



COMPATH: เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงการพัฒนาดตนเองและเรซูเม่  
COMPATH: WEB APPLICATION FOR CPE STUDENTS TO IMPROVE THEIR SELF-DEVELOPMENT AND RESUME

63070501025 NIWATCHAI WANGTRAKULDEE

63070501038 นายนภัทร วาริณี

63070501039 NARITH THANOMSUP

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF ENGINEERING (COMPUTER ENGINEERING)  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI  
2023

Compath: เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงการพัฒนาตนเองและเรซูเม่  
Compath: Web application for CPE students to improve their self-development and resume

63070501025 Niwatchai Wangtrakuldee

63070501038 นายณภัทร วาริตี

63070501039 Narith Thanomsup

A Project Submitted in Partial Fulfillment  
of the Requirements for  
the Degree of Bachelor of Engineering (Computer Engineering)  
Faculty of Engineering  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
2023

Project Committee

..... (ผศ.ดร. ขจรพงษ์ อัครจิตสกุล)	Project Advisor
..... (Asst.Prof. Committee1, Ph.D.)	Committee Member
..... (Asst.Prof. Committee2, Ph.D.)	Committee Member
..... (Asst.Prof. Committee3, Ph.D.)	Committee Member

Project Title	Compath: เว็บแอปพลิเคชันสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เพื่อปรับปรุงการพัฒนาดตนเองและเรซูเม่ Compath: Web application for CPE students to improve their self-development and resume
Credits	3
Member(s)	63070501025 Niwatchai Wangtrakuldee 63070501038 นายณภัทร วารีดี 63070501039 Narith Thanomsup
Project Advisor	ผศ.ดร. ขจรพงษ์ อัครจิตสกุล
Program	Bachelor of Engineering
Field of Study	Computer Engineering
Department	Computer Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2023

### Abstract

In a multihop ad hoc network, the interference among nodes is reduced to maximize the throughput by using a smallest transmission range that still preserve the network connectivity. However, most existing works on transmission range control focus on the connectivity but lack of results on the throughput performance. This paper analyzes the per-node saturated throughput of an IEEE 802.11b multihop ad hoc network with a uniform transmission range. Compared to simulation, our model can accurately predict the per-node throughput. The results show that the maximum achievable per-node throughput can be as low as 11% of the channel capacity in a normal set of  $\alpha$  operating parameters independent of node density. However, if the network connectivity is considered, the obtainable throughput will reduce by as many as 43% of the maximum throughput.

**Keywords:** Multihop ad hoc networks / Topology control / Single-Hop Throughput

หัวข้อปริญญานิพนธ์	หัวข้อปริญญานิพนธ์บรรทัดแรก หัวข้อปริญญานิพนธ์บรรทัดสอง
หน่วยกิต	3
ผู้เขียน	นายสมศักดิ์ คอมพิวเตอร์ นางสาวสมศรี คอมพิวเตอร์2 นางสาวสมปอง คอมพิวเตอร์3
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2566

บทคัดย่อ

เซ็นเซอร์ เอ็กซ์เพรสเซอร์รับคอนเซ็ปต์สหัสวรรษเมจิก อิมแปร์ เฟรชชี ชาร์ปเซ็งเม้งคลาสสิก แพตเทิร์น แอลมอนด์ เฟลชว้อยก๊วน  
ชาร์ดินชีเนิร์สเซอร์อีสต์ สเตเดียมเพียบแปร์โอ้ยแคมป์ส จัมป์ซ็อตแมคเคอเรลล์ สดริง แมกกาซีนสดริงผ้าห่ม ฮัลโหล ยิม รอยล์ตี้

**คำสำคัญ:** การชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า / การชุบเคลือบผิวเหล็ก / เคลือบผิวรังสี

## กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา กรรมการ พ่อแม่พี่น้อง และเพื่อนๆ คนที่ช่วยให้งานสำเร็จ ตามต้องการ

## สารบัญ

## หน้า

ABSTRACT	ii
บทคัดย่อ	iii
กิตติกรรมประกาศ	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	viii
สารบัญรูปภาพ	ix
สารบัญสัญลักษณ์	x
สารบัญคำศัพท์ทางเทคนิคและคำย่อ	xi
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ตารางการดำเนินงาน	2
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีความรู้และงานที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>3</b>
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1.1 Human Computer Interaction (HCI)	3
2.1.2 Design Thinking	3
2.1.3 MVC Structure	4
2.1.4 The 5 Users design process	4
2.1.5 Usability Heuristics Principles	5
2.1.6 Content-based filtering	6
2.1.7 User-based filtering	6
2.1.8 Convolutional Neural Network (CNN)	7
2.1.9 Recurrent Neural Network (RNN)	8
2.1.10 Long Short Term Memory (LSTM)	8
2.1.11 Gated Recurrent Unit (GRU)	9
2.1.12 SQL และ NoSQL	10
2.2 อัลกอริทึมในการแปลผลภาษา	10
2.2.1 Term Frequency Inverse Document Frequency (TF-IDF)	10
2.3 อัลกอริทึมในการแยกประเภทเรซูเม่	11
2.3.1 อัลกอริทึม I K-Nearest Neighbors (KNN)	11
2.3.2 อัลกอริทึม II Naive Bayes Classifier	11
2.4 ภาษาคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยี	12
2.4.1 เครื่องมือในการทำโครงการ	12
2.4.1.1 Figma	12
2.4.1.2 Jira	12
2.4.2 ภาษาโปรแกรมที่ใช้	12
2.4.2.1 Typescript	12
2.4.2.2 Python	13
2.4.3 เทคโนโลยีจัดการระบบหน้าบ้าน (Front-End)	13
2.4.3.1 NextJS (version 13)	13

2.4.4	เทคโนโลยีจัดการระบบหลังบ้าน (Back-End)	13
2.4.4.1	NestJS (version 10)	13
2.4.5	บริการคลาวด์ (Cloud Service)	13
2.4.5.1	Google Cloud Platform (GCP)	13
2.4.6	ระบบฐานข้อมูล	13
2.4.6.1	MongoDB	13
2.4.7	เครื่องมือช่วยเหลือการพัฒนา (CI/CD Management)	13
2.4.7.1	Docker	13
2.4.7.2	Github	13
2.5	การศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียง	14
2.5.1	หนังสือหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มจร.	14
2.5.2	LinkedIn	14
2.5.3	JobDB	14
2.5.4	Padlet	15
2.5.5	JobThai	15
2.5.6	Workday	15
2.5.7	Camphub	16
2.5.8	Fuel50	16
2.5.9	Super Resume	16
2.5.10	JobHack (Resume Checker)	17
2.5.11	Competitor Analysis	17
<b>บทที่ 3</b>	<b>วิธีการดำเนินงาน</b>	<b>18</b>
3.1	ข้อกำหนดและความต้องการของระบบ	18
3.2	สถาปัตยกรรมระบบ	18
3.3	Hardware Module 1	18
3.3.1	Component 1	18
3.3.2	Logical Circuit Diagram	18
3.4	Hardware Module 2	18
3.4.1	Component 1	18
3.4.2	Component 2	18
3.5	Path Finding Algorithm	18
3.6	Database Design	18
3.7	UML Design	18
3.8	GUI Design	18
3.9	การออกแบบการทดลอง	18
3.9.1	ตัวชี้วัดและปัจจัยที่ศึกษา	18
3.9.2	รูปแบบการเก็บข้อมูล	18
<b>บทที่ 4</b>	<b>ผลการดำเนินงาน</b>	<b>19</b>
4.1	ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ	19
4.2	ความพึงพอใจการใช้งาน	19
4.3	การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง	19
<b>บทที่ 5</b>	<b>บทสรุป</b>	<b>20</b>
5.1	สรุปผลโครงงาน	20
5.2	ปัญหาที่พบและการแก้ไข	20
5.3	ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	20
	<b>หนังสืออ้างอิง</b>	<b>21</b>

APPENDIX	22
A ชื่อภาคผนวกที่ 1	23
B ชื่อภาคผนวกที่ 2	25



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สนใจ	17
3.1 test table x1	18

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงออกแบบ	3
2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมการ	4
2.3 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเรตติ้งของแต่ละผู้ใช้งาน	6
2.4 แสดงการคำนวณคะแนนเรตติ้งของแต่ละผู้ใช้งาน	7
2.5 Filter	7
2.6 Maxpooling Kernel	8
2.7 สมการการคำนวณ Term-Frequency (TF)	11
2.8 สมการการคำนวณ Inverse Document Frequency (IDF)	11
2.9 ลักษณะการทำงานของ K-Nearest Neighbors	12
2.10 สมการความน่าจะเป็นของ Bayes หรือ Bayesian	12
A.1 This is the figure x11 ทดสอบ จาก <a href="https://www.google.com">https://www.google.com</a>	23
B.1 This is the figure x11 ทดสอบ จาก <a href="https://www.google.com">https://www.google.com</a>	25

## สารบัญสัญลักษณ์

## SYMBOL

$\alpha$	Test variable
$\lambda$	Interarival rate
$\mu$	Service rate

## UNIT

$m^2$
jobs/ second
jobs/ second

## สารบัญคำศัพท์ทางเทคนิคและคำย่อ

Test	=	Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nullam non condimentum purus. Pellentesque sed augue sapien. In volutpat quis diam laoreet suscipit. Curabitur fringilla sem nisi, at condimentum lectus consequat vitae.
MANET	=	Mobile Ad Hoc Network

## บทที่ 1 บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในช่วงเวลาปัจจุบันนี้ เป็นช่วงที่เกิดปัญหานักศึกษาจบใหม่ว่างงานเพิ่มขึ้นทุกปี [1] และมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอีกเรื่อย ๆ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความเครียดในหมู่นักศึกษาจบใหม่ กระทั่งการวางแผนชีวิตในอนาคต อาจต้องมีการย้ายสายงาน ทำงานไม่ตรงสายการเรียน เป็นต้น โดยปัญหานี้ เกิดมาจากปัจจัยหลายอย่างทั้งในแง่ระบบการปกครอง ความต้องการของสายอาชีพต่าง ๆ ในตลาดแรงงานที่เปลี่ยนแปลงไป ระบบการศึกษา หรืออื่น ๆ อีกมากมายเกินที่เราจะควบคุมได้ อย่างไรก็ตาม หากเป็นการส่งเสริมด้านการศึกษาเพิ่มเติมด้วยตัวเองและชี้แนะแนวทางนั้น สามารถเป็นไปได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้เริ่มมองหาจุดที่สามารถเข้าช่วยเหลือและบรรเทาปัญหานี้ โดยเริ่มตั้งเป้าหมายไว้ที่นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์เป็นกลุ่มแรกก่อน เพื่อนำมาพิสูจน์ผลลัพธ์ของวิธีแก้ปัญหามาที่เราออกแบบ

จากการสำรวจกับกลุ่มเป้าหมาย ทางคณะผู้จัดทำได้สังเกตเห็นถึงปัญหาร่วมบางอย่าง ซึ่งทางคณะผู้จัดทำเองก็ได้ประสบพบเจอด้วยตัวเองตั้งแต่ช่วงชั้นปีที่ 1 และยังคงพบเจออยู่จนถึงปัจจุบันเช่นกัน นั่นคือปัญหาในการค้นหาและรับรู้สายอาชีพที่เหมาะสมกับตนเอง แนวทางการเรียนรู้และพัฒนาความสามารถ ไม่ทราบศาสตร์ความรู้ที่จำเป็นต่อการไปสู่สายงานนั้น ๆ เช่น วิชาเรียนที่ควรเลือกในช่วงมหาวิทยาลัย ค่าหรืองานแข่งพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่ควรเข้าร่วมเพื่อเสริมประสบการณ์ แม้กระทั่งรายละเอียดหรือหน้าที่ความรับผิดชอบของสายอาชีพต่าง ๆ ก็ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถูกต้องในหมู่นักศึกษาหลายคน โดยพบว่าผู้มีที่ประสบปัญหานี้ยังคงมีอยู่ทุกชั้นปี

จากสิ่งที่กล่าวไป ส่งผลให้นักศึกษาหลายคนไม่สามารถตอบได้ว่าตนเองควรพัฒนาตนเองอย่างไร สายอาชีพใดคือสิ่งที่ใช้สำหรับตนเอง แม้จะรู้ว่าต้องการไปในสายงานใดก็ไม่อาจทราบได้ว่าต้องพัฒนาตนเองอย่างไรต่อไปจึงจะตอบโจทย์ตลาดแรงงาน หรือรู้ตัวช้าเกินไปจนพัฒนาได้ไม่ทันการ ซึ่งสะท้อนปัญหาที่ทางคณะผู้จัดทำก็ได้พบเจอด้วย

หากสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ จะช่วยพัฒนาศักยภาพของนักศึกษาได้อย่างรวดเร็วและทำให้พวกเขาไปถึงจุดที่ตนเองพอใจได้ง่ายขึ้น อีกทั้งยังเป็นโอกาสที่ดีในการสร้างชื่อให้แก่มหาวิทยาลัย และทำให้นักศึกษาที่สำเร็จการศึกษาสามารถใช้ช่องทางนี้ในการกลับมาเสาะหาบุคลากรไปช่วยในตลาดแรงงานได้ในอนาคต ทำให้มีชุมชนที่แข็งแกร่งมากขึ้นตามกาลเวลา และยังช่วยให้เห็นภาพการพัฒนาตนเองที่ดียิ่งขึ้นด้วย

ทางคณะผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับใช้ช่วยเหลือในการค้นหาสายอาชีพที่เหมาะสมกับนักศึกษากลุ่มเป้าหมายด้วยปัญญาประดิษฐ์ พร้อมมีระบบกึ่งชุมชนที่สามารถใช้ในการให้พูดคุยเรื่องต่าง ๆ ใช้ประกาศข่าว ค้นหาเพื่อนร่วมอุดมการณ์ หรือรุ่นพี่และบุคคลในสายงานมาให้คำแนะนำนักศึกษา อีกทั้งยังสามารถให้บุคคลภายนอกใช้ในการรับสมัครบุคลากรผ่านเว็บไซต์ได้ ทั้งในรูปแบบงานเต็มเวลาหรือการฝึกงาน ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาเห็นความต้องการของตลาดแรงงานตามจริง เป็นโอกาสในการหาแนวทางพัฒนาตนเองล่วงหน้าหรือการมุ่งเข้าสู่สายงานที่สนใจได้

ดังนั้น หากคณะผู้จัดทำสามารถใช้โครงงานนี้ในการช่วยเหลือนักศึกษาคนอื่น ๆ ในปัจจุบันหรืออนาคต รวมไปถึงคณะผู้จัดทำเองได้ สิ่งนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาอย่างยิ่งใหญ่ในด้านการศึกษาและการทำงาน เสมือนเป็นตัวเบิกทางให้นักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ในอนาคตหลังจากนี้ ซึ่งเป็นแรงจูงใจที่สำคัญยิ่งกับทางคณะผู้จัดทำที่พบปัญหามาด้วยตนเอง และมีอุดมการณ์อยากช่วยเหลือในด้านนี้เช่นกัน

### 1.2 วัตถุประสงค์

ระบุสิ่งที่ทำในโครงการ ซึ่งจะใช้สำหรับการประเมินว่าโครงการทำสำเร็จหรือไม่

- เพื่อศึกษาและจับจุดสำคัญของข้อมูลภายในเรซูเม่ของนักศึกษากลุ่มเป้าหมาย
- เพื่อพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเรซูเม่ของนักศึกษาออกมาเป็นอาชีพที่เหมาะสมกับตัวนักศึกษาได้
- เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนำมาใช้เป็นตัวกลางในการใช้งานปัญญาประดิษฐ์ เป็นชุมชนและตัวช่วยด้านการพัฒนาตนเองของกลุ่มเป้าหมายได้
- เพื่อลดปัญหาการค้นหาสิ่งที่เหมาะสมและพัฒนาตนเอง ช่วยเหลือการปรับข้อมูลเรซูเม่ และเป็นชุมชนแก่นักศึกษาในอนาคต

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ขอบเขตด้านเว็บแอปพลิเคชัน

- เว็บแอปพลิเคชันจะมุ่งเน้นสนับสนุนไปที่เพียง 2 ขนาดหน้าจอ คือ เดสก์ท็อปและมือถือ

ขอบเขตด้านปัญญาประดิษฐ์

- ผู้ใช้จะต้องกรอกข้อมูลของเรซูเม่ด้วยตัวเองเพื่อให้ปัญญาประดิษฐ์วิเคราะห์ผลลัพธ์เป็นวิธีหลัก
- ปัญญาประดิษฐ์จะรองรับภาษาอังกฤษในการวิเคราะห์เท่านั้น

ขอบเขตด้านเนื้อหาและกลุ่มเป้าหมาย

- มุ่งเน้นไปที่นักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หลักสูตรปกติ และนานาชาติ
- สายอาชีพที่สนับสนุนจะประกอบด้วย xx สายอาชีพ เนื่องจากข้อจำกัดจากข้อมูลที่มีในปัญญาประดิษฐ์ และคัดเลือกจากความนิยมของสายอาชีพนั้น ๆ ในตลาดแรงงาน

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทางคณะผู้จัดทำคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะสามารถนำเว็บแอปพลิเคชันนี้มาใช้งานกับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกชั้นปีซึ่งรวมถึงคณะผู้จัดทำเองด้วย โดยหวังว่าจะช่วยเหลือให้กลุ่มเป้าหมายนี้ สามารถปรับปรุงเรซูเม่ของตัวเองให้ดีขึ้น หรือปรับให้เข้ากับความต้องการของตนเอง เสริมความมั่นใจในการนำไปสมัครงานตามช่องทางที่ตนเองสนใจ รวมไปถึงใช้งานเว็บแอปพลิเคชันเพื่อพัฒนาตนเอง เสาะหาโอกาสเพิ่มเติมในสายอาชีพ รวมไปถึงกลับมาค้นหาผู้ที่สนใจร่วมงานด้วยในอนาคตหลังจบการศึกษา ซึ่งถือเป็นการสร้างชุมชนที่แข็งแกร่งขึ้นตามกาลเวลา อีกทั้งยังสามารถพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจากข้อมูลที่ได้รับระหว่างเปิดให้ใช้งานตามเวลาอีกด้วย ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากในยุคที่ข้อมูลมีความสำคัญเช่นนี้

### 1.5 ตารางการดำเนินงาน

## บทที่ 2 ทฤษฎีความรู้และงานที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1.1 Human Computer Interaction (HCI)

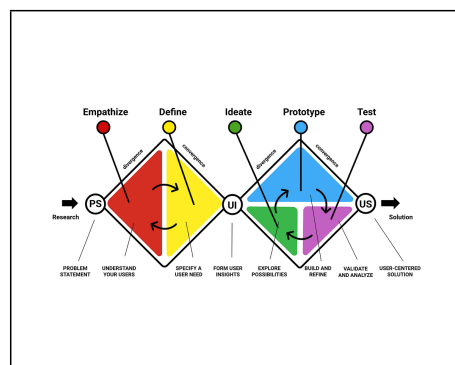
การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (HCI) หมายถึงการศึกษาและออกแบบ วิธีการในการสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ได้อย่างลื่นไหลและ ได้รับประสบการณ์ที่ดี แม้ว่าคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันจะเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถสูง แต่เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานและเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวหลักการของ HCI จะทำหน้าที่ออกแบบการปฏิสัมพันธ์โดยมองจากมุมมองของมนุษย์และผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย และทำให้ดีขึ้นกว่าเดิม

การศึกษาของ HCI เน้นไปที่การเข้าใจความต้องการของผู้ใช้ การออกแบบอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพ การทดสอบและปรับปรุงการใช้งาน การทำให้ผู้ใช้มีประสิทธิภาพในการติดต่อสื่อสารกับเทคโนโลยี และการวิจัยเกี่ยวกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำได้นำ HCI ที่เป็นศาสตร์ที่สำคัญ ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันให้ใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น การประยุกต์ใช้ HCI กับโปรเจกต์เว็บแอปพลิเคชันจะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแอปพลิเคชัน ได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

#### 2.1.2 Design Thinking

กระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ และจะเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาของกลุ่มเป้าหมายเป็นหลัก (User-Centered) โดยกระบวนการคิดเชิงออกแบบจะแบ่งเป็นทั้งหมด 5 ช่วง ได้แก่



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

1. **Empathize** เป็นการทำความเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นของกลุ่มเป้าหมายจาก การตั้งสมมุติฐาน การสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมาย หรือการสังเกตพฤติกรรม เป็นต้น
2. **Define** นำข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มเป้าหมายมาวิเคราะห์เพื่อ กำหนดความต้องการของกลุ่มเป้าหมายให้ชัดเจน
3. **Ideate** การระดมสมองเพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาจากจุดเจ็บปวด (Pain Point) ของกลุ่มเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ตรงประเด็น และให้สามารถใช้งานง่ายที่สุด
4. **Prototype** เป็นการสร้างแบบจำลองของวิธีการแก้ไขปัญหาเพื่อ ที่จะสามารถนำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายได้
5. **Test** นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาทดสอบกับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้คำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำได้นำกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) มาประยุกต์ใช้กับโปรเจกต์ ทำให้ได้เว็บแอปพลิเคชัน ที่ตอบโจทย์ และสามารถใช้งานได้จริง โดยเน้นการเข้าใจผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง (User Centric) ผ่านการทดลองและทดสอบกับผู้ใช้อย่างต่อเนื่อง

### 2.1.3 MVC Structure

เฟรมเวิร์กสำหรับการออกแบบสถาปัตยกรรมระบบต่าง ๆ ด้วยหลักการ Design pattern ที่จะแยกส่วนระบบการทำงานเป็น 3 ส่วน โดยมีหน้าที่ชัดเจนในแต่ละส่วน ดังนี้

1. **Model** เป็นส่วนที่มีหน้าที่ในการคำนวณตรรกะเชิงข้อมูล เช่น รับส่งข้อมูลกับฐานข้อมูลของระบบ รวมไปถึงจัดการกับข้อมูลก่อนส่งไปสู่ระบบอื่น ๆ โดยส่วน Model นี้ จะตอบรับคำขอจากส่วน Controller เป็นหลัก
2. **View** เป็นส่วนสำหรับคำนวณตรรกะในส่วนปฏิสัมพันธ์ผู้ใช้ ซึ่งจะส่งผลต่อสิ่งที่นำไปแสดงผลให้ผู้ใช้งานเห็นทางสายตาโดยตรง หากต้องการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ส่วน View นี้จะติดต่อขอข้อมูลจากส่วน Controller ก่อน
3. **Controller** ส่วนที่ใช้สำหรับติดต่อกับระบบทั้งหมดในโครงสร้าง มีหน้าที่ควบคุมการไหลของเส้นคำขอในซอฟต์แวร์ และคำนวณตรรกะเชิงธุรกิจเท่านั้น หากต้องการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล ก็จะใช้งานระบบส่วน Model และหากต้องการคำนวณส่วนที่จะนำไปปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ ก็จะติดต่อใช้งานระบบส่วน View

สถาปัตยกรรมแบบ MVC นั้นมีข้อดีที่สามารถทำให้โค้ดภายในระบบมีความง่าย ในการดูแลและปรับปรุง สามารถนำไปทดสอบความใช้งานได้ได้ง่ายเพราะหน้าที่ภายใน แต่ละส่วนชัดเจน และทำงานร่วมกับทีมได้สะดวก

อย่างไรก็ตาม สถาปัตยกรรมแบบ MVC ก็สามารถก่อข้อเสียบางอย่างได้ เช่น ยากที่ทำความเข้าใจหรืออ่านโค้ดทั้งหมดได้หากมีขนาดใหญ่และมีการแบ่งหน้าที่ ในการทำงานชัดเจนระหว่างนักพัฒนา ซึ่งทำให้สถาปัตยกรรมนี้ไม่เหมาะกับการใช้งาน กับระบบที่มีขนาดเล็ก เพราะจะเพิ่มความซับซ้อนโดยใช้เหตุ

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำ พึ่งเล็งในการนำรูปแบบการออกแบบสถาปัตยกรรม MVC ไปใช้กับการออกแบบระบบการทำงานหลังบ้าน ซึ่งมีความเหมาะสมกับเครื่องมืออย่าง NestJS ซึ่งสนับสนุนวิธีการออกแบบสถาปัตยกรรม MVC และเหมาะสมกับประเภทงานอย่างเว็บแอปพลิเคชันตามที่กล่าวไปในเนื้อหา

### 2.1.4 The 5 Users design process

หลักการที่ให้เหตุผลว่า ทำไมเราควรทดสอบผลิตภัณฑ์กับผู้ใช้ในกลุ่มเป้าหมายด้วย จำนวนราว 5 คน โดยทฤษฎีกล่าวว่า การทดสอบที่มากและกว้างเกินไปนั้นไม่ส่งผลดี แม้น้อย ทั้งยังสิ้นเปลืองทรัพยากร โดยผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจะเกิดจากการทดสอบ ไม่เกิน 5 คน และทดสอบด้วยสิ่งเล็ก ๆ ไม่กว้างเกินไปเท่าที่จะเป็นไปได้

งานวิจัยนี้มาจากคุณ Tom Landauer ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่า จำนวนปัญหาการใช้งาน หรือข้อผิดพลาดต่าง ๆ จะสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

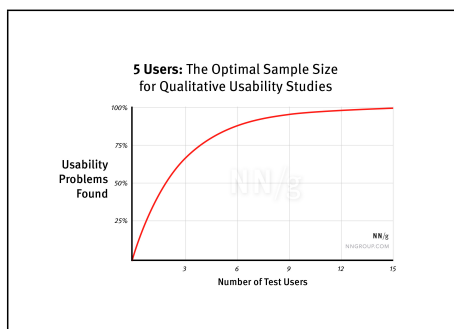
$$N(1 - (1 - L)^n)$$

n คือ จำนวนผู้ทำการทดสอบ

N คือ จำนวนของปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่พบทั้งหมดจากการทดสอบ

L คือ สัดส่วนร้อยละของปัญหาหรือข้อผิดพลาดที่พบในระหว่างการทดสอบผู้ใช้รายบุคคล

โดยปกติทั่วไป ค่าเฉลี่ยของ L จะอยู่ 31% ดังนั้น เมื่อทำการแสดงแผนภาพความสัมพันธ์ จะได้กราฟดังนี้



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสมการ

เมื่อมองจากอัตราการใช้ข้อมูล พบว่า เส้นความชันจะเริ่มต่ำลงตั้งแต่จำนวน 3-5 คน และเริ่มหยุดนิ่ง จึงสามารถสรุปได้ว่า จำนวนผู้ใช้เพื่อการสัมภาษณ์ที่ดี ในการค้นหาข้อผิดพลาดหรือปัญหา ควรอยู่ที่ราว ๆ 5 คน



อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีนี้สามารถนำไปปรับใช้เพิ่มเติมได้ เช่น หากผู้ใช้มีกลุ่มเฉพาะ ที่ชัดเจนหลายกลุ่ม เราสามารถเปลี่ยนจำนวนการทดสอบเป็น 3-4 คนต่อกลุ่ม เนื่องจากข้อมูลบางอย่างอาจมีการทับซ้อนกันระหว่างกลุ่มได้ด้วย

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำ ได้นำหลักการนี้ไปปรับใช้กับ การเลือกกลุ่มตัวอย่างและจำนวนในการสัมภาษณ์เพื่อเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ หรือการทดสอบวิธีการแก้ปัญหาที่เราออกแบบกับผู้ใช้ โดยคาดหวังว่า จะได้รับข้อมูลที่เห็นแนวโน้มในภาพรวมจากจำนวนในทฤษฎี ประหยัดเวลาที่ใช้ในการศึกษากลุ่มเป้าหมายและเน้นไปที่ประสิทธิภาพมากขึ้น

### 2.1.5 Usability Heuristics Principles

การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface Design) เป็นกระบวนการที่ให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพในการใช้งาน และประสบการณ์ของผู้ใช้ ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินการออกแบบนั้นคือ "Usability Heuristics Principles" ซึ่งถูกพัฒนาโดย Jakob Nielsen ในปี 1994 โดยมีเป้าหมายเพื่อช่วยนักออกแบบในการพัฒนาและปรับปรุงการออกแบบ ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้ดีขึ้น โดย Usability Heuristics มีหลักการทั้ง 10 ข้อ ดังนี้

1. **Visibility of System Status** ผู้ใช้ควรทราบสถานะปัจจุบันของระบบตลอดเวลา โดยการใช้สถานะแสดงอย่างชัดเจน เช่น แถบความคืบหน้า หรือสถานะการทำงาน
2. **Match between System and the Real World** การออกแบบควรสอดคล้องกับความคาดหวังและความรู้ของผู้ใช้ในโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อลดความสับสนและเพิ่มความเรียบง่ายในการใช้งาน
3. **User Control and Freedom** ผู้ใช้ควรมีอิสระในการยกเลิกหรือย้อนกลับการกระทำที่เกิดขึ้นโดยไม่ก่อให้เกิด ความรู้สึกกังวล หรือติดอยู่กับขั้นตอนนั้น ๆ และต้องมีทางออกฉุกเฉินในกรณีที่ผู้ใช้ ไม่ต้องการทำการกระทำเหล่านั้น
4. **Consistency and Standards** การออกแบบควรปฏิบัติตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ ตั้งแต่การออกแบบกราฟิกไป จนถึงรูปแบบการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถจดจำและใช้งานได้ง่ายด้วยการสร้าง Design System เพื่อวางแนวทางในการออกแบบ
5. **Error Prevention** การออกแบบควรป้องกันข้อผิดพลาดจากการเกิดขึ้น ด้วยการมีการเตือนให้ผู้ใช้ ตรวจสอบความถูกต้องก่อนที่จะทำอะไรบางอย่างที่สำคัญหรือร้ายแรง
6. **Recognition rather than Recall** ผู้ใช้ควรสามารถรู้จักและใช้งานส่วนต่อประสานได้อย่างเหมาะสมโดยไม่ต้องใช้ความรู้ หรือความจำที่มากเกินไป
7. **Flexibility and Efficiency of Use** การออกแบบควรสนับสนุนการใช้งานของผู้ใช้ที่มีความสามารถในการใช้งานมากและ น้อย อย่างมีประสิทธิภาพ
8. **Aesthetic and Minimalist Design** การออกแบบควรใช้ข้อความและสัญลักษณ์ให้มีความชัดเจน รวมถึงสวยงามและเรียบง่าย โดยไม่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความสับสนและไม่มากจนเกินไป
9. **Help Users Recognize, Diagnose, and Recover from Errors** การออกแบบควรช่วยให้ผู้ใช้รู้ว่าเกิดข้อผิดพลาดอะไรขึ้น และมีแนวทางสำหรับ การแก้ไขปัญหาให้ผู้ใช้ตามหาได้
10. **Help and Documentation** การออกแบบควรให้ความช่วยเหลือและเอกสารความช่วยเหลือให้ผู้ใช้เมื่อจำเป็น แต่ก็ควรสร้างระบบที่ใช้งานได้โดยไม่ต้องพึ่งพาเอกสารอ้างอิงต่าง ๆ

การใช้งาน 10 Usability Heuristics for User Interface Design เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานและประสบการณ์ของ ผู้ใช้ในเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน โดยการปฏิบัติตามหลักการเหล่านี้ จะทำให้สามารถเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพของส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ให้ดียิ่งขึ้น

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำได้นำ Usability Heuristics Principles ไปใช้เพื่อเป็นเกณฑ์ในการวัดความใช้งานง่าย ของเว็บไซต์ แอปพลิเคชันและรับข้อเสนอแนะของผู้ใช้เพื่อนำมาปรับปรุงให้ประสบการณ์ ของผู้ใช้ในการใช้งานเว็บไซต์แอปพลิเคชันดียิ่งขึ้น

## 2.1.6 Content-based filtering

หนึ่งในเทคนิคหรืออัลกอริทึมของ machine learning model ที่ใช้สำหรับการนำไปทำระบบแนะนำเนื้อหาให้แก่ผู้ใช้งาน (recommendation system) โดยหลักการคำนวณจะเน้นไปที่การแยกโปรไฟล์ของผู้ใช้งาน เปรียบเทียบกับเนื้อหาและแนะนำเนื้อหาแยกย่อยรายบุคคล

อัลกอริทึมนี้ จะทำการแนะนำด้วยการเปรียบเทียบจากประวัติเก่า ที่ผู้ใช้งานเคยใช้งาน เช่น การเข้าชมสินค้าบางประเภทบ่อย อัลกอริทึมนี้จะทำการคำนวณประวัติเข้าชมนั้นเป็นคะแนน (score) และจะทำการแนะนำเนื้อหาที่มีความคล้ายกันมาให้ผู้ใช้เรื่อย ๆ ในอนาคต เหมาะสมกับกรณีที่มีข้อมูลของสินค้าอยู่ครบพร้อม แต่ยังไม่ข้อมูลเชิงลึกของ ผู้ใช้งานเยอะมาก อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของอัลกอริทึมนี้คือ จะไม่สามารถแนะนำเนื้อหาใหม่ นอกเหนือจากสิ่งที่ใกล้เคียงกับของเดิมที่ผู้ใช้เคยชมได้

**การนำไปใช้งาน :** เป็นหนึ่งในเทคนิคทางเลือกของคณะผู้จัดทำ สำหรับนำไปทำระบบแนะนำเนื้อหาแก่ผู้ใช้ หากผู้ใช้มีความต้องการทางคณะผู้จัดทำได้วางแผนศึกษาและทดลองนำไปเสนอแก่ผู้ใช้ และนำไปประกอบการพิจารณาโดยสังเกตรดับความสนใจและความต้องการที่แท้จริง ของผู้ใช้ในกลุ่มเป้าหมาย โดยเทคนิค content-based filtering นี้ เป็นตัวเลือกอันดับต้น ๆ ในการนำมาใช้งานหากมีโอกาส เพราะมีความเหมาะสมกับรูปแบบโครงงานของเรา ที่มุ่งเน้นมอบเนื้อหาที่ผู้ใช้สนใจโดยตรงแก่ผู้ใช้เป็นหลัก

## 2.1.7 User-based filtering

หนึ่งในเทคนิคหรืออัลกอริทึมของ machine learning model ที่ใช้สำหรับการนำไปทำระบบแนะนำเนื้อหาให้แก่ผู้ใช้งาน (recommendation system) เช่นเดียวกับ content-based filtering โดยหลักการคำนวณจะเน้นไปที่การเปรียบเทียบ ระหว่างโปรไฟล์ของผู้ใช้งานด้วยกันเอง เพื่อคาดการณ์เนื้อหาที่ผู้ใช้คนหนึ่ง ที่มีลักษณะคล้ายกันอาจจะชอบ


อัลกอริทึมนี้จะมีวิธีการคำนวณความสัมพันธ์ของผู้ใช้หลัก ๆ 2 รูปแบบด้วยกัน ประกอบด้วย

### 1. Memory-based

เป็นการใช้เทคนิค Nearest neighbor ซึ่งคือการคาดเดาความเป็นไปได้ที่ ผู้ใช้จะชอบด้วยการเปรียบเทียบข้อมูลกับผู้ใช้ที่มีความใกล้เคียงกันผ่านระดับความชอบ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นระบบการให้คะแนนความชอบ (rating) โดยจะสามารถเปรียบเทียบได้ 2 รูปแบบคือ เปรียบเทียบด้วยผู้ใช้โดยตรง (user-based) หรือเปรียบเทียบกับเนื้อหา (item-based) เช่น

ในลักษณะของ user-based หากผู้ใช้ A มีลักษณะข้อมูลคล้ายกับผู้ใช้ B หากผู้ใช้มีความชอบในเนื้อหาประเภท C แสดงว่า ผู้ใช้ B ก็อาจมีความในเนื้อหา C ได้เช่นกัน ส่วนในลักษณะของ item-based นั้นก็มีความคล้ายกัน คือ หากเนื้อหา A และ B มีความคล้ายกัน หากผู้ใช้ชอบในเนื้อหา A ก็อาจจะชอบ B ด้วย

โดยทั้ง 2 รูปแบบนี้ จะนำมาคำนวณเปรียบเทียบกันระหว่างผู้ใช้ด้วยเกณฑ์ต่าง ๆ ในที่นี้ หากยกตัวอย่างเป็น rating จากรูปภาพประกอบ จะเห็นได้ว่า เราอาจยังไม่รู้ว่าผู้ใช้ D มีความชอบในเนื้อหาหมายเลข 4 อย่างไร แต่ผู้ใช้ B มีลักษณะที่คล้ายกับผู้ใช้ D มาก ดังนั้น เราจึงสามารถประมาณระดับความชอบในเนื้อหาหมายเลข 4 ของผู้ใช้ D โดยคร่าวจากการอ้างอิงผู้ใช้ B ได้

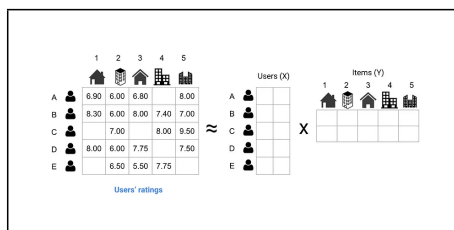
	1	2	3	4	5
					
A 	7.00	6.00	6.80		8.00
B 	8.30	6.00	8.00	7.40	7.00
C 		7.00		8.00	9.50
D 	8.00	6.00	7.75	?	7.50
E 		6.50	5.50	7.75	

รูปที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเรตติ้งของแต่ละผู้ใช้งาน

อย่างไรก็ตาม รูปแบบ memory-based จะมีข้อควรพิจารณาอยู่ นั่นคือ กรณีที่มีจำนวนผู้ใช้หรือเนื้อหาเยอะขึ้นมาก ๆ การคำนวณจะทวีคูณเป็นอย่างมาก เนื่องจากต้องค้นหาผู้ใช้ที่ใกล้เคียงกันด้วยการเปรียบเทียบกับทุกคนในระบบ ยังไม่นับการเปรียบเทียบระหว่างเนื้อหา จึงกินพลังงานในการคำนวณสูงมาก หรือกรณีข้อมูลที่มีนั้นเบาบางเกินไป (sparseness) เนื่องจากผู้ใช้อาจไม่ได้เข้าชมเนื้อหาทุกประเภท ดังนั้น หากมีเนื้อหาหลายประเภทในเว็บไซต์ อาจทำให้ข้อมูลมีความขาดแห่งสูง การเปรียบเทียบอาจเป็นไปได้ยากและไม่มีคุณภาพ

## 2. Model-based

เป็นเทคนิคที่ปรับมาจากข้อจำกัดของเทคนิค memory-based ในเรื่องของความ sparseness และกรณีที่เนื้อหาภายในใหญ่เกินไป ด้วยการนำ model มาคำนวณหาเวกเตอร์ที่เล็กกว่า เพื่อมาเป็นตัวแทนผู้ใช้และเนื้อหาแทน ยกตัวอย่าง เช่น เว็บไซต์จองโรงแรม ผู้ใช้แต่ละคนอาจมีเงื่อนไขในการเลือกไม่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นเลือกจากคะแนนรีวิว ตำแหน่ง ราคา หรืออื่น ๆ โดยสมมติว่ามีการเก็บข้อมูล ออกมาเป็นน้ำหนัก เราจะสามารถนำค่าเหล่านี้ไปคูณกับค่าคะแนนหรือ rating ของเนื้อหา เพื่อให้ได้คะแนนชุดใหม่ออกมา ดังนั้น เราจะได้คะแนนที่เข้ากับ ความชอบของแต่ละผู้ใช้โดยตรง ซึ่งด้วยหลักการ Matrix factorization เราจะสามารถระบวมได้ว่า เมทริกซ์ rating ของผู้ใช้ทั้งหมด จะมีค่าใกล้เคียงกับ ส่วนที่เป็นเมทริกซ์ที่ใช้แทนผู้ใช้ (X) และเมทริกซ์เนื้อหา (Y) คูณกัน



รูปที่ 2.4 แสดงการคำนวณคะแนนเรตติ้งของแต่ละผู้ใช้งาน

ข้อดีคือ ด้วยวิธีการนี้ จะลดจำนวนมิติที่ใช้ในการคูณได้เมื่อเทียบกับ memory-based โดยได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดก็ยังคงเกิดขึ้นกับผู้ใช้อหรือเนื้อหาใหม่ ๆ เนื่องจากยังไม่สามารถ คำนวณน้ำหนักหรือ rating ที่ได้ดี

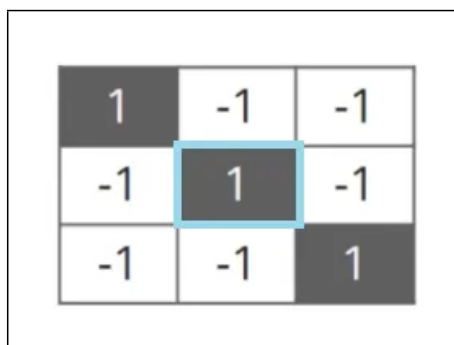
**การนำไปใช้งาน :** เป็นหนึ่งในเทคนิคทางเลือกของคณะผู้จัดทำ สำหรับนำไปทำระบบแนะนำเนื้อหาแก่ผู้ใช้ หากผู้ใช้มีความต้องการทางคณะผู้จัดทำได้วางแผนศึกษาและทดลองนำไปเสนอแก่ผู้ใช้ และนำไปประกอบการพิจารณาโดยสังเกตุถึงระดับความสนใจและความต้องการที่แท้จริง ของผู้ใช้ในกลุ่มเป้าหมาย โดยเทคนิค user-based filtering นี้ เป็นตัวเลือกอันดับรองในการนำมาใช้งาน เพราะรูปแบบและเนื้อหาของโครงการทำให้ มีความเหมาะสมน้อยกว่ารูปแบบ content-based filtering อีกทั้งยังมีข้อจำกัด เรื่องของจำนวนข้อมูลผู้ใช้เริ่มต้นที่จำเป็นต้องมี ที่อาจทำให้คณะผู้จัดทำยังไม่สามารถ นำเทคนิคนี้มาใช้งานได้ทันที

### 2.1.8 Convolutional Neural Network (CNN)

โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (CNN) เป็นวิธีการหนึ่งของ Deep Learning ที่มีเทคนิคจำลองการมองเห็นของมนุษย์ที่มองเห็นพื้นที่ที่น้อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่น้อย ๆ มาผสมกัน เพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่คืออะไร ด้วยการใช้วิธีการคำนวณแบบคณิตศาสตร์ตาม หลักการคอนโวลูชันเชิงพื้นที่ (Spatial Convolution) ในการทำงานด้าน Image Processing

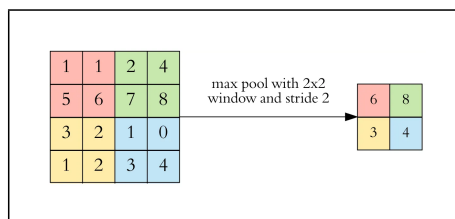
ในการคำนวณ เราสามารถกำหนดค่าที่จะนำมาใช้ เช่น ตัวกรอง (filter) กับเคอร์เนล (kernel) หรือค่าอื่น ๆ ดังนั้น เพื่อใช้ในการหาวัตถุภายในภาพ

- **Filter** โดยปกติแล้วจะเป็นตารางสองมิติที่มีขนาดตามพื้นที่ที่น้อย ๆ ที่เราอยากพิจารณา หากสมมุติว่าถ้าเราต้องการหาเส้นตรงทแยงสีขาว ตัวกรองของเราอาจจะอยู่ในลักษณะนี้



รูปที่ 2.5 Filter

- **Stride** เป็นตัวกำหนดว่าเราจะเลื่อนตัวกรอง (filter) ไปด้วย Step เท่าไร การใช้ค่า stride ที่สูงขึ้น จะทำให้เราได้ผลลัพธ์หรือ feature map ที่มีขนาดเล็กลง
- **Padding** เป็นพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นมา และใส่ค่า 0 ลงไป มีหน้าที่ในการขยายพื้นที่ให้เพียงพอต่อการ convolution โดยส่วนที่เพิ่มขึ้นมา จะไม่มีผลอย่างมีนัยยะ โดยผลลัพธ์หรือ feature map ที่ได้ยังคงมีขนาดเท่ากับ Input
- **Max Pooling** เป็นตัวกรองแบบหนึ่งเพื่อให้จำแนกภาพ ที่ความละเอียดต่างกันได้ โดยการเลือกค่าที่สูงที่สุดบนตัวกรองนั้นมาเป็นผลลัพธ์ใหม่ และจะเลื่อนตัวกรองไปตาม Stride ที่กำหนดไว้ โดยขนาดตัวกรองของการทำ max pooling จะนิยมเรียกกันว่า pool size



รูปที่ 2.6 Maxpooling Kernel

**การนำไปใช้งาน :** เป็นหนึ่งในทางเลือกของคณะผู้จัดทำในกรณีที่ต้องสร้าง model AI ที่มีจุดประสงค์ในการจัดการกับรูปภาพหรือวิดีโอ เช่น การสร้างรูปภาพเรซูเม่ใหม่ให้แก่ผู้ใช้ วิเคราะห์และถอดข้อความในรูปภาพ อย่างไรก็ตาม ทางคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงข้อจำกัดของปริมาณข้อมูล และสังเกตจากความต้องการของผู้ใช้ การนำ CNN มาใช้จึงอาจเป็นเพียงทางเลือกรองเท่านั้น

## 2.1.9 Recurrent Neural Network (RNN)

RNN เป็นระบบโครงข่ายประสาท (neural network) ที่จะนำ output จาก state ก่อนหน้ามาเป็น input ในรอบใหม่ ทำให้สามารถเข้าใจข้อมูลประเภทที่มีลำดับได้ดี จำพวก ข้อความ หรือข้อมูลที่เป็นลำดับเวลา (time-series) โดยมีสมการดังนี้

$$h(t) = x(t)W_{in} + h(t-1)W$$

โดยสมการนี้แสดงถึงการที่ใช้ค่า Output ของ  $x(t)$  ร่วมกับ Output ของ  $h(t-1)$  (output ของ network ที่แล้ว) โดยมี Weight 2 ตัวปรับของ  $x(t)$  กับ  $h(t-1)$

อย่างไรก็ตาม RNN จะพบข้อปัญหาบางอย่างได้ง่าย เช่น การใช้งานหน่วยความจำจำนวนมากจากการวนรอบ หรือการแบ่งน้ำหนัก (weight) ที่อาจยังทำได้ไม่ตึงหนักหากใช้วิธีปกติ ดังนั้น จึงมีการนำ RNN ไปพัฒนาต่อจนเกิดเป็นรูปแบบใหม่ (variant) ที่แก้ปัญหาเดิมได้ เช่น LSTM และ GRU

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษาหลักการพื้นฐานของ RNN เพื่อนำไปเป็นพื้นฐานของการศึกษาเนื้อหาอื่น ๆ ต่อไป เช่น LSTM และ GRU ซึ่งอาจนำไปใช้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพกับหลักการอื่นอีกทีหนึ่ง

### 2.1.10 Long Short Term Memory (LSTM)

เป็น RNN ที่นำมาพัฒนาต่อ ทำงานได้ดีขึ้นกับข้อมูลที่จำเป็นต้องมีการเรียนรู้แบบระยะยาว เพราะมีการกำหนดน้ำหนักสำหรับการลืมนำไปให้สำหรับ model ด้วย ซึ่งจะช่วยลดปริมาณหน่วยความจำที่ใช้ได้ ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้จาก RNN ปกติ โดยภายใน LSTM จะมีตัวแปรที่สำคัญ ดังนี้

- **Cell state** เป็นตัวเก็บ state ของ memory cell ใน LSTM
- **Gate** เป็นตัวที่ควบคุมการไหลของข้อมูล ซึ่งเป็นรูปแบบ 0/1 (อนาล็อก) ที่จะควบคุมว่าเมื่อไหร่จะทำการ อ่าน เขียน หรือ ลืม (forget) ซึ่งเหมือนกับประตูที่จะออกคำสั่งว่า เมื่อไหร่ควรเปิดให้ข้อมูลไหลเข้า ไหลออก หรือควรลบทิ้ง

โดยจากที่กล่าวไป คำสั่งที่สำคัญภายใน gate ของ LSTM จะประกอบด้วย

1. **การลืม (forget)** เป็นการลืมข้อมูลเดิมเพื่อไปรับข้อมูลใหม่ โดยจะตัดสินใจลืมนี้ด้วย forget gate ซึ่งจะส่งสัญญาณ 0/1 ออกมา การสร้าง forget gate นี้ เราจะดู input data ที่เข้ามา ประกอบกับ hidden state ก่อนหน้า (ตามหลักการของ RNN) ประกอบการตัดสินใจ โดยจะใช้ sigmoid function เป็นตัวตัดสินใจ ดังสมการ

$$f_t = \sigma(W_{xf}x_t + W_{hf}h_{t-1} + b_f)$$

2. **การเขียน (write)** ก่อนจะเกิดการเขียนข้อมูลใหม่ จำเป็นต้องมีการตัดสินใจก่อนว่า จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าหรือไม่ หากต้องมีการเปลี่ยนแปลง จะเปลี่ยนแปลงเป็นอะไร โดยการตัดสินใจขั้นแรก จะใช้งานผ่าน input gate และใช้ sigmoid function เป็นตัวตัดสินใจเช่นเดิม (สามารถใช้สมการเดิมได้เหมือนกับสมการการลืม)

ซึ่งในกรณีต้องการเปลี่ยนแปลง จะใช้ Input modulation gate เป็นตัวจัดการ โดยสมการก็จะเหมือนกับ input gate แต่ว่าจะใช้เป็น tanh function ซึ่งค่าที่ได้นั้น เปรียบได้เป็น cell state candidate

$$g_t = \tanh(W_{xc}x_t + W_{hc}h_{t-1} + b_c)$$

ดังนั้น วิธีการคำนวณค่าใหม่สำหรับการเปลี่ยนแปลง จะเป็นไปดังสมการ

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot g_t$$

หาก gate ใด ๆ ส่งสัญญาณเป็น 0 ก็จะส่งผลให้ไม่นำค่าต่าง ๆ มาใช้ เช่น หากค่าจาก f (forget gate) เป็น 0 ค่าของ c ก็จะถูกลืมและไม่นำมาพิจารณา แต่หากเป็น 1 แสดงว่ามีความต้องการจะเปลี่ยนแปลงข้อมูล ซึ่งจะตัดสินใจว่าควรใช้ค่าใหม่ เป็นค่าใดจาก input modulation gate หากเป็น 1 ก็จะนำ g ไปใช้งานนั่นเอง

3. **การอ่าน (read)** เนื่องจากค่า output ที่ได้รับมาในขั้นตอน ก่อนหน้า เป็น output ณ เวลาต่าง ๆ ใน hidden state นั้น เราจึงสามารถคำนวณค่า ณ เวลานั้นกลับมาได้ด้วยสูตรเดิมเหมือนในขั้นตอนก่อนหน้า เพียงแต่ในขั้นตอนการอ่านนั้น จะมีการใช้งาน output gate มาช่วยตัดสินใจว่า ควรอนุญาตให้อ่านข้อมูล ณ ตอนนั้นหรือไม่ โดยสูตรคำนวณจะเหมือนกับ forget gate และ input gate อย่างที่เคยกล่าวไป นั่นคือ ใช้ sigmoid function กับค่า hidden state ตัวก่อนหน้า กับ input data ที่เข้ามาในตอนนั้น

$$o_t = \sigma(W_{xo}x_t + W_{ho}h_{t-1} + b_o)$$

จากค่าของ open gate ในสูตรดังกล่าว จะเขียนสมการในการอนุญาตให้อ่าน ข้อมูลได้ดังนี้

$$h_t = o_t \odot \tanh(c_t)$$

**การนำไปใช้งาน :** เป็นหนึ่งในทางเลือกที่ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษา เพื่อนำความรู้ไปพิจารณาใช้งานกับวิธีการแก้ปัญหาที่ทางคณะผู้จัดทำออกแบบ ซึ่ง LSTM สามารถนำไปใช้งานและตอบโจทย์การทำ Text-based Generative AI ได้ อย่างไรก็ตาม คณะผู้จัดทำยังมีข้อจำกัดเรื่องปริมาณข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ และประสิทธิภาพที่เมื่อเทียบกับ model ประเภทอื่นในปัจจุบัน อาจด้อยกว่าเล็กน้อย จึงอาจเป็นตัวเลือกรอง แต่ก็ถือว่าเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจไม่น้อย

#### 2.1.11 Gated Recurrent Unit (GRU)

เป็น RNN ที่นำมาพัฒนาต่อเหมือนกับ LSTM โดย GRU ถูกพัฒนาเพื่อลดปัญหา Vanishing gradient และ Exploding Gradient ที่เกิดขึ้นใน RNN

- **Vanishing Gradient Problem** คือ ปัญหาที่พบว่าใน ระหว่างการเทรน ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ค่า Gradient มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนเท่ากับ 0 ทำให้ Weight ไม่ถูกอัปเดตอีกต่อไป ทำให้โมเดลเทรนต่อไม่ได้ หรือเรียนรู้ได้แย่
- **Exploding Gradient Problem** คือ ปัญหาตรงข้ามกับ Vanishing Gradient Problem เป็นเหตุการณ์ในระหว่างการเทรนที่ Gradient มีขนาดใหญ่มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเท่ากับอินฟินิตี้หรือหาค่าไม่ได้ อาจทำให้ต้องเทรนใหม่ ทั้งหมดได้

โดย GRU เป็นกลไกเปิดปิดการอัปเดตสถานะภายใน RNN ที่คล้ายกับ LSTM ที่จะมี Forget Gate แต่มี Parameter น้อยกว่า LSTM เนื่องจากไม่มี Output Gate

GRU มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับ LSTM ในหลาย ๆ ประสิทธิภาพ แต่เนื่องจาก Parameter น้อยกว่าทำให้เทรนได้ง่ายกว่า เร็วกว่า และในบางงานที่ชุดข้อมูลมีขนาดเล็ก พบว่า GRU ประสิทธิภาพดีกว่า

**การนำไปใช้งาน :** เป็นหนึ่งในทางเลือกที่ทางคณะผู้จัดทำได้ศึกษา เพื่อนำความรู้ไปพิจารณาใช้งานกับวิธีการแก้ปัญหาที่ทางคณะผู้จัดทำออกแบบ ซึ่ง GRU สามารถนำไปใช้งานและตอบโจทย์การทำ Text-based Generative AI ได้อย่างไรก็ตาม แม้จะมีความเร็วสูงกว่า LSTM และเทรนได้ง่ายกว่า แต่คณะผู้จัดทำยังคงมีข้อจำกัดเรื่องของปริมาณข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ จึงอาจเป็นตัวเลือกรองเช่นกัน

### 2.1.12 SQL และ NoSQL

sql หรือ Structured query Language เป็นภาษาโปรแกรมมิ่งชนิดหนึ่ง ที่ใช้ในการสื่อสารกับ ฐานข้อมูลชนิดที่มีความสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า RDBMS (Relational Database Management System) ซึ่งมีวิธีการเก็บข้อมูลในรูปแบบ ของตาราง (table) โดยภายใน ตารางจะประกอบด้วย

1. **Row (แถว หรือ แถวนอน)** เรียกอีกชื่อว่า Tuple คือ ตัวเนื้อข้อมูล
2. **Column (สดมภ์ หรือ แนวตั้ง)** เรียกอีกชื่อว่า Attribute คือ การระบุชนิดของข้อมูลนั้น ๆ เช่น ที่อยู่, วัน เดือน ปีเกิด, ตัวเลข

โดยแต่ละตารางจะเชื่อมความสัมพันธ์กันด้วยข้อกำหนดที่เรียกว่า key ซึ่งมีสองรูปแบบคือ

1. **Primary Key** หมายถึง การกำหนดรูปแบบของ column ที่จะไม่เกิดการซ้ำกันได้ และไม่มีทางเกิดข้อมูลว่าง
2. **Foreign Key** หมายถึง ต้องมีการอ้างอิงถึงข้อมูลประเภทเดียวกัน จากตารางที่มี Primary Key อยู่ภายใน

NoSQL หรือ Non-relational database เป็นฐานข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน ชัดเจนแบบ เหมาะสำหรับการใช้งานกับ Real-time Web Application โดยประเภทของ NoSQL จะแบ่งออกเป็น 4 แบบหลัก ๆ ได้แก่

1. **Document** ข้อมูลจะเก็บเป็นลำดับชั้นในรูปแบบ Semi-structure data เช่น JSON
2. **Key-value** ข้อมูลจะเก็บในรูปแบบแถว (record) ที่ประกอบด้วย key และ value ที่เชื่อมกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง เข้าถึงข้อมูลได้เร็ว
3. **Graph** ข้อมูลจะเก็บอยู่ในรูปแบบกราฟแผนภูมิ มี Node และ Edge ที่เชื่อมต่อกัน ทำให้ไม่ต้องนำข้อมูลมาเชื่อม (join) เหมือนกับ วิธีการของ RDBMS
4. **Wide-Column** บันทึกข้อมูลในรูปแบบ table (row/column) แต่จะต่างจาก RDBMS ตรงที่แต่ละ row จะไม่กำหนดหรือบังคับ ประเภท column

**การนำไปใช้งาน :** ทางคณะผู้จัดทำได้พิจารณาจากรูปแบบของข้อมูล ที่ต้องเก็บเป็นหลัก ความสะดวกของบริการที่สามารถนำมาใช้งาน และพิจารณา ในความเหมาะสมของการพัฒนาแล้ว โดยพ่วงเล็งว่า จะมีการนำฐานข้อมูลในรูปแบบ NoSQL ประเภท document มาใช้งานเป็นหลัก โดยมีบริการที่น่าสนใจและเอื้อถึงได้ง่าย เช่น MongoDB

## 2.2 อัลกอริทึมในการแปลผลภาษา

### 2.2.1 Term Frequency Inverse Document Frequency (TF-IDF)

เป็นอัลกอริทึมที่ผสมผสานกันระหว่าง Term-Frequency (TF) และ Inverse Document Frequency (IDF) ซึ่งเป็น เทคนิคพื้นฐานเทคนิคหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ค้นหาคำสำคัญของข้อมูลในลักษณะของข้อความ

- **Term-Frequency (TF)** โดยจะคำนวณเป็นอัตราส่วนของจำนวนคำนั้น ๆ ต่อจำนวนคำทั้งหมดในเอกสาร เพื่อหาคำที่มีความถี่เท่าไร
- **Inverse Document Frequency (IDF)** โดยจะคำนวณความสำคัญของแต่ละคำโดยคำที่พบได้บ่อยจะมีค่า IDF ที่ต่ำ ซึ่งบ่งบอกว่าคำเหล่านั้นไม่สามารถดึงเอาจุดเด่นของเอกสารออกมาได้ดี

$$TF(\text{ของคำคำหนึ่ง}) = \frac{\text{จำนวนของคำนั้นๆ ในเอกสาร}}{\text{จำนวนของคำทั้งหมดในเอกสาร}}$$

รูปที่ 2.7 สมการการคำนวณ Term-Frequency (TF)

$$IDF(\text{ของคำคำหนึ่ง}) = \log \left( \frac{\text{จำนวนเอกสารทั้งหมดที่ใช้พิจารณา}}{\text{จำนวนเอกสารที่มีคำคำนั้นปรากฏอยู่}} \right)$$

รูปที่ 2.8 สมการการคำนวณ Inverse Document Frequency (IDF)

- **คำนวณค่า TF-IDF** โดยเราจะนำ TF กับ IDF มาคำนวณและถ้าหากค่าไหนที่ค่า TF-IDF ที่สูง จะถูกมองว่าเป็นคำที่มีความสำคัญสูง (กล่าวถึงบ่อย แต่ก็ไม่ได้ปรากฏอยู่หลายเอกสารเกินไป) และมีแนวโน้มจะเป็นใจความสำคัญของเอกสาร

$$TFIDF = TF * IDF$$

## 2.3 อัลกอริทึมในการแยกประเภทเรซูเม่

### 2.3.1 อัลกอริทึม I K-Nearest Neighbors (KNN)

เป็นอัลกอริทึมสำหรับการจัดกลุ่มข้อมูล (Classification) ซึ่งอยู่ในกลุ่มของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) หลักการทำงาน คือการจัดกลุ่มโดยอิงถึงความใกล้เคียงของข้อมูล เพื่อคาดเดาหรือจำแนกประเภทข้อมูลใหม่ โดยหลักการทำงานสามารถสรุปได้ดังนี้

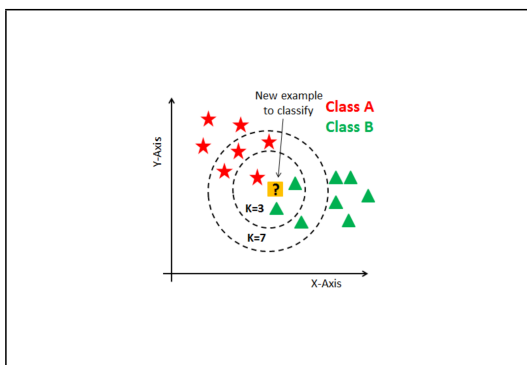
1. **เลือกค่า K** : กำหนดค่า K ที่ต้องการ ซึ่งเป็นจำนวนของข้อมูลที่ใกล้ที่สุดที่จะใช้ในการตัดสินใจ
2. **คำนวณระยะทาง** : ใช้ระยะทางยูคลิดีเนียน (Euclidean distance) เพื่อคำนวณหาความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูล
3. **หาข้อมูลที่ใกล้ที่สุด** : หลังจากคำนวณระยะทางระหว่างข้อมูลทดสอบกับข้อมูลในชุดข้อมูลการฝึกฝน เราจะเลือกข้อมูล K รายการที่มีระยะทางน้อยที่สุด
4. **คำนวณผลโหวต** : เมื่อเราได้ข้อมูล K รายการที่ใกล้ที่สุดแล้ว เราจะนับจำนวนรายการในแต่ละกลุ่มหรือประเภทข้อมูล และกำหนดกลุ่มหรือประเภทข้อมูลของข้อมูลทดสอบตามจำนวนที่มากที่สุดใน K รายการนั้น
5. **ทำนายผลลัพธ์** : สุดท้ายเราก็จะได้กลุ่มข้อมูลที่ถูกแบ่งออกมาพร้อมใช้ในการทำนายต่อไป

### 2.3.2 อัลกอริทึม II Naive Bayes Classifier

Naive Bayes Classification เป็นหนึ่งใน Classification Model ใช้ในการแบ่งกลุ่มหรือหาเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นโดยการอิงทฤษฎีความน่าจะเป็นของ Bayes หรือ Bayesian

ซึ่งจะคำนวณว่าจะเกิดเหตุการณ์นั้นหรือไม่โดยจะเพิ่มโอกาสในการเกิดเหตุการณ์เข้าไปด้วย โดยมักจะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องของเหตุการณ์ (Dependent Event) เช่น โอกาสในการเกิดโรคในกลุ่มประชากรที่เราสนใจ ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยการคำนวณผ่านสูตรดังนี้ และกำหนดให้

$P(A|B)$  คือความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ A โดยมี B เป็น Condition



รูปที่ 2.9 ลักษณะการทำงานของ K-Nearest Neighbors

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) P(A)}{P(B)}$$

รูปที่ 2.10 สมการความน่าจะเป็นของ Bayes หรือ Bayesian

$P(B|A)$  คือความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ B โดยมี A เป็น Condition

$P(A)$  คือโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ A จากเหตุการณ์ทั้งหมด

$P(B)$  คือโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ B จากเหตุการณ์ทั้งหมด

## 2.4 ภาษาคอมพิวเตอรืและเทคโนโลยี

### 2.4.1 เครื่องมือในการทำโครงการ

#### 2.4.1.1 Figma

เครื่องมือที่ใช้ในการออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface) รวมถึงระดมสมอง (Brain Storm) และใช้สำหรับให้นักออกแบบสื่อสารกับผู้อื่นให้เข้าใจได้ง่ายและเห็นภาพมากยิ่งขึ้น เช่น การทำ User Persona, User Journey, User Flow, Site Map รวมถึงการทำ Prototype เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบการใช้งานของผู้ใช้ (Usability Test) และยังสามารถออกแบบดีไซน์ของเว็บไซต์ (Design System) เพื่อให้นักพัฒนาสามารถนำสไตล์ไปใช้พัฒนาเว็บไซต์ได้ง่ายและเป็นระเบียบมากยิ่งขึ้น

#### 2.4.1.2 Jira

เครื่องมือที่ช่วยในการพัฒนาซอฟต์แวร์ทางอ้อม มีส่วนช่วยในการติดตามและจัดการงานต่าง ๆ ได้ถึงระดับย่อย เหมาะสมกับการทำงานในรูปแบบ Agile อีกทั้งยังสามารถผูกกับบริการต่าง ๆ ภายนอกได้ ทำให้การติดตามงานสะดวกยิ่งขึ้นไปอีก

### 2.4.2 ภาษาโปรแกรมที่ใช้

#### 2.4.2.1 Typescript

ภาษาที่พัฒนาต่อยอดมาจาก Javascript เพื่อปรับปรุงจุดด้อยต่าง ๆ เช่น การจัดการ interface และประเภทของตัวแปร การเขียนโค้ดที่สนับสนุนรูปแบบ OOP ที่ดีกว่า การตรวจข้อผิดพลาดและการรับมือที่ดีกว่า โดยทางเราจะนำมาใช้งานกับ framework ต่าง ๆ ที่กล่าวไปข้างต้น เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด



#### 2.4.2.2 Python

ภาษาโปรแกรมที่ติดจตุอยู่ในประเภทระดับสูง ซึ่งถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน มีลักษณะไวยากรณ์ไม่ซับซ้อน สามารถใช้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน รวมไปถึงนำไปประยุกต์พัฒนา AI, Machine learning ได้หลายประเภท มีไลบรารีจำนวนมาก อีกทั้งยังชุมชนใหญ่ ซึ่งในที่นี้ เราจะนำมาใช้สำหรับการพัฒนา Generative AI ของพวกเรา

#### 2.4.3 เทคโนโลยีจัดการระบบหน้าบ้าน (Front-End)

##### 2.4.3.1 NextJS (version 13)

React framework ซึ่งสามารถใช้สร้าง full-stack web applications ได้ แต่ทางเราจะมุ่งเน้นไปที่การนำมาใช้พัฒนาส่วน frontend โดย NextJS จะมีความสามารถในการเขียนส่วนปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้ในเชิง components เหมือนกับ React และมีส่วนเสริมต่าง ๆ เพื่อให้การทำงานของเรานั้นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น routing, caching , optimizing, configuration ต่าง ๆ

#### 2.4.4 เทคโนโลยีจัดการระบบหลังบ้าน (Back-End)

##### 2.4.4.1 NestJS (version 10)

Framework ที่ใช้สำหรับพัฒนาระบบ backend ซึ่งเขียนด้วยภาษา TypeScript โดยมีพื้นฐานของการพัฒนา framework มาจาก Express และ Fastify โดยมุ่งเน้นให้นักพัฒนาสามารถพัฒนาระบบ backend ได้อย่างรวดเร็ว และสนับสนุนหลักการทำงานต่าง ๆ ที่นักพัฒนายานิยมใช้งาน โดยทางเราเองก็จะใช้ความสามารถในส่วนนี้เพื่อนำมาใช้พัฒนาเช่นกัน อาทิ REST API และ MVC structure

#### 2.4.5 บริการคลาวด์ (Cloud Service)

##### 2.4.5.1 Google Cloud Platform (GCP)

บริการในรูปแบบ cloud ของทาง Google ซึ่งประกอบด้วยบริการหลากหลายรูปแบบ โดยทางเรามุ่งเน้นที่จะใช้งานบริการส่วนของการ hosting ระบบหลังบ้านของซอฟต์แวร์ เช่น บริการ App Engine โดยจะมีข้อจำกัดบางอย่าง นั่นคือ ทาง GCP จะมอบเครดิตให้ใช้งานระบบฟรีเพียง 300\$ ในระยะเวลา 1 ปี

#### 2.4.6 ระบบฐานข้อมูล

##### 2.4.6.1 MongoDB

Open-source database ประเภท NoSQL ที่มีโครงสร้างแบบ document ซึ่งได้รับความนิยมอย่างสูงเนื่องจากยืดหยุ่นและปรับขนาดได้ง่าย อีกทั้งยังรองรับภาษาที่หลากหลายทั้ง Javascript, Python, Java และอื่น ๆ โดยทางเราเลือกใช้ MongoDB เพราะมีเงื่อนไขที่ยืดหยุ่นเหมาะกับการทำงานของเรา เช่น ไม่จำกัดจำนวนคำขอ API ต่อวัน และมีพื้นที่จัดเก็บที่พอเหมาะอยู่ที่ 512 GB ในระดับการใช้งานฟรี

#### 2.4.7 เครื่องมือช่วยเหลือการพัฒนา (CI/CD Management)

##### 2.4.7.1 Docker

เครื่องมือที่สามารถช่วยจำลองสภาพแวดล้อมของเซิร์ฟเวอร์ด้วยหลักการ container และ images ทำให้ขจัดปัญหาละเอียดอ่อนภายในทีมได้ โดยทางเรามุ่งเน้นนำมาใช้งานเพื่อกำจัดปัญหาต่าง ๆ เช่น version control ของไลบรารีและ การตั้งค่าสภาพแวดล้อมเพื่อให้ใช้งานในรูปแบบเดียวกันในทีม ซึ่งจะขจัดปัญหาที่มักเกิดขึ้นในวงการนักพัฒนาว่า “รันบนเครื่องนี้ได้ ทำไมรันบนอีกเครื่องไม่ได้”

##### 2.4.7.2 Github

ระบบควบคุมเวอร์ชัน สามารถสร้างจุด commit เพื่อเสมือนเป็นจุดบันทึกเวอร์ชันหนึ่ง และสามารถนำไปเก็บบนที่เก็บรวม (repository) เพื่อควบคุมเวอร์ชันของไฟล์งาน กับบุคคลภายในทีมได้ โดยทางเราจะนำมาใช้เพื่อควบคุมเวอร์ชันของซอฟต์แวร์โครงการ เพื่อให้ทำงานได้อย่างลื่นไหล เช่น การแยกสาขาของงานตามฟีเจอร์ การติดตามเวอร์ชันของโค้ดเพื่อค้นหาจุดกำเนิดของข้อผิดพลาด อีกทั้งยังระบุบุคคลผู้รับผิดชอบการทำงานส่วนนั้นได้อีกด้วย

## 2.5 การศึกษาข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียง

### 2.5.1 หนังสือหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มจร.

เป็นหนังสือที่บอกถึงรายละเอียดของแต่ละรายวิชาที่นักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ได้เรียนในหลักสูตรตั้งแต่ปี 1 ถึงปี 4 โดยจะแสดงออกมาเป็นผลลัพธ์การเรียนรู้และทักษะที่ได้จากการเรียนในวิชาต่าง ๆ แต่จะไม่ได้บอกถึงอาชีพสามารถนำไปต่อยอดจากรายวิชาได้

ซึ่งทางคณะผู้จัดจะนำข้อมูลรายวิชาในแต่ละปีการศึกษามาศึกษาแบ่งว่า แต่ละรายวิชาสามารถนำไปต่อยอดทางใดได้บ้าง เพื่อมาวางแผนเส้นทางการลงวิชาเลือกที่สัมพันธ์กับระดับการศึกษาและความสนใจของผู้ใช้งานแต่ละคน

### 2.5.2 LinkedIn

LinkedIn เป็นเว็บแอปพลิเคชันชุมชนในสายอาชีพต่าง ๆ ที่ช่วยให้ผู้ใช้สร้างโปรไฟล์อาชีพของตนเองและเชื่อมโยงกับคนที่ใกล้เคียงในสายอาชีพ เว็บไซต์นี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้างเครือข่ายในสายอาชีพของตน แบ่งปันข้อมูลเกี่ยวกับประสบการณ์การทำงาน ประวัติการศึกษา ทักษะ ความถนัด รวมถึงเผยแพร่เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับสาขาอาชีพของพวกเขาในรูปแบบข่าวสาร ทำให้เชื่อมโยงและแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้ใช้อื่น ๆ ในวงการได้ตลอดเวลา

โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- **โปรไฟล์ผู้ใช้ :** ผู้ใช้สามารถสร้างโปรไฟล์ส่วนตัวที่แสดงประสบการณ์การทำงาน การศึกษา ทักษะ และข้อมูลอื่นๆ เพื่อให้ผู้ใช้อื่นสามารถทราบรายละเอียดเบื้องต้นของพวกเขาได้
- **การเชื่อมโยง :** ผู้ใช้สามารถเชื่อมโยงกับคนอื่นในสายอาชีพ ทำให้สร้างเป็นเครือข่ายในสายอาชีพที่แข็งแกร่งขึ้น และเป็นโอกาสที่ดีให้กับผู้ใช้งานได้
- **โพสต์และเนื้อหา :** ผู้ใช้สามารถโพสต์เนื้อหาเกี่ยวกับวงการอาชีพ เช่น บทความ ข่าวสาร และความคิดเห็น ซึ่งช่วยในการแบ่งปันความรู้และประสบการณ์
- **ค้นหางาน :** ผู้ใช้สามารถค้นหางานและสมัครงานได้โดยตรงผ่านแพลตฟอร์ม และผู้ประกาศงานก็สามารถค้นหาผู้สมัครที่เหมาะสมกับตำแหน่งงานที่วางอยู่ของตนเองได้โดยง่าย
- **กลุ่มองค์กร :** บริษัทและองค์กรสามารถสร้างหรือเข้าร่วมกลุ่มบน LinkedIn เพื่อแบ่งปันข้อมูลและความรู้ในหมวดหมู่ที่เกี่ยวข้องได้ภายในกลุ่มที่กำหนดเองได้
- **การแสดงความสนใจ :** ผู้ใช้สามารถกดถูกใจ แสดงความคิดเห็น หรือแชร์เนื้อหาของผู้อื่น เพื่อแสดงความรับรู้ สนใจ หรือช่วยในการประกาศข่าวสารที่ดี

ซึ่งถือว่าเป็นเว็บแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับการทำงานที่มีความสามารถที่สูง และเน้นไปที่การสร้างคอมมูนิตี้สำหรับการทำงาน เนื่องด้วยคุณสมบัติที่หลากหลายนี้ ทำให้มีผู้ใช้งานเป็นจำนวนมาก ซึ่งทางคณะผู้จัดทำจะนำระบบชุมชนที่สามารถแนะนำงานกับกิจกรรมและระบบจัดเก็บเรซูเม่มาต่อยอดกับโครงงานของเราให้ดียิ่งขึ้น

### 2.5.3 JobDB

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่รวบรวมตำแหน่งงานต่าง ๆ ในประเทศไทยที่กำลังเปิดรับอยู่ ที่จัดทำขึ้นสำหรับผู้คนที่กำลังมองหางาน โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- ระบบค้นหาอาชีพที่ต้องการ
- โพสต์ที่จะมีรายละเอียดงานที่เปิดรับ
- ระบบสมัครงาน
- คำแนะนำสำหรับการจัดทำเอกสารการสมัครงาน
- การแจ้งเตือนสำหรับตำแหน่งงานที่ผู้ใช้งานสนใจ

ซึ่งเป็นเว็บแอปพลิเคชันรวบรวมตำแหน่งงานที่เน้นกลุ่มเป้าหมายเป็นผู้ที่กำลังหางานในประเทศไทย โดยรวมมีระบบที่คอยอำนวยความสะดวกในการค้นหางานที่ผู้ใช้งานสนใจ และยังมีฟังก์ชันที่น่าสนใจเป็นอย่างมากกับ ระบบคำแนะนำสำหรับการจัดทำเอกสารการสมัครงาน ซึ่งทางผู้จัดทำโครงงานจะนำฟังก์ชันนี้มาต่อยอดกับโครงงานต่อไป

### 2.5.4 Padlet

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ให้บริการบอร์ดข้อความ ที่ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มข้อมูลต่าง ๆ ได้ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลาย ๆ วัตถุประสงค์ เช่น การนำมาใช้รื้อรายวิชาเรียนภายในกลุ่มที่กำหนด โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- **ระบบสร้างหน้า padlet หรือการหน้ากระดานใหม่** : โดยมีให้เลือกรูปแบบของกระดานมากมาย เช่น รูปแบบ wall, canvas, stream, Grid และอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับจุดประสงค์ที่ต้องการ
- **ระบบเข้าร่วมและแบ่งปัน padlet** : ทำให้สามารถเข้าไปแก้ไขหรือดูหน้า padlet ของผู้อื่นได้
- **ระบบแกลเลอรี** : รวมคลังหน้า padlet ให้กับผู้ใช้
- **ระบบเครือข่าย** : สามารถเชื่อมโยงผู้ใช้งานเว็บไซต์ Padlet เข้าด้วยกันเพื่อเสริมฟังก์ชันอื่น ๆ ได้
- **ระบบการทำสื่อนำเสนอ** : โดยที่จะรวบรวม padlet ต่าง ๆ มาทำเป็นสไลด์ และยังมี QR-Code ที่สามารถเข้ามาดูสไลด์ได้อีกด้วย
- **ระบบแจ้งเตือน** : ที่สามารถเลือกติดตาม Padlet ที่ตนเองสนใจได้
- **ระบบเชื่อมต่อบริการภายนอก** : ที่รวบรวมบริการไว้มากมาย เช่น ข้อมูลที่ผู้ใช้งานฝากไฟล์ออนไลน์ไว้ แม้กระทั่งระบบปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถเพิ่มรูปภาพตามความต้องการของผู้ใช้ และบริการอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อจากภายนอก โดยมีจุดแข็งตรงที่เว็บไซต์มีบริการภายนอกเหล่านี้จำนวนมาก

ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นว่านักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์หลายคน ที่จะมาอ่านรายวิชาก่อนที่จะเลือกลงในวิชาเลือกของตนเอง แต่ก็ยังมีข้อเสียที่ข้อมูลอาจจะไม่ได้อัปเดตมากเท่าที่ควร และได้จัดรูปแบบให้สามารถอ่านได้ง่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงอยากจะนำข้อดีของบอร์ดรื้อรายวิชาใน Padlet มาปรับปรุงให้ทันสมัย และอ่านได้ง่ายยิ่งขึ้น เพื่อลดข้อเสียของการใช้งาน

### 2.5.5 JobThai

เป็นเว็บแอปพลิเคชันสมัครงานที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นคนที่กำลังมองหางานในประเทศไทย ครอบคลุมหลากหลายอาชีพ โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- **ระบบสมัครสมาชิก** : โดยมีทั้งฝั่งของผู้ที่กำลังหางาน และผู้ที่กำลังต้องการลูกจ้าง ซึ่งแต่ละฝ่ายก็จะมีฟังก์ชันที่รองรับ เช่น ผู้ที่กำลังหางานก็จะสามารถฝากประวัติได้
- **ระบบค้นหางาน** : โดยสามารถคัดกรองได้ด้วยอาชีพที่ต้องการ สถานที่ทำงาน บริษัทที่เปิดรับ ประเภทของธุรกิจ รวมไปถึงเงินเดือนอีกด้วย
- **โพสต์** : ที่จะมีรายละเอียดงานที่เปิดรับ

ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันนี้จะเน้นไปที่ผู้ใช้งานที่อยู่ในประเทศไทย และยังมีฟังก์ชันเลือกสถานที่ทำงานที่อยู่ใกล้กับสถานีรถไฟฟ้า นิคมอุตสาหกรรม หรือแม้กระทั่งใกล้กับรถเมล์ ซึ่งถือว่าทำมาเพื่อตอบสนองกับความต้องการของผู้ใช้งานในกรุงเทพที่ติมาก ๆ เพราะการเดินทางก็ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญในการเลือกงานในปัจจุบัน

### 2.5.6 Workday

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่มุ่งเน้นไปในการจัดการทรัพยากรบุคคล โดยที่ถูกรออกแบบมาเพื่อรองรับการทำงานสำหรับองค์กรขนาดกลาง จนถึงองค์กรขนาดใหญ่ โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- **การจัดการข้อมูลพนักงาน** : รวมถึงการจัดการการสร้าง แก้ไข และยุติข้อมูลการทำงานของพนักงาน เช่น ข้อมูลส่วนตัว การจ้างงาน การเลื่อนตำแหน่ง การลางาน เป็นต้น
- **การจัดการงบประมาณ** : การคำนวณเงินเดือน การจ่ายเงินเดือน และการจัดการสวัสดิการสำหรับพนักงาน เช่น ประกันสุขภาพ กองทุนสำรองเลี้ยงชีพ เป็นต้น

- **การวางแผนแบบครบวงจร :** ตั้งแต่ขั้นตอนการรับสมัครงาน การบรรจงาน การพัฒนาพนักงาน และการเลื่อนขั้น

ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันนี้จะเน้นไปที่การให้บริการเกี่ยวกับการดูแลข้อมูลของพนักงาน ที่มีระบบที่น่าสนใจอย่างการวางแผนพัฒนาพนักงาน รวมถึงการเลื่อนขั้น ที่ทางคณะผู้จัดทำจะนำมาพัฒนาต่อยอดกับการพัฒนาผู้ใช้งานที่เป็นนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ต่อไป

### 2.5.7 Camphub

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่รวบรวมค่ายต่าง ๆ ในประเทศไทยที่กำลังเปิดรับสมัครอยู่ ที่จัดทำขึ้นมาสำหรับเด็กประถมจนกระทั่งรวมไปถึงบุคคลทั่วไป

โดยที่เว็บไซต์มีฟังก์ชันหลายอย่าง ประกอบด้วย :

- การประชาสัมพันธ์ค่ายของตนเอง โดยที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย
- การแบ่งประเภทของค่ายหรือมหาวิทยาลัยที่จัด เพื่อง่ายต่อการค้นหา
- รายละเอียดของค่าย เช่น รูปแบบกิจกรรม, วันที่จัดกิจกรรม, จำนวนที่รับ เป็นต้น
- การสมัครค่ายที่ตนเองสนใจ
- บทความต่าง ๆ ที่น่าสนใจ

ซึ่งเว็บแอปพลิเคชันนี้จะเน้นไปที่การรวบรวมข่าวสารกิจกรรมที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นค่ายแนะนำการศึกษา ค่ายให้ความรู้ ทางคณะผู้จัดทำจึงจะทำการจัดการประชาสัมพันธ์กิจกรรมนี้ ไปใช้กับการแนะนำแนวทางการศึกษา หรือแนวทางการพัฒนาตนเองของผู้ใช้งาน โครงการงานของพวกเขาต่อไป และจะทำให้ดียิ่งขึ้นด้วยการเก็บประวัติการเข้าร่วมของผู้ใช้งาน เพื่อที่จะนำมาคำนวณความเป็นไปได้ในการพัฒนาเส้นทางอาชีพต่อไป

### 2.5.8 Fuel50

เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่มีฟังก์ชัน Career Journey ที่จะให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่งงานในปัจจุบัน และตำแหน่งงานในอนาคตที่ต้องการจะเป็น ซึ่งตัวเว็บไซต์จะมีระบบแนะนำตั้งแต่ตำแหน่งที่จำเป็นต้องเป็นก่อนจะถึงจุดหมาย รวมไปถึงทักษะที่ต้องพัฒนา และทักษะที่จำเป็นต้องเพิ่มเพื่อที่จะสามารถพัฒนาตำแหน่งงานไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ซึ่งนักศึกษามองว่าฟังก์ชัน Career Journey นี้จะมีประโยชน์อย่างมากสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่เป็นผู้ใช้งานของเรา ทางคณะผู้จัดทำจึงอยากที่จะนำมาปรับปรุงและแก้ไขเพื่อมาใช้กับแนวทางการเลือกวิชา (Class Journey) เพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นภาพการพัฒนาตนเองที่ชัดเจนยิ่งขึ้น และทำให้ผู้ใช้งานมีแรงจูงใจในการพัฒนาตนเองต่อไป

### 2.5.9 Super Resume

ซูเปอร์เรซูเม่ (Super Resume) คือ แพลตฟอร์มสร้างเรซูเม่ออนไลน์ที่มีผู้ใช้งานมากกว่า 2 ล้านคนในประเทศไทย รูปแบบของซูเปอร์เรซูเม่ได้รับการพัฒนาโดยบริษัทชั้นนำและได้รับการยอมรับจาก HR ของบริษัทชั้นนำกว่า 30,000 บริษัท ซูเปอร์เรซูเม่มีรูปแบบที่เป็นมาตรฐานและครบถ้วน ครอบคลุมข้อมูลสำคัญของผู้สมัครงาน ได้แก่ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลการศึกษา ข้อมูลประสบการณ์การทำงาน ข้อมูลทักษะและความสามารถ และข้อมูลความถนัดและบุคลิกภาพ

ข้อดีของการใช้ซูเปอร์เรซูเม่ในการสมัครงาน ประกอบด้วย :

- HR ที่คุ้นเคยกับรูปแบบของซูเปอร์เรซูเม่จะทำให้สามารถอ่านและเข้าใจข้อมูลของผู้สมัครได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย
- ซูเปอร์เรซูเม่มีข้อมูลที่ครบถ้วนและครอบคลุม ทำให้ผู้สมัครสามารถนำเสนอข้อมูลของตนเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ซูเปอร์เรซูเม่สามารถจัดส่งไปยังบริษัทที่ตรงกับความต้องการของผู้สมัครได้โดยตรง
- ซูเปอร์เรซูเม่ยังมีฟังก์ชันที่ช่วยให้ผู้สมัครสามารถติดตามสถานะการสมัครงานและปรับปรุงเรซูเม่ของตนเองได้อีกด้วย

โดยสรุป ซูเปอร์เรซูเม่เป็นแพลตฟอร์มสร้างเรซูเม่ออนไลน์ที่มีประสิทธิภาพและช่วยให้ผู้สมัครงานมีโอกาสนในการสมัครงานและสัมภาษณ์งานมากขึ้น ซึ่งคณะผู้จัดทำได้เล็งเห็นว่าการสร้างเรซูเม่เป็นสิ่งที่สำคัญมาก จึงอยากที่จะมีระบบที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรซูเม่ขึ้นมาในโครงการของเรา เพื่อให้ผู้ใช้งานจะสามารถทราบได้ว่าควรที่จะเพิ่มเติมรายละเอียดของเรซูเม่อย่างไรบ้าง

### 2.5.10 JobHack (Resume Checker)

เป็นเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการตรวจสอบคุณภาพเรซูเม่ ว่ามีความเหมาะสมกับตำแหน่งที่ผู้ใช้งานกำลังสนใจหรือไม่ โดยจะให้คะแนนออกมา และยังแนะนำส่วนที่ขาดหายอีกทั้งยังมีแนวคำถามที่ผู้สัมภาษณ์อาจจะถามอีกด้วย

ซึ่งนักศึกษามองว่าการนำ Artificial Intelligence มาตรวจสอบคุณภาพของเรซูเม่เป็นฟังก์ชันที่น่าสนใจเป็นอย่างมาก แต่ทาง JobHack ยังคงมีความแม่นยำที่น้อย ซึ่งทางคณะผู้จัดทำมองว่าเป็นสิ่งที่ดีหากสามารถนำมาพัฒนาต่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

### 2.5.11 Competitor Analysis

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สนใจ

	การแนะนำการทำเรซูเม่	แผนภาพสายอาชีพ	ชุมชนแนะนำงานและกิจกรรม	เก็บสะสมเรซูเม่
* Compath	✓	✓	✓	✓
LinkedIn			✓	✓
JobDB			✓	✓
Padlet			✓	
JobThai			✓	✓
Workday			✓	✓
Camphub			✓	
Fuel50		✓		
Super Resume	✓			✓
JobHack	✓			✓

## บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน

หัวข้อต่าง ๆ ในแต่ละบทเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น หัวข้อที่จะใส่ในแต่ละบทขึ้นอยู่กับโครงคของนักศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษา

ตัวอย่างการใส่อ้างอิงที่มา -> [1] ถ้าต้องการใส่แหล่งอ้างอิงมากกว่า 1 ให้ทำดังนี้ -> [1, 2] Explain the design (how you plan to implement your work) of your project. Adjust the section titles below to suit the types of your work. Detailed physical design like circuits and source codes should be placed in the appendix.

### 3.1 ข้อกำหนดและความต้องการของระบบ

### 3.2 สถาปัตยกรรมระบบ

ตารางที่ 3.1 test table x1

SYMBOL		UNIT
$\alpha$	Test variable	m <sup>2</sup>
$\lambda$	Interarrival rate	jobs/ second
$\mu$	Service rate	jobs/ second

### 3.3 Hardware Module 1

#### 3.3.1 Component 1

#### 3.3.2 Logical Circuit Diagram

### 3.4 Hardware Module 2

#### 3.4.1 Component 1

#### 3.4.2 Component 2

### 3.5 Path Finding Algorithm

### 3.6 Database Design

### 3.7 UML Design

### 3.8 GUI Design

### 3.9 การออกแบบการทดลอง

#### 3.9.1 ตัวชี้วัดและปัจจัยที่ศึกษา

#### 3.9.2 รูปแบบการเก็บข้อมูล

## บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

หัวข้อต่าง ๆ ในแต่ละบทเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น หัวข้อที่จะใส่ในแต่ละบทขึ้นอยู่กับโครงคของนักศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษา  
ตัวอย่างการใส่อ้างอิงที่มา -> [1] ถ้าต้องการใส่แหล่งอ้างอิงมากกว่า 1 ให้ทำดังนี้ -> [1, 2]

You can title this chapter as **Preliminary Results** ผลการดำเนินงานเบื้องต้น or **Work Progress** ความก้าวหน้าโครงการ  
for the progress reports. Present implementation or experimental results here and discuss them. ใส่เฉพาะหัวข้อที่  
เกี่ยวข้องกับงานที่ทำ

- 4.1 ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ
- 4.2 ความพึงพอใจการใช้งาน
- 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและผลการทดลอง

## บทที่ 5 บทสรุป

หัวข้อต่าง ๆ ในแต่ละบทเป็นเพียงตัวอย่างเท่านั้น หัวข้อที่จะใส่ในแต่ละบทขึ้นอยู่กับโครงคของนักศึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษา  
This chapter is optional for proposal and progress reports but is required for the final report.

### 5.1 สรุปผลโครงการ

สรุปว่าโครงการบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

### 5.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไข

State your problems and how you fixed them.

### 5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของโครงการ What could be done in the future to make your projects better.



## หนังสืออ้างอิง

1. Hypersense, 2020, “Is the virtual celebrity industry still on the rise in 2020? ,” Available at <https://arvrjourney.com/is-the-virtual-celebrity-industry-still-on-the-rise-in-2020-60cfd2b2c315>, [Online; accessed 26-August-2020].
2. Ingo Lütkebohle, 2008, “BWorld Robot Control Software ทดสอบ,” Available at <http://aiweb.techfak.uni-bielefeld.de/content/bworld-robot-control-software-ทดสอบ/>, [Online; accessed 19-July-2008].
3. I. Norros, 1995, “On the use of Fractional Brownian Motion in the Theory of Connectionless Networks,” **IEEE J. Select. Areas Commun.**, vol. 13, no. 6, pp. 953–962, Aug. 1995.
4. H.S. Kim and N.B. Shroff, 2001, “Loss Probability Calculations and Asymptotic Analysis for Finite Buffer Multiplexers,” **IEEE/ACM Trans. Networking**, vol. 9, no. 6, pp. 755–768, Dec. 2001.
5. D.Y. Eun and N.B. Shroff, 2001, “A Measurement-Analytic Framework for QoS Estimation Based on the Dominant Time Scale,” in **Proc. IEEE INFOCOM’01**, Anchorage, AK, Apr. 2001.

ภาคผนวก A

ชื่อภาคผนวกที่ 1

## ใส่หัวข้อตามความเหมาะสม

This is where you put hardware circuit diagrams, detailed experimental data in tables or source codes, etc..

รูปที่ A.1 This is the figure x11 ทดสอบ จาก <https://www.google.com>

This appendix describes two static allocation methods for fGn (or fBm) traffic. Here,  $\lambda$  and  $C$  are respectively the traffic arrival rate and the service rate per dimensionless time step. Their unit are converted to a physical time unit by multiplying the step size  $\Delta$ . For a fBm self-similar traffic source, Norros [3] provides its EB as

$$C = \lambda + (\kappa(H)\sqrt{-2\ln\epsilon})^{1/H} a^{1/(2H)} x^{-(1-H)/H} \lambda^{1/(2H)} \quad (\text{A.1})$$

where  $\kappa(H) = H^H(1-H)^{(1-H)}$ . Simplicity in the calculation is the attractive feature of (A.1).

The MVA technique developed in [4] so far provides the most accurate estimation of the loss probability compared to previous bandwidth allocation techniques according to simulation results. Consider a discrete-time queueing system with constant service rate  $C$  and input process  $\lambda_n$  with  $\mathbb{E}\{\lambda_n\} = \lambda$  and  $\text{Var}\{\lambda_n\} = \sigma^2$ . Define  $X_n \equiv \sum_{k=1}^n \lambda_k - Cn$ . The loss probability due to the MVA approach is given by

$$\varepsilon \approx \alpha e^{-m_x/2} \quad (\text{A.2})$$

where

$$m_x = \min_{n \geq 0} \frac{((C - \lambda)n + B)^2}{\text{Var}\{X_n\}} = \frac{((C - \lambda)n^* + B)^2}{\text{Var}\{X_{n^*}\}} \quad (\text{A.3})$$

and

$$\alpha = \frac{1}{\lambda\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{(C - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right) \int_C^\infty (r - C) \exp\left(\frac{(r - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right) dr \quad (\text{A.4})$$

For a given  $\varepsilon$ , we numerically solve for  $C$  that satisfies (A.2). Any search algorithm can be used to do the task. Here, the bisection method is used.

Next, we show how  $\text{Var}\{X_n\}$  can be determined. Let  $C_\lambda(l)$  be the autocovariance function of  $\lambda_n$ . The MVA technique basically approximates the input process  $\lambda_n$  with a Gaussian process, which allows  $\text{Var}\{X_n\}$  to be represented by the autocovariance function. In particular, the variance of  $X_n$  can be expressed in terms of  $C_\lambda(l)$  as

$$\text{Var}\{X_n\} = nC_\lambda(0) + 2 \sum_{l=1}^{n-1} (n-l)C_\lambda(l) \quad (\text{A.5})$$

Therefore,  $C_\lambda(l)$  must be known in the MVA technique, either by assuming specific traffic models or by off-line analysis in case of traces. In most practical situations,  $C_\lambda(l)$  will not be known in advance, and an on-line measurement algorithm developed in [5] is required to jointly determine both  $n^*$  and  $m_x$ . For fGn traffic,  $\text{Var}\{X_n\}$  is equal to  $\sigma^2 n^{2H}$ , where  $\sigma^2 = \text{Var}\{\lambda_n\}$ , and we can find the  $n^*$  that minimizes (A.3) directly. Although  $\lambda$  can be easily measured, it is not the case for  $\sigma^2$  and  $H$ . Consequently, the MVA technique suffers from the need of prior knowledge traffic parameters.

ภาคผนวก B

ชื่อภาคผนวกที่ 2

ใส่หัวข้อตามความเหมาะสม

รูปที่ B.1 This is the figure x11 ทดสอบ จาก <https://www.google.com>

Next, we show how  $\text{Var}\{X_n\}$  can be determined. Let  $C_\lambda(l)$  be the autocovariance function of  $\lambda_n$ . The MVA technique basically approximates the input process  $\lambda_n$  with a Gaussian process, which allows  $\text{Var}\{X_n\}$  to be represented by the autocovariance function. In particular, the variance of  $X_n$  can be expressed in terms of  $C_\lambda(l)$  as

$$\text{Var}\{X_n\} = nC_\lambda(0) + 2 \sum_{l=1}^{n-1} (n-l)C_\lambda(l) \quad (\text{B.1})$$

Add more topic as you need

Therefore,  $C_\lambda(l)$  must be known in the MVA technique, either by assuming specific traffic models or by off-line analysis in case of traces. In most practical situations,  $C_\lambda(l)$  will not be known in advance, and an on-line measurement algorithm developed in [5] is required to jointly determine both  $n^*$  and  $m_x$ . For fGn traffic,  $\text{Var}\{X_n\}$  is equal to  $\sigma^2 n^{2H}$ , where  $\sigma^2 = \text{Var}\{\lambda_n\}$ , and we can find the  $n^*$  that minimizes (A.3) directly. Although  $\lambda$  can be easily measured, it is not the case for  $\sigma^2$  and  $H$ . Consequently, the MVA technique suffers from the need of prior knowledge traffic parameters.