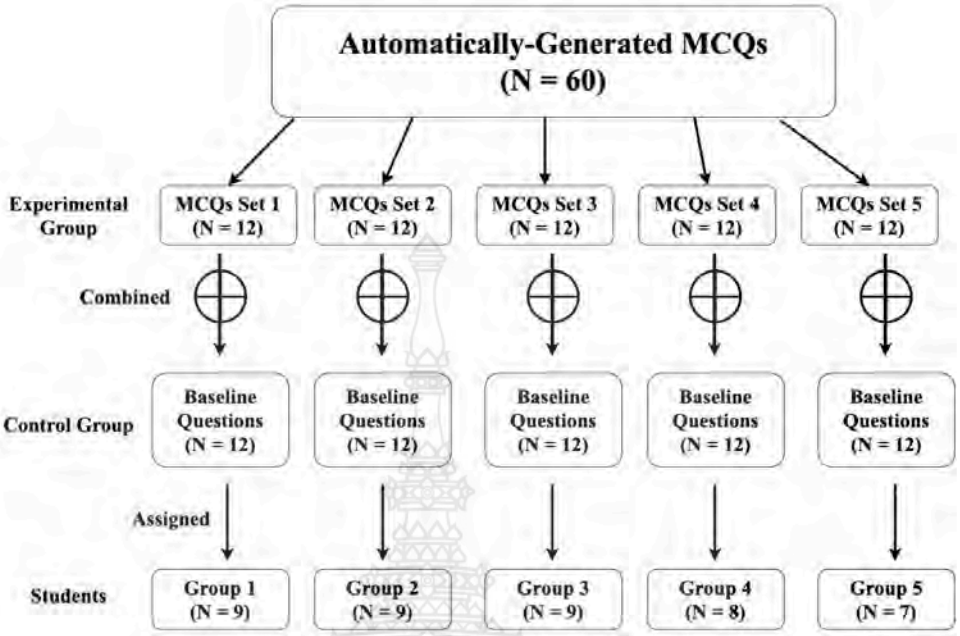
บทที่ 4

การทดลอง

ในบทนี้จะเป็นการอธิบายการทดลองใน 3 ส่วน ได้แก่ ***ส่วนแรก***คือ การทดสอบประสิทธิภาพของ add-on ที่งานวิจัยนี้ผลิตขึ้น โดยการทดลองในส่วนนี้จะเป็นการพิสูจน์ว่าคำถาม MCQs ที่ add-on ผลิตได้มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกับคำถามที่ผลิตโดยผู้เชี่ยวชาญ ***ส่วนที่สอง***คือ การทดสอบแบบจำลอง (simulation test) กล่าวคือ คำถามที่ผลิตโดย add-on จะถูกนำไปใช้ในบริบทการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ (repetition online learning) เพื่อแสดงให้เห็นประโยชน์ของการมีเครื่องมือผลิตคำถามอัตโนมัติ และแสดงให้เห็นว่า การเรียนแบบวนซ้ำ เป็นกลยุทธหนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ใหกับผู้เรียนได้ และ***ส่วนที่สาม***คือ การค้นคว้า (investigation) หากลยุทธ์การสอนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ ซึ่งกลยุทธ์นี้จะต้องเป็นที่ชื่นชอบของนักศึกษาและสามารถนำนักศึกษาไปสู่ความสำเร็จในการเรียนรู้

4.1 การวางแผนเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์

การทดลองในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้มีการเปรียบเทียบคุณภาพของ MCQs ที่สร้างขึ้นจาก add-on ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้กับ MCQs ที่ผู้เชี่ยวชาญ (human expert) สร้างขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4-1 MCQs จำนวน 60 ข้อ ที่ถูกสร้างขึ้นโดย add-on ถูกแบ่งออกเป็น 5 ชุด (แต่ละชุดประกอบด้วย MCQs จำนวน 12 ข้อ) โดย MCQs แต่ละชุด สามารถแบ่งเป็นคำถามใน 3 เซตย่อย แต่ละเซตย่อยประกอบด้วย MCQs ที่ถามเกี่ยวกับ path coverage จำนวน 4 ข้อ, branch coverage จำนวน 4 ข้อ และ statement coverage จำนวน 4 ข้อ โดยคำถามแต่ละข้อคือ รูปแบบของคำถาม Type 1 – Type 4 (ดังแสดงในบทที่ 3)



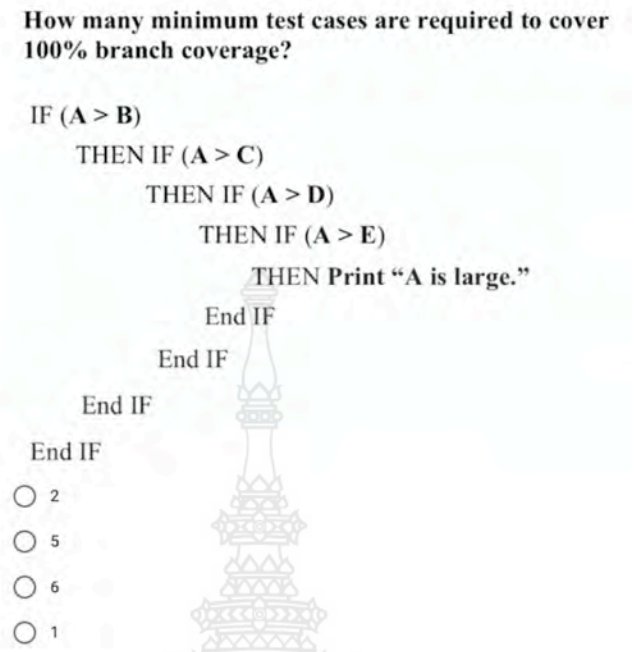
ภาพที่ 4-1: การแบ่งข้อมูลในกลุ่มทดลอง

นักศึกษาที่เข้าร่วมในการทดลองถูกขอให้ทำข้อสอบที่ผลิตจาก add-on โดยนักศึกษาแต่ละคนจะทำข้อสอบ 1 ชุด (12 ข้อ) และทำข้อสอบที่ถูกสร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญ – ซึ่งใช้เป็นข้อสอบชุด baseline สำหรับเปรียบเทียบอีก 1 ชุด (12 ข้อ) โดยข้อสอบชุด baseline นี้มาจากเว็บเพจประเภท tutorial webpage[4] โดยคำถามที่นำมาจาก tutorial webpage เหล่านี้ครอบคลุมทั้ง 3 แนวคิดคือ path coverage, branch coverage และ statement coverage

ภาพที่ 4-2 แสดงตัวอย่างของคำถามที่อยู่ในชุด baseline ในตัวอย่างนี้เป็นการถามนักศึกษาให้ใช้วิธีการ branch coverage testing เพื่อคำนวณหาจำนวนกรณีทดสอบ (test case) จากซูโดโค้ด (pseudocode) ที่กำหนดให้

---

[4] **How to calculate Statement, Branch/Decision and Path Coverage for ISTQB Exam purpose.** สืบค้นจาก https://www.istqb.guru/how-to-calculate-statement-branchdecision-and-path-coverage-for-istqb-exam-purpose/ และ **Testing Manual Automation.** สืบค้นจาก https://testsoftwarefaq.blogspot.com/2013/10/examples-of-statement-branchdecision.html สืบค้นวันที่ 17 กันยายน 2565



ภาพที่ 4-2: ตัวอย่างคำถามที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญที่เป็นมนุษย์

นักศึกษาจำนวน 42 คนถูกแบ่งอย่างสุ่มให้อยู่ใน 5 กลุ่มของผู้ทำข้อสอบ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 มีนักศึกษากลุ่มละ 9 คน, นักศึกษากลุ่มที่ 4 มีนักศึกษา 8 คน และกลุ่มที่ 5 มีนักศึกษา 7 คน นักศึกษาทั้ง 5 กลุ่มนี้จะตอบคำถามในชุด baseline ชุดเดียวกัน แต่ตอบคำถามที่ผลิตโดย add-on ต่างชุดกัน ดังแสดงในภาพที่ 4-1

นักศึกษาที่ทำข้อสอบในการทดลองนี้เป็นนักศึกษาปีที่ 3 ที่กำลังศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 42 คน – เป็นนักศึกษาชาย 30 คน และนักศึกษาหญิง 12 คน ก่อนที่จะทำข้อสอบในการทดลองนี้ นักศึกษาได้ผ่านการเรียนวิชาการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computer programming) โดยใช้ภาษา C และการโปรแกรมเชิงวัตถุ (object-oriented programming) โดยใช้ภาษา Python

สองสัปดาห์ก่อนการทำข้อสอบที่จัดไว้ในการทดลองนี้ นักศึกษาได้เรียนบทเรียนเรื่องการทดสอบซอฟต์แวร์ (software testing) ในวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ (software engineering) ในวิชานี้ นักศึกษาใช้เวลา 3 ชั่วโมงในการเรียนเรื่องการทดสอบแบบกล่องดำ (black-box testing) และอีก 3 ชั่วโมงในการเรียนเรื่องการทดสอบแบบกล่องขาว (white-box testing) ซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดหลัก ได้แก่ path coverage, branch coverage และ statement coverage ซึ่งเป็นแนวคิดของคำถามที่อยู่ในการทดลองนี้ ในภาพรวม นักศึกษาใช้เวลาระหว่าง 60 – 90 นาที ในการทำข้อสอบ

ผลลัพธ์จากการทดลองในส่วนนี้คือ การเปรียบเทียบการวัดผลโดย MCQs ที่สร้างโดย add-on และ MCQs ในชุด baseline ที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจะแสดงในบทที่ 5

4.2 การทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้แบบวนซ้ำ

ภายหลังจากการทดสอบประสิทธิภาพของ add-on แล้ว ผู้วิจัยได้นำ add-on นี้ไปใช้ในบริบทของการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ (repetition online learning) โดยการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ให้กับนักศึกษาที่เรียนวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์จำนวน 54 คน โดยนักศึกษาที่ผ่านการเรียนในครั้งแรกจะถูกขอให้ทำข้อสอบเพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจหลังเรียน และในสัปดาห์ถัดมานักศึกษาจะได้รับการเรียนทบทวนซ้ำในเรื่องเดิม โดยการเรียนทบทวนจะเน้นการใช้สื่อการสอนในลักษณะของ tutorial ที่ยกจุดอ่อนของผู้เรียนในภาพรวมขึ้นมาพูดคุย ซักถาม และอธิบายอีกครั้งโดยผู้สอน รวมถึงการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมในชั้นเรียน

ภายหลังจากการเรียนทบทวน ผู้วิจัยได้ใช้ add-on ในการสร้างข้อสอบขึ้นใหม่อีกชุดเพื่อวัดความรู้ของนักศึกษาภายหลังการเรียนทบทวน

กล่าวโดยสรุป add-on นี้จะทำหน้าที่สร้างข้อสอบขึ้นมา 2 ชุด โดยชุดแรกจะใช้วัดความรู้ภายหลังการเรียนในครั้งแรก และชุดที่สองจะใช้วัดความรู้ภายหลังการเรียนทบทวน โดยข้อสอบแต่ละชุดจะมี 12 ข้อในหัวข้อการทดสอบซอฟต์แวร์ (software testing) ซึ่งเป็นหัวข้อหนึ่งของวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ โดยข้อสอบทั้ง 12 ข้อนี้ ประกอบด้วยเนื้อหาเกี่ยวกับ path coverage, branch coverage และ statement coverage อย่างละ 4 ข้อ

ผลลัพธ์จากการทดลองในส่วนนี้คือ การเปรียบเทียบคะแนนสอบของนักศึกษาภายหลังการเรียนครั้งแรก และการเรียนซ้ำเพื่อทบทวน วิธีการทางสถิติ ได้แก่ T-test จะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผล (แสดงในบทที่ 5) ว่านักศึกษามีความรู้ความเข้าใจต่อบทเรียนดีขึ้นหรือไม่

4.3 การค้นคว้าหากลยุทธ์สำหรับการสอนออนไลน์แบบวนซ้ำ

การค้นคว้าในส่วนนี้เกิดขึ้นเนื่องจากความต้องการให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ โดยปัจจัยแวดล้อมนี้ ผู้วิจัยได้นิยามจากกลยุทธ์การสอนของอาจารย์ผู้สอนที่สามารถดึงดูดความสนใจจากผู้เรียน และยังทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น โดยขั้นตอนการค้นคว้าหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังต่อไปนี้

1) เก็บรวบรวมข้อมูลจากเว็บไซต์แสดงความคิดเห็น (review site) ชื่อ “Rate My Professor[5]” ซึ่งเป็นข้อมูลความเห็น (opinion) ของนักศึกษาต่อการสอนของอาจารย์ บรรยากาศในชั้นเรียน รวมถึงกลยุทธ์ที่อาจารย์ใช้สอนวิชาที่เรียนด้วย โดยความเห็นของนักศึกษาที่เลือกจะเป็น

[5] **ที่มา** https://www.ratemyprofessors.com สืบค้นล่าสุดวันที่ 18 กันยายน 2565

ความเห็นของนักศึกษาที่ลงทะเบียนวิชาในกลุ่มวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์หรือวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

2) ความเห็นของนักศึกษาจะถูกวิเคราะห์ในกระบวนการ sentiment analysis ด้วยอัลกอริทึมของ Google Cloud NLP และความเห็นของนักศึกษาที่ถูกวิเคราะห์ว่าเป็นความเห็นบวก (positive opinion) จะถูกสุ่มเลือกขึ้นมาจำนวน 50 ความคิดเห็นสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป
3) ความเห็นของนักศึกษาในกลุ่ม positive จำนวน 50 ความเห็นจะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อเนื่องเพื่อหาว่ากลยุทธ์การสอนหรือสิ่งแวดล้อมของการสอนในลักษณะใดที่ทำให้นักศึกษารู้สึกพึงพอใจในตัวผู้สอน ชั้นเรียน และวิชาที่เรียน จนทำให้ผลการเรียนของนักศึกษาอยู่ในทิศทางที่ดีขึ้น

ตารางที่ 4-1 เป็นตัวอย่างความเห็นของนักศึกษาที่อธิบายว่าทำไมพวกเขาถึงประทับใจในตัวอาจารย์และวิชาเรียน โดยจะเห็นว่าเอาต์พุตจาก Google Cloud NLP แสดง score ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 1.0 ซึ่งแสดงว่าความเห็นของนักศึกษาเป็น positive และตัวแปร “magnitude” แสดงดีกรี (degree) ความพึงพอใจ การวิเคราะห์ต่อเนื่องในคอลัมน์สุดท้ายของตารางแสดงบทวิเคราะห์ของกลยุทธ์การสอนที่ทำให้นักศึกษารู้สึกพึงพอใจในการเรียนจนทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียน สำหรับผลสรุปของกลยุทธ์การสอนที่เหมาะกับการเรียนแบบวนซ้ำจากการวิเคราะห์ความเห็นของนักศึกษาทั้ง 50 ความคิดเห็นจะแสดงในบทที่ 5

ตารางที่ 4-1: ตัวอย่างข้อมูลและเอาต์พุตจากการประมวลผลโดย Google Cloud NLP

ตัวอย่างความเห็นของนักศึกษา	**เอาต์พุตจาก Google Cloud NLP**	**ตัวอย่าง บทสรุปกลยุทธ์การสอน**
"... He provides great insight into why things are the way they are and kindles huge interest in the subject. Often ***leaves logical holes in his explanations for you to fill in***, which are just within your reach thus will engage you well."	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 1.6)	เทคนิคการสอน/การอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
"... The professor is inspirational. ***The homework is EXTREMELY well thought*** through, and I am a 30-year veteran. There was absolutely no hand holding, a SUPER plus for me."	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.7)	เทคนิคการสอน/การอธิบายที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นความคิดและมีการกระตุ้นการทบทวนบทเรียนโดยใช้การบ้าน
"Such a wonderful and rewarding class. I truly ***enjoyed his presentations and he made the concepts easier to understand***. Highly recommend this professor and taking this excellent course!"	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	อุปกรณ์/สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
"Passionate lecturer, good use of ***Microsoft paint***. Loved his class."	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.8)	อุปกรณ์/สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะอธิบายผลการทดลองอันประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย ***ส่วนแรก***คือ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของ add-on ที่ถูกสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ***ส่วนที่สอง***คือ ผลการทดสอบแบบจำลอง (simulation test) เพื่อแสดงประสิทธิภาพของกลยุทธ์การเรียนแบบวนซ้ำ โดยใช้ add-on เป็นเครื่องมือในการวัดผลการเรียนของนักศึกษาทั้งก่อนและหลังการเรียนทบทวน และ***ส่วนสุดท้าย***คือ ผลการวิเคราะห์ความเห็นของนักศึกษา ที่แสดงถึงกลยุทธ์ เทคนิคการสอน และสภาพแวดล้อมการเรียนที่เหมาะสมกับการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ รายละเอียดทั้งสามส่วนเป็นดังต่อไปนี้

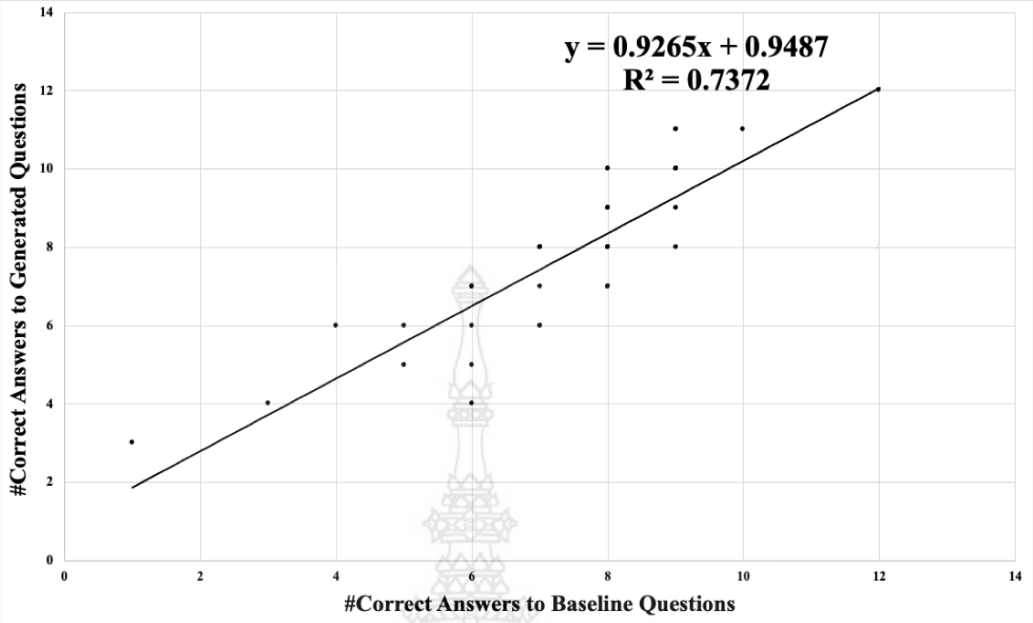
5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสิ่งประดิษฐ์

คำตอบของนักศึกษาต่อคำถาม MCQs ที่สร้างขึ้นจาก add-on ที่ประดิษฐ์ขึ้น และคำถามที่อยู่ในเซตคำถาม baseline ถูกนำมาเปรียบเทียบและวิเคราะห์ จากการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยนักศึกษาทำข้อสอบ MCQs ที่สร้างจาก add-on ได้ 7.40 ข้อ (mean = 7.40, S.D. = 1.88) และพบว่าโดยเฉลี่ยนักศึกษาทำข้อสอบที่มาจากชุดคำถาม baseline ได้ 7.81 ข้อ (mean = 7.81, S.D. = 2.30) มีนักศึกษาตอบคำถาม MCQs จาก add-on ถูก 1 – 12 ข้อ และตอบคำถามจากชุด baseline ถูก 3 – 12 ข้อ ดังแสดงในตารางแจกแจงความถี่ (ตารางที่ 5-1) ค่าฐานนิยม (mode) ของคำตอบที่ถูกต้องจะอยู่ที่ 8 ข้อ

ตารางที่ 5-1: ตารางแจกแจงความถี่

จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง	**จำนวนนักศึกษาที่ตอบคำถาม MCQs ถูกต้อง**	**จำนวนนักศึกษาที่ตอบคำถาม baseline ถูกต้อง**
1	1 (2.38%)	0 (0.00%)
2	0 (0.00%)	0 (0.00%)
3	1 (2.38%)	1 (2.38%)
4	1 (2.38%)	2 (4.76%)
5	2 (4.76%)	2 (4.76%)
6	5 (11.90%)	5 (11.90%)
7	7 (16.67%)	8 (19.05%)
8*	**15 (35.71%)**	**10 (23.81%)**
9	8 (19.05%)	4 (9.52%)
10	1 (2.38%)	6 (14.29%)
11	0 (0.00%)	3 (7.14%)
12	1 (2.38%)	1 (2.38%)
	N = 42 (100%)	**N = 42 (100%)**

เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างคำตอบที่ถูกต้องของเซต MCQs จาก add-on และคำตอบที่ถูกต้องของเซต baseline พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ correlation ในระดับที่สูง $r(40) = 0.86$, p-value $< .00001$ (แสดงในภาพที่ 5-1) ค่าความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันของการใช้เครื่องมือวัดความรู้ของนักเรียน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ คำถาม MCQs ที่ถูกผลิตโดย add-on มีความสามารถในการวัดความรู้ได้เทียบเท่ากับคำถามที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ



ภาพที่ 5-1: กราฟแสดงความสัมพันธ์ของคำตอบของคำถามจาก Add-On และจากผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 5-2, 5-3 และ 5-4 แสดงข้อมูลทางสถิติของชุดคำถามทั้ง 5 ชุดที่ประกอบด้วย MCQs ที่สร้างจาก add-on และชุดคำถาม baseline โดยชุดคำถามแต่ละชุดได้ถูกมอบหมายให้นักศึกษากลุ่มที่ 1 – 5 ในการทดสอบ จากผลการทดลองนักวิจัยพบค่าความสัมพันธ์ (correlations) R-scores ระหว่างคำตอบที่นักศึกษาตอบถูกในชุด MCQs และชุด baseline ในกลุ่มที่ 1 – 5 มีค่าใกล้เคียงกัน ได้แก่ 0.87, 0.88, 0.85, 0.80 และ 0.87 ผลของ R-scores ที่ใกล้เคียงกันนี้สามารถตีความได้ว่า MCQs ที่ผลิตโดย add-on มีความสม่ำเสมอ และทำหน้าที่วัดความรู้ได้ใกล้เคียงกับคำถามที่สร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ ข้อมูล R-scores ของกลุ่มที่ 1 – 5 แสดงในตารางที่ 5-2, 5-3 และ 5-4

ตารางที่ 5-2: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 1 - 2

นักศึกษากลุ่ม 1 (N = 9)		**นักศึกษากลุ่ม 2 (N = 9)**	
MCQs (N = 12)	**Baseline Questions (N = 12)**	**MCQs (N = 12)**	**Baseline Questions (N = 12)**
Mean = 5.11 S.D. = 2.08	Mean = 5.78 S.D. = 1.62	Mean = 8.22 S.D. = 1.69	Mean = 8.00 S.D. = 2.11
R-scores = 0.87, P-values < .00001		R-scores = 0.88, P-values < .00001	

ตารางที่ 5-3: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 3 - 4

นักศึกษากลุ่ม 3 (N = 9)		**นักศึกษากลุ่ม 4 (N = 8)**	
MCQs (N = 12)	**Baseline Questions (N = 12)**	**MCQs (N = 12)**	**Baseline Questions (N = 12)**
Mean = 8.44 S.D. = 0.83	Mean = 9.33 S.D. = 1.06	Mean = 7.63 S.D. = 1.11	Mean = 8.13 S.D. = 1.45
R-scores = 0.85, P-values < .00001		R-scores = 0.80, P-values < .00001	

ตารางที่ 5-4: ข้อมูลสถิติของกลุ่มทดลองที่ 5

นักศึกษากลุ่ม 5 (N = 7)	
MCQs (N = 12)	**Baseline Questions (N = 12)**
Mean = 7.71 S.D. = 0.70	Mean = 7.86 S.D. = 1.81
R-scores = 0.87, P-values < .00001	

งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า add-on สามารถสร้างตัวลวง (distractor) ใน MCQs ได้มีประสิทธิภาพ ตามที่อ้างในงานวิจัยก่อนหน้า [41 – 48] ตัวลวงที่มีประสิทธิภาพหมายถึง ตัวเลือก (multiple choices) ที่ไม่ใช่คำตอบที่ถูกต้อง ที่มีนักศึกษาเกิน 5 เปอร์เซ็นต์เลือก

จากจำนวน MCQs ที่สร้างขึ้นและแบ่งออกเป็น 5 เซตในการทดลอง พบว่ามีตัวลวงที่มีคุณภาพเท่ากับ 106 ตัว ตารางที่ 5-5 แสดงให้เห็นถึงจำนวนนักศึกษาที่เลือกตัวลวงใน MCQs ทั้ง 5 เซต ตัวลวงในเซตที่ 1 – 3 ถูกเลือกโดยนักศึกษา 1 – 6 คน (คิดเป็น 10 – 60 %) ตัวลวงในเซตที่ 4 ถูกเลือกโดยนักศึกษา 1 – 4 คน (คิดเป็น 12.5 – 50.0%) ตัวลวงในเซตที่ 5 ถูกเลือกโดยนักศึกษา 1 – 4 คน (คิดเป็น 14.3 – 57.1 %)

ตารางที่ 5-5: จำนวนนักศึกษาที่เลือกตัวลวงใน MCQs เซต 1 - 5

#ลำดับเซต MCQs	#จำนวนนักศึกษา (%)	#จำนวนตัวลวง
1	10.0 – 60.0%	27
2	10.0 – 50.0%	17
3	10.0 – 50.0%	20
4	12.5 – 50.0%	20
5	14.3 – 57.1%	22

คุณภาพของตัวลวงสะท้อนคุณภาพของ MCQs ที่ add-on สร้างขึ้น งานวิจัยก่อนหน้า [41 – 48] แนะนำว่า MCQ ที่มีประสิทธิภาพคือ ใน MCQ 1 ข้อที่มีตัวลวงที่มีประสิทธิภาพ 1 ตัวปรากฏอยู่ในชุดตัวเลือก ตารางที่ 5-6 แสดงให้เห็นถึงจำนวนตัวลวงที่มีประสิทธิภาพใน MCQs ทั้ง 5 เซตในการทดลอง

ตารางที่ 5-6 แสดงว่า ในเซตที่ 1 มี MCQs ทั้ง 12 ข้อที่มีตัวลวงที่มีประสิทธิภาพทุกข้อ ส่วนในเซตที่ 2 – 4 มี MCQs 4 ข้อที่ไม่มีตัวลวงที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งหมายความว่า นักศึกษาทุกคนตอบคำถาม MCQs ทั้ง 4 ข้อนี้ถูกต้อง ตัวลวงจึงถูกมองว่าไม่อยู่ในสถานะแอคทีฟ (active) กล่าวโดยสรุปในภาพรวม MCQs 56 ข้อจาก 60 ข้อ (ประมาณ93%) ที่ add-on สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพดีและมีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้วัดความรู้ได้

ตารางที่ 5-6: จำนวนตัวลวงที่มีประสิทธิภาพของ MCQs ในเซต 1 - 5

	จำนวนตัวลวงที่มีประสิทธิภาพ				**จำนวน**
	3 ตัว	**2 ตัว**	**1 ตัว**	**ไม่มี**	**MCQs**
MCQs เซตที่ 1	5	5	2	0	**12**
MCQs เซตที่ 2	1	4	6	1	**12**
MCQs เซตที่ 3	3	3	5	1	**12**
MCQs เซตที่ 4	2	5	4	1	**12**
MCQs เซตที่ 5	3	5	3	1	**12**
รวม	**14**	**22**	**20**	**4**	**60**

5.2 ผลการทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้แบบวนซ้ำ

แบบจำลองการเรียนวนซ้ำของงานวิจัยนี้ ใช้นักศึกษาในกลุ่มทดลองจำนวน 54 คน โดยนักศึกษาได้เข้าเรียนแบบออนไลน์และสอบวัดประเมินความรู้โดยการทำข้อสอบแบบ MCQs จำนวน 12 ข้อที่ผลิตจาก add-on ที่งานวิจัยนี้ผลิตขึ้น ผลจากการทำข้อสอบได้ถูกวิเคราะห์ เพื่อหาข้อบกพร่องและความเข้าใจผิดของนักศึกษา จากนั้นผู้วิจัยได้สอนทวนซ้ำให้นักศึกษาอีกครั้งโดยเน้นการใช้เทคนิคการสอน สื่อการสอน และแบบฝึกหัดที่ช่วยแก้ไขข้อบกพร่องของนักศึกษา

ภายหลังการเรียนทวนซ้ำ นักศึกษากลุ่มเดิมได้เข้าสู่กระบวนการวัดผลการเรียนใหม่อีกครั้งโดยใช้ข้อสอบชุดใหม่จำนวน 12 ข้อที่สร้างขึ้นจาก add-on ตารางที่ 5-7 แสดงผลข้อมูลทางสถิติของคะแนนสอบของนักศึกษา ก่อนและภายหลังการเรียนทวนซ้ำ

ตารางที่ 5-7: ข้อมูลสถิติของคะแนนสอบก่อนและหลังการเรียนทวนซ้ำ

	ค่าทางสถิติของคะแนนสอบภายหลังการเรียนครั้งแรก	**ค่าทางสถิติของคะแนนสอบภายหลังการเรียนครั้งทวนซ้ำ**
Mean	4.78	5.98
S.D.	1.55	2.76
SEM	0.21	0.38
จำนวนนักศึกษา (N)	54	54
t-value = 2.7963, P value = 0.0061 **df = 106** **standard error of difference = 0.430**		

จากการประมวลผลข้อมูลทางสถิติ t-test พบว่า $t(54) = 2.7963$, $P < 0.05$ ซึ่งหมายความว่า คะแนนสอบภายหลังการเรียนทวนซ้ำแตกต่างจากคะแนนสอบครั้งแรกอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ย (Mean) พบว่าคะแนนสอบหลังจากการเรียนซ้ำของนักศึกษาดีขึ้น จึงสรุปได้ว่าการเรียนทบทวนซ้ำมีผลต่อการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักศึกษา

5.3 ผลการค้นคว้าหากลยุทธ์สำหรับการสอนออนไลน์แบบวนซ้ำ

ข้อมูลในการวิเคราะห์ส่วนนี้เก็บรวบรวมจากเว็บไซต์แสดงความคิดเห็น (review site) ชื่อ “Rate My Professor” จำนวน 50 ชุด ซึ่งข้อมูลเป็นความคิดเห็น (opinion) และบทวิพากษ์วิจารณ์ (critiques) ของนักศึกษามหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกา โดยนักศึกษาเหล่านี้กำลังศึกษาอยู่ในสาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้ง 50 ชุดนี้ มาตรวจสอบโดยใช้ Google Cloud NLP ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบอารมณ์ความรู้สึก (sentiment analysis) เพื่อความมั่นใจว่า บทวิพากษ์วิจารณ์เหล่านี้เป็นความเห็นเชิงบวก (positive sentiment) ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์ในลำดับถัดไปถึงมูลเหตุและปัจจัยแวดล้อมทางการเรียนที่ทำให้นักศึกษาเหล่านี้ยอมรับ ชื่นชอบ และมีส่วนให้พวกเขาประสบความสำเร็จในการเรียน (รายละเอียดข้อมูลทั้ง 50 ชุดนี้ ระบุไว้ในภาคผนวก) ตารางที่ 5-8 คือ บทสรุปกลยุทธ์การสอนของอาจารย์ผู้สอนที่ได้จากการวิเคราะห์ 50 ความคิดเห็นของนักศึกษาซึ่งได้ระบุไว้ว่ากลยุทธ์เหล่านี้ทำให้พวกเขาชื่นชอบในวิชาเรียน และ/หรืออาจารย์ผู้สอน ตลอดจนทำให้พวกเขาประสบความสำเร็จในการเรียน

ตารางที่ 5-8: บทสรุปกลยุทธ์การสอนจากการประมวลผล Sentiment Analysis

กลยุทธ์การสอน	จำนวนความคิดเห็น
1. ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ	14 (28%)
2. ใช้เทคนิคการสอนและการอธิบายเนื้อหาที่มีประสิทธิภาพ	24 (48%)
3. ใช้การบ้านเป็นเครื่องมือในการทบทวนบทเรียนและช่วยให้เข้าใจเนื้อหาบทเรียนที่เรียนในชั้นเรียนได้ดีขึ้น	12 (24%)
4. ใช้กิจกรรมในห้องเรียนประกอบกับการเรียน	7 (14%)
5. นักศึกษาสามารถเข้าถึงอาจารย์ได้นอกเวลาเรียน	6 (12%)
6. อาจารย์ผู้สอนสนับสนุนการมีส่วนร่วม (engagement) ระหว่างการสอนในชั้นเรียน	5 (10%)
7. ให้คำปรึกษา/ให้ผลตอบกลับ (feedback) ที่ตรงกับปัญหาของนักศึกษาเป็นรายบุคคล	3 (6%)

หากพิจารณาตามความเป็นจริงแล้ว กลยุทธ์การสอนของอาจารย์ (ดังแสดงในตารางที่ 5-8) ถือว่ากลยุทธ์ที่ใช้ได้กับการเรียนการสอนในทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการเรียนต่อหน้า (หรือที่เรียกว่าการเรียนแบบ face-to-face) หรือการเรียนในรูปแบบออนไลน์ ในการสอนหากคำนึงถึงปัจจัยการ

สอนทั้ง 7 ข้อนี้ ก็มีโอกาสที่ผู้เรียนจะประสบความสำเร็จได้ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยพบว่าการเรียนแบบวนซ้ำมีข้อดีคือ ผู้สอนสามารถนำกลยุทธ์เหล่านี้มาใช้อีกครั้งในรอบของการสอนทวน และเป็นการใช้กลยุทธ์เหล่านี้อีกครั้งอย่างตรงประเด็น กล่าวคือ หากพิจารณากลยุทธ์ด้านการใช้สื่อการสอน (กลยุทธ์ข้อที่ 1) และด้านการใช้เทคนิคในการอธิบายเนื้อหา (กลยุทธ์ข้อที่ 2) นั้น จะพบว่าการเรียนแบบวนซ้ำเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ออกแบบสื่อการสอนและปรับเปลี่ยนวิธีการอธิบายได้ตรงประเด็นกับแนวทางการรับรู้ของนักศึกษามากยิ่งขึ้น

กลยุทธ์ในข้อที่ 7 เกี่ยวกับการให้ผลตอบกลับ (feedbacks) กับนักศึกษา นับว่าสอดคล้องกับวิธีการสอนแบบวนซ้ำ กล่าวคือ ผู้สอนสามารถนำผลการประเมินความรู้จากการเรียนในรอบแรกมาใช้เพื่อวางแผนการสอนเพื่อแก้ไขความเข้าใจผิดของนักศึกษา รวมถึงสามารถหาวิธีการใหม่ในการสร้างการบ้าน (กลยุทธ์ข้อ 3) คิดค้นกิจกรรมเสริมหลักสูตรในห้องเรียน (กลยุทธ์ข้อ 4) และการสร้างการมีส่วนร่วมของผู้เรียน (engagement) (กลยุทธ์ข้อ 6) ได้ดียิ่งขึ้น

บทที่ 6

บทสรุปงานวิจัย

ในบทนี้เป็นประเด็นถกเถียงและบทสรุปของงานวิจัยใน 3 ประเด็นหลัก ประกอบด้วย ประเด็นเกี่ยวกับประโยชน์และคุณสมบัติของ add-on ที่สร้างขึ้นในแง่ของความสามารถในการสร้างคำถามเพื่อวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน ประเด็นถัดมาเกี่ยวกับ ปัจจัยแวดล้อม (environmental factors) และบริบทการใช้งานของ add-on โดยงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสอดคล้องกันระหว่าง add-on ที่สร้างขึ้นและเทคนิคการเรียนรู้แบบวนซ้ำ (repetition learning) และสุดท้ายเป็นการชี้ประเด็นให้เห็นถึงประโยชน์ที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนรู้แบบวนซ้ำและบทบาทของอาจารย์ผู้สอนที่ทำให้การเรียนรู้แบบวนซ้ำประสบความสำเร็จ

1) Add-on ของงานวิจัยนี้ สามารถผลิตคำถามประเภทคิดวิเคราะห์ได้

เมื่อเปรียบเทียบ MCQs ที่ add-on ของงานวิจัยนี้สร้างขึ้นกับรูปแบบของคำถามที่ถูกนิยามและสร้างขึ้นในงานวิจัยก่อนหน้า [49 – 51] จะพบว่า คำถามแบบ MCQs ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีคุณลักษณะของคำถามที่ต้องการให้ผู้ตอบ คิด วิเคราะห์ (analytical-level question) และเปรียบเทียบคุณสมบัติของวัตถุสองสิ่ง คำถามในงานวิจัยนี้จึงคล้ายกับคำถามที่สร้างขึ้นในงานวิจัยของ [49 – 50] ที่นักศึกษาถูกขอให้วิเคราะห์คำถามและแนวทางการแก้ปัญหาที่เสนออยู่ในคำถาม จากนั้นผู้ตอบคำถามจะต้องทำการพิจารณาตัวเลือกใน multiple choices ว่าคำตอบในข้อใดสามารถใช้เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของการแก้ปัญหาที่อยู่ในคำถามได้ ลักษณะของคำถามลักษณะนี้จึงมีความแตกต่างจากคำถามในงานวิจัย [51] ที่เน้นถามเพื่อทดสอบความทรงจำและเปรียบเทียบความเหมือนและแตกต่างของแนวคิดแต่ไม่ลงลึกในระดับการคิดวิเคราะห์

2) เทคโนโลยี add-on เหมาะสมกับการนำมาใช้ในบริบทของการเรียนรู้แบบวนซ้ำ

เนื่องจาก add-on ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถสร้างคำถามประเภท MCQ ได้จำนวนมากและมีคุณภาพสม่ำเสมอ จึงเหมาะกับการนำไปใช้ในบริบทของการเรียนรู้แบบวนซ้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทของการเรียนออนไลน์ที่มีโอกาสเป็นไปได้ที่ความเข้าใจในบทเรียนของผู้เรียนจะมีความคลาดเคลื่อนสูง ในแง่การทำงานของอาจารย์ผู้สอนนั้น add-on นี้จะช่วยลดเวลาและแรงงานที่ต้องใช้ไปกับการสร้างข้อสอบเพื่อวัดและประมวลผลพัฒนาการการเรียนรู้ของนักศึกษา

3) การเรียนรู้แบบวนซ้ำเป็นวิธีการที่ช่วยให้นักศึกษาพัฒนาความรู้และศักยภาพในการเรียน

จากการทดลองโดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้แบบวนซ้ำในชั้นเรียนพบว่า ในภาพรวมนักศึกษามีผลการเรียนที่ดีขึ้น โดยเฉพาะนักศึกษาในกลุ่มเรียนดีที่มุ่งหวังจะรักษาระดับผลการเรียนไว้ การสอนทวนซ้ำและเปิดโอกาสให้สอบใหม่ก่อให้เกิดกำลังใจ ความหวัง และความมั่นใจว่าพวกเขาจะทำคะแนนได้สูงขึ้น จากผลการทดลองเห็นว่า นักศึกษากลุ่มเรียนดีมีคะแนนสูงขึ้นมากอย่างมีนัยสำคัญ

ในแง่ของอาจารย์ผู้สอน การเรียนรู้แบบวนซ้ำเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับช่วยค้นหากลยุทธ์การสอน เพราะการวัดและประเมินผลภายหลังการเรียนในครั้งแรกทำให้ผู้สอนเห็นถึงข้อจำกัดของนักศึกษาในภาพรวมและรายบุคคล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการให้ผลตอบกลับ (feedbacks) กับผู้เรียน และยังเป็นประโยชน์กับผู้สอนในการสร้างสื่อการสอน วิธีอธิบาย หรือแม้กระทั่งกิจกรรมประกอบการสอนที่ผู้สอนสามารถออกแบบให้อยู่ในทิศทางที่เหมาะสมกับผู้เรียนมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

[1] Djenno, Mireille & Insua, Glenda & Pho, Annie. (2015). From paper to pixels: Using Google Forms for collaboration and assessment. Library Hi Tech News. 32. 9-13. 10.1108/LHTN-12- 2014-0105.

[2] A. Z. Mansor, "Managing student's grades and attendance records using google forms and google spreadsheets," UKM Teaching and Learning Congress 2011., vol.59, 2012.

[3] Ahmed F, Ahmed T, Saeed A, Alhumyani H, Abdel-Khalek S, Abu- Zinadah H. (2021). Analysis and challenges of robust E-exams performance under COVID-19. Results in Physics, Vol. 23, pp. 1 – 7.

[4] Ngqondi T, Maoneke P, Mauwa M. (2021). A secure online exams conceptual framework for South African universities. Social Sciences & Humanities Open, Vol. 3(1), pp. 1 – 12.

[5] Kigwana I, Venter H. (2018). A digital forensic readiness architecture for online examinations. South African Computer Journal, Vol. 30(1), pp. 1 – 39

[6] Kigwana, I. & Venter, H. (2016). Proposed high-level solutions to counter online examination fraud using digital forensic readiness techniques. In Proceedings of the 11th International Conference on Cyber Warfare and Security: ICCWS2016 (pp. 407).

[7] R. Mitkov, L. A. Ha, and N. Karamanis. 2006. A computer-aided environment for generating multiple- choice test items. Natural Language Engineering, 12(2).

[8] Goto, T., Kojiri, T., Watanabe, T., Iwata, T., & Yamada, T. (2010). Automatic Generation System of Multiple- Choice Cloze Questions and its Evaluation. Knowledge Management & E-Learning: An International Journal (KM&EL), 2(3).

[9] Jack Mostow and Wei Chen. Generating instruction automatically for the reading strategy of self-questioning. In Vania Dimitrova, Riichiro Mizoguchi, Benedict du Boulay, and Art Graesser, editors, Proceedings of the 2009 conference on Artificial Intelligence in Education: Building Learning Systems that Care: From Knowledge

Representation to Affective Modelling, pages 465–472, Amsterdam, The Netherlands, 2009. IOS Press.

[10] Brown, J., Firshkoff, G. and Eskenazi, M. (2005) Automatic question generation for vocabulary assessment. Proceedings of HLT/EMNLP-2005, 819–826. Vancouver, Canada.

[11] Chia-Yin Chen, Liou Hsien-Chin, and Jason S. Chang. 2006. FAST: An automatic generation system for grammar tests. In Proceedings of the COLING/ACL 2006 Interactive Presentation Sessions, Sydney.

[12] Eiichiro Sumita, Fumiaki Sugaya, and Seiichi Yamamoto 2005. Measuring Non-native Speakers Proficiency of English by Using a Test with Automatically-Generated Fill-in-the-Blank Questions, 2nd Workshop on Building Educational Applications using NLP, Ann Arbor.

[13] Karamanis, N., Ha, L. A., and Mitkov, R. Generating Multiple- Choice Test Items from Medical Text: A Pilot Study. Proc. 4th International Natural Language Generation Conference, Sydney, Australia, 2006.

[14] Aldabe,I., de Lacalle, M.L., Maritxalar, M., Martinez, E., Uria, L.: ArikIturri: An Automatic Question Generator Based on Corpora and NLP Techniques. In: Ikeda, M., Ashley, K.D., Chan, T.-W. (eds.) ITS 2006. LNCS, vol. 4053, pp. 584–594. Springer, Heidelberg (2006)

[15] Aldabe, I., Maritxalar, M.: Automatic Distractor Generation for Domain Specific Texts. In: Loftsson, H., Rögnvaldsson, E., Helgad´ottir, S. (eds.) IceTAL 2010. LNCS (LNAI), vol. 6233, pp. 27–38. Springer, Heidelberg (2010)

[16] Hoshino, A., Nakagawa, H.: Assisting cloze test making with a web application. Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference. San Antonio, Texas, USA (2007) 2807–2814

[17] Feeney, C. and Heilman, M. (2008). Automatically generating and validating reading-check questions. In Proc. of the Young Researcher's Track. Ninth International Conference on Intelligent Tutoring Systems.

[18] Yuni Susanti, Takenobu Tokunaga, Hitoshi Nishikawa, and Hiroyuki Obari. Evaluation of automatically generated english vocabulary questions. Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12, 03 2017.

[19] Hill, J. and Simha, R. (2016). Automatic generation of context- based fill-in-the-blank exercises using co- occurrence likelihoods and Google N-grams. In Proceedings of the 11th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pages 23– 30.

[20] Yuni Susanti, Ryu Iida, and Takenobu Tokunaga. 2015. Automatic Generation of English Vocabulary Tests. In Proc. 7th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU).

[21] Arief Yudha Satria and Takenobu Tokunaga. Evaluation of automatically generated pronoun reference questions. In Proceedings of the 12th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pages 76–85, Copenhagen, Denmark, September 2017. Association for Computational Linguistics.

[22] Hoshino, A., & Nakagawa, H. (2005). Webexperimenter for multiple-choice question generation. In Proceedings of HLT/EMNLP on Interactive Demonstrations (pp. 18–19). Morristown, NJ, USA: Association for Computational Linguistics.

[23] Shah, R., Shah, D., & Kurup, L. (2017, January). Automatic question generation for intelligent tutoring systems. Paper presented at the International Conference on Communication Systems.

[24] Jack Mostow and Hyeju Jang. 2012. Generating Diagnostic Multiple Choice Comprehension Cloze Questions. In Proceedings of the Seventh Workshop on Building Educational Applications Using NLP, pages 136–146. Association for Computational Linguistics.

[25] B.Sun, Y.Zhu,Y.Xiao,R.XiaoandY.Wei,"AutomaticQuestion Tagging with Deep Neural Networks," in IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 12, no. 1, pp. 29-43, 1 Jan.-March 2019, doi: 10.1109/TLT.2018.2808187.

[26] Conejo, R., Guzmán, E., & Trella, M. (2015). The SIETTE Automatic Assessment Environment. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 26, 270-292.

[27] Agarwal, M. (2012). Cloze and open cloze question generation systems and their evaluation guidelines. Master's thesis, International Institute of Information Technology, Hyderabad.

[28] Katherine Stasaski and Marti A Hearst. 2017. Multiple choice question generation utilizing an ontology. In BEA@EMNLP, pages 303–312. ACL.

[29] Pugh D, De Champlain A, Gierl M, Lai H, Touchie C. Using cognitive models to develop quality multiple-choice questions. Med Teach. 2016; 38(8):838-843. doi:10.3109/0142159X.2016.1150989

[30] G. Kumar, R. E. Banchs and L. F. D'Haro, "Automatic fill-the-blank question generator for student self-assessment," 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), El Paso, TX, 2015, pp. 1- 3, doi: 10.1109/FIE.2015.7344291.

[31] Ahmed Ezz Awad, and Mohamed Yehia Dahab. (2014). Automatic Generation of Question Bank Based on Pre-defined Templates. International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science IJIACS ISSN 2347 – 8616 Volume 3, Issue 1.

[32] Afzal, Naveed & Mitkov, Ruslan. (2014). Automatic generation of multiple choice questions using dependency-based semantic relations. Soft Computing. 18. 1269-1281. 10.1007/s00500-013- 1141-4.

[33] Agarwal, M. and Mannem, P. 2011, "Automatic gap-fill question generation from text books," Proceedings of the 6th Workshop on Innovative Use of NLP for Building Educational Applications, pp. 56–64, Portland, Oregon, USA.

[34] Laura Zavala and Benito Mendoza. 2018. On the Use of Semantic- Based AIG to Automatically Generate Programming Exercises. In Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. ACM, 14.

[35] Stancheva, Nina; Stoyanova-Doycheva, Asya; Stoyanov, Stanimir; Popchev, Ivan & Ivanova, Vanya. (2017). A model for generation of test questions. Comptes Rendus de L'Academie Bulgare des Sciences. 70. 619-630.

[36] Al-Yahya, M., 2014. Ontology-based multiple choice question generation. The Scientific World Journal Vol 2014, page 9, ID: 10.1155/2014/274949.

[37] F. de Assis Zampirolli, V. Batista and J. A. Quilici-Gonzalez, "An automatic generator and corrector of multiple choice tests with random answer keys," 2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Erie, PA, USA, 2016, pp. 1-8, doi: 10.1109/FIE.2016.7757467.

[38] Bhale, N.L., Patil, S., Pawar, M., Katkade, T.G., & Jadhav, N.D. (2016). Automatic Question Generation Using Wikipedia. Imperial journal of interdisciplinary research, 2. 943-946.

[39] B. Liu, "SARAC: A Framework for Automatic Item Generation," 2009 Ninth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Riga, 2009, pp. 556-558, doi: 10.1109/ICALT.2009.47.

[40] Forehand, M. (2005). Bloom's Taxonomy: Original and Revised. In M. Orey (Ed.), Emerging Perspectives on Learning, Teaching, and Technology (E-Book). https://textbookequity.org/Textbooks/Orey_Emergin_Perspectives_Learning.pdf

[41] Haladyna TM, Downing SM: How many options is enough for a multiple-choice test item? Educ Psychol Meas 1993, 53(4):999- 1010.

[42] Cizek GJ, O'Day DM: Further investigations of nonfunctioning options in multiple-choice test items. Educ Psychol Meas 1994, 54(4):861-872.

[43] Sidick JT, Barrett GV, Doverspike D: Three-alternative multiple choice tests: An attractive option. Pers Psychol 1994, 47(4):829- 835.

[44] Delgado AR, Prieto G: Further evidence favoring three-option items in multiple-choice tests. Eur J Psychol Assessment 1998, 14(3):197-201.

[45] Rogers WT, Harley D: An empirical comparison of three- and four- choice items and tests: susceptibility to testwiseness and internal consistency reliability. Educ Psychol Meas 1999, 59(2):234- 247.

[46] K. Woodford, P. Bancroft, "Multiple choice questions not considered harmful," Proceedings of the 7th Australasian conference on Computing education, p.109-116, January 01, 2005, Newcastle, New South Wales, Australia.

[47] Shizuka T, Takeuchi O, Yashima T, Yoshizawa K: A comparison of three- and four-option English tests for university entrance selection purposes in Japan. LangT 2006, 23(1):35-57.

[48] Tarrant, M., Ware, J., & Mohammed, A. M. (2009). An assessment of functioning and nonfunctioning distractors in multiple-choice questions: A descriptive analysis. BMC British Medical Education, 9, 40. http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-9-40

[49] Ragonis, N. (2012). Type of questions – the case of computer science. Olympiads in Informatics, 6, 115–132.

[50] Sirithumgul, Pornpat, Prasertsilp, Pimpaka, Suksa-Ngiam, Watanyoo & Olfman, Lorne. An Ontology-Based Framework as a Foundation of an Information System for Generating Multiple- Choice Questions. In Proceedings of the 25th Americas Conference on Information Systems, Cancun, Mexico. August 15 – 17, 2019.

[51] Sirithumgul, Pornpat, Prasertsilp, Pimpaka & Olfman, Lorne. An Algorithm for Generating Gap-Fill Multiple Choice Questions of Expert System. In Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-55), Maui, Hawaii, USA. January 4 – 7, 2022.

[52] Lependu P, Dou D. Using ontology databases for scalable query answering, inconsistency detection, and data integration. J Intell Inf Syst. 2011 Oct;37(2):217-244. doi: 10.1007/s10844-010-0133-4. PMID: 22163378; PMCID: PMC3230227.

[53] Sadia, A., Khan, F.K., & Bashir, F. (2018). An Overview of Lexicon-Based Approach For Sentiment Analysis.

ภาคผนวก

ข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หากลยุทธ์ที่เหมาะสมกับการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำแสดงในตาราง (หน้า 52 – 65) โดยข้อมูลประกอบด้วย (1) ความเห็นของนักศึกษาต่ออาจารย์ผู้สอน วิชาที่เรียน และสภาพแวดล้อมในชั้นเรียน, (2) ผลการวิเคราะห์ sentiment analysis และ (3) สรุปกลยุทธ์การสอนที่ทำให้ประสบความสำเร็จในการเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
1	Easy going. Teaches from his heart. Approachable. Puts a lot of work in ***preparing material***. Teachings foundations of state-of-the-art machine learning (rather than just going through papers).	Pos (Score =0.5, Magnitude = 2.6)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
2	Great professor who tries to make lecture interesting. He is really good at breaking down subjects that are hard to conceptualize. ***Homeworks*** are long so START EARLY. CP/TAs at SAL are your friends and make your life easier, so use them.	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 2.8)	ใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
3	Best professor so far. Nice guy with ***clear explanation and useful analogy*** of things.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.9)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
4	Amazing lecturer who can make any topic engaging. I feel like I learned so much in his class, and he really makes 109 topics so understandable/interesting. ***Labs took me 3-7 hours, but are more than manageable and teach you a lot.*** Tests hard but predictable. Solidified my decision to continue pursuing comp engr, so thanks Reddy.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 3.3)	ใช้กิจกรรมประกอบการเรียนและใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
5	Lectures are cool and engaging, Redekopp makes tough material approachable, he's awesome! ***Labs take 2-5 hours each, with a week to complete (very manageable) project*** is challenging but checkpoints help break it up. ***You can do HW multiple times until you get a 100 and exams are fairly graded/written.*** All around great class that solidified EE for me!	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 2.3)	ใช้กิจกรรมประกอบการเรียน และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
6	Best professor I've had in USC so far, everyone loves him. CSCI104 is kinda a weeder class and it can get difficult for those who don't have prior experience, but he made it much better by providing amazing lectures and ***lots of help on hw outside of classroom***. If you wanna take an intro class and see him as the instructor, don't hesitate!	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน
7	Fantastic prof, wish I could have him for every EE or CS class. ***Explains complicated topics in a clear and easy to understand way.*** Wants us to succeed and believes that we will. Really interesting class with fun labs. Feel like I actually learned something.	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 4)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
8	Professor Redekopp, thus far in the course sequence has been the best CS professor I have experienced. ***The class material is not particularly difficult, however, the rigor with which you are expected to know each topic is intense.*** The PA's are very very very long (up to 30 hours) so start early. You will leave the course a much more capable student	Pos (Score = 0.4, Magnitude = 1.9)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
9	Fantastic professor who turns a difficult class into an approachable and very doable challenge. ***Knows most students by name and actively encourages questions and participation.*** The class itself is quite informative and provides a number of opportunities to mess up and still do well. Not a cakewalk, but Redekopp teaches it well.	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 3.3)	สนับสนุนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน
10	Probably the best CS professor I've had @ USC. ***Lectures are really helpful***, don't drag on too long, and are all available online. ***Homework*** is difficult, but Redekopp gives plenty of extra credit and ***resources to help for every assignment***. Tests are hard, but not surprising. He also extremely easy to contact via Piazza / OH.	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 3.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ, ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ, ใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
11	One of the best profs and educators I've had in general. ***Presents difficult concepts in an easy way to understand*** and cares a lot about his students. the goat of Viterbi, take a class with him if you can.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 2)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
12	An incredible professor who will answer questions and ***make the material easy to digest***. One of the best professors I've taken.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.9)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
13	Redekopp is the MVP. ***He breaks down some of the most difficult concepts into digestible material*** and is very accessible/helpful in OH. As for the course, start the HW's early, do the practice tests, and make sure you understand the concepts.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 1.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
14	Professor Redekopp is an amazing engineering prof. His lectures are info heavy but he takes time to explain concepts to those who are confused a little. He was very ***accessible outside of class*** and he was also very considerate to the students. He truly is a gem of a professor and I would highly recommend taking his engineering classes!	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 3.4)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
15	Reddekop is one of the best, going into cs with no experience I was worried but as long as you are ACTIVELY in class learning you'll pass. He's very reasonable as well, ***the homework will get harder over time but if you try and communicate with the TAs and the professor during office hours. I promise you'll be okay!*** (No pop quizzes or extra credit)	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 2)	ใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
16	One of the best professors who really cares. He knows the subject well and can ***explain clearly***. Overall, not a difficult class and enjoyable. Recommend.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 3.6)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
17	Very knowledgeable, ***clear and concise presentation***, sense of humor without being cheesy, fair grader.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 0.9)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
18	Prof. Smallberg will ***go out of his way to help you, even looking back at code you've already submitted and asking you about bugs in your program***, so in the future you don't make the mistakes. ***Will respond to questions posed at 2 in the morning***	Pos (Score = 0.3, Magnitude = 0.6)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน และให้คำปรึกษา (feedback) ที่ดีต่อนักศึกษารายบุคคล

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
19	I strongly recommend this course to anyone with an interest but novice experience in 3D modeling. Professor Easley is a caring professor who walks students through a few models before assigning individual final projects to showcase what they learned. ***Constantly encourages students to ask questions.*** Grading wasn't released until the end of the class	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 2.5)	สนับสนุนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน
20	Scott has been so helpful in his rigging class. I have learned a lot from him. He would also ***provide very useful plugins and scripts and techniques that have been widely used in the industry.*** Students definitely can learn a lot from him!	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 3.4)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
21	Entire class is based on one single group project of ***making a mobile/webGl game in Unity***. It was a fun class to take in the summer session. The professor is very caring and friendly.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 1.9)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ และใช้กิจกรรมประกอบการเรียน
22	Really understood that this was a 2 until course online during a pandemic. The class was paced well, and ***you could almost always get your homework done in class.*** Scott is such a fun guy too. Ask him about his high school ska band	Pos (Score = 0.4, Magnitude = 2.3)	ใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
23	The professor is one of the best professors I've ever had. He gives clear feedback, ***encourage his students to think creatively and clearly explain difficult and complex topics.***	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.8)	สนับสนุนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน, ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
24	Best prof. I've had at USC so far. He is really knowledgeable and gives ***amazing lectures***. He gives students insights into the ***gaming industry***. As long as you spend about 4 hours on each of your models, this is an EASY A. Highly recommend this professor & class, it's been a great experience for me.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 3.4)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ, ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
25	Structure of class is really good. Course grade is based on exams, quizzes, ***exercises, and a group project***. Really helpful. ***Clear instructions and expectations***. Lectures were interesting. Exams were a little challenging but ***material is manageable***. Overall, I think he is one of the top tier professors CSULA has for CS.	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 4.6)	สนับสนุนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน, ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ, ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
26	Scott Easley is easily one of the best professors at USC. He's gives great advice on how to improve your 3D models without being condescending at all, and you learn something useful every time he talks. He also cares a lot about his students and ***encourages us to model things that matter to us to increase our interest in Maya***.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ, สนับสนุนการมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
27	Prof. Amini really cares that we learn. ***The material was very well organized and the lectures were amazing.*** I would definitely take any course he teaches!	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ, และใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
28	I took 61A over the summer with grad students, but I watched the recordings of John Denero's lectures. This was the best class I've ever taken and the best professor I've ever seen. ***He explains things so well, it's like a constant feeling of an "aha" moment***, but given to you by another person. I'm so happy he's at Berkeley.	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 2.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
29	He is so nice! Made CS61A my favorite class this sem. Lectures were pretty good, but you should ***spend more time on discussions/labs/hw/past exams as they are more relevant to exam content.*** Enjoyed the AMAs. Exams are pretty difficult relative to lectures/hw but it is very possible to get in the A range by grinding past exams and extra credit.	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 2.8)	ใช้กิจกรรมประกอบการเรียน และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
30	***His lectures are engaging*** and have 0 fluff. Some are almost 2 hours, some are 20 minutes, it depends on the material. ***The projects, lab and homework assignments are cool*** and there's plenty of extra credit opportunities. The staff is helpful and everything was managed smoothly. Only con is that exams are more like "puzzles" than tests.	Pos (Score = 0.4, Magnitude = 3.1)	ใช้กิจกรรมประกอบการเรียน และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
31	Professor Denero's lectures are very interesting and are frequently re-recorded but source older lectures too. ***Almost every assignment had extra (optional) practice problems and all of the projects have some extra credit opportunities.*** I never attended live lectures but they would've helped a lot. Optional contests are fun too, lots of opportunity	Pos (Score = 0.6, Magnitude = 2.7)	ใช้กิจกรรมประกอบการเรียน และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
32	Took this class asynchronously, Professor Denero ***posts his lectures on YouTube in playlists and they are so captivating and fun. Lectures are great to help with homework*** and the TA's usually post hint videos. Denero has ***lots of experience and knowledge and it*** was a pleasure to take his class	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
33	DeNero is hilarious and a great professor. ***Lectures and expectations are super clear.*** It can be tough to get help (7-hr OH queues haha) but reach out to your peers, who can probably walk you through it! Exams are super tough and projects are long, but ***hw and lab is really helpful and fair.***	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 3)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ, ใช้กิจกรรมประกอบการเรียน และใช้การบ้านทบทวนบทเรียน

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
34	Probably best prof I've had.... really cares that you understand the material rather than test random details and make you worry about exams. ***HW great for learning***. Took 189 with him, best decision at CAL so far, he's awesome!!!	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	ใช้การบ้านทบทวนบทเรียน
35	One of the best professors at UCLA, and probably my favorite teacher ever. ***He explains things very well and I found I learned a lot from this class.*** I actually ENJOYED taking his exams. How crazy is that? If you want a good experience, take professor Wittman!	Pos (Score = 0.4, Magnitude = 3.5)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
36	Watch ***his YouTube lectures they are great at helping you understand***. Helped me pass data structures	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
37	Fantastic lecturer, and ***the lecture notes he posts online are incredibly helpful.*** Exams are challenging but doable (buy the reader). If you want to take some time off to laugh a bit during dead week, go to the final lecture.	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 1.7)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
38	***The course material that he prepared (several years ago) is pretty much gold***; it's possible to not even go to lecture because his notes are that good (and he follows the notes anyways).	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 0.8)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
39	Excellent professor. ***Clear with the concepts. He writes a lot in the class.*** That's of great deal.	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 2.9)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
40	Shewchuk is awesome. ***He's amazingly clear***, seems to genuinely want you to learn, and he's funny to boot. Definitely one of the best professors at Cal.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 2.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
41	It's been 10 years since I had his class in data structures and he was definitely one of my most memorable. His class is moderately tough but not impossible. I can ***definitely thank him for his thorough teachings***. the programming skills really come in handy in the real world.!	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 2.3)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
42	Great professor. ***Lectures and lecture notes are very clear and helpful.*** The homework, projects, and tests were fair. The material is useful and very applicable. Probably the best teacher to take 61B with.	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 3.8)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพและใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ
43	Best lectures I've had in a while. Really makes things interesting - eg., ***Learned about the Sator Square in Herculaneum during a dynamic programming lecture*** and ***how the Wikipedia article on palindromes is wrong about Johnson coining the word***. Very careful about grading, though he generally gives good grades. (You'd better get your math right!)	Pos (Score = 0.3, Magnitude = 2.1)	ใช้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
44	He's a cool prof, explains ideas well. T***he lectures always have fun stories and lots of historical background*** which I really liked (like he explained depth first search using the legend of the minotaur and Ariadne's thread and the etymology of the word "clue")	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.9)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
45	I literally cannot describe how cool this guy is. From granting a last-minute extension on an exam so I could ***take it another day to meeting with me to discuss test taking strategy***... absolutely phenomenal help to me this semester. ***I did really badly on quiz 1 and almost dropped the class and he really gave me the confidence to keep going.***	Pos (Score = 0.8, Magnitude = 3.5)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน และให้คำปรึกษา (feedback) ที่ดีต่อนักศึกษารายบุคคล
46	Just had our exams. I would not have passed without Prof. Gupta. CS is not my main area and most of the other people in class had a lot more coding experience so I was playing catch-up a lot of the time. ***He took a lot of time out and went over all the material with me in the weeks before the second quiz and final and really boosted my confidence.***	Pos (Score = 0.3, Magnitude = 2.4)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน และให้คำปรึกษา (feedback) ที่ดีต่อนักศึกษารายบุคคล

	ความเห็นของนักศึกษา	ผลลัพธ์การวิเคราะห์ Sentiment Analysis โดย Google Cloud NLP	บทสรุปกลยุทธ์การสอน
47	Be prepared to work very, very hard if you have had no significant experience with computing. This is an 'intro' class in the same way rocket science is child's play. The good news is that the professor happens to be just the one to make this class great. ***Professor Sahami and his teaching staff are brilliant, funny, accessible and fair.***	Pos (Score = 0.3, Magnitude = 2.5)	เข้าถึงได้นอกชั้นเรียน
48	I've taught this stuff for decades and ***Jerry explained it better, and way, way faster, than I ever have.*** Inspirational.	Pos (Score = 0.5, Magnitude = 1.1)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
49	Jerry is the boss! ***Explains Computer Systems very clearly*** and really cares about his students.	Pos (Score = 0.9, Magnitude = 1.9)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ
50	I took both Algorithm courses on Coursera last year. I think Prof. Roughgarden is one of the best teachers I've ever had. ***He explained clearly and in detail quite difficult topics.*** And he's tons of fun too! I'm going to take both courses again next year. It's the kind of experience worth repeating!	Pos (Score = 0.7, Magnitude = 4.5)	ใช้เทคนิคการสอนและอธิบายที่มีประสิทธิภาพ

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาวพรภัทร์ ศิริธรรมกุล

2. ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

4. วุฒิการศึกษา

ระดับการศึกษา	ชื่อวุฒิ	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ปีที่สำเร็จการศึกษา
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2548
ปริญญาโท	วท.ม.	วิศวกรรมซอฟต์แวร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2552
ปริญญาโท	M.S.	Information Systems and Technology	Claremont Graduate University, USA	2557
ปริญญาเอก	Ph.D.	Information Systems and Technology	Claremont Graduate University, USA	2559

5. สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงาน

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โทรศัพท์ (02) 02-836-3000 ต่อ 4183 หรือ 4184
อีเมล pornpat.s@rmutp.ac.th และ sirithumgul.p@gmail.com
ที่อยู่ 1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กทม. 10800

6. ความชำนาญ และความสนใจพิเศษ Software Engineering, Text-mining, Ontology-based Algorithms, Natural Language Processing (NLP), Artificial Intelligence (AI) for Knowledge Processing และ Online Learning Technologies

7. ทุนการศึกษา

ทุนรัฐบาลไทยสังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ปี 2552 - 2559) เพื่อศึกษาต่อในระดับปริญญาโท – เอก ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา

8. ผลงานทางวิชาการ

8.1 งานประพันธ์ตำราเรียน

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2565). หน่วยที่ 8. ปัญญาประดิษฐ์สำหรับการจัดการโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาปัญญาประดิษฐ์สำหรับอุตสาหกรรมและธุรกิจ*. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2565). หน่วยที่ 11. ปัญญาประดิษฐ์สำหรับสร้างประสิทธิภาพให้การจัดการกระบวนการทางธุรกิจ. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาปัญญาประดิษฐ์สำหรับอุตสาหกรรมและธุรกิจ*. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2565). หน่วยที่ 15. ปัญญาประดิษฐ์สำหรับการวิเคราะห์ผลป้อนกลับจากลูกค้า. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาปัญญาประดิษฐ์สำหรับอุตสาหกรรมและธุรกิจ*. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2563). หน่วยที่ 4. ทฤษฎีการรับรู้. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาการออกแบบส่วนปฏิสัมพันธ์บนเว็บและโมบาย* หน่วยที่ 1–7. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2563). หน่วยที่ 8. การออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาการออกแบบส่วนปฏิสัมพันธ์บนเว็บและโมบาย* หน่วยที่ 8–13. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2563). หน่วยที่ 13. เซอร์วิสบนแอนดรอยด์. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาการโปรแกรมประยุกต์บนอุปกรณ์เคลื่อนที่* หน่วยที่ 8–13. นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล และภรณี ศรีสุทธิ์ **(2563).** หน่วยที่ 7. วิธีการเพื่อการพัฒนาระบบสารสนเทศ. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาเทคโนโลยีเพื่อการจัดการสารสนเทศสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาโท หน่วยที่ 6-10.* นนทบุรี: สาขาวิชาศิลปศาสตร์ แขนงวิชาสารสนเทศศาสตร์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล และชูจิตต์ ธนภัณฑ์ภาดา **(2563).** หน่วยที่ 11. การจัดหา การติดตั้ง การบำรุงรักษา และการประเมินระบบสารสนเทศ. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศเบื้องต้น หน่วยที่ 11-15.* นนทบุรี: สาขาวิชาศิลปศาสตร์ แขนงวิชาสารสนเทศศาสตร์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล. (2562). หน่วยที่ 2. ระดับและกระบวนการด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ หน่วยที่ 1-5.* นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2562). หน่วยที่ 4. การเก็บรวบรวมและการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล. ใน *ตำราเรียนชุดวิชาการวิเคราะห์ข้อมูล หน่วยที่ 1-5.* นนทบุรี: สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

8.2 ผลงานวิจัยที่เผยแพร่

Sirithumgul, Pornpat, & Prasertsilp, Pimpaka. Applying Sentiment Analysis and Machine Learning Algorithms on Students' Reflections to Identify an Effective Teaching Strategy as a Factor of Learning Successes. In Proceedings of the 33rd Australasian Conference on Information Systems, Melbourne, Australia. (forth coming).

Sirithumgul, Pornpat, Prasertsilp, Pimpaka & Olfman, Lorne. An Algorithm for Generating Gap-Fill Multiple Choice Questions of Expert System. In Proceedings of the 55th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-55), Maui, Hawaii, USA. January 4 – 7, 2022.

Sirithumgul, Pornpat, Prasertsilp, Pimpaka, Suksa-Ngiam, Watanyoo & Olfman, Lorne. An Ontology-Based Framework as a Foundation of an Information System for Generating Multiple-Choice Questions. In Proceedings of the 25th Americas Conference on Information Systems, Cancun, Mexico. August 15 – 17, 2019.

Sirithumgul, P. (2016). An ontology-based algorithm as a foundation of an automated knowledge assessment tool applied in the scientific discussions. Available from ProQuest Dissertations & Theses Global.

Sirithumgul, Pornpat, & Olfman, Lorne. A model for measuring knowledge constructions of students in online discussions. In Proceedings of the 24th Australasian Conference on Information Systems, Melbourne, Australia. December 4-6, 2013.

Sirithumgul, Pornpat, Suchato, Atiwong, & Punyabukkana, Proadpran. Quantitative Evaluation for Web Accessibility with Respect to Disabled Groups. In Proceedings of the 6th International Cross- Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A2009), Madrid, Spain. April 20-21, 2009.

Sirithumgul, Pornpat, Suchato, Atiwong, & Punyabukkana, Proadpran. Elearning Transformation for the visually impaired. In Proceedings of the 8th Distance Learning and the Internet Conference (DLI2007), Bangkok, Thailand. December 12-15, 2007.

8.3 โครงการวิจัย

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2566). หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง *บทบาทของบทวิพากษ์วิจารณ์จากลูกค้าบนสื่อสังคมต่อการสนับสนุนธุรกิจท่องเที่ยวในประเทศไทย: เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (A Role of Customer Reviews on Social Media to Promoting Travel Businesses in Thailand: A Technique for Analyzing Big Data)* สนับสนุนโดยทุนงบประมาณเงินรายได้หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2566

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2565). หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง *การประยุกต์อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุปัจจัยความสำเร็จที่ถูกสนับสนุนโดยการเรียนออนไลน์แบบวนซ้ำ (An Application of Machine Learning Algorithms to Identify Success Factors being Promoted by Repetition Online Learning)* สนับสนุนโดยทุนงบประมาณเงินรายได้หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2565

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2565). หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง *"A Study of Applying a Knowledge Expert System to Enhance Education Focusing on Information Technology and Software Engineering in Thailand and India"* สนับสนุนโดยโครงการ Thai-Indian Exchange Scholar Program โดยความร่วมมือระหว่างสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ Indian Council of Social Science Research (ICSSR)

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2563). หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง *กรอบงานบนพื้นฐานของภววิทยาในฐานะที่เป็นพื้นฐานของระบบสารสนเทศสำหรับสร้างคำถามแบบปรนัย (An Ontology-based Framework as a Foundation of an Information System for Generating Multiple-choice Questions)* สนับสนุนโดยทุนงบประมาณเงินรายได้หน่วยงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ประจำปี 2563

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2562). หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง *แบบจำลองสำหรับสร้างระบบผู้เชี่ยวชาญที่ใช้สำหรับผลิตคำถามแบบเติมคำในช่องว่างที่มีตัวเลือกแบบปรนัย (A Model for Constructing an Expert System Used for Generating Gap-fill Multiple Choice Questions)* สนับสนุนโดยโครงการสนับสนุนทุนนักวิจัยใหม่กระทรวงวิทยาศาสตร์ (วท.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

8.4 ประสบการณ์การเป็นวิทยากรและอาจารย์พิเศษ

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2563). วิทยากรบรรยายพิเศษเรื่อง *การบริการเว็บและเอพีไอบนเว็บ (Web Services and Web APIs)* ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดวิชา *การโปรแกรมเว็บ (Web Programming)* สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2562). วิทยากรรายการโทรทัศน์เพื่อการสอนทางไกลเรื่อง *ระดับและกระบวนการด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์* ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดวิชา *ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์* แพร่ภาพผ่าน สถานีวิทยุโทรทัศน์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (STOU Channel) สถานีวิทยุโทรทัศน์ การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม True Vision ช่อง DLTV14 ทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต www.stou.ac.th และสื่อสังคม YouTube

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2562). วิทยากรรายการโทรทัศน์เพื่อการสอนทางไกลเรื่อง *การเก็บรวบรวมและการเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล* ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชุดวิชา *การวิเคราะห์ข้อมูล* แพร่ภาพผ่าน สถานีวิทยุโทรทัศน์ของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (STOU Channel) สถานีวิทยุโทรทัศน์ การศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียม True Vision ช่อง DLTV14 ทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต www.stou.ac.th และสื่อสังคม YouTube

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2562). อาจารย์อาสาและอาจารย์พิเศษวิชา *การโปรแกรมคอมพิวเตอร์เบื้องต้นโดยใช้ภาษาซี* ให้กับโครงการการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมไกลกังวล ภายใต้การสนับสนุนของมูลนิธิการศึกษาทางไกลผ่านดาวเทียมในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่เปิดให้ความรู้กับนักเรียนระดับอาชีวศึกษาและประชาชนทั่วไป แพร่ภาพทางช่อง สศทท.13 (dltv13) ระหว่างวันที่ 20 มิถุนายน ถึง 13 ตุลาคม 2562

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2551). วิทยากรอบรมหัวข้อ Web Accessibility, WCAG 2.0 and Assistive Technology ในโครงการความร่วมมือระหว่าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

พรภัทร์ ศิริธรรมกุล (2551). วิทยากรอบรมการใช้งานโปรแกรมอ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ Non-Visual Desktop Access (NVDA) ให้กับนักเรียนตาบอด ณ ศูนย์การศึกษาพิเศษส่วนกลาง กรุงเทพมหานคร

8.5 ประสบการณ์การสอน

1. อาจารย์ผู้สอนวิชา *วิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science)* สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ตั้งแต่ปี 2562 - ปัจจุบัน)
2. อาจารย์ผู้สอนวิชา *พื้นฐานการออกแบบและการโปรแกรมเชิงวัตถุโดยใช้ภาษาไพธอน (Fundamentals of Object-Oriented Design and Programming Using Python)* สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 2 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ตั้งแต่ปี 2562 - ปัจจุบัน)
3. อาจารย์ผู้สอนวิชา *วิศวกรรมซอฟต์แวร์ (Software Engineering)* สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ตั้งแต่ปี 2559 - ปัจจุบัน)
4. อาจารย์ผู้สอนวิชาการโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (ตั้งแต่ปี 2559 - 2562)
5. ผู้ช่วยสอนวิชา Knowledge Management and Social Media (Transdisciplinary Course) สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาเอก Claremont Graduate University (ภาคการศึกษา Fall 2014)
6. ผู้ช่วยสอนวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ สำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 3 ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ปีการศึกษา 2550 - 2552)

8.6 งานบริการวิชาการ

1. **Annual Program Committee Member and Reviewer** for the International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology (ICCGI)
2. **Session Chair** for the 17th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2020)
3. **Reviewer** for international journal and conferences including:
   3.1 Computer & Education: An International Journal
   3.2 International Conference on Information Systems (ICIS)
   3.3 Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)

8.7 Professional Society Membership

1. Association for Computing Machinery (ACM) (2009 – present)
2. Association for Information Systems (AIS) (2019 – present)

9. ประสบการณ์การทำงานภาคเอกชน

1. **ตำแหน่ง Senior software engineer** บริษัท Motif Technology Co., Ltd. เพื่อสร้างระบบการจัดการสารสนเทศ (DIS-MIS) ให้กับกรมสอบสวนคดีพิเศษแห่งราชอาณาจักรไทย (Department of Special Investigation: DSI)
2. **ตำแหน่ง Software engineer** บริษัท Motif Technology Co., Ltd. เพื่อสร้างระบบการจัดการบัญชีหลัก (Mainstream Account System: MAS) ให้กับบริษัท Bangkok Aviation Fuel Services Public Company Limited (BAFS)

10. อื่น ๆ

เป็นผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ทำหน้าที่ดูแลและฝึกสอนนักศึกษาแลกเปลี่ยนโครงการ International Association for the Exchange of Students for Technical Experience (IAESTE)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร