



การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ว่าที่ร้อยตรีหญิงกิตติกานต์ ปานอยู่

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ว่าที่ร้อยตรีหญิงกิตติกานต์ ปานอยู่

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตรข้อมูลเพื่อนวัตกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



## ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

โดย ว่าที่ร้อยตรีหญิงกิตติกานต์ ปานอยู่

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา  
วิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม

..... คนบดีบัณฑิตวิทยาลัย / หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา สดสี)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(ดร.ภัทรารุณี แสงศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี บุญรอด)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิภาณี นุชิตประสิทธิ์ชัย)

ชื่อ : ว่าที่ร้อยตรีหญิงกิตติกานต์ ปานอยู่  
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้  
ของเครื่อง  
สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี บุญรอด  
ปีการศึกษา : 2567

### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์แนวโน้มค่าจ้างแรงงานสะท้อนภาวะเศรษฐกิจ และเปลี่ยนแปลงของตลาดแรงงาน โดยค่าจ้างมีการเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยทางเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี การพยากรณ์ค่าจ้างจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถช่วยในการวางแผนเส้นทางอาชีพในระดับบุคคล วัตถุประสงค์ของการค้นคว้าอิสระนี้ จึงเพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา และวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) สำหรับการใช้งานการพยากรณ์ และวิเคราะห์แนวโน้มการจ้างงานและค่าแรง งานวิจัยนี้ใช้ชุดข้อมูล Job Description จากเว็บไซต์ Kaggle ซึ่งมีข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 ร่วมกับข้อมูลจากธนาคารโลก ซึ่งได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์และสร้างคุณลักษณะใหม่ที่เหมาะสม การวิจัยประยุกต์ใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) เพื่อวิเคราะห์คำอธิบายลักษณะงานที่มีการใช้แบบจำลองถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) สำหรับการพยากรณ์ค่าจ้าง รวมถึงใช้แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) เนอว์เบย์ (Naïve Bayes) ป่าการสุ่ม (Random Forest) และเอกซ์ตรีมบูสติง (XGBoost) เพื่อจำแนกตำแหน่งงานออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับพนักงาน ระดับผู้จัดการ ระดับผู้เชี่ยวชาญ จากผลการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง พบว่า แบบจำลองป่าการสุ่มให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำร้อยละ 90.00 ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเท่ากับ 1.93 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยเท่ากับ 1.70 แสดงถึงประสิทธิภาพในการจัดการกับข้อมูลที่มีความซับซ้อนสูงและเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นได้รับความพึงพอใจในระดับมาก จากทั้งผู้ใช้งานทั่วไปและผู้เชี่ยวชาญ สะท้อนถึงความสามารถในการค้นหางานและพยากรณ์ค่าจ้างที่เข้าใจง่ายและชัดเจน

(มีจำนวนทั้งสิ้น 130 หน้า)

คำสำคัญ : การพยากรณ์ค่าแรง ข้อมูลอนุกรมเวลา ค่าจ้างแรงงาน การเรียนรู้ของเครื่อง

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก



Name : Acting Sublt. Kittikarn Panyu  
Independent Study Title : Wage Prediction Using Time Series Data and Machine Learning  
Major Field : Data Science for Innovation  
King Mongkut's University of Technology North  
Bangkok  
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Pudsadee Boonrawd  
Academic Year : 2024

### ABSTRACT

The analysis of wage trends serves as a reflection of the broader economic landscape and the dynamic nature of the labor market. Various factors, including economic, social, and technological changes, influence wages. Therefore, wage forecasting becomes a crucial tool for personal career planning. This independent study aims to develop a wage prediction model using time series data and machine learning techniques. The aim is to support forecasting and analysis of employment and wage trends. This research utilizes a job description dataset from Kaggle, covering 2021 to 2023, combined with World Bank data. These datasets were transformed into formats suitable for predictive analysis and enriched with newly engineered features. Natural Language Processing was applied to analyze job descriptions. For wage forecasting, a Linear Regression model was developed. In addition, classification models, including Decision Tree, Naïve Bayes, Random Forest, and XGBoost, were used to categorize job positions into entry-level, managerial, and expert. Based on model performance evaluation, the Random Forest model yielded the best results, with an accuracy rate of 90.00%, a Root Mean Squared Error of 1.93, and a Mean Absolute Error of 1.70. The model handled complex data well, and the web application was praised for its clarity and usefulness in job search and wage prediction.

(Total 130 Pages)

Keywords: Wage Forecasting, Time Series Data, Labor Wages, Machine Learning

---

Advisor

## กิตติกรรมประกาศ

กิตติกรรมประกาศนี้กล่าวขอขอบพระคุณแต่ผู้ให้ความรู้ แนะนำ และช่วยเหลือพร้อมทั้งให้กำลังใจในการทำงานวิจัยและการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ในการแนะนำจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดังต่อไปนี้

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงแต่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผุสดี บุญรอด อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะอย่างละเอียดรอบคอบในทุกขั้นตอน ด้วยความเอาใจใส่และเมตตา จนผลงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ภัทรารุณิ แสงศิริ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศิหาณี นุชิตประสิทธิ์ชัย ในฐานะกรรมการสอบ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงผลงานให้มีความถูกต้อง ครบถ้วน และมีคุณภาพทางวิชาการมากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม ภาคเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล ที่ได้ถ่ายทอดความรู้และเป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้ามุ่งมั่นในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ครอบครัวและเพื่อน ๆ ทุกคน ที่อยู่เคียงข้างและเป็นกำลังใจที่สำคัญที่สุดตลอดระยะเวลาการศึกษาและการทำงานวิจัย

ข้าพเจ้าขออำนาจคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลาย โปรดดลบันดาลให้ทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้กล่าวนามมาข้างต้น ประสบแต่ความสุข ความสำเร็จในทุกด้าน และมีสุขภาพพลานามัยแข็งแรงตลอดไป

กิตติกานต์ ปานอยู่

## สารบัญ

หน้า

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| บทคัดย่อภาษาไทย                           | ข  |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                        | ค  |
| กิตติกรรมประกาศ                           | ง  |
| สารบัญ                                    | จ  |
| สารบัญตาราง                               | ช  |
| สารบัญรูปภาพ                              | ฌ  |
| บทที่ 1 บทนำ                              | 1  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา        | 1  |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย               | 2  |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย                     | 2  |
| 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ                       | 4  |
| 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ                     | 4  |
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง    | 5  |
| 2.1 คำจำกัดความ                           | 5  |
| 2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง                 | 6  |
| 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                 | 10 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย             | 14 |
| 3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล               | 14 |
| 3.2 การออกแบบกรอบแนวคิดของงานวิจัย        | 15 |
| 3.3 การเก็บรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล    | 17 |
| 3.4 การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง | 22 |
| 3.5 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง         | 27 |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                              | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.6 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน                                                 | 29   |
| 3.7 การประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน                         | 56   |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย                                                  | 60   |
| 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง                                   | 60   |
| 4.2 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน                                                | 71   |
| 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน | 78   |
| บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย                                 | 92   |
| 5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย                                               | 92   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย                                                     | 95   |
| บรรณานุกรม                                                                   | 97   |
| ภาคผนวก ก                                                                    | 100  |
| ภาคผนวก ข                                                                    | 108  |
| ภาคผนวก ค                                                                    | 120  |
| ประวัติผู้เขียน                                                              | 130  |



## สารบัญตาราง

หน้า

|      |                                                                         |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2-1  | การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองในการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการจัดกลุ่ม      | 12 |
| 3-1  | ข้อมูลที่น่าสนใจในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา                  | 18 |
| 3-2  | ข้อมูลใช้ในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลามาจากธนาคารโลก           | 19 |
| 3-3  | รายละเอียดคุณสมบัติการนำเข้าข้อมูลค่าแรง                                | 31 |
| 3-4  | รายละเอียดคุณสมบัติการประมวลผลข้อมูล                                    | 32 |
| 3-5  | การพยากรณ์และจำแนกประเภทงานโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง                  | 34 |
| 3-6  | การค้นหาค่าตำแหน่งงาน                                                   | 36 |
| 3-7  | การวิเคราะห์ค่าจ้าง                                                     | 37 |
| 3-8  | การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน                                          | 39 |
| 3-9  | โครงสร้างข้อมูลคลาส JobDescription                                      | 42 |
| 3-10 | โครงสร้างข้อมูลคลาส Country                                             | 43 |
| 3-11 | โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy                                      | 43 |
| 3-12 | โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType                                            | 43 |
| 3-13 | โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize                                         | 44 |
| 3-14 | โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel                                            | 44 |
| 3-15 | โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory                                         | 44 |
| 3-16 | โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory                              | 45 |
| 3-17 | เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบประสิทธิภาพ                                     | 58 |
| 3-18 | เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความพึงพอใจประสิทธิภาพ                        | 58 |
| 4-1  | การประเมินผลแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นและการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล | 60 |
| 4-2  | ค่าประเมินผลแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจสำหรับแต่ละระดับงาน                   | 62 |
| 4-3  | การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมการจำแนกประเภทต้นไม้ตัดสินใจ                    | 62 |
| 4-4  | ค่าประเมินผลจำแนกแบบจำลองเนอรัลเน็ต                                     | 63 |
| 4-5  | การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแบบจำลองเนอรัลเน็ต                         | 64 |
| 4-6  | ค่าประเมินผลแบบจำลองป่าการสุ่ม                                          | 65 |
| 4-7  | การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมแบบจำลองป่าการสุ่ม                              | 65 |
| 4-8  | ค่าประเมินผลแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตีง                                     | 67 |
| 4-9  | การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตีง                         | 67 |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

|                                                                                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4-10 ตารางการแสดงความแม่นยำของแบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลอง                                                                               | 71   |
| 4-11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบแอลฟา                               | 78   |
| 4-12 ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ                                                                               | 79   |
| 4-13 การแจกแจงข้อมูลความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและค่าสถิติเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ                                                   | 81   |
| 4-14 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน                  | 82   |
| 4-15 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน                                   | 83   |
| 4-16 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความสะดวกและง่ายต่อการ                                                  | 84   |
| 4-17 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน                                                             | 84   |
| 4-18 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานทั่วไป                                                                                                 | 86   |
| 4-19 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านการทำงานด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน | 88   |
| 4-20 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของเว็บแอปพลิเคชัน                        | 89   |
| 4-21 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน                        | 90   |
| 4-22 สรุปผลการทดสอบประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไป 3 ด้าน                                                       | 90   |
| ข-1 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการ                                                                | 112  |
| ข-2 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้องการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ                                                    | 112  |
| ข-3 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ                                                                       | 113  |
| ข-4 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน                                                    | 118  |
| ข-5 แบบประเมินความพึงพอใจด้านการทดสอบการทำงานตามฟังก์ชันงาน                                                                         | 118  |
| ข-6 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ                                                                       | 119  |

## สารบัญรูปภาพ

หน้า

|      |                                                                                      |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3-1  | กรอบแนวคิดของงานวิจัยการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง | 16 |
| 3-2  | ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจาก Job Description จาก Kaggle                       | 17 |
| 3-3  | ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจากธนาคารโลก                                         | 18 |
| 3-4  | ชุดคำสั่งโหลดและอ่านไฟล์ CSV ใน Google Colab ด้วย Pandas                             | 20 |
| 3-5  | ชุดคำสั่งทำความสะอาดข้อมูล ใน Google Colab                                           | 21 |
| 3-6  | ชุดคำสั่งการสร้างและฝึกสอนแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจใน Python                            | 22 |
| 3-7  | ชุดคำสั่งการสร้างและฝึกสอนแบบจำลองเอนีฟเบย์ใน Python                                 | 23 |
| 3-8  | ชุดคำสั่งการเตรียมข้อมูลและสร้างแบบจำลองป่าการสุ่มสำหรับการจำแนกประเภท               | 24 |
| 3-9  | ชุดคำสั่งการเตรียมข้อมูลและสร้างแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตีงสำหรับการจำแนกประเภท          | 25 |
| 3-10 | ชุดคำสั่งการพยากรณ์เงินเดือนโดยใช้แบบจำลองการถดถอย                                   | 26 |
| 3-11 | แผนภาพฟลูสเคสการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง         | 30 |
| 3-12 | แผนภาพซีเควนซ์การนำเข้าข้อมูล                                                        | 32 |
| 3-13 | แผนภาพซีเควนซ์การประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลา                                            | 33 |
| 3-14 | แผนภาพซีเควนซ์การทำนายค่าแรงด้วยการถดถอยเชิงเส้น                                     | 35 |
| 3-15 | แผนภาพซีเควนซ์การแสดงผลการค้นหาตำแหน่งงาน                                            | 37 |
| 3-16 | แผนภาพซีเควนซ์การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน                                         | 41 |
| 3-17 | แผนภาพคลาสการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง            | 41 |
| 3-18 | การออกแบบหน้าจอการแสดงผลสำหรับการค้นหาตำแหน่งงาน                                     | 47 |
| 3-19 | การออกแบบหน้าจอสำหรับแสดงรายการตำแหน่งงาน                                            | 48 |
| 3-20 | การออกแบบหน้าจอหน้าต่างตัวเลือกการวิเคราะห์ในระบบค้นหาตำแหน่งงาน                     | 50 |
| 3-21 | การออกแบบหน้าจอพยากรณ์ค่าจ้าง                                                        | 50 |
| 3-22 | การออกแบบหน้าจอวิเคราะห์ค่าจ้างเฉลี่ยสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจ                         | 52 |
| 3-23 | การออกแบบหน้าจอเปรียบเทียบตลาดแรงงาน                                                 | 53 |
| 3-24 | การออกแบบหน้าจอเกี่ยวกับความต้องการแรงงานในตลาดปัจจุบัน                              | 54 |
| 3-25 | ตัวอย่างชุดคำสั่ง HTML                                                               | 55 |
| 3-26 | ข้อมูลในฐานข้อมูล PostgreSQL                                                         | 55 |
| 3-27 | ไฟล์ JavaScript ที่ใช้ Chart.js                                                      | 56 |



## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4-1 ผลการประเมินแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ                                          | 61  |
| 4-2 ผลการประเมินของจำแนกแบบจำลองเนอรัลเน็ต                                      | 63  |
| 4-3 ผลการประเมินของแบบจำลองป่าการสุ่ม                                           | 65  |
| 4-4 ผลการประเมินของแบบจำลองเอ็กซ์จีบูสต์                                        | 67  |
| 4-5 การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง                                             | 69  |
| 4-6 หน้าจอการแสดงผลสำหรับกรอกข้อมูลลักษณะงานในการพยากรณ์                        | 72  |
| 4-7 หน้าจอการแสดงผลสำหรับเลือกตำแหน่งงาน                                        | 72  |
| 4-8 หน้าจอการแสดงผลตำแหน่งงานที่เลือกเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล                   | 73  |
| 4-9 หน้าจอการแสดงผลสำหรับเลือกเมนูเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล                      | 73  |
| 4-10 หน้าจอการแสดงผลการพยากรณ์ค่าจ้าง                                           | 74  |
| 4-11 หน้าจอการแสดงผลหน้าเว็บสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้าง                              | 75  |
| 4-12 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการแรงงาน                        | 76  |
| 4-13 หน้าจอการแสดงผลการเปรียบเทียบตลาดแรงงาน                                    | 77  |
| 4-14 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ              | 85  |
| 4-15 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไป           | 91  |
| ค-1 หน้าหลักของระบบ WAGEPRED พร้อมเมนูนำทางด้านซ้ายสำหรับเข้าถึงฟังก์ชัน        | 121 |
| ค-2 เปิดเว็บแอปพลิเคชันและเลือกเมนู Career Search                               | 122 |
| ค-3 หน้าเว็บส่วนติดต่อผู้ใช้ของแพลตฟอร์มวิเคราะห์ตลาดแรงงานและการพยากรณ์ค่าจ้าง | 123 |
| ค-4 หน้าเว็บสำหรับการแสดงตำแหน่งงานสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล                        | 123 |
| ค-5 หน้าเว็บสำหรับเลือกเมนูเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล                             | 124 |
| ค-6 หน้าเว็บการพยากรณ์ค่าจ้าง                                                   | 125 |
| ค-7 หน้าเว็บสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้างตามปัจจัยต่างๆ                                | 126 |
| ค-8 หน้าเว็บสำหรับศึกษาความต้องการแรงงานของตำแหน่งงาน                           | 127 |
| ค-9 หน้าเว็บการเปรียบเทียบตลาดแรงงาน                                            | 128 |
| ค-10 หน้าเว็บสำหรับค้นหาตำแหน่งงานและจำแนกประเภทระดับการทำงาน                   | 129 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ค่าจ้างแรงงานในประเทศไทยมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การปรับปรุงโครงสร้างค่าจ้างแรงงานโดยภาครัฐและเอกชนถือเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ การกำหนดค่าจ้างที่เหมาะสมส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพชีวิตของแรงงานและความสามารถในการแข่งขันของภาคธุรกิจ ตลอดหลายปีที่ผ่านมาทางภาครัฐบาลได้มีการปรับเพิ่มค่าจ้างขั้นต่ำหลายครั้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของค่าครองชีพ ในปี พ.ศ. 2566 ค่าจ้างขั้นต่ำได้รับการปรับเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 5.00 เพื่อลดผลกระทบจากเงินเฟ้อและการเพิ่มขึ้นของค่าครองชีพ [1] ส่งผลให้ตลาดแรงงานในประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยีการเติบโตของตำแหน่งงานที่ต้องใช้ทักษะสูงและงานที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ส่งผลให้ค่าจ้างในภาคส่วนดังกล่าวปรับตัวสูงขึ้น ในขณะที่ใช้ทักษะต่ำยังคงมีค่าจ้างที่ลดลง

ประชากรในประเทศไทย ณ เดือนมกราคม พ.ศ. 2567 ประเทศไทยมีประชากรที่มีงานทำจำนวน 39.13 ล้านคน และมีผู้ว่างงานจำนวน 0.43 ล้านคน คิดเป็นอัตราการว่างงานร้อยละ 1.10 เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนธันวาคม พ.ศ. 2566 พบว่าจำนวนผู้ว่างงานเพิ่มขึ้น 111,000 คน สะท้อนให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอัตราการว่างงานจากร้อยละ 0.80 เป็นร้อยละ 1.10 ผลการสำรวจยังระบุว่าผู้ที่ทำงานระหว่าง 35-49 ชั่วโมงต่อสัปดาห์มีจำนวน 18.70 ล้านคน ผู้มีงานทำทั้งหมดในขณะที่ผู้ทำงานน้อยกว่า 35 ชั่วโมงต่อสัปดาห์มีจำนวน 15.92 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 40.70 และผู้ทำงานมากกว่า 50 ชั่วโมงต่อสัปดาห์มีจำนวน 4.51 ล้านคนร้อยละ 11.50 [2] แรงงานนอกระบบเป็นส่วนสำคัญของตลาดแรงงานไทยแรงงานกลุ่มนี้มักไม่ได้รับสิทธิประโยชน์และค่าตอบแทนที่เหมาะสมส่งผลให้การพัฒนา นโยบายที่สามารถครอบคลุมแรงงานนอกระบบจากการพัฒนาความเท่าเทียม ในการจ่ายค่าจ้างเป็นสิ่งสำคัญของตลาดแรงงานหญิงและแรงงานในพื้นที่ชนบทได้รับค่าจ้างต่ำกว่า เมื่อเทียบกับแรงงานชายและแรงงานในเขตเมือง การพัฒนา นโยบายที่ส่งเสริมความเท่าเทียมการคำนวณค่าแรงของพนักงานเป็นองค์ประกอบสำคัญในการบริหารทรัพยากรบุคคลภายในองค์กร แม้ว่าวิธีการทางสถิติพื้นฐานจะช่วยในการประเมินค่าแรง แต่ยังไม่สามารถครอบคลุมปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลต่อระดับค่าตอบแทน

จากการศึกษาพบว่าพยากรณ์ค่าจ้างในตลาดแรงงานสามารถดำเนินการได้หลายวิธี โดยเฉพาะการใช้วิธีทางสถิติ เช่น การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression: LR) แบบจำลองป่าสุ่ม (Random Forest: RF) และโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network: NN) ซึ่งล้วนได้รับการพิสูจน์ว่ามีความสามารถในการพยากรณ์ที่แม่นยำ แต่ละแบบจำลองก็มีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันทั้งในด้านโครงสร้างของข้อมูล ความซับซ้อนของแบบจำลอง และความสามารถในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ เพื่อเสริมสร้างความแม่นยำในการพยากรณ์ มีการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการลดมิติ (Principal Component Analysis: PCA) ร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Network: DNN) ตลอดจนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง J48 ในกระบวนการจำแนกประเภทข้อมูลและกระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพด้วยวิธีการเกรเดียนต์บูสตีง (Gradient Boosting) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีในการพยากรณ์รายได้ในบริบทที่หลากหลาย งานวิจัยส่วนใหญ่ยังคงขาดการพัฒนาแบบจำลองเชิงผสมที่มีประสิทธิภาพ และการจัดการข้อมูลสูญหายอย่างเป็นระบบ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความถูกต้องและความแม่นยำของแบบจำลองที่นำมาใช้

ในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ จึงได้ออกแบบกระบวนการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่อง พร้อมทั้งพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่รองรับการป้อนข้อมูลจากผู้ใช้งานและแสดงผลการพยากรณ์ในรูปแบบกราฟ เพื่ออำนวยความสะดวกในการนำไปใช้วางแผนอาชีพหรือวิเคราะห์ตลาดแรงงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยได้ดำเนินการพัฒนาและประเมินผลแบบจำลองหลายรูปแบบ เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการพยากรณ์

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยค่าจ้างแรงงาน โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง

1.2.2 เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์การพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาจากเว็บไซต์ของธนาคารโลก [3] ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ ระหว่างปี พ.ศ. 2556–2566 รวม 2,630 รายการ และข้อมูลตำแหน่งงานจากชุดข้อมูล Job Description บน Kaggle ระหว่างปี พ.ศ. 2564–2566

จำนวน 1,615,940 รายการ โดยมีหน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐต่อเดือน [4] เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าจ้างแรงงานโดยอยู่ภายใต้บริบทของปัจจัยทางเศรษฐกิจ ทักษะ และประสบการณ์ ทั้งนี้ งานวิจัยมุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์และตรวจจับแนวโน้มในระยะยาวผ่านเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบมาเพื่อรองรับการใช้งานในระดับสากล

1.3.2 การพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาเพื่อทำนายค่าจ้างของพนักงาน โดยประยุกต์ใช้การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) สำหรับการสกัดสารสนเทศจากข้อมูลข้อความ ร่วมกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์และการจำแนกประเภทที่หลากหลาย ได้แก่ แบบจำลองการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Smoothing: ETS) แบบจำลองเนออีฟเบย์ (Naïve Bayes) แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) แบบจำลองป่าการสุ่ม (Random Forest) และแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่ง (XGBoost) เพื่อประเมินความเหมาะสมในการพยากรณ์ค่าจ้างที่ได้รับการออกแบบให้ผ่านกระบวนการปรับแต่ง และทดสอบแบบจำลองอย่างเป็นระบบ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ภายใต้ข้อมูลและปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงตามบริบทตลาดแรงงาน

1.3.3 การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการพยากรณ์และจำแนกประเภทค่าจ้างแรงงาน ดำเนินการโดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติเพื่อวัดความแม่นยำของแบบจำลอง ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error: RMSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Squared Error: MSE) ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error: MAE) และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination:  $R^2$ ) สำหรับการพยากรณ์ ขณะเดียวกัน การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำแนกประเภท ใช้ตัวชี้วัด ได้แก่ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าอัตราการเรียกกลับ (Recall) ค่าคะแนนเอฟหนึ่ง (F1-Score) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองแต่ละประเภทให้เหมาะสมกับลักษณะข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

1.3.4 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) มีรายละเอียดขั้นต่ำดังนี้

1.3.4.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) i3-6100 2.60  
กิกะเฮิรตซ์ (Gigahertz : GHz)

1.3.4.2 หน่วยความจำหลัก (Random Access Memory : RAM) 4 กิกะไบต์ (Gigabyte : GB)

1.3.4.3 พื้นที่จัดเก็บ (Storage) 256 ไตรฟ์แบบโซลิดสเตตความจุกิกะไบต์ (Gigabyte  
Solid State Drive : GB SDD)

1.3.5 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์ (Software) มีรายละเอียดดังนี้

1.3.5.1 โปรแกรม Google Colab สำหรับการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

1.3.5.2 โปรแกรม PostgreSQL สำหรับจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์



- 1.3.5.3 โปรแกรม Visual Studio Code สำหรับพัฒนาเว็บไซต์
- 1.3.5.4 ภาษาที่ใช้พัฒนา Python สำหรับเขียนแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง
- 1.3.5.5 ภาษาที่ใช้พัฒนา Flask 3.0.3 สำหรับพัฒนาเว็บไซต์
- 1.3.5.6 ภาษาที่ใช้พัฒนา JavaScript สำหรับพัฒนาฟังก์ชันในเว็บไซต์
- 1.3.5.7 ภาษาที่ใช้พัฒนา HTML สำหรับพัฒนาโครงสร้างและเนื้อหาของเว็บไซต์

#### 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 ค่าจ้าง (Wage) หมายถึง การชดเชยทางการเงินที่จ่ายให้กับพนักงาน การให้บริการที่ทำให้กับนายจ้าง ค่าจ้างมักจะถูกกำหนดเป็นจำนวนเงินที่จ่ายเป็นรายชั่วโมง ไตรมาส หรือรายเดือน และรวมถึงโบนัสค่าตอบแทนระยะเวลาที่ลูกจ้างทำงาน [5]

1.4.2 ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Data) หมายถึง ข้อมูลที่ถูกบันทึกเก็บรวบรวมตามลำดับเวลาที่ต่อเนื่องกัน โดยค่าของข้อมูลถูกบันทึกไว้ในช่วงเวลาที่กำหนด

1.4.3 การพยากรณ์ (Forecasting) หมายถึง กระบวนการในการทำนายการคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลในอดีต ข้อมูลปัจจุบันและจากประสบการณ์สามารถนำไปใช้ เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ที่จะมีผลในอนาคตและทำให้สามารถที่จะวางแผนหรือกำหนดนโยบายเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ [6]

1.4.4 การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์เรียนรู้และปรับปรุงประสิทธิภาพจากประสบการณ์ โดยไม่จำเป็นต้องได้รับการเขียนโปรแกรมใหม่ในแต่ละครั้ง

#### 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.5.1 ได้แบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องในการประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์แนวโน้มค่าจ้างในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 ได้เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานที่สามารถใช้งานได้จริง ช่วยลดระยะเวลาและขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.5.3 ได้แนวทางในการประยุกต์ใช้ผลการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านการบริหารทรัพยากรบุคคล

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง จึงได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

- 2.1 ค่าจ้างแรงงาน
- 2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง
- 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ค่าจ้างแรงงาน

ค่าจ้างแรงงานเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของแรงงาน ในทุกระดับของสังคม อีกทั้งเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางของการจ้างงาน การลงทุน และการเติบโตของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม โครงสร้างและประเภทของค่าจ้างแรงงานจึงมีความสำคัญต่อผู้ที่ต้องการพัฒนาแนวทางเชิงกลยุทธ์และการวางแผนเพื่อปรับตัวให้สอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ประเภทของค่าจ้างแรงงานมีดังนี้

2.1.1 ค่าจ้างขั้นต่ำเป็นอัตราที่รัฐกำหนดเพื่อคุ้มครองสิทธิของลูกจ้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ลูกจ้างมีรายได้ที่เพียงพอในการดำรงชีพและเพื่อป้องกันการกดค่าแรงจากนายจ้าง ในแต่ละประเทศหรือภูมิภาค ค่าจ้างขั้นต่ำมักถูกปรับเปลี่ยนตามภาวะเศรษฐกิจ

2.1.2 ค่าจ้างตามชั่วโมงการจ่ายค่าตอบแทนให้แก่ลูกจ้างตามจำนวนชั่วโมงที่ทำงาน เป็นรูปแบบการจ้างงานที่พบในอุตสาหกรรมที่มีตารางเวลาทำงานเป็นรอบ ซึ่งใช้ในงานชั่วคราวค่าจ้างตามชั่วโมงนี้ช่วยให้การจ่ายค่าตอบแทนมีความยืดหยุ่น

2.1.3 การจ่ายค่าจ้างรายวันเหมาะสมกับงานที่มีลักษณะชั่วคราว เช่น งานก่อสร้าง งานภาคการเกษตร ค่าจ้างประเภทนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนวันที่ทำงานเป็นหลัก

2.1.4 ค่าจ้างรายเดือนเป็นรูปแบบการจ่ายค่าจ้างที่พบบ่อยที่สุดในกลุ่มพนักงานประจำ จะถูกกำหนดตามตำแหน่ง ความสามารถและประสบการณ์ของพนักงาน

2.1.5 ค่าจ้างตามผลงานเป็นรูปแบบหนึ่งของการจ่ายค่าจ้างที่เน้นการสร้างแรงจูงใจให้พนักงานทำงานได้ตรงตามเป้าหมาย ค่าจ้างประเภทนี้อาจรวมถึงโบนัส การจ่ายผลตอบแทนอื่นๆ ที่เป็นการส่งเสริมให้พนักงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้นการใช้ข้อมูลค่าจ้างแรงงานในการวางแผนทรัพยากรบุคคลและการบริหารธุรกิจช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดโครงสร้างค่าจ้างและสวัสดิการ

ที่ยุติธรรม รวมถึงดึงดูดและรักษาบุคลากรที่มีศักยภาพได้ การพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้นายจ้างและรัฐบาลปรับตัวต่อ การเปลี่ยนแปลงในตลาดแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่องเป็นการผสมผสานวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติกับปัญญาประดิษฐ์ เพื่อให้เข้าใจแนวโน้มและการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงในช่วงเวลาต่างๆ เช่น รายไตรมาสหรือรายปี แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถคาดการณ์ค่าแรงในอนาคตได้อย่างแม่นยำ และการเรียนรู้ของเครื่องมีบทบาทสำคัญในกระบวนการนี้ เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก เช่น ระดับการศึกษา ประสบการณ์ อุตสาหกรรม และอัตราเงินเพื่อการใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง เช่น แบบจำลองการถดถอย ทำให้การพยากรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น แบบจำลองสามารถปรับตัวตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงได้

นอกจากนี้ การใช้ข้อมูลอนุกรมเวลายังช่วยระบุรูปแบบที่ซับซ้อน ด้วยการผสมผสานวิธีการวิเคราะห์เชิงเวลาและการเรียนรู้ของเครื่อง องค์กรและรัฐบาลสามารถวางแผนเชิงกลยุทธ์ในการปรับค่าแรง การจัดการทรัพยากรบุคคล และการตัดสินใจ ด้านนโยบายเศรษฐกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ในงานพยากรณ์ค่าแรงจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้องค์กรและภาครัฐปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงในตลาดแรงงานและเศรษฐกิจ

## 2.2 การเรียนรู้ของเครื่อง

กระบวนการที่ระบบคอมพิวเตอร์ใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพจากข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้รับการเรียนรู้ของเครื่องทำให้ระบบสามารถระบุรูปแบบแนวโน้มจากข้อมูลจำนวนมากและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจหรือการคาดการณ์ในอนาคตจากการพัฒนาขั้นตอนวิธีการที่ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้จากข้อมูลและปรับปรุงประสิทธิภาพโดยอัตโนมัติ การเรียนรู้ของเครื่องถูกนำมาใช้ในการทำนาย การจัดกลุ่ม การจำแนก และการตรวจจับรูปแบบในข้อมูล แนวคิดพื้นฐานประกอบด้วย ชุดข้อมูล ซึ่งแบ่งเป็นข้อมูลฝึกอบรมและข้อมูลทดสอบ รวมถึงคุณลักษณะที่เป็นตัวแปรที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลแบบจำลองที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือขั้นตอนในการทำนายและฟังก์ชันการสูญเสียที่ใช้วัดความแตกต่างระหว่างค่าที่ทำนายกับค่าจริงการปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

### 2.2.1 การเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ประเภทหลักของการเรียนรู้ของเครื่อง

การสร้างแบบจำลองจากชุดข้อมูลที่มีป้ายกำกับ โดยใช้ตัวอย่างที่มีการนำเข้าข้อมูลและแสดงผลลัพธ์ที่รู้ผลลัพธ์ล่วงหน้าในการฝึกอบรมแบบจำลองสามารถพยากรณ์ค่าของแสดงผลลัพธ์ใหม่โดยใช้ขั้นตอนการแบ่งข้อมูลเป็นชุดฝึกอบรมและชุดทดสอบสำหรับการฝึกแบบจำลองบนชุดฝึกอบรม



เพื่อทำนายผลลัพธ์ของชุดทดสอบ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การถดถอยเชิงเส้น แบบจำลองเนิร์ฟเบย์ แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ แบบจำลองป่าการสุ่ม และแบบจำลองเอกซ์ตรึมบูตติ้ง ทำให้การเรียนรู้ของเครื่องช่วยเพิ่มความเร็วในการเรียนรู้ของเครื่อง และลดการใช้ทรัพยากรในการประมวลผล ตัวอย่างการใช้งานดังนี้

การประมวลผลภาษาธรรมชาติ เป็นสาขาหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) ที่มุ่งเน้นการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจ ตีความ และประมวลผลภาษามนุษย์ได้อย่างเป็นธรรมชาติ ผสมผสานศาสตร์ของภาษาศาสตร์เชิงคำนวณ (Computational Linguistics) และแบบจำลองทางสถิติเพื่อวิเคราะห์ข้อความและภาษาพูด เช่น การวิเคราะห์อารมณ์ การจำแนกประเภทข้อความ การสรุปเนื้อหา โดยกระบวนการหลักของการประมวลผลภาษาธรรมชาติประกอบด้วยดังนี้

การวิเคราะห์ทางไวยากรณ์ ตรวจสอบโครงสร้างของประโยค เช่น การตัดคำและการพัฒนาระบบ (Part-of-Speech Tagging)

การวิเคราะห์ความหมายของคำ เช่น การจำแนกชื่อเฉพาะ (Named Entity Recognition: NER) เป็นต้น

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) โดยเฉพาะแบบจำลองเชิงลึกที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น แบบจำลองทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Transformer) แบบจำลองเบิร์ต (Bidirectional Encoder Representations from Transformers: BERT) และแบบจำลองจีพีที (Generative Pre-trained Transformer: GPT) ซึ่งถูกออกแบบมา เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำความเข้าใจบริบทของภาษาอย่างลึกซึ้งทั้งในระดับคำและระดับประโยค

การถดถอยเชิงเส้น เป็นรูปแบบทางสถิติที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าของตัวแปรที่อยู่ในลักษณะต่อเนื่อง โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ ดังสมการที่ 2-1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \epsilon \quad (2-1)$$

โดยที่  $y$  คือ ค่าผลลัพธ์ที่ต้องการพยากรณ์

$x_i$  คือ ค่าของตัวแปรอิสระ

$\beta_i$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่บ่งบอกความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรอิสระ

$\epsilon$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

การถดถอยเชิงเส้นแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และการถดถอยเชิงเส้นพหุ (Multiple Linear Regression)

มีตัวแปรอิสระหลายตัว ข้อดีของการถดถอยเชิงเส้นมีความง่ายต่อการตีความและการใช้งานที่เป็นมาตรฐานในงานพยากรณ์ทั่วไป ข้อเสียไม่สามารถจับความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนได้ดี โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น

2.2.2 การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning) เป็นหนึ่งในประเภทหลักของการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมุ่งเน้นการสร้างแบบจำลองจากชุดข้อมูลที่มีป้ายกำกับ ข้อมูลถูกวิเคราะห์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์หรือรูปแบบโดยไม่ต้องมีป้ายกำกับ เช่น การจัดกลุ่มข้อมูลตามความหนาแน่น (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise: DBSCAN) วิธีการจัดกลุ่มข้อมูลแบบนี้ไม่จำเป็นต้องกำหนดจำนวนกลุ่มล่วงหน้า แต่จะอาศัยความหนาแน่นของข้อมูลเป็นเกณฑ์หลักในการจัดกลุ่ม โดยข้อมูลที่อยู่ใกล้เคียงกันและมีความหนาแน่นสูงจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ขณะที่ข้อมูลที่กระจายตัวหรือไม่เป็นไปตามเกณฑ์ความหนาแน่นจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มนอก (Noise) วิธีการดังกล่าวเหมาะสมกับข้อมูลที่มีรูปร่างของกลุ่มไม่ชัดเจน หรือมีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งพบในกรณีของข้อมูลที่ผ่านการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

#### 2.2.2.1 การเปรียบเทียบความคล้ายของเวกเตอร์

ความคล้ายคลึงของเวกเตอร์เป็นแนวคิดที่ใช้ในการเรียนรู้ของเครื่องการประมวลผลภาษาธรรมชาติและการประมวลผลภาพและระบบเสนอแนะโดยทั่วไปใช้ ระยะทางทางคณิตศาสตร์ในการเปรียบเทียบเวกเตอร์สองตัวมีความใกล้เคียงกัน

แนวคิดพื้นฐานของเวกเตอร์ทางคณิตศาสตร์ที่มีขนาดและทิศทาง โดยสามารถนำไปใช้แทนข้อมูลเชิงปริมาณที่มีหลายมิติได้ เช่น เอกสารที่แสดงในรูปแบบของแบบจำลองการนับคำ (Bag of Words: BoW) และคุณลักษณะของภาพในรูปแบบของคุณลักษณะของเวกเตอร์ (Feature Vectors) และการแสดงข้อความในรูปแบบของการฝังคำ

วิธีการวัดความคล้ายคลึงของเวกเตอร์ ซึ่งตัววัดความคล้ายที่เป็นที่นิยมใช้ก็มีอยู่หลายตัวชี้วัด เช่น ความคล้ายคลึงแบบโคไซน์ (Cosine Similarity) การคำนวณความคล้ายคลึงโดยวัดมุมระหว่างเวกเตอร์สองตัวแทนที่จะพิจารณาค่าของแต่ละองค์ประกอบโดยตรงและใช้ในการประมวลผลภาษาธรรมชาติระบบแนะนำรายการและการสืบค้นสารสนเทศ ดังสมการที่ 2-2

$$\cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}} \quad (2-2)$$

โดยที่  $A \cdot B$  คือ ดอทโปรดักต์ (Dot Product) ของเวกเตอร์ A และ B

$\|A\|$  และ  $\|B\|$  คือ ความยาว (Magnitude) เวกเตอร์ A และ B

$\sum_{i=1}^n A_i B_i$  คือ ผลรวมของผลคูณของแต่ละองค์ประกอบในเวกเตอร์ A และ B

$\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2}$  คือ นอร์มของเวกเตอร์ A

$\sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}$  คือ นอร์มของเวกเตอร์ B

ค่าที่อยู่ในช่วง  $[-1,1]$  เป็นตัวชี้วัดความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์สองตัวดังนี้ ค่าที่ใกล้ 1 หมายความว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน ความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างชัดเจนและค่าที่ใกล้ 0 หมายความว่าเวกเตอร์ทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กันและค่าที่ใกล้ -1 หมายความว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีทิศทางตรงกันข้ามแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบอย่างชัดเจน

ระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ระยะทางมาตรฐานที่ใช้วัดระยะห่างระหว่างเวกเตอร์สองตัวโดยนิยมใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด k ตัว (K-Nearest Neighbors: KNN) และการจัดกลุ่ม (Clustering) ดังสมการที่ 2-3

$$d(A, B) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2} \quad (2-3)$$

โดยที่  $d(A, B)$  คือ ระยะห่างระหว่างเวกเตอร์ A และ B

$n$  คือ จำนวนมิติของข้อมูล

$A_i$  และ  $B_i$  คือ ค่าของแต่ละองค์ประกอบที่ตำแหน่งที่  $i$  ของเวกเตอร์ A และ B

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าเป็นบวกเสมอ โดยหากมีค่าน้อย แสดงว่าเวกเตอร์อยู่ใกล้กันมากในทางกลับกัน หากมีค่ามาก แสดงว่าเวกเตอร์มีระยะห่างกันมาก

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) การวัดความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างเวกเตอร์นิยมใช้สถิติและวิทยาศาสตร์ข้อมูล ดังสมการที่ 2-4

$$\text{Pearson Correlation} = \frac{\sum (a_i - \bar{A})(b_i - \bar{B})}{\sqrt{\sum (a_i - \bar{A})^2} \times \sqrt{\sum (b_i - \bar{B})^2}} \quad (2-4)$$

ค่าความสัมพันธ์มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวก ในขณะที่ค่าที่เข้าใกล้ -1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงลบ

2.2.3 การเรียนรู้แบบเสริมแรง (Reinforcement Learning) การพัฒนาความสามารถของตัวแทนผ่านกระบวนการกระทำและการรับผลตอบกลับจากสภาพแวดล้อม เพื่อให้ตัวแทนสามารถเรียนรู้และตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเพิ่มผลรวมของรางวัลสะสมในระยะยาว การเรียนรู้แบบเสริมแรงอาศัยหลักการทดลองและปรับปรุงจากข้อผิดพลาด



## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน ได้ให้ความสำคัญกับการระบุปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าจ้างและต้นทุนภายในองค์กร เพื่อใช้ในการคาดการณ์ค่าใช้จ่ายในอนาคต สำหรับองค์กร ทั้งนี้มีการศึกษาค้นคว้าอิสระที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Hourly Wages in Crowdfunding: A Meta-Analysis และ Age and Hourly Wage: How Aging Affects Earning [8,9] ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

การวิเคราะห์ห่อหุ้มของค่าจ้างรายชั่วโมงในตลาดแรงงานออนไลน์ จากการศึกษาเชิงประจักษ์ จำนวน 22 งานครอบคลุม 8 ประเทศ ได้มีการปรับข้อมูลค่าจ้างให้เทียบเท่ากับปี ค.ศ. 2021 โดยใช้อัตราเงินเฟ้อเป็นเกณฑ์มาตรฐานผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าจ้างเฉลี่ยของงานขนาดเล็ก (Microtasks) อยู่ในระดับต่ำกว่า 6 ดอลลาร์สหรัฐต่อชั่วโมง ขณะที่งานอิสระออนไลน์ (Online Freelancing) มีค่าจ้างเฉลี่ยสูงกว่าถึงประมาณสามเท่า งานวิจัยดังกล่าวพบข้อจำกัดด้านความไม่สมดุลของข้อมูล ซึ่งมีสาเหตุมาจากวิธีการเก็บข้อมูลที่แตกต่างกันในแต่ละการศึกษา จึงเสนอให้มีการพัฒนาแนวทางการเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น โดยรวมถึงงานที่ไม่ได้รับค่าตอบแทน และขยายขอบเขตการศึกษาครอบคลุมระบบแพลตฟอร์มที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความครอบคลุมในการวิเคราะห์ค่าจ้างแรงงานออนไลน์ในอนาคต

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอายุและค่าแรงรายชั่วโมงของพนักงานในตลาดแรงงานสหรัฐ โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจประชากรปัจจุบัน (Current Population Survey: CPS) ปี ค.ศ. 2019 การศึกษานี้วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างอายุและค่าแรงรายชั่วโมงโดยใช้ตัวแปรสำคัญ 7 ตัว และแบบจำลอง 5 แบบ ผลการศึกษาพบว่าค่าแรงรายชั่วโมงมีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุมากขึ้น โดยมีความแตกต่างตามเพศ เชื้อชาติ และระดับการศึกษา ข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนนโยบายแรงงานที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรสูงอายุในอนาคต

การพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานไทยและการทำนายข้อมูลทางเศรษฐกิจได้มีการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองหลากหลายวิธี เพื่อนำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการทำนายดังนี้

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการคาดการณ์ระดับค่าจ้างแรงงานในอนาคต เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยอาศัยข้อมูลจากอดีตและปัจจุบัน ร่วมกับปัจจัยต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อระดับค่าจ้าง เช่น ระดับการศึกษา อายุ เพศ ภูมิภาค หรือสถานะเศรษฐกิจ งานวิจัยหลายฉบับได้นำเสนอแนวทางการใช้ปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะการเรียนรู้ของเครื่อง ในการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานอย่างเป็นระบบ ตัวอย่างเช่น งานศึกษาค้นคว้าอิสระเรื่อง ปัญญาประดิษฐ์กับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานไทย และงานวิจัยเรื่อง Machine Learning Models for Salary Prediction Dataset using Python [10,11] ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

การใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ในการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานในประเทศไทยจากการสำรวจครัวเรือนช่วงปี พ.ศ. 2550 - 2560 พบว่าแบบจำลองป่าสุ่มมีความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองทางสถิติ ในขณะที่โครงข่ายประสาทเทียมแม่นยำแต่ยากต่อการอธิบายผลลัพธ์ สำหรับการศึกษา ในสหรัฐอเมริกาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมมีความแม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 83.20 แต่ใช้เวลาในการฝึกฝนนานที่สุด ขณะที่การถดถอยเชิงเส้นแม่นยำน้อยกว่าแต่ฝึกฝนได้รวดเร็วกว่าทั้งสองงานวิจัยมีข้อจำกัดในการใช้ข้อมูลประเภทเดียวกันการพยากรณ์รายได้สามารถดำเนินการได้โดยอาศัยทั้งวิธีการเชิงสถิติและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้แบบจำลองในการทำนายรายได้ในอนาคต โดยมีการศึกษาอิสระที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Prediction of Individual Level Income: A Machine Learning Approach [12] รายละเอียดของการศึกษาเป็นดังนี้

การศึกษานี้ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์รายได้ส่วนบุคคลจากข้อมูลประชากรระหว่างปี ค.ศ. 2017–2020 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจำนวน 467,811 รายการ และ 264 ตัวแปรผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องจำนวน 7 แบบ พบว่าทุกแบบ มีความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นแบบดั้งเดิม โดยเฉพาะการเพิ่มประสิทธิภาพ ด้วยแบบจำลองเกรเดียนต์ ซึ่งให้ค่าค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด สูงสุดที่ 0.70 ในปี ค.ศ. 2019 และ 0.69 ในปี ค.ศ. 2020 ผลลัพธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของรายได้ส่วนบุคคลได้มากถึงร้อยละ 70.00 ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการเรียนรู้ของเครื่องในการพยากรณ์รายได้ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาครัฐและภาคเอกชน เพื่อสนับสนุนการวางแผนนโยบายทางเศรษฐกิจอย่างมีประสิทธิภาพ

การพยากรณ์รายได้และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานขององค์กร ถือเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญต่อการวางแผนเชิงกลยุทธ์และการตัดสินใจทางธุรกิจ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถประเมินแนวโน้มทางการเงินได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีการศึกษาแนวทางและวิธีการต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการพยากรณ์รายได้ ตัวอย่างเช่น การศึกษาเรื่อง Salary Prediction Model using Principal Component Analysis and Deep Neural Network Algorithm, Optimized Features Based Machine Learning Model for Adult Salary Prediction และ Salary Prediction Using Machine Learning [13,14,15] ซึ่งล้วนมุ่งเน้นการนำแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองสำหรับพยากรณ์ค่าจ้างอย่างมีประสิทธิภาพ การประยุกต์ใช้วิธีลดมิติข้อมูลร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์ค่าจ้าง ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 92.50 และมีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 94.90 ในการทดลองชุดข้อมูลจาก Kaggle นอกจากนี้การใช้แบบจำลอง J48 ในการพยากรณ์รายได้ของผู้ใหญ่จากการทำเหมืองข้อมูลและการเรียนรู้ของเครื่องให้ความแม่นยำที่ร้อยละ 87.82 ขณะที่การใช้ข้อมูลจาก UCI และการถดถอยเชิงเส้นพหุนามมีความแม่นยำที่ร้อยละ 76.00 ผลการทำนายทั้งจากแบบจำลองป่าสุ่มและโครงข่ายประสาทเทียมมีความสอดคล้องกัน

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพแบบจำลองในการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการจัดกลุ่ม

| ประเภทการจัดกลุ่ม      | วิธีการ                        | ข้อดี                                                          | ข้อเสีย                                                                  |
|------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| การเรียนรู้แบบมีผู้สอน | การถดถอยเชิงเส้น [15]          | 1. สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก                                   | 1. ไม่เหมาะกับข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้น                                   |
|                        | การถดถอยอย่างง่าย [10]         | 1. มีโครงสร้างแนวคิดที่ไม่ซับซ้อน                              | 1. ขาดความแม่นยำและไม่สามารถจัดการกับการกระจายของข้อมูล                  |
|                        | การถดถอยเชิงเส้นพหุ [10]       | 1. การนำไปใช้เข้าใจได้ง่าย<br>2. การทำนายไม่ซับซ้อน            | 1. ไม่เหมาะกับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ไม่เชิงเส้น                         |
|                        | การจำแนกร่องแบบสุ่ม [14]       | 1. สามารถประยุกต์ใช้ตัวกรองหลายรูปแบบ                          | 1. มีความซับซ้อนและยากต่อการปรับแต่ง                                     |
|                        | การถดถอยเชิงกำลังสอง [10]      | 1. สามารถจัดการกับข้อมูลที่มีการกระจายไม่เป็นเส้นตรง           | 1. เกิดการฟิตมากเกินไปหากจำนวนตัวอย่างมีจำกัด<br>2. ความซับซ้อนเพิ่มขึ้น |
|                        | การถดถอยเชิงพหุ [10]           | 1. สามารถรวมหลายปัจจัยเพิ่มความแม่นยำ                          | 1. ข้อมูลมากขึ้นและซับซ้อนขึ้นการวิเคราะห์                               |
|                        | อีลาสติคเน็ต [12]              | 1. การผสมผสานการหดตัว                                          | 1. การปรับค่าพารามิเตอร์ซับซ้อนต้องใช้การคำนวณ                           |
|                        | การถดถอยแบบลอจิสติก [14]       | 1. มีความยืดหยุ่นในการพยากรณ์ผลลัพธ์แบบจำแนกประเภท             | 1. ไม่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ข้อมูลเชิงต่อเนื่องที่มีความไวต่อค่าผิดปกติ   |
|                        | แบบจำลองการตัดสินใจ (J48) [14] | 1. ความแม่นยำสูงใช้ในการจำแนกข้อมูลหลายประเภท                  | 1. ใช้เวลาการประมวลผลค่อนข้างมาก                                         |
|                        | การถดถอยเชิงกำลังสอง [10]      | 1. สามารถจัดการการกระจายของข้อมูลไม่เป็นเส้นตรงเพิ่มความแม่นยำ | 1. เกิดการฟิตมากเกินไปหากจำนวนตัวอย่างมีจำกัด<br>2. ความซับซ้อนเพิ่มขึ้น |
|                        | เครื่องเวกเตอร์สนับสนุน [12]   | 1. การจำแนกประเภทข้อมูลที่ซับซ้อน                              | 1. ทรัพยากรการประมวลผลสูง                                                |



ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

| ประเภทการจัดกลุ่ม         | วิธีการ                                        | ข้อดี                                                       | ข้อเสีย                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| การเรียนรู้แบบมีผู้สอน    | เค-เพื่อนบ้านใกล้สุด [12]                      | 1. ง่ายต่อการนำไปใช้และไม่ขึ้นอยู่กับสมมติฐานเชิงเส้น       | 1. ประสิทธิภาพลดลงเมื่อมีตัวแปรอิสระมาก                |
|                           | ป่าการสุ่ม [12,13,14,15]                       | 1. จัดการกับข้อมูลไม่เชิงเส้นลดการโอเวอร์ฟิต                | 1. ใช้ระยะเวลาในการฝึกแบบจำลองนาน                      |
|                           | การเพิ่มความชัน [12]                           | 1. มีประสิทธิภาพสูงในการพยากรณ์                             | 1. ใช้เวลาการฝึกสอนนาน ใช้ทรัพยากรมาก                  |
|                           | เครือข่ายประสาทเทียมเชิงลึก [13]               | 1. มีความสามารถในการเรียนรู้คุณลักษณะซับซ้อน                | 1. ต้องการข้อมูลจำนวนมาก                               |
|                           | การรวมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถดถอยอัตโนมัติ [8,12] | 1. มีความสามารถพยากรณ์ข้อมูลที่มีลักษณะเป็นฤดูกาลและแนวโน้ม | 1. มีความซับซ้อนปรับแต่งพารามิเตอร์และไวต่อค่านอกเกณฑ์ |
|                           | เครือข่ายเบย์ [15]                             | 1. แบบจำลองกราฟเชิงความน่าจะเป็น                            | 1. การปรับแต่งพารามิเตอร์อย่างละเอียด                  |
| การเรียนรู้แบบไม่มีผู้สอน | การวิเคราะห์องค์ประกอบ [12,13]                 | 1. ลดมิติของข้อมูลทำให้การวิเคราะห์เร็วขึ้น                 | 1. ข้อมูลสูญเสียบางส่วน                                |

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมด พบว่ามีการใช้การเรียนรู้ของเครื่องและปัญญาประดิษฐ์ การพยากรณ์ค่าแรงที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานขององค์กร โดยมีการกำหนดปัจจัยที่สำคัญเกี่ยวข้องกับค่าจ้างและค่าใช้จ่ายในอดีตและปัจจุบันเพื่อทำนายอนาคต ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การพยากรณ์ค่าจ้างด้วยการเรียนรู้ของเครื่องมีศักยภาพในการเพิ่มความแม่นยำและลดข้อผิดพลาด ในงานด้านนโยบายแรงงานและการวางแผนทรัพยากรบุคคล การศึกษานี้จะนำข้อดีจากแบบจำลองที่เกี่ยวข้องมาใช้เพื่อเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล ในบริบทของประเทศไทย พร้อมทั้งเพิ่ม

ข้อมูลที่เหมาะสมกับลักษณะของตลาดแรงงานในประเทศ เพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ ในงานวิจัยนี้  
ได้อย่างครอบคลุมที่สุด



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล
- 3.2 การออกแบบกรอบแนวคิดของงานวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล
- 3.4 การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง
- 3.5 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง
- 3.6 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน
- 3.7 การประเมินคุณภาพความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน

#### 3.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูล

การกำหนดค่าจ้างแรงงานเป็นตัวสะท้อนภาวะเศรษฐกิจและแนวโน้มตลาดแรงงานในแต่ละอุตสาหกรรม โดยมีความเชื่อมโยงกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจและสังคมหลายประการ เช่น ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศ อัตราเงินเฟ้อ ความต้องการแรงงาน และนโยบายภาครัฐเกี่ยวกับค่าแรงขั้นต่ำในการศึกษา ครั้นนี้ ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระได้รวบรวมข้อมูลค่าจ้างแรงงานจากหลากหลายตำแหน่งงานในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ ควบคู่กับข้อมูลเศรษฐกิจจากธนาคารโลก ในช่วงปี พ.ศ. 2556-2566 ประเทศไทยเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งจากการขยายตัวของเศรษฐกิจดิจิทัล การปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในภาคการผลิต และความผันผวนของค่าครองชีพ ปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อโครงสร้างค่าจ้างในแต่ละอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ข้อมูลค่าจ้างแรงงานควบคู่กับตัวชี้วัดเศรษฐกิจจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ เช่น ธนาคารโลก จึงมีความสำคัญต่อการคาดการณ์แนวโน้มตลาดแรงงานในอนาคต ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้เพื่อวางแผนทรัพยากรบุคคลในภาคธุรกิจให้เหมาะสมกับสภาพตลาด และยังเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมการวางแผนอาชีพของแรงงาน ให้สอดคล้องกับอุปสงค์แรงงานที่เปลี่ยนแปลงตามทิศทางเศรษฐกิจ

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีการวิเคราะห์และพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน ภายใต้ปัจจัย ทางเศรษฐกิจ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการบริหารจัดการกำลังคนอย่างมีประสิทธิภาพ



### 3.2 การออกแบบกรอบแนวคิดของงานวิจัย

ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระได้มีการค้นคว้าหาความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการศึกษาเพิ่มเติมที่มีส่วนกับการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องและนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัย โดยมีกระบวนการ ดังภาพที่ 3-1 มีการแสดงขั้นตอนสำหรับการพยากรณ์ค่าจ้างโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา มีการรวบรวมและผสานข้อมูลค่าจ้างเฉลี่ยจาก Kaggle พ.ศ. 2564–2566 ร่วมกับข้อมูลเศรษฐกิจมหภาคจากธนาคารโลก พ.ศ. 2556–2566 เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ

เพื่อใช้ในการวิเคราะห์เชิงลึกและพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์ค่าจ้างด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาอย่างแม่นยำ

การพยากรณ์ค่าจ้างและการวิเคราะห์ตลาดแรงงานอาศัยการเรียนรู้ของเครื่องในการประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์ค่าจ้างและแนวโน้มของตลาดแรงงานได้อย่างแม่นยำ โดยมีขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการนี้ถูกรวบรวมจากแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ รวบรวมข้อมูลชุดข้อมูลค่าจ้างเฉลี่ยของลูกจ้าง พ.ศ. 2564–2566 จากชุดข้อมูล Job Description Dataset จาก Kaggle รวมถึงข้อมูลเศรษฐกิจมหภาคจาก ธนาคารโลก ในช่วงปี พ.ศ. 2556–2566 เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อข้อมูลทั้งสองชุดนี้จะถูกผสานและประมวลผลร่วมกันเพื่อจัดทำฐานข้อมูลที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์เชิงลึกและพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

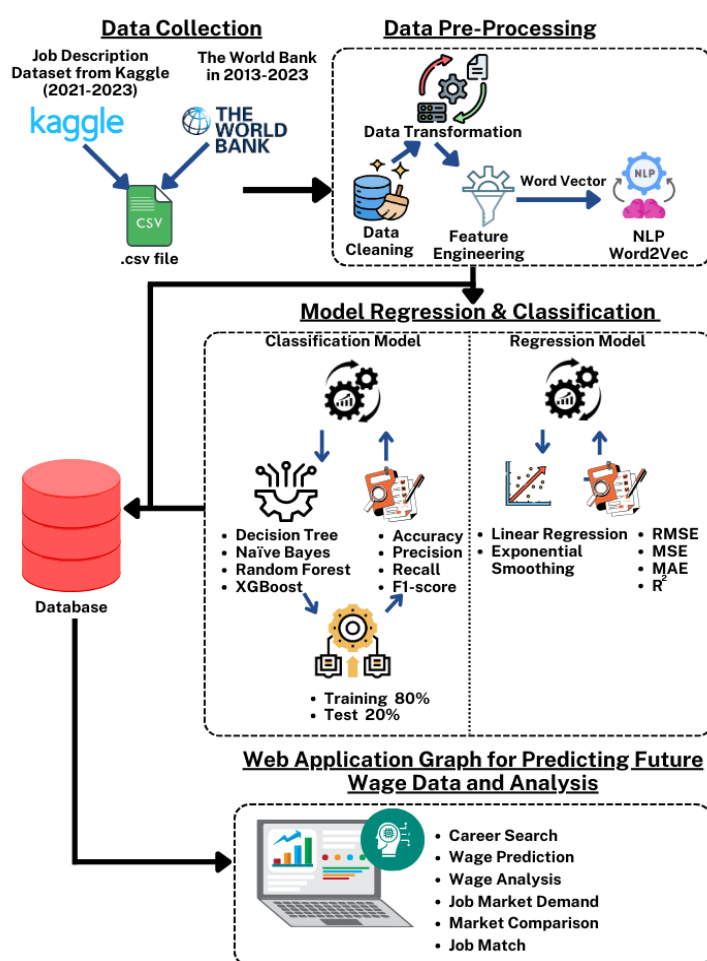
ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมข้อมูลก่อนเข้าสู่แบบจำลอง ประกอบด้วยการทำความสะอาด แปลงรูปแบบ และเลือกคุณลักษณะที่สำคัญ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองรวมถึงการใช้วิธีการประมวลผลภาษาธรรมชาติแปลงข้อมูลข้อความเป็นเวกเตอร์เชิงตัวเลขสำหรับการวิเคราะห์และจำแนกตำแหน่งงานอย่างแม่นยำ

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบจำลองพยากรณ์และจำแนกข้อมูล เมื่อข้อมูลผ่านการประมวลผลจะถูกนำไปใช้สร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องโดยแบ่งออกเป็นสองประเภทหลัก ได้แก่ ประเภทที่ 1 แบบจำลองสำหรับการจำแนกประเภท จะประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องหลายประเภท เช่น ต้นไม้ตัดสินใจ แบบจำลองเนิร์ฟเบย์ ปากการสุ่มและแบบจำลองเอกซ์ตรึมบูตติ้ง โดยมีการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น แบบจำลองในกลุ่มนี้จะใช้เกณฑ์การวัดผลมาตรฐาน ได้แก่ ค่าความถูกต้อง ค่าความเที่ยงตรง ค่าอัตราการเรียกกลับ ค่าคะแนนเอฟหนึ่ง ประเภทที่ 2 การสร้างแบบจำลองการพยากรณ์รายได้ ใช้วิธีการถดถอยเชิงเส้นและการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล เพื่อพยากรณ์ค่าจ้างในอนาคต โดยประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยเกณฑ์การวัดผล ได้แก่ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด

ทั้งนี้ชุดข้อมูลถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลฝึกสอนร้อยละ 80.00 และข้อมูลทดสอบร้อยละ 20.00 เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความสามารถของแบบจำลองในการพยากรณ์ข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 การจัดเก็บข้อมูลในฐานะข้อมูลข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์และพยากรณ์จะถูกจัดเก็บในฐานะข้อมูล เพื่อให้สามารถเรียกใช้งานได้ง่ายและรองรับการนำเสนอผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนที่ 5 การแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ผลลัพธ์จากการพยากรณ์และการวิเคราะห์จะถูกนำเสนอผ่านเว็บแอปพลิเคชันในรูปแบบของกราฟ โดยรองรับฟังก์ชันที่สำคัญ ได้แก่ ค้นหาตำแหน่งงานที่เหมาะสม (Career Search) การพยากรณ์ค่าจ้างในอนาคต (Wage Prediction) การวิเคราะห์แนวโน้มค่าจ้าง (Wage Analysis) การวิเคราะห์ความต้องการของตลาดแรงงาน (Job Market Demand) การเปรียบเทียบค่าจ้างระหว่างตลาดแรงงาน (Market Comparison) และการจับคู่ตำแหน่งงานตามคุณสมบัติของผู้สมัคร (Job Match)



ภาพที่ 3-1 กรอบแนวคิดของงานวิจัยการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

จากภาพที่ 3-1 แบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างและการวิเคราะห์ตลาดแรงงานในงานวิจัยนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ร่วมกับการประมวลผลภาษาธรรมชาติ บนพื้นฐานของข้อมูล นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการนำเสนอข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ โดยเฉพาะในด้านการวางแผนเส้นทางอาชีพของบุคคลที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดแรงงานและคาดการณ์ค่าจ้างในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### 3.3 การเก็บรวบรวมและการจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ครั้งนี้มาจากชุดข้อมูล Job Description จาก Kaggle และธนาคารโลก โดยเป็นชุดข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้อย่างเสรีและมีรูปแบบเป็นข้อมูลอนุกรมเวลา ชุดข้อมูลนี้ถูกจำแนกตามรหัสงาน ประสบการณ์ คุณสมบัติ ช่วงเงินเดือน สถานที่ตั้ง ประเทศ ละติจูด ลองจิจูด ประเภทงาน ขนาดบริษัท วันที่ประกาศงาน เจือจางพิเศษ บุคคลที่ติดต่อ ข้อมูลติดต่อ ชื่อตำแหน่งงาน บทบาทงาน รูปแบบงาน รายละเอียดงาน สวัสดิการ ทักษะ หน้าที่ความรับผิดชอบ ชื่อบริษัทและโปรไฟล์บริษัท โดยหน่วยสกุลเงินเป็นดอลลาร์ต่อเดือน ประกอบด้วย ค่าจ้างรายเดือนเฉลี่ยของพนักงานในช่วงปี พ.ศ. 2564-2566 ข้อมูลดังกล่าวมีจำนวนทั้งสิ้น 1,615,940 รายการ สำหรับการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ การใช้ชุดข้อมูลนี้จะช่วยในการตรวจจับแนวโน้มของค่าจ้างในช่วงเวลาต่างๆ โดยเฉพาะในระดับรายปี เพื่อทำให้การวิเคราะห์สามารถสะท้อนสภาพการเปลี่ยนแปลงของค่าจ้างได้อย่างมีประสิทธิภาพและจัดเก็บรูปแบบไฟล์ CSV ซึ่งในแต่ละคอลัมน์มีข้อมูล ดังภาพที่ 3-2

| Job Id           | Experience    | Qualifications | Salary Range | location | Country          |
|------------------|---------------|----------------|--------------|----------|------------------|
| 1089843540111562 | 5 to 15 Years | M.Tech         | \$59K-\$99K  | Douglas  | Isle of Man      |
| 398454096642776  | 2 to 12 Years | BCA            | \$56K-\$116K | Ashgabat | Turkmenistan     |
| 481640072963533  | 0 to 12 Years | PhD            | \$61K-\$104K | Macao    | Macao SAR, China |

ภาพที่ 3-2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจาก Job Description จาก Kaggle

จากภาพที่ 3-2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยหมายเลขตำแหน่งงาน ประสบการณ์ ระดับการศึกษา อัตราเงินเดือน ตำแหน่งที่ตั้ง ประเทศ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ชนิดการว่าจ้าง และขนาดขององค์กร ดังตารางที่ 3-1



ตารางที่ 3-1 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา

| ชื่อคอลัมน์                           | คำอธิบาย                                                |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| รหัสงาน (Job Id)                      | รหัสประจำตำแหน่งงาน                                     |
| ประสบการณ์ (Experience)               | จำนวนปีของประสบการณ์                                    |
| คุณสมบัติทางการศึกษา (Qualifications) | คุณวุฒิทางวิชาการ                                       |
| ช่วงเงินเดือน (Salary Range)          | ค่าตอบแทนที่บริษัทเสนอให้สำหรับตำแหน่งงาน               |
| ประเทศ (Country)                      | ประเทศที่ตั้งของสถานที่ทำงาน                            |
| ประเภทงาน (Work Type)                 | ประเภทของรูปแบบการจ้างงาน                               |
| ขนาดบริษัท (Company Size)             | จำนวนพนักงานของบริษัท                                   |
| วันที่ประกาศงาน (Job Posting Date)    | วันที่บริษัทประกาศรับสมัครงาน                           |
| ความต้องการพิเศษ (Preference)         | คุณลักษณะเฉพาะที่พึงประสงค์เพิ่มเติมสำหรับผู้สมัคร      |
| ชื่อตำแหน่งงาน (Job Title)            | ชื่อที่ใช้เรียกตำแหน่งงานอย่างเป็นทางการ                |
| บทบาทงาน (Role)                       | ประเภทของหน้าที่ความรับผิดชอบที่ผู้ปฏิบัติงาน           |
| รายละเอียดงาน (Job Description)       | คำอธิบายหน้าที่ความรับผิดชอบ                            |
| ทักษะ (Skills)                        | สมรรถนะเฉพาะด้านการปฏิบัติงาน                           |
| ความรับผิดชอบ (Responsibilities)      | รายละเอียดเกี่ยวกับหน้าที่และภารกิจหลักที่ผู้ปฏิบัติงาน |

| Country                     | Year | GDP Grow | Inflation Rate |
|-----------------------------|------|----------|----------------|
| Afghanistan                 | 2023 | 2.710887 | 2.302372515    |
| Afghanistan                 | 2022 | -6.24017 | 2.302372515    |
| Afghanistan                 | 2021 | -20.7388 | 2.302372515    |
| Afghanistan                 | 2020 | -2.3511  | 2.302372515    |
| Afghanistan                 | 2019 | 3.911603 | 2.302372515    |
| Afghanistan                 | 2018 | 1.189228 | 0.626149149    |
| Afghanistan                 | 2017 | 2.647003 | 4.975951506    |
| Afghanistan                 | 2016 | 2.260314 | 4.383891955    |
| Afghanistan                 | 2015 | 1.451315 | -0.661709165   |
| Afghanistan                 | 2014 | 2.724543 | 4.673996035    |
| Afghanistan                 | 2013 | 5.600745 | 7.385771784    |
| Africa Eastern and Southern | 2023 | 2.320138 | 7.126974821    |
| Africa Eastern and Southern | 2022 | 3.553878 | 10.77375122    |

ภาพที่ 3-3 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยมาจากระบบราชการโลก

จากภาพที่ 3-3 แสดงตัวอย่างข้อมูลเศรษฐกิจรายปีจำนวน 10 ปี โดย ประกอบด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์รวมในประเทศ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลใช้ในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลามาจากธนาคารโลก

| ชื่อคอลัมน์    | คำอธิบาย                               |
|----------------|----------------------------------------|
| Country        | ประเทศ                                 |
| Year           | ปี                                     |
| GDP Grow       | การเติบโตทางผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ |
| Inflation Rate | อัตราเงินเฟ้อ                          |

จากตารางที่ 3-1 และ ตารางที่ 3-2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพยากรณ์ค่าแรงโดยอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาและ การเรียนรู้ของเครื่อง จำเป็นต้องประกอบด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตลาดแรงงาน สภาวะเศรษฐกิจ และคุณลักษณะของงาน โดยตัวแปรแต่ละรายการมีความสำคัญต่อกระบวนการวิเคราะห์เชิงพยากรณ์ ในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยสามารถแบ่งตัวแปรที่มีผลต่อการพยากรณ์ออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการพยากรณ์ ประกอบด้วย 12 รายการดังต่อไปนี้

รายการที่ 1 รหัสงาน ระบุตำแหน่งงานแต่ละรายการ เชื่อมโยงข้อมูลในรูปแบบอนุกรมเวลา

รายการที่ 2 คุณสมบัติ/ทักษะ ระดับความเชี่ยวชาญ ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับระดับค่าจ้าง

รายการที่ 3 ประเทศ ใช้ระบุความแตกต่างของค่าครองชีพและค่าจ้างในแต่ละภูมิภาค

รายการที่ 4 ประเภทงาน เช่น Full-time, Part-time, Freelance ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างค่าจ้าง

รายการที่ 5 ความชอบของผู้สมัคร สะท้อนอุปสงค์ในตลาดแรงงาน มีผลต่อกลไกราคาแรงงาน

รายการที่ 6 บทบาทงาน / ชื่อตำแหน่ง ระดับค่าจ้างเฉลี่ยแตกต่างกันตามลักษณะของงาน

รายการที่ 7 รายละเอียดงาน / หน้าที่ ระดับความรับผิดชอบและความซับซ้อนของงาน

รายการที่ 8 ปีของตำแหน่ง / วันที่ประกาศงาน ใช้สร้างลำดับเวลาเพื่อพยากรณ์แนวโน้มค่าแรง

รายการที่ 9 ประสบการณ์ จำนวนปีของประสบการณ์ที่ต้องการ สัมพันธ์กับระดับค่าตอบแทน

รายการที่ 10 เงินเดือน ตัวแปรหลักที่ใช้ในการพยากรณ์

รายการที่ 11 ขนาดบริษัท บริษัทขนาดใหญ่มีแนวโน้มเสนอค่าจ้างสูงกว่า

รายการที่ 12 ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ ตัวแปรทางเศรษฐกิจที่มีผลต่อค่าครองชีพและระดับค่าจ้างโดยรวม

กลุ่มที่ 2 ตัวแปรที่ไม่นำมาใช้ในการพยากรณ์ ตัวแปรในกลุ่มนี้แม้จะมีความเกี่ยวข้องในบางบริบท แต่ไม่แสดงความสัมพันธ์ในเชิงอนุกรมเวลา กับค่าจ้างแรงงานอย่างชัดเจน และไม่ส่งผลต่อแนวโน้มของค่าแรงในระยะยาว จึงไม่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์ รายการตัวแปรที่อยู่ในกลุ่มนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 4 รายการ ดังนี้

รายการที่ 1 ชื่อบริษัท / ข้อมูลบริษัท ใช้เพื่อแสดงข้อมูลองค์กรเท่านั้น ไม่มีผลเชิงอนุกรมเวลา

รายการที่ 2 สวัสดิการ เป็นองค์ประกอบเสริม ไม่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงค่าจ้างในเชิงเวลา

รายการที่ 3 เว็บไซต์งาน / ผู้ติดต่อ / ข้อมูลติดต่อ ใช้เพื่อการสื่อสาร ไม่สามารถใช้พยากรณ์ค่าแรงได้

รายการที่ 4 สถานที่ทำงาน / พิกัด สำหรับการวิเคราะห์เชิงเวลาในระดับภาพรวม

ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระได้ดำเนินการเตรียมและจัดการข้อมูลที่รวบรวมมาอย่างเป็นระบบ โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล ซึ่งครอบคลุมถึงการลบหรือแก้ไขข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ ข้อมูลผิดพลาด และข้อมูลที่ซ้ำซ้อน ตลอดจนการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อให้ได้ชุดข้อมูล ที่มีความสมบูรณ์ เชื่อถือได้ และมีคุณภาพสูงเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์เชิงลึก

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยค่าจ้างแรงงานและตัวแปรทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ ซึ่งได้รับการผสมรวมให้เป็นชุดข้อมูลเดียว เพื่อส่งเสริมการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าจ้างแรงงาน ทั้งนี้ได้มีการจัดรูปแบบข้อมูลและดำเนินการจัดการค่าที่สูญหายอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่ครบถ้วนและพร้อมสำหรับการประมวลผล นอกจากนี้ ได้ดำเนินการสร้างคุณลักษณะ สำหรับการฝึกแบบจำลองโดยใช้วิธีการเข้ารหัสข้อมูลเชิงหมวดหมู่ ได้แก่ การแทนค่าหมวดหมู่ด้วยตัวเลข (Label Encoding) และการเข้ารหัสแบบวันฮอต (One-Hot Encoding) เพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ ในรูปแบบเชิงตัวเลขที่เหมาะสมต่อการนำเข้าไปในกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์

กระบวนการจัดการข้อมูลทั้งหมดดำเนินการด้วยภาษา Python บนแพลตฟอร์ม Google Colab มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลได้อย่างยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ โดยชุดคำสั่งต่างๆ ได้รับการออกแบบให้สอดคล้องกับแนวทางปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานในการจัดการข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถดูรายละเอียดของกระบวนการทั้งหมดได้จากภาพประกอบที่นำเสนอในส่วนถัดไป

```
import pandas as pd

from sklearn.utils import resample

file_path = "/content/drive/MyDrive/NewWagePredict/job_descriptions.csv"

df = pd.read_csv(file_path)

df.head()

df_GDP_Inflation = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/NewWagePredict/All_Countries_GDP_Inflation.csv")
```

ภาพที่ 3-4 ชุดคำสั่งโหลดและอ่านไฟล์ CSV ใน Google Colab ด้วย Pandas



จากภาพที่ 3-4 ชุดคำสั่งนี้ใช้ pandas โหลดข้อมูลจากไฟล์ CSV จำนวนสองไฟล์ ได้แก่ job\_descriptions.csv และ All\_Countries\_GDP\_Inflation.csv ซึ่งจัดเก็บไว้ใน Google Drive เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

```
def extract_salary_range(salary_text):
    salary_text = str(salary_text).replace(',', '').strip() # ลบเครื่องหมาย , และ Trim ช่องว่าง
    numbers = re.findall(r'(\d+)([Kk]?)', salary_text) # ค้นหาตัวเลขและตัวอักษร K (ถ้ามี)
    if len(numbers) >= 2:
        start = float(numbers[0][0]) * (1000 if numbers[0][1].lower() == 'k' else 1)
        end = float(numbers[1][0]) * (1000 if numbers[1][1].lower() == 'k' else 1)
        return start, end
    elif len(numbers) == 1:
        value = float(numbers[0][0]) * (1000 if numbers[0][1].lower() == 'k' else 1)
        return value, value
    else:
        return None, None # กรณีที่ไม่มีตัวเลข
```

ภาพที่ 3-5 ชุดคำสั่งทำความสะอาดข้อมูล ใน Google Colab

จากภาพที่ 3-5 การประมวลผลช่วงเงินเดือนได้พัฒนาชุดคำสั่งผ่านฟังก์ชัน extract\_salary\_range โดยมีวัตถุประสงค์ในการดึงช่วงของเงินเดือนจากข้อความที่ปรากฏในข้อมูลดิบ ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบด้วย การทำความสะอาดข้อมูลเบื้องต้น ได้แก่ การลบเครื่องหมายจุลภาค (,) การตัดช่องว่างและการใช้ Regular Expression เพื่อค้นหาตัวเลขและตัวอักษร 'K' ซึ่งมักใช้แทนค่าหน่วยพัน เช่น 50K หมายถึง 50,000

หากพบตัวเลขจำนวนสองค่า ระบบจะคำนวณช่วงของเงินเดือน ค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด โดยแปลงข้อมูลให้เป็นตัวเลขที่ถูกต้อง พร้อมทั้งปรับตามค่าหน่วย 'K' ที่ปรากฏ แต่ในกรณีที่พบเพียงตัวเลขเดียว ค่าดังกล่าวจะถูกกำหนดให้เป็นทั้งค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของช่วงเงินเดือน หากไม่พบข้อมูลตัวเลขที่เกี่ยวข้อง ระบบจะคืนค่าเป็น None

นอกจากนี้ ยังได้ดำเนินการสกัดและเลือกคุณลักษณะที่มีความสำคัญต่อแบบจำลอง โดยใช้วิธีการประมวลผลภาษาธรรมชาติร่วมกับการแปลงข้อมูลเชิงข้อความให้อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในกระบวนการเรียนรู้ของเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลทั้งหมด

จำนวน 1,315,737 รายการ ได้รับการแปลงให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน เพื่อรองรับการนำเข้า  
ในขั้นตอนการฝึกแบบจำลองอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับหลักการของการเรียนรู้ของเครื่อง

### 3.4 การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง

การพัฒนาแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ค่าจ้างเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์  
ข้อมูลอนุกรมเวลา เนื่องจากสามารถรักษาลำดับเวลาและความถูกต้องในการคาดการณ์  
ในการดำเนินการ ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระได้เลือกใช้ การประมวลผลภาษาธรรมชาติ ในการวิเคราะห์  
และสกัดสารสนเทศจากข้อมูลข้อความ ควบคู่ไปกับการใช้ การถดถอยเวกเตอร์สนับสนุนเป็น  
เครื่องมือหลักในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา

3.4.1 การพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง โดยข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้ว  
จะถูกนำไปใช้พัฒนาแบบจำลองโดยแบ่งออกเป็น สองประเภทหลัก ได้แก่

3.4.1.1 แบบจำลองการจำแนกประเภทโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ที่ใช้ในการจำแนก  
ข้อมูลออกเป็นกลุ่ม โดยแบบจำลองจะเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่างและสามารถนำไปใช้ทำนาย  
หรือจำแนกข้อมูลใหม่ได้อย่างแม่นยำโดยมีการใช้แบบจำลองดังนี้

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกประเภทในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ  
โดยมีโครงสร้างลักษณะเป็นต้นไม้ลำดับชั้นที่ใช้เงื่อนไขตัดสินใจเพื่อแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มย่อยและ  
หลักการทำงาน ใช้โครงสร้างต้นไม้ในการแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มย่อยโดยอาศัยกฎเงื่อนไข แต่ละโหนด  
ในต้นไม้เป็นเงื่อนไขที่ใช้ตัดสินใจ และใบไม้เป็นผลลัพธ์ของการจำแนก

```
dt_model = DecisionTreeClassifier(criterion='gini', max_depth=45, min_samples_split=10,
min_samples_leaf=5, random_state=42)
dt_model.fit(X_train, y_train)
```

ภาพที่ 3-6 ชุดคำสั่งการสร้างและฝึกสอนแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจใน Python

จากภาพที่ 3-6 แสดงคำสั่งสร้างแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ ใช้ DecisionTreeClassifier() และ  
กำหนด พารามิเตอร์หลักcriterion='gini' ใช้ Gini Impurity เป็นเกณฑ์ในการแบ่งข้อมูลและ  
max\_depth=45 กำหนดความลึกสูงสุดของต้นไม้ในส่วนของ min\_samples\_split=10 กำหนดให้  
โหนดต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 10 ตัวอย่างก่อนจะแยกโหนด และmin\_samples\_leaf=5 กำหนดให้  
โหนดใบต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 5 ตัวอย่าง ทำการ random\_state=42 กำหนดค่าเริ่มต้นเพื่อให้

ผลลัพธ์คงที่ ฝึกสอนแบบจำลองใช้ `dt_model.fit(X_train, y_train)` เพื่อให้แบบจำลองเรียนรู้จากข้อมูลแสดงแบบจำลองที่สร้างขึ้นชุดคำสั่งแสดงค่า `DecisionTreeClassifier` พร้อมพารามิเตอร์ที่ตั้งไว้

แบบจำลองเนอโฟบัย ใช้หลักการคำนวณความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทภายใต้สมมติฐานแต่ละตัวแปรเป็นอิสระต่อกัน จากนั้นเลือกประเภทที่มีค่าความน่าจะเป็นสูงสุดเป็นผลลัพธ์ของการจำแนก

```
X = final.drop(columns=['Job Level']) # Features
y = final['Job Level'] # Target
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42, stratify=y)
scaler = MinMaxScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
nb_model = GaussianNB()
nb_model.fit(X_train, y_train)
y_pred = nb_model.predict(X_test)
```

### ภาพที่ 3-7 ชุดคำสั่งการสร้างและฝึกสอนแบบจำลองเนอโฟบัยใน Python

จากภาพที่ 3-7 ชุดคำสั่งนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเนอโฟบัยและป่าการสุ่ม สำหรับจำแนกระดับงาน โดยแบ่งข้อมูลสำหรับฝึกแบบจำลองร้อยละ 80.00 และข้อมูลสำหรับทดสอบแบบจำลองร้อยละ 20.00 พร้อมปรับขนาดข้อมูลให้เหมาะสมใช้วิธีการรวมแบบจำลองด้วยการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (Bootstrap Aggregating) กับข้อมูลบางส่วนเพื่อเพิ่มความแม่นยำและลดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไป



```

final['Job Title'] = final['Job Title'].apply(lambda x: len(str(x)))
le_qualifications = LabelEncoder()
final['QualificationsCategory'] = le_qualifications.fit_transform(final['QualificationsCategory'])
final['Country'] = le_qualifications.fit_transform(final['Country'])
final = pd.get_dummies(final, columns=['Company Size Category', 'JobCategory'])
le_job_level = LabelEncoder()
final['Job Level'] = le_job_level.fit_transform(final['Job Level'])
X = final.drop(columns=['Job Level']) # Features
y = final['Job Level'] # Target
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42, stratify=y)
rf_model = RandomForestClassifier(n_estimators=200, max_depth=50, min_samples_split=10, random_state=42)
rf_model.fit(X_train, y_train)
y_pred_rf = rf_model.predict(X_test)

```

### ภาพที่ 3-8 ชุดคำสั่งการเตรียมข้อมูลและสร้างแบบจำลองป่าการสุ่มสำหรับการจำแนกประเภท

จากภาพที่ 3-8 ดำเนินการแปลงข้อมูลหมวดหมู่ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข โดยครอบคลุมถึงชื่อตำแหน่งงานกลุ่มคุณสมบัติ และประเทศ พร้อมทั้งดำเนินการเข้ารหัสแบบวันฮอต เพื่อให้ตัวแปรพร้อม สำหรับการประมวลผล จากนั้นทำการแยกข้อมูลออกเป็นตัวแปรอิสระ (X) และตัวแปรตาม (y) และดำเนินการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดข้อมูลสำหรับการฝึกร้อยละ 80 และชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบร้อยละ 20 โดยใช้พารามิเตอร์ stratify=y เพื่อรักษาสัดส่วนของกลุ่มข้อมูลในตัวแปรให้คงที่ระหว่างชุดฝึกและชุดทดสอบ

แบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั้งเป็นการเรียนรู้แบบบูสตั้งที่รวมแบบจำลองย่อยหลายตัว เพื่อเพิ่มความแม่นยำ ทั้งในงานจำแนกประเภทและพยากรณ์ค่าเชิงตัวเลข

```

final['Job Title'] = final['Job Title'].apply(lambda x: len(str(x)))
le_qualifications = LabelEncoder()
final['QualificationsCategory'] = le_qualifications.fit_transform(final['QualificationsCategory'])
final['Country'] = le_qualifications.fit_transform(final['Country'])
final = pd.get_dummies(final, columns=['Company Size Category', 'JobCategory'])
le_job_level = LabelEncoder()
final['Job Level'] = le_job_level.fit_transform(final['Job Level'])
X = final.drop(columns=['Job Level']) # Features
y = final['Job Level'] # Target
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42,
stratify=y)
scaler = StandardScaler()
X_train = scaler.fit_transform(X_train)
X_test = scaler.transform(X_test)
xgb_model = XGBClassifier(n_estimators=200, learning_rate=0.05, max_depth=20,
colsample_bytree=0.8, random_state=42)
xgb_model.fit(X_train, y_train)
y_pred_xgb = xgb_model.predict(X_test)

```

**ภาพที่ 3-9** ชุดคำสั่งการเตรียมข้อมูลและสร้างแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตี้งสำหรับการจำแนกประเภท

จากภาพที่ 3-9 การจำแนกประเภทระดับตำแหน่งงาน ได้ดำเนินการเตรียมข้อมูลเบื้องต้นผ่านกระบวนการเข้ารหัสข้อมูลในลักษณะต่างๆ เพื่อให้สามารถนำเข้าสู่แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องได้อย่างเหมาะสม โดยการใช้การเข้ารหัสแบบการแทนค่าหมวดหมู่ด้วยตัวเลข สำหรับคุณลักษณะที่เป็นข้อมูลเชิงหมวดหมู่ ได้แก่ หมวดหมู่คุณสมบัติ และประเทศ เพื่อแปลงค่าที่เป็นข้อความ ในรูปแบบตัวเลข รวมถึงการแปลงค่าของ ตัวแปร ซึ่งได้แก่ ระดับตำแหน่งงาน ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถประมวลผลได้โดยแบบจำลองมีการเข้ารหัสแบบการเข้ารหัสแบบวันฮอตกับตัวแปรขนาดขององค์กร และประเภทงาน เพื่อป้องกันการแสดงลำดับค่าที่ไม่เหมาะสม ในตัวแปรเชิงหมวดหมู่ เมื่อการเตรียมข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ ข้อมูลทั้งหมดจะถูกแยกออกเป็นตัวแปรลักษณะ (Feature Variables: X) และตัวแปรเป้าหมาย

(Target Variable: y) โดยกำหนด ให้ X ประกอบด้วยข้อมูลทั้งหมด ยกเว้นระดับตำแหน่งงาน ในขณะที่ y แทนค่าระดับตำแหน่งงานซึ่งเป็นค่าที่ต้องการพยากรณ์ ชุดข้อมูลถูกแบ่งเป็นชุดฝึกและชุดทดสอบ โดยใช้ `train_test_split()` พร้อม `stratify=y` เพื่อรักษาสัดส่วนข้อมูลเป้าหมาย และดำเนินการปรับขนาดข้อมูลก่อนฝึกแบบจำลองด้วย `xgb_model.fit(X_train, y_train)` เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนก

3.4.1.2 แบบจำลองพยากรณ์การถดถอย เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าตัวเลขโดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม แบบจำลองถดถอยจะพยายามค้นหารูปแบบของข้อมูล เพื่อให้สามารถคาดการณ์ค่าของตัวแปรตามได้

การถดถอยเชิงเส้น เป็นแบบจำลองทางสถิติและแบบจำลองการเรียนรู้ที่ใช้วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามแบบจำลองนี้จะพยายาม สร้างสมการเส้นตรงที่เหมาะสมที่สุดในการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตามโดยอิงจากตัวแปรต้น

```
# Prepare data for regression
years = np.array([row["positionyear"] for row in rows]).reshape(-1, 1)
salaries = np.array([row["positionsalary"] for row in rows])
if len(years) == 0 or len(salaries) == 0:
    continue # Skip if no data available
# Create Linear Regression model
model = LinearRegression()
model.fit(years, salaries)
# Predict future salaries
future_years = np.array([years.max() + j for j in range(1, years_to_predict + 1)]).reshape(-1, 1)
predicted_salaries = model.predict(future_years)
```

**ภาพที่ 3-10** ชุดคำสั่งการพยากรณ์เงินเดือนโดยใช้แบบจำลองการถดถอย

จากภาพที่ 3-10 ชุดคำสั่งนี้ใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นเพื่อพยากรณ์แนวโน้มเงินเดือนในอนาคต โดยดำเนินการตามลำดับขั้นตอนที่เป็นระบบและมีแบบแผน ดังนี้ ในขั้นแรกเป็นกระบวนการเตรียมข้อมูล โดยทำการดึงข้อมูล ปีที่ดำรงตำแหน่ง (positionyear) และ อัตราเงินเดือน (positionsalary) จากชุดข้อมูลจากนั้นทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบอาร์เรย์ของไลบรารี NumPy (NumPy array) และปรับโครงสร้างข้อมูลให้เหมาะสมกับแบบจำลองด้วย คำสั่ง `reshape`



(-1,1) ต่อมาคือ การสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น โดยใช้คลาส LinearRegression() จากไลบรารี Scikit-Learn และดำเนินการฝึกแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลปีและเงินเดือน ผ่านคำสั่ง `model.fit()` ในขั้นตอนการพยากรณ์ข้อมูลอนาคต ระบบจะทำการสร้างช่วงปีในอนาคต (`future_years`) โดยใช้ค่าปีสูงสุดจากข้อมูลปัจจุบันและเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลาที่ต้องการพยากรณ์และใช้แบบจำลองที่ผ่านการฝึกทำนายค่าของเงินเดือนในอนาคตผ่าน `model.predict(future_years)` จากนั้นข้อมูลที่ได้จากอดีตและค่าที่พยากรณ์ได้ จะถูกรวมกันเป็นชุดข้อมูลเดียว (`all_years` และ `all_salaries`) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มได้อย่างต่อเนื่อง หากชุดข้อมูลไม่มีป้ายกำกับ ระบบจะทำการสร้างป้ายกำกับปีใหม่จากค่าปีทั้งหมดที่ได้จากการพยากรณ์ระบบจะทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้ลงในโครงสร้างผลลัพธ์ (`result["datasets"]`) โดยกำหนดเป็นชุดข้อมูลใหม่สำหรับแต่ละตำแหน่งงานและแต่ละประเทศ เพื่อรองรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มเงินเดือนในบริบทที่แตกต่างกัน

ชุดคำสั่งนี้เป็น กระบวนการพยากรณ์ค่าตัวเลขในอนาคตโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์แนวโน้มเงินเดือนของแต่ละตำแหน่งงานในแต่ละประเทศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยดำเนินการเตรียมข้อมูล สร้างแบบจำลองพยากรณ์ข้อมูล รวมผลลัพธ์และบันทึกข้อมูล ตามลำดับเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านทรัพยากรมนุษย์

### 3.5 การประเมินประสิทธิภาพแบบจำลอง

การพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ค่าแรงโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่อง จำเป็นต้องมีการประเมินผลแบบจำลองอย่างเป็นระบบ เพื่อให้มั่นใจว่าแบบจำลองสามารถทำนายค่าแรงได้ เพื่อวัดทั้งความคลาดเคลื่อนของค่าที่พยากรณ์และการจับแนวโน้มของข้อมูลอนุกรมเวลา

สำหรับแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกประเภท เช่น แบบจำลองเนอรัลเน็ต ต้นไม้ตัดสินใจ ปาการสุ่มและแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูตัสตังจำเป็นต้องใช้ตัวชี้วัดที่เหมาะสมในการประเมินผล เพื่อวัดความสามารถในการจำแนกประเภทของข้อมูลอย่างแม่นยำโดยมีตัวชี้วัดที่สำคัญดังนี้

ค่าความแม่นยำสำหรับวัดว่าสำหรับตัวอย่างที่ทำนายว่าเป็นบวก นั้นถูกต้องจริงชก่เปอร์เซ็นต์ เหมาะสำหรับการที่ต้องการลดจำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองทำนายว่าเป็น ลบ แต่ค่าจริงเป็น บวก

ค่าอัตราการเรียกกลับสำหรับตัวอย่างที่เป็นจริง แบบจำลองสามารถตรวจจับได้ถูกต้อง ก่เปอร์เซ็นต์

คะแนนเอฟหนึ่ง เป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของค่าความเที่ยงตรงและค่าอัตราการเรียกกลับ เหมาะสำหรับชุดข้อมูลที่มีความไม่สมดุล

ค่าความถูกต้อง สำหรับใช้วัดสัดส่วนของการทำนายที่ถูกต้องทั้งหมดและเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูลที่มีการกระจายของคลาสอย่างสมดุล โดยเพื่อหาค่าดังสมการที่ 3-1 ถึง 3-4

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Positive}} \quad (3-1)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positive}}{\text{True Positive} + \text{False Negative}} \quad (3-2)$$

$$\text{F1 - score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3-3)$$

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positive} + \text{True Negative}}{\text{True Positive} + \text{True Negative} + \text{False Positive} + \text{False Negative}} \quad (3-4)$$

โดยที่ True Positive คือ จำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองทำนายว่าเป็น บวก แต่ค่าจริงเป็น บวก

True Negative คือ จำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองทำนายว่าเป็น ลบ และเป็นค่าจริง

False Positive คือ จำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองทำนายว่าเป็น ลบ แต่ค่าจริงเป็น บวก

False Negative คือ จำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองทำนายว่าเป็น บวก แต่ค่าจริงเป็น ลบ

Precision คือ ความแม่นยำ

Recall คือ การตรวจจับ

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์ในครั้งนี้ มุ่งเน้นการวัดผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าตัวเลขเชิงต่อเนื่อง โดยใช้เกณฑ์การประเมินหลัก ได้แก่

ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ใช้ในการวัดค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระหว่างค่าจริงกับค่าที่แบบจำลองพยากรณ์ โดยค่าที่ต่ำกว่าบ่งชี้ถึงความแม่นยำของแบบจำลองที่สูงกว่า

ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ใช้วัดค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมของแบบจำลองค่าสูง แสดงว่าแบบจำลองมีความผิดพลาดมาก

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ใช้วัดค่าความคลาดเคลื่อนโดยไม่พิจารณาทิศทางของความผิดพลาด และค่าต่ำหมายถึงความแม่นยำสูง

ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด ใช้วัดความสามารถของแบบจำลองในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลค่าที่ใกล้ 1 แสดงว่าแบบจำลองสามารถอธิบายข้อมูลได้ดี

รายละเอียดของสมการที่ใช้สำหรับคำนวณค่าประเมินต่างๆ ดังกล่าว แสดงไว้ในดังสมการที่ 3-5 ถึง 3-8

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (3-5)$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (3-6)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i| \quad (3-7)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3-8)$$

โดยที่  $Y_i$  คือ ค่าจริงของข้อมูลในลำดับที่  $i$

$\hat{Y}_i$  คือ ค่าที่แบบจำลองพยากรณ์ได้

$n$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการประเมิน

$(Y_i - \hat{Y}_i)^2$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ที่ยกกำลังสองในแต่ละลำดับ

$\sum_{i=1}^n$  คือ ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองทั้งหมด ตั้งแต่ข้อมูลลำดับที่ 1 ถึง  $n$

$|Y_i - \hat{Y}_i|$  คือ ค่าผลต่างสัมบูรณ์ระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ของข้อมูลแต่ละชุด

$\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนรวมของแบบจำลอง

$\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนรวมของแบบจำลอง

### 3.6 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

การอำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงและใช้งานแบบจำลองการพยากรณ์ค่าแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเว็บแอปพลิเคชันถูกออกแบบให้เชื่อมต่อกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับพยากรณ์ค่าแรงจากข้อมูลอนุกรมเวลา ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูลที่จำเป็น เช่น ลักษณะของงาน ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปยังแบบจำลองเพื่อประมวลผล

#### 3.6.1 การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน

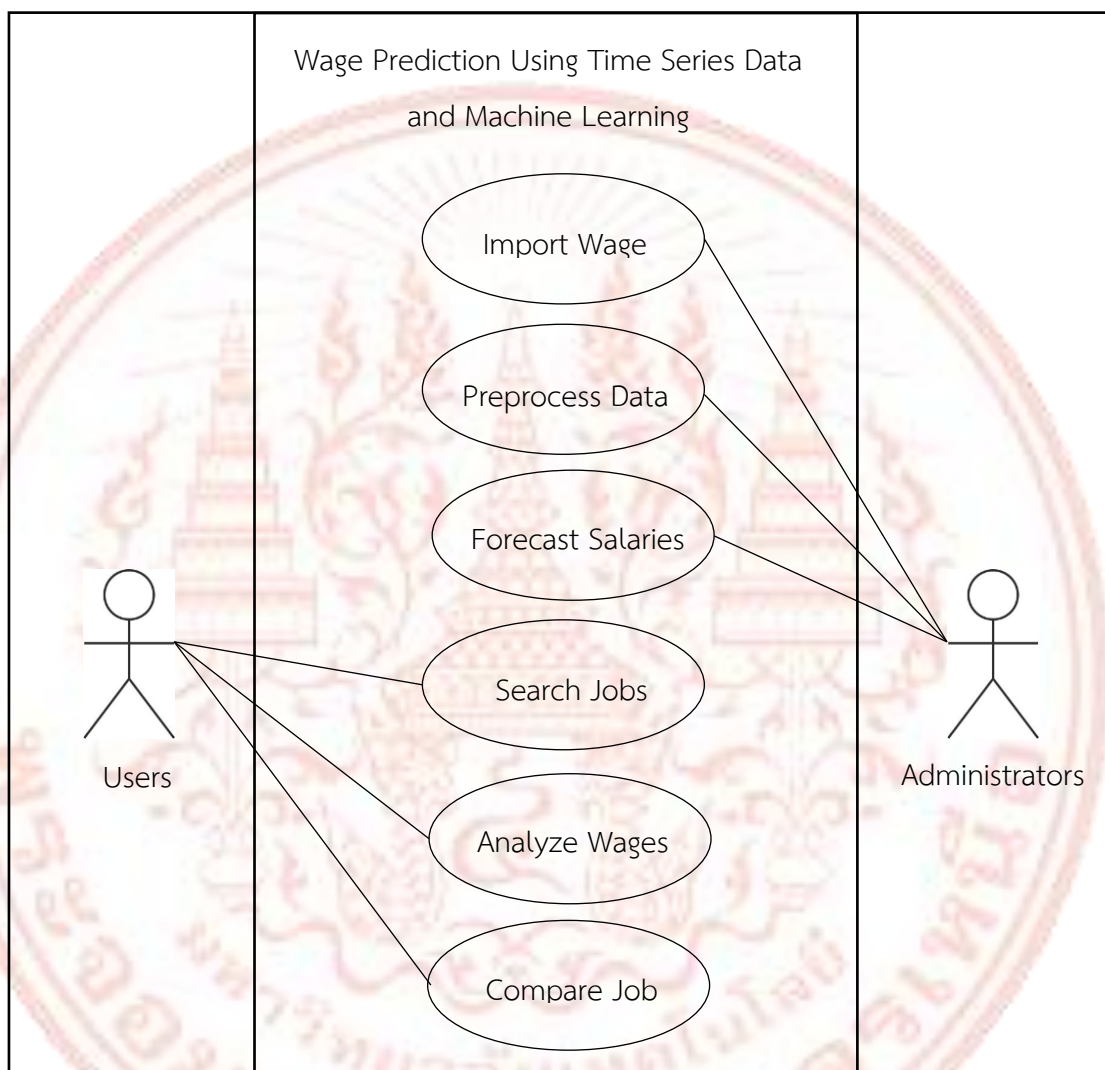
##### 3.6.1.1 แผนภาพยูสเคส (Use Case Diagram) และแผนภาพซีแควนซ์ (Sequence Diagram)

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ได้มีการออกแบบระบบโดยใช้แผนภาพยูสเคสและแผนภาพซีแควนซ์ เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented System Design) เพื่อกำหนดขอบเขตพฤติกรรมและความสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับระบบ

แผนภาพยูสเคสแสดงให้เห็นการปฏิสัมพันธ์ระหว่าง ผู้ใช้งานระบบ เช่น ผู้ใช้งานทั่วไป หรือ ผู้ดูแลระบบกับกรณีใช้งานต่างๆ ที่รองรับโดยในเว็บแอปพลิเคชันการพยากรณ์ค่าแรงนี้ กรณีใช้งานหลักประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูลค่าแรงและตัวแปรสนับสนุน การประมวลผลข้อมูล



ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมเวลา การฝึกแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง การพยากรณ์ค่าแรงในอนาคต การแสดงผลการพยากรณ์ผ่านกราฟ



ภาพที่ 3-11 แผนภาพยูสเคสการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

จากภาพที่ 3-11 นอกจากแผนภาพยูสเคสของการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลา โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง และมีการนำเสนอแผนภาพซีแควนซ์ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงลำดับการปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุในระบบโดยเฉพาะในกระบวนการค้นหาข้อมูลของแต่ละยูสเคสและการแลกเปลี่ยนข้อความระหว่างองค์ประกอบของระบบ

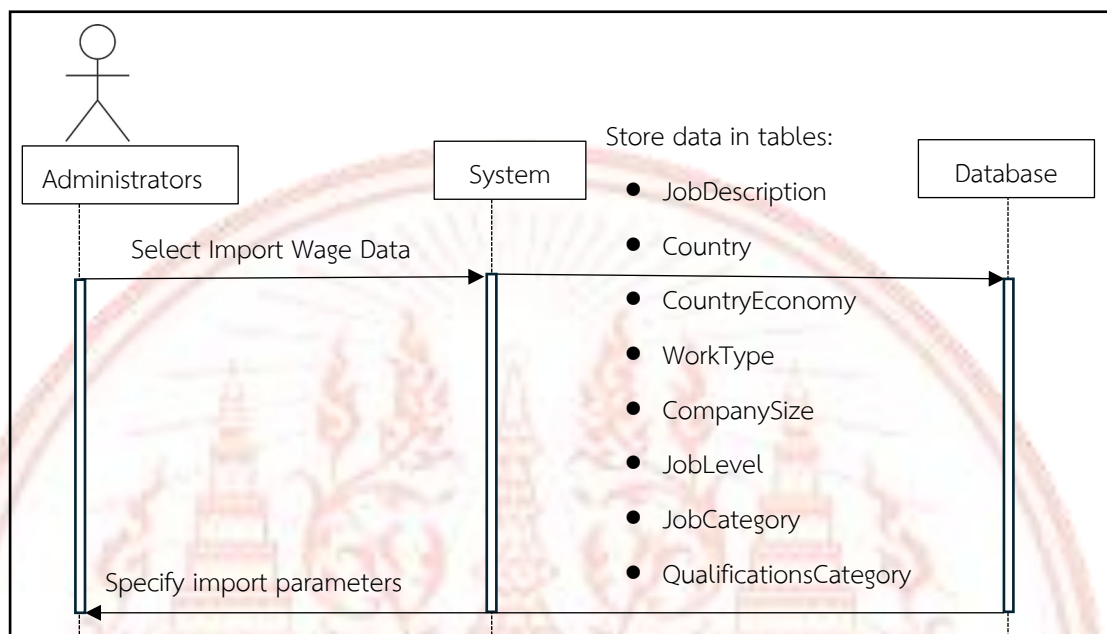
ก. ยูสเคสการนำเข้าข้อมูลค่าแรง (Import Wage Data) การที่เกี่ยวข้องกับการนำข้อมูลค่าแรงเข้าสู่ระบบ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมวลผลและวิเคราะห์

ภายในระบบพยากรณ์ โดยข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมและจัดเตรียมในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง รายละเอียดของกระบวนการดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 3-3

**ตารางที่ 3-3** รายละเอียดยูสเคสการนำเข้าข้อมูลค่าแรง

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การนำเข้าข้อมูลค่าแรง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ดูแลระบบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| การใช้งานยูสเคส :     | ผู้ดูแลระบบดำเนินการนำเข้าข้อมูลค่าแรงเข้าสู่ระบบ เพื่อให้ระบบสามารถนำข้อมูลไปประมวลผลในรูปแบบของข้อมูลอนุกรมเวลา สำหรับการวิเคราะห์และการพยากรณ์ในขั้นตอนถัดไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| รายละเอียด :          | ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกแหล่งข้อมูลและกำหนดพารามิเตอร์การนำเข้า จากนั้นระบบจะทำการตรวจสอบโครงสร้างของข้อมูล และดำเนินการบันทึกข้อมูลเข้าสู่ฐานข้อมูลโดยอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าแรงในลำดับถัดไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| สถานการณ์ :           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ดูแลระบบเลือกนำเข้าข้อมูลค่าแรง</li> <li>2. ระบบบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล โดยอ้างอิงจากโครงสร้างข้อมูลของ 8 ตารางหลักต่อไปนี้ <ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobDescription</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส Country</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory</li> </ul> </li> <li>3. ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดพารามิเตอร์ในการดึงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลตามที่ต้องการ</li> </ol> |

จากตารางที่ 3-3 สามารถนำมาออกแบบแผนภาพซีควเอนซ์การนำเข้าข้อมูลค่าแรง ได้ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-12 แผนภาพซีควเอนซ์การนำเข้าข้อมูล

ข. ยูสเคสการประมวลผลข้อมูล (Preprocess Data) กระบวนการจัดการวิเคราะห์ และสร้างแบบจำลองข้อมูลที่มีลักษณะเป็นลำดับของเวลาเพื่อใช้ในการพยากรณ์

ตารางที่ 3-4 รายละเอียดยูสเคสการประมวลผลข้อมูล

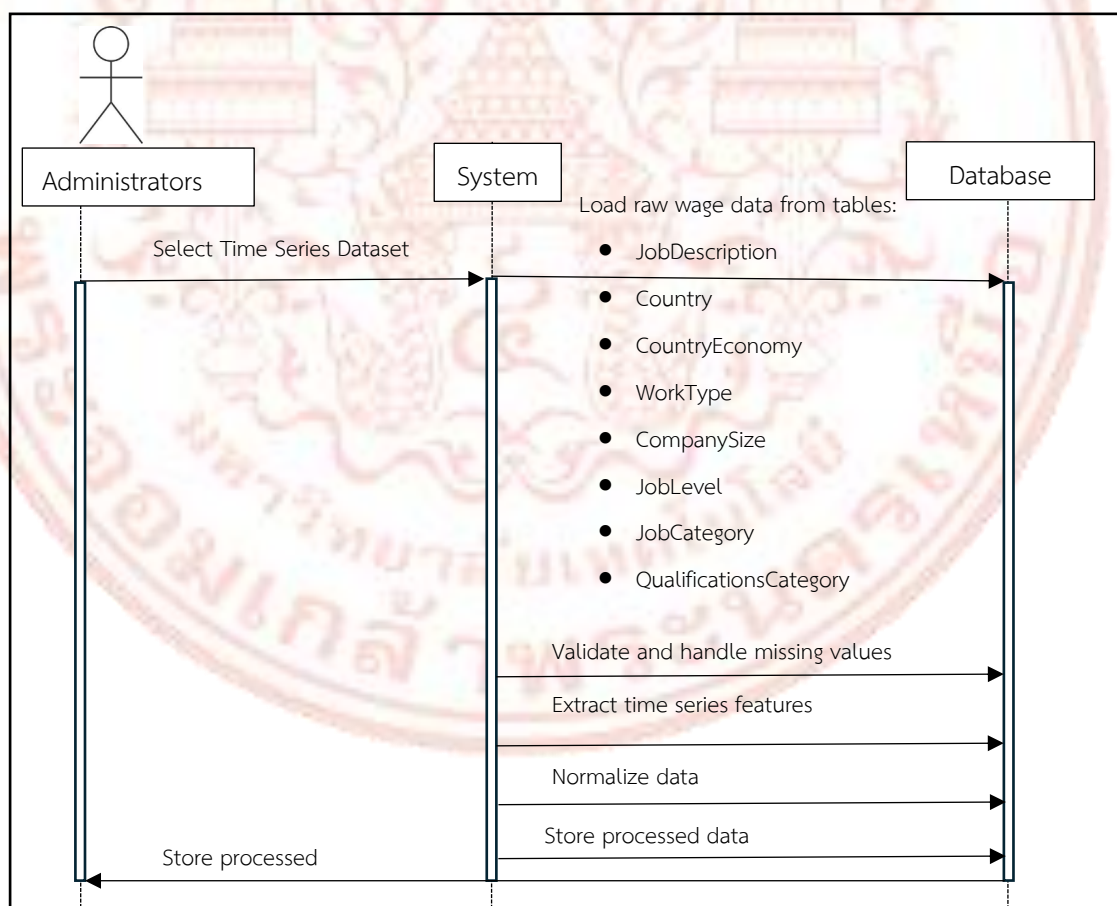
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การประมวลผลข้อมูล                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ดูแลระบบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| การใช้งานยูสเคส :     | <p>ผู้ดูแลระบบดำเนินการเลือกข้อมูลสำหรับกระบวนการประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลา เพื่อนำไปใช้ร่วมกับแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ในการพยากรณ์ค่าแรง โดยสามารถประยุกต์ใช้ในด้านต่างๆ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory</li> </ul> |



ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| รายละเอียด : | <ul style="list-style-type: none"> <li>โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| สถานการณ์ :  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ดูแลระบบเลือกชุดข้อมูลสำหรับการประมวลผลอนุกรมเวลา</li> <li>2. ระบบโหลดข้อมูลค่าแรงดิบจากฐานข้อมูล</li> <li>3. ระบบตรวจสอบและจัดการกับค่าที่ขาดหายไป</li> <li>4. ระบบดำเนินการปรับขนาดข้อมูล</li> <li>5. ระบบดำเนินการสกัดคุณลักษณะสำคัญของข้อมูลอนุกรมเวลา</li> <li>6. ระบบบันทึกข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลลงในฐานข้อมูล</li> </ol> |

จากตารางที่ 3-4 สามารถนำมาออกแบบแผนภาพซีควเอนซ์การประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลา เช่น การคาดการณ์แนวโน้มค่าแรงขั้นต่ำและนำไปใช้การพยากรณ์ค่าแรง ดังภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3-13 แผนภาพซีควเอนซ์การประมวลผลข้อมูลอนุกรมเวลา

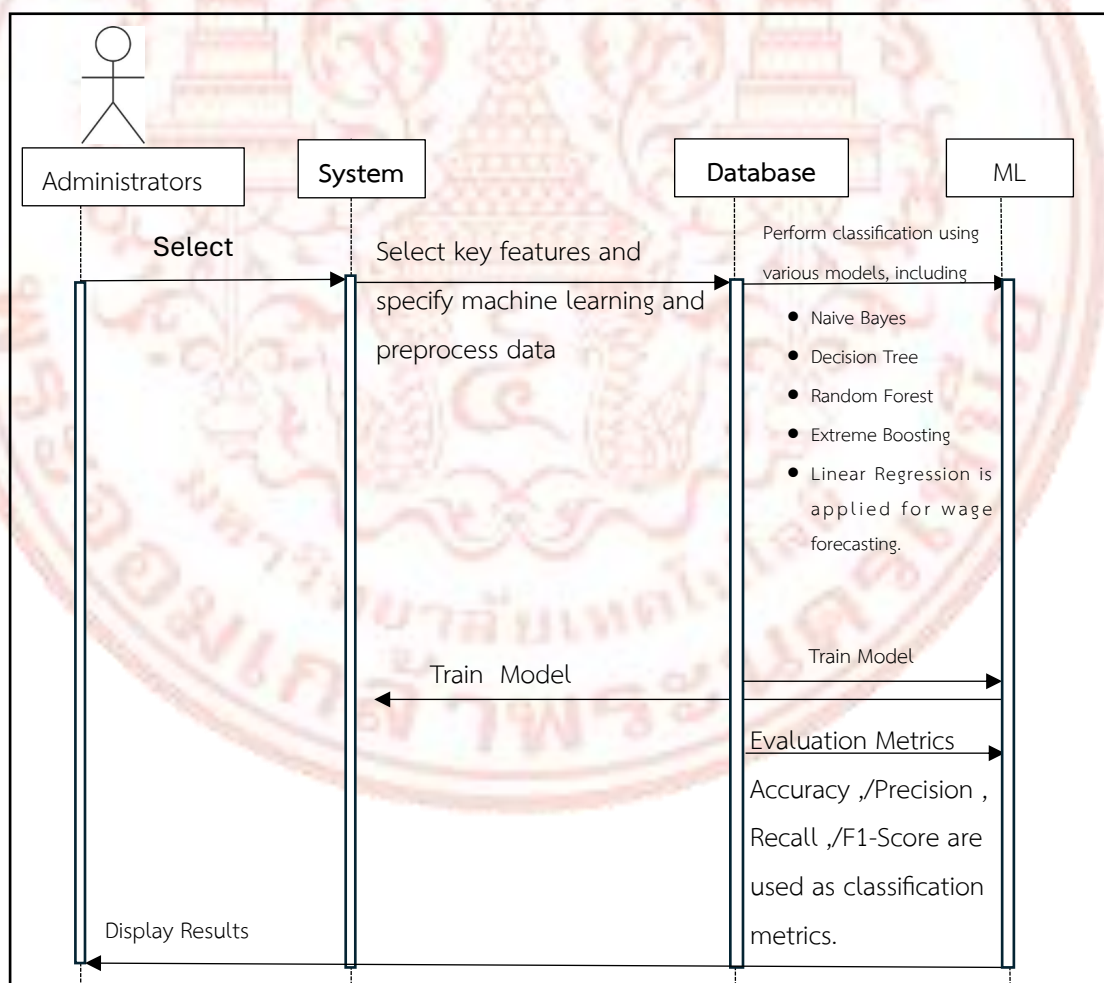
ค. ยูสเคสการพยากรณ์และจำแนกประเภทงานโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Forecast Salaries and Categorize Jobs) การพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานนั้นว่ามีความสำคัญทั้งในด้าน เศรษฐศาสตร์มหภาคและการจัดการทรัพยากรมนุษย์ เนื่องจากสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการ วางแผนนโยบายด้านค่าตอบแทนและกลยุทธ์การจ้างงานในอนาคต การประยุกต์ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา ร่วมกับวิธีการถดถอยเชิงเส้น ช่วยให้สามารถคาดการณ์แนวโน้มของค่าจ้างได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น โดยผลลัพธ์จากแบบจำลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนกำลังคน การจัดสรรงบประมาณ ค่าจ้าง และการกำหนดนโยบายทรัพยากรบุคคลอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 3-5 การพยากรณ์และจำแนกประเภทงานโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การพยากรณ์และจำแนกประเภทงานโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ดูแลระบบ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| การใช้งานยูสเคส :     | กระบวนการตั้งแต่การจัดเตรียมข้อมูล การเลือกแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง และการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความแม่นยำและมีประสิทธิภาพในการทำนายแนวโน้มค่าจ้างแรงงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| รายละเอียด :          | <p>กระบวนการฝึกแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องโดยอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาที่ได้จากฐานข้อมูลค่าจ้างแรงงานในอดีต รวมถึงปัจจัยสนับสนุนทางเศรษฐกิจและตลาดแรงงาน ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยโครงสร้างข้อมูลจากคลาสต่างๆ ได้แก่</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobDescription</li> </ul> <p>ข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการเตรียมข้อมูลก่อนนำไปใช้ฝึกแบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน</p> |
| สถานการณ์ :           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. เลือกข้อมูลอนุกรมเวลาที่จะใช้ในการประมวลผล</li> <li>2. เลือกคุณลักษณะที่สำคัญและกำหนดแบบจำลองที่ต้องการฝึก</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| สถานการณ์ : | <p>3. การจำแนกประเภทโดยใช้แบบจำลองต่างๆ ได้แก่ แบบจำลองเนอิวพอย์ แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ แบบจำลองป่าการสุ่มและแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั๊ง ใช้การถดถอยเชิงเส้นสำหรับการพยากรณ์ค่าจ้าง</p> <p>4. ฝึกแบบจำลองและทดสอบใช้ข้อมูลฝึกสอนและร้อยละ 80:20</p> <p>5. ประเมินผลลัพธ์ของแบบจำลองโดยใช้เมตริกการวัดผล เช่น ความถูกต้อง ค่าความเที่ยงตรง ค่าอัตราการเรียกกลับและคะแนนเอฟหนึ่ง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยและสัมประสิทธิ์การกำหนด</p> <p>6. ระบบจะจัดเก็บผลลัพธ์ที่ผ่านการฝึกและประเมินแล้วลงในฐานข้อมูล</p> |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



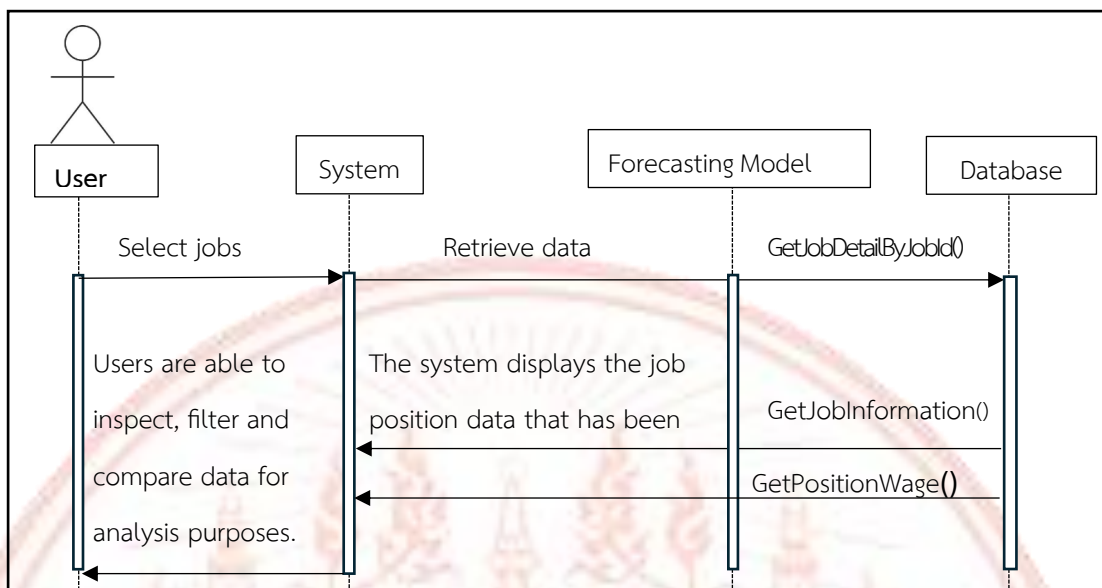
ภาพที่ 3-14 แผนภาพซีควเอนซ์การทำนายค่าแรงด้วยการถดถอยเชิงเส้น



ง. ยูสเคสการค้นหาตำแหน่งงาน เป็นกระบวนการผู้ใช้งานสามารถดำเนินการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการจากฐานข้อมูล โดยกรอกคำค้น เช่น ชื่อตำแหน่งงานระบบจะดำเนินการประมวลผลและแสดงผลลัพธ์ของตำแหน่งงานที่ตรงตามเงื่อนไข

ตารางที่ 3-6 การค้นหาตำแหน่งงาน

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การค้นหาตำแหน่งงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ใช้ระบบทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| การใช้งานยูสเคส :     | <p>ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลค่าจ้างที่ได้รับการพยากรณ์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบบจะต้องผ่านกระบวนการพยากรณ์ค่าจ้างเรียบร้อยแล้ว</li> <li>2. ข้อมูลค่าจ้างที่ผ่านการพยากรณ์จะถูกจัดเตรียมให้พร้อมใช้งานในระบบ</li> <li>3. เมื่อดำเนินการตามเงื่อนไขครบถ้วน ระบบจะแสดงผลข้อมูลพยากรณ์</li> <li>4. ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลที่แสดงผลรูปแบบกราฟ</li> </ol>                                                                                                               |
| รายละเอียด :          | ระบบรองรับการแสดงผลข้อมูลพยากรณ์และตารางข้อมูลแบบไดนามิก (Dynamic Table) โดยผู้ใช้งานสามารถกรองหรือเลือกดูข้อมูลตามช่วงเวลา ประเทศ ประเภทงาน หรือคุณลักษณะอื่นๆ ได้อย่างยืดหยุ่น                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| รายละเอียด :          | <p>ข้อมูลที่น่าสนใจจะถูกจัดโครงสร้างโดยอ้างอิงจากตารางดังนี้</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy ข้อมูลพยากรณ์ควบคู่กับตัวแปรเศรษฐกิจ เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ</li> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType ตามประเภทการจ้างงาน</li> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize วิเคราะห์ค่าจ้างตามขนาด</li> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel ข้อมูลแยกตามระดับตำแหน่ง</li> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory จำแนกผลตามหมวดหมู่งาน</li> <li>● โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory วิเคราะห์ค่าจ้าง</li> </ul> |
| สถานการณ์ :           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้เลือกตัวเลือกการแสดงผลข้อมูลพยากรณ์</li> <li>2. ระบบดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล</li> <li>3. ระบบประมวลผล</li> <li>4. ระบบแสดงผลข้อมูลตำแหน่งงานที่มีการค้นหาตำแหน่งงาน</li> <li>5. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบ กรอง และเปรียบเทียบข้อมูลตามปัจจัยต่างๆ</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                               |



ภาพที่ 3-15 แผนภาพซีควเอนซ์การแสดงผลการค้นหาตำแหน่งงาน

จ. ยูสเคสการวิเคราะห์ค่าจ้างการที่ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลค่าจ้างโดยใช้เว็บแอปพลิเคชันพัฒนาไว้ ซึ่งครอบคลุมการเรียกดูข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบกราฟ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจและการประเมินแนวโน้มด้านค่าจ้างแรงงาน

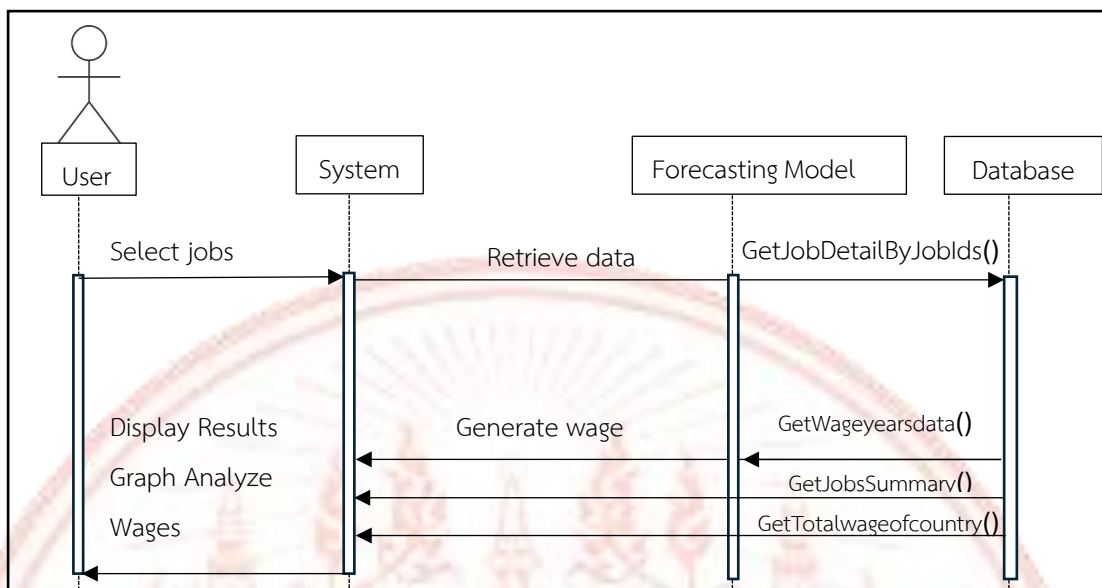
ตารางที่ 3-7 การวิเคราะห์ค่าจ้าง

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การวิเคราะห์ค่าจ้าง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ใช้งานระบบทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| การใช้งานยูสเคส :     | <p>ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลค่าจ้างที่ได้รับการพยากรณ์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบบจะต้องผ่านกระบวนการพยากรณ์ค่าจ้างเรียบร้อยแล้ว</li> <li>2. ข้อมูลค่าจ้างที่ผ่านการพยากรณ์จะถูกจัดเตรียมให้พร้อมใช้งานในระบบ</li> <li>3. เมื่อดำเนินการตามเงื่อนไขครบถ้วน ระบบจะแสดงผลข้อมูลพยากรณ์</li> <li>4. ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลที่แสดงผลรูปแบบกราฟ</li> </ol> |
| รายละเอียด :          | ระบบถูกออกแบบมาเพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลค่าจ้างในหลากหลายมิติ โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกตำแหน่งงานที่สนใจและรับข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับแนวโน้มค่าจ้างในบริบทที่แตกต่างกัน                                                                                                                                                                                                                                                                             |

ตารางที่ 3-7 (ต่อ)

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การวิเคราะห์ค่าจ้าง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ใช้ระบบทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| รายละเอียด :          | <p>ระบบมีการแสดงผลในรูปแบบกราฟและแผนภูมิที่เข้าใจง่ายและสื่อความหมายชัดเจน โดยมีคุณลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. แนวโน้มตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในประเทศ</li> <li>2. ค่าจ้างเฉลี่ยตามระดับการศึกษา</li> <li>3. ค่าจ้างเฉลี่ยตามประเภทของการจ้างงาน</li> <li>4. ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อและค่าจ้างเฉลี่ย</li> <li>5. แนวโน้มความต้องการแรงงาน</li> <li>6. จำนวนตำแหน่งงานตามประเภทการจ้างงาน</li> <li>7. ตำแหน่งงานที่มีการเปิดรับมากที่สุด</li> <li>8. การจ้างงานตามระดับตำแหน่งงาน</li> <li>9. ค่าจ้างเฉลี่ยเทียบกับเศรษฐกิจ</li> <li>10. การพยากรณ์ค่าจ้าง</li> <li>11. ข้อมูลที่นำมาแสดงผลจะถูกจัดโครงสร้างโดยอ้างอิงจากตารางดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy ข้อมูลพยากรณ์ควบคู่กับตัวแปรเศรษฐกิจ เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType ตามประเภทการจ้างงาน</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize วิเคราะห์ค่าจ้างตามขนาด</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel ข้อมูลแยกตามระดับตำแหน่ง</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory จำแนกผลตามหมวดหมู่งาน</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory วิเคราะห์ค่าจ้าง</li> </ul> </li> </ol> |
| สถานการณ์ :           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้เลือกตัวเลือกการแสดงผลข้อมูลพยากรณ์</li> <li>2. ระบบดึงข้อมูลค่าจ้างที่ได้รับการพยากรณ์จากฐานข้อมูล</li> <li>3. ระบบประมวลผลและสร้างภาพข้อมูล เช่น กราฟเส้น แผนภูมิแท่ง</li> <li>4. ระบบแสดงผลข้อมูลพยากรณ์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายบนหน้าจอ</li> <li>5. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบ กรอง และเปรียบเทียบข้อมูลตามปัจจัยต่าง ๆ</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |





ภาพที่ 3-16 แผนภาพซีควเอนซ์การวิเคราะห์ค่าจ้าง

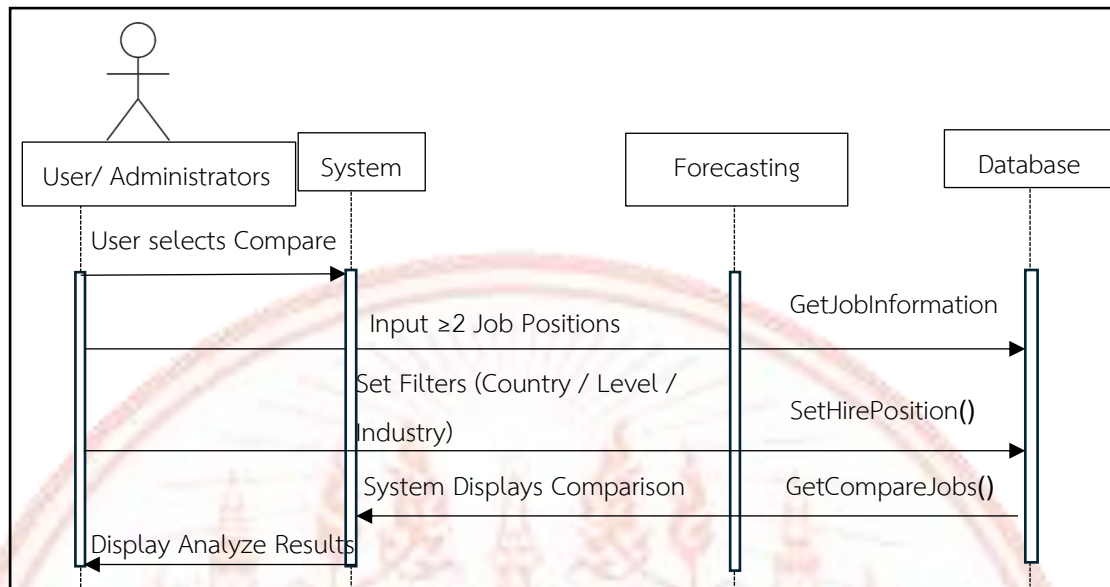
ฉ. ยูสเคสการแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่งงานในแต่ละประเทศ อุตสาหกรรม หรือระดับตำแหน่ง โดยระบบจะแสดงผลค่าจ้างเฉลี่ย แนวโน้มความต้องการ และข้อมูลประกอบในรูปแบบตารางและกราฟเชิงเปรียบเทียบ เพื่อสนับสนุนการวางแผนเส้นทางอาชีพหรือการตัดสินใจด้านทรัพยากรมนุษย์

ตารางที่ 3-8 การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยูสเคส :          | การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ใช้งานระบบทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| การใช้งานยูสเคส :     | <p>ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้รับการพยากรณ์ในรูปแบบที่เข้าใจง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ระบบจะต้องผ่านกระบวนการพยากรณ์ค่าจ้างเรียบร้อยแล้ว</li> <li>2. ข้อมูลค่าจ้างที่ผ่านการพยากรณ์จะถูกจัดเตรียมให้พร้อมใช้งานในระบบ</li> <li>3. เมื่อดำเนินการตามเงื่อนไขครบถ้วน ระบบจะแสดงผลข้อมูลพยากรณ์</li> <li>4. ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลที่แสดงผลรูปแบบกราฟ</li> </ol> |
| รายละเอียด :          | <p>เมื่อผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบและเลือกฟังก์ชันเปรียบเทียบตำแหน่งงาน ระบบจะเปิดหน้าจอที่ให้ผู้ใช้งานสามารถระบุพารามิเตอร์ เช่น ชื่อตำแหน่งงาน ประเทศ หรืออุตสาหกรรม ระบบจะดึงข้อมูลค่าจ้างและแนวโน้มที่เกี่ยวข้อง</p>                                                                                                                                                                                                                                                  |

ตารางที่ 3-8 (ต่อ)

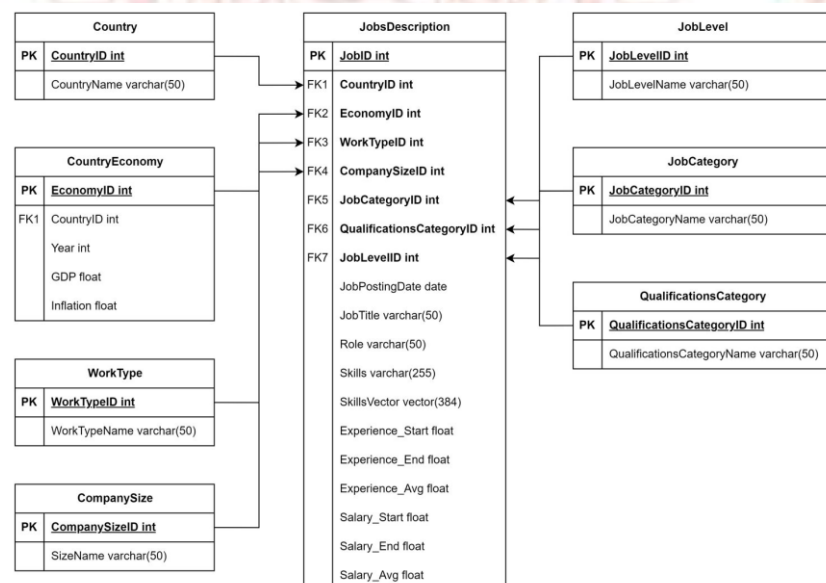
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อยุสเคส :          | การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ผู้ใช้ที่เกี่ยวข้อง : | ผู้ใช้ระบบทั่วไป                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| รายละเอียด :          | <p>จากฐานข้อมูล และแสดงผลในรูปแบบกราฟแท่งหรือกราฟเส้นเปรียบเทียบพร้อมตารางรายละเอียด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างมีข้อมูลรองรับ รูปแบบกราฟและแผนภูมิที่เข้าใจง่ายและสื่อความหมายชัดเจน โดยมีคุณลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. การเปรียบเทียบค่าจ้างของตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรม</li> <li>2. การเปรียบเทียบการจ้างงานในอุตสาหกรรมที่กำลังเติบโตหรือ</li> <li>3. วิเคราะห์สัดส่วนตำแหน่งงานในแต่ละระดับ</li> <li>4. เปรียบเทียบการเติบโตของ GDP กับแนวโน้มการจ้างงาน</li> <li>5. ข้อมูลที่นำมาแสดงผลจะถูกจัดโครงสร้างโดยอ้างอิงจากตารางดังนี้ <ul style="list-style-type: none"> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType ตามประเภทการจ้างงาน</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize วิเคราะห์ค่าจ้างตามขนาด</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel ข้อมูลแยกตามระดับตำแหน่ง</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory จำแนกผลตามหมวดหมู่งาน</li> <li>• โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory วิเคราะห์ค่าจ้าง</li> </ul> </li> </ol> |
| สถานการณ์ :           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ผู้ใช้งานเลือกเมนู เปรียบเทียบตำแหน่งงาน</li> <li>2. ป้อนหรือลากตำแหน่งงานที่ต้องการเปรียบเทียบ (อย่างน้อย 2 ตำแหน่ง)</li> <li>3. เลือกตัวกรอง เช่น ประเทศ ระดับตำแหน่ง หรืออุตสาหกรรม</li> <li>4. ระบบประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบกราฟเปรียบเทียบ</li> <li>5. ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลเพิ่มเติมได้ๆ</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



ภาพที่ 3-16 แผนภาพซีควเอนซ์การแสดงผลเปรียบเทียบตำแหน่งงาน

### 3.6.2 แผนภาพคลาส (Class Diagram)

แผนภาพคลาสเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงโครงการคลาส ความสัมพันธ์ระหว่างคลาสต่างๆ ของการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีจำนวนคลาสทั้งหมด 8 คลาส ดังภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-17 แผนภาพคลาสการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง



### 3.6.3 พจนานุกรมข้อมูล (Data Dictionary)

แหล่งข้อมูลที่ใช้สำหรับเก็บรวบรวม คำอธิบาย และข้อมูลเชิงโครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ภายในฐานข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้งานและนักพัฒนาสามารถเข้าใจความหมาย โครงสร้างและข้อกำหนดของข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ ที่กำหนดภายในฐานข้อมูลของการพยากรณ์ ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 8 ตารางดังนี้

ตารางที่ 3-9 โครงสร้างข้อมูลคลาส JobDescription

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล           | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย              | หมายเหตุ    |
|-------|-------------------------|------------|------|-----------------------|-------------|
| 1     | JobID                   | Integer    | -    | รหัสระบุแต่ละงาน      | Primary Key |
| 2     | CountryID               | Integer    | -    | รหัสประเทศ            | Foreign Key |
| 3     | EconomyID               | Integer    | -    | รหัสประเภทเศรษฐกิจ    | Foreign Key |
| 4     | WorkTyoeID              | Integer    | -    | รหัสประเภทของงาน      | Foreign Key |
| 5     | CompanySizeID           | Integer    | -    | รหัสขนาดของบริษัท     | Foreign Key |
| 6     | JobCategoryID           | Integer    | -    | รหัสประเภทของงาน      | Foreign Key |
| 7     | QualifcationsCategoryID | Integer    | -    | รหัสของคุณสมบัติ      | Foreign Key |
| 8     | JobLevelID              | Integer    | -    | รหัสของตำแหน่งงาน     | Foreign Key |
| 9     | JobPostingDate          | Date       | -    | วันที่ประกาศรับสมัคร  | -           |
| 10    | JobTitle                | Varchar    | 50   | ชื่อตำแหน่งงาน        | -           |
| 11    | Role                    | Varchar    | 50   | หน้าที่ ของตำแหน่งงาน | -           |
| 12    | Skills                  | Varchar    | 255  | ทักษะสำหรับตำแหน่ง    | -           |
| 13    | SkillsVector            | Varchar    | 384  | เวกเตอร์เชิงตัวเลข    | -           |
| 14    | Experience_Start        | Float      | -    | ปีประสบการณ์เริ่มต้น  | -           |
| 15    | Experience_End          | Float      | -    | ปีประสบการณ์สูงสุด    | -           |
| 16    | Experience_Avg          | Float      | -    | ค่าเฉลี่ยประสบการณ์   | -           |
| 17    | Salary_Start            | Float      | -    | เงินเดือนขั้นต่ำ      | -           |
| 18    | Salary_End              | Float      | -    | เงินเดือนสูงสุด       | -           |
| 19    | Salary_Avg              | Float      | -    | ค่าเฉลี่ยเงินเดือน    | -           |

จากตารางที่ 3-9 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง JobDescription ข้อมูลพื้นฐานข้อมูลเกี่ยวกับงานและตำแหน่งงานแต่ละตำแหน่งถูกจัดเก็บ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มตลาดแรงงาน การพยากรณ์เงินเดือน และการจับคู่งานที่เหมาะสมกับผู้สมัคร

ตารางที่ 3-10 โครงสร้างข้อมูลคลาส Country

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย   | หมายเหตุ    |
|-------|---------------|------------|------|------------|-------------|
| 1     | CountryID     | Integer    | -    | รหัสประเทศ | Primary Key |
| 2     | CountryName   | Varchar    | 50   | ชื่อประเทศ | -           |

จากตารางที่ 3-10 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง Country โครงสร้างข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเทศ คุณลักษณะหลักที่ใช้ระบุรหัสประเทศและชื่อประเทศ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในระบบที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านสถานที่หรือการวิเคราะห์ในระดับประเทศ

ตารางที่ 3-11 โครงสร้างข้อมูลคลาส CountryEconomy

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย                   | หมายเหตุ    |
|-------|---------------|------------|------|----------------------------|-------------|
| 1     | EconomyID     | Integer    | -    | รหัสประเภทเศรษฐกิจ         | Primary Key |
| 2     | CountryID     | Varchar    | 50   | รหัสประเทศ                 | Foreign Key |
| 3     | Year          | Integer    | -    | ปี                         | -           |
| 4     | GDP           | Float      | -    | ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ | -           |
| 5     | Inflation     | Float      | -    | อัตราเงินเฟ้อ              | -           |

จากตารางที่ 3-11 แสดงโครงสร้างของตาราง CountryEconomy ซึ่งใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลประเภทเศรษฐกิจของแต่ละประเทศในแต่ละปี โดยมีการกำหนดรหัสเฉพาะเพื่อระบุประเภทเศรษฐกิจ สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ภาวะเศรษฐกิจของประเทศในเชิงลึก

ตารางที่ 3-12 โครงสร้างข้อมูลคลาส WorkType

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย         | หมายเหตุ    |
|-------|---------------|------------|------|------------------|-------------|
| 1     | WorkTypeID    | Integer    | -    | รหัสประเภทของงาน | Primary Key |
| 2     | workTypeName  | Varchar    | 50   | ชื่อประเภทของงาน | -           |

จากตารางที่ 3-12 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง WorkType โครงสร้างข้อมูลที่ใช้เก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของงาน ซึ่งระบุรหัสเฉพาะของแต่ละประเภทงาน

**ตารางที่ 3-13** โครงสร้างข้อมูลคลาส CompanySize

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย          | หมายเหตุ    |
|-------|---------------|------------|------|-------------------|-------------|
| 1     | CompanySizeID | Integer    | -    | รหัสขนาดของบริษัท | Primary Key |
| 2     | SizeName      | Varchar    | 50   | ชื่อขนาดของบริษัท | -           |

จากตารางที่ 3-13 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง CompanySize โครงสร้างข้อมูลที่ใช้จัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของบริษัท ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ตลาดแรงงานและอุตสาหกรรม โดยระบุรหัสเฉพาะสำหรับแต่ละขนาดของบริษัท และรายละเอียดเกี่ยวกับขนาดองค์กร เช่น บริษัทขนาดเล็ก (Small) บริษัทขนาดกลาง (Medium) และบริษัทขนาดใหญ่ (Large)

**ตารางที่ 3-14** โครงสร้างข้อมูลคลาส JobLevel

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย               | หมายเหตุ    |
|-------|---------------|------------|------|------------------------|-------------|
| 1     | JobLevelID    | Integer    | -    | รหัสระดับของตำแหน่งงาน | Primary Key |
| 2     | JobLevelName  | Varchar    | 50   | ชื่อระดับของตำแหน่งงาน | -           |

จากตารางที่ 3-14 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง JobLevel ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระดับของตำแหน่งงาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการจำแนกประเภทของงานตามประสบการณ์และความรับผิดชอบของผู้ปฏิบัติงาน โดยตารางนี้จะช่วยในการกำหนดระดับตำแหน่งที่เหมาะสม

**ตารางที่ 3-15** โครงสร้างข้อมูลคลาส JobCategory

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล   | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย         | หมายเหตุ    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------|-------------|
| 1     | JobCategoryID   | Integer    | -    | รหัสประเภทของงาน | Primary Key |
| 2     | JobCategoryName | Varchar    | 50   | ชื่อประเภทของงาน | -           |

จากตารางที่ 3-15 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง JobCategory ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของงาน โดยระบุรหัสเฉพาะของแต่ละประเภทงานและชื่อของประเภทงานนั้น



ช่วยในการจัดกลุ่มตำแหน่งงานตามอุตสาหกรรมหรือสายอาชีพ เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์ตลาดแรงงานและการบริหารทรัพยากรบุคคล

**ตารางที่ 3-16** โครงสร้างข้อมูลคลาส QualificationsCategory

| ลำดับ | ชื่อเขตข้อมูล              | ชนิดข้อมูล | ขนาด | คำอธิบาย       | หมายเหตุ    |
|-------|----------------------------|------------|------|----------------|-------------|
| 1     | QualificationCategoryID    | Integer    | -    | รหัสของคุณวุฒิ | Primary Key |
| 2     | QualificationsCategoryName | Varchar    | 50   | ชื่อของคุณวุฒิ | -           |

จากตารางที่ 3-16 แสดงโครงสร้างข้อมูลของตาราง QualificationsCategory ใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของคุณวุฒิทางการศึกษา ซึ่งช่วยในการกำหนดเกณฑ์คุณสมบัติของผู้สมัครงานตามระดับการศึกษา หรือประกาศนียบัตรที่จำเป็นสำหรับตำแหน่งงาน

#### 3.6.4 หน้าจอการแสดงผล (Use Interface)

ส่วนติดต่อระหว่างผู้ใช้กับระบบ ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบซอฟต์แวร์ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถปฏิสัมพันธ์กับระบบคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหน้าจอแสดงผลได้รับการออกแบบให้มีองค์ประกอบต่างๆ เช่น ปุ่มควบคุม เมนู และองค์ประกอบกราฟิกในรูปแบบของกราฟ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน เพื่อสื่อสารข้อมูลและรับคำสั่ง จากผู้ใช้ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และตรงตามความต้องการ

สำหรับระบบการพยากรณ์ค่าแรงจากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง หน้าจอแสดงผลหลักได้รออกแบบให้ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญจำนวน 4 ส่วนหลัก เพื่อสนับสนุนกระบวนการใช้งานของผู้ใช้ตั้งแต่การนำเข้าสู่ข้อมูลไปจนถึงการแสดงผลการพยากรณ์

องค์ประกอบที่ 1 ระบบค้นหาตำแหน่งงาน ซึ่งออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานที่ต้องการรวมถึงวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าจ้างและแนวโน้มของตลาดแรงงาน โดยมีองค์ประกอบหลักฟังก์ชันต่างๆ โดยเริ่มจาก โลโก้ (LOGO) ซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญที่ใช้แสดงอัตลักษณ์ของเว็บแอปพลิเคชันช่วยให้ผู้ใช้สามารถจดจำและสร้างความเชื่อมั่นในระบบได้ หนึ่งในเมนูสำคัญของระบบคือค้นหาอาชีพเป็นเมนูสำหรับการค้นหาตำแหน่งงาน โดยผู้ใช้สามารถกรองข้อมูลตามเงื่อนไขที่ต้องการ เช่น ประเทศ คุณสมบัติทางการศึกษา และประเภทงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมมากที่สุด นอกจากนี้ ระบบยังรองรับการพยากรณ์ค่าจ้าง ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถประมาณการค่าจ้างของตำแหน่งงานตามข้อมูลตลาดแรงงาน โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำและสอดคล้องกับแนวโน้มในปัจจุบัน อีกหนึ่งฟังก์ชันที่สำคัญคือ เมนูสำหรับ

การวิเคราะห์ค่าจ้าง ซึ่งเป็นเมนูสำหรับการวิเคราะห์ค่าจ้างในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับช่วงเงินเดือนของตำแหน่งงานในแต่ละภูมิภาค รวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าตอบแทนของแรงงาน เช่น ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน และขนาดของบริษัท สำหรับผู้ที่สนใจแนวโน้มของตลาดแรงงาน ระบบมีเมนูสำหรับดูแนวโน้มความต้องการแรงงานในตลาด ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการแรงงานในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อวางแผนอาชีพ หรือปรับปรุงทักษะให้ตรงกับความต้องการของตลาดแรงงานในปัจจุบัน และสุดท้ายระบบมีเมนูสำหรับเปรียบเทียบตลาดแรงงาน ซึ่งเป็นเมนูที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบตลาดแรงงานในประเทศหรือภูมิภาคต่างๆ เพื่อให้เห็นแนวโน้มความแตกต่างของค่าจ้างระดับตำแหน่งงาน และโอกาสในการจ้างงาน

องค์ประกอบที่ 2 ช่องค้นหาตำแหน่งงาน (Search Bar) ด้านบนของหน้าจอมีช่อง ค้นหาตำแหน่งงาน ซึ่งออกแบบมาให้ผู้ใช้สามารถพิมพ์คำสำคัญ เช่น ประเทศ คุณสมบัติทางการศึกษา เพื่อกรองข้อมูลให้ตรงกับสิ่งที่ต้องการ

องค์ประกอบที่ 3 ปุ่มควบคุม (Control Buttons) บริเวณด้านล่างของช่องค้นหามีปุ่มที่ช่วยในการดำเนินการต่างๆ ได้แก่ ปุ่ม Search ใช้สำหรับเรียกดูตำแหน่งงานที่ตรงกับเงื่อนไขที่ผู้ใช้กำหนด ปุ่ม Analyze ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลตำแหน่งงานที่แสดงอยู่ในตารางและปุ่ม Clear ใช้สำหรับล้างค่าการค้นหาและรีเซ็ตผลลัพธ์ในตาราง

องค์ประกอบที่ 4 ตารางแสดงผลลัพธ์ของการค้นหา (Search Results Table) ซึ่งอยู่บริเวณด้านล่างของปุ่มควบคุม ตารางนี้ทำหน้าที่แสดงรายการตำแหน่งงานที่ตรงกับเงื่อนไขการค้นหาผู้ใช้ โดยมีการจัดเรียงข้อมูลในรูปแบบของ ตารางข้อมูลที่เข้าใจง่ายและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในตารางนี้มีหลายคอลัมน์ที่ช่วยแสดงรายละเอียดของแต่ละตำแหน่งงาน โดยแต่ละคอลัมน์มีความหมายดังต่อไปนี้

ประเทศ (Country) แสดงชื่อประเทศที่มีการเปิดรับตำแหน่งงาน เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้ใช้สามารถเลือกสมัครงานตามภูมิศาสตร์ที่ต้องการ

คุณสมบัติทางการศึกษา (Qualifications) ระบุระดับวุฒิการศึกษาที่จำเป็นสำหรับตำแหน่งงานนั้นๆ

ตำแหน่งงาน (Job Role) แสดงบทบาทและลักษณะของงานที่เปิดรับ เช่น Wireless Network Engineer ซึ่งเป็นตำแหน่งในสายงานเครือข่าย

ประเภทของงาน (Work Type) แสดงลักษณะของงาน เช่น งานประจำหรืองานนอกเวลา

ระดับตำแหน่งงาน (Job Level) แสดงระดับของตำแหน่งงาน เช่น ระดับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่มีความชำนาญเฉพาะทาง

ตัวเลือกมีปุ่มสี่เหลี่ยม Remove ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถลบตำแหน่งงานออกจากรายการที่แสดง

การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตารางช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นรายละเอียดของแต่ละตำแหน่งงานได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังอำนวยความสะดวกในการกรองและจัดการข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการ หรือการคัดกรองตำแหน่งงานที่ไม่สอดคล้องกับความสนใจของผู้ใช้ โดยตารางแสดงผลลัพธ์ของการค้นหานับเป็นองค์ประกอบสำคัญที่สนับสนุนการเข้าถึงข้อมูลตำแหน่งงานได้อย่างมีระบบ และมีส่วนช่วยในการตัดสินใจสมัครงานหรือการวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดแรงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้สามารถดูตัวอย่างการแสดงผลดังกล่าวได้ในภาพที่ 3-18

**LOGO**

- Icon Career Search
- Icon Wage Prediction
- Icon Wage Analysis
- Icon Job Market Demand
- Icon Market Comparison

**Career Search**

Search Analyze Clear

Showing 1 to 1 of 1 entries

| Country | Qualifications  | Job Role                  | Work Type | Job Level           | Option |
|---------|-----------------|---------------------------|-----------|---------------------|--------|
| Benin   | Doctoral Degree | Wireless Network Engineer | Full-Time | Professional Remove | Remove |

ภาพที่ 3-18 การออกแบบหน้าจอการแสดงผลสำหรับการค้นหาตำแหน่งงาน

ระบบค้นหาตำแหน่งงานถูกออกแบบให้มี เครื่องมือที่ครบถ้วน เพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถค้นหา คัดกรอง และจัดการตำแหน่งงานได้อย่างสะดวก เริ่มจากการกำหนดจำนวนแสดงผล เลือกคำค้นหาที่ต้องการ จากนั้นระบบจะนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบของตารางข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบได้ และสุดท้ายให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกตำแหน่งงานหรือปิดหน้าต่างได้ตามต้องการ ระบบนี้จึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้กระบวนการค้นหางานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว ดังภาพที่ 3-19



**LOGO**

- Icon Career Search
- Icon Salary Forecast
- Icon Wage Analysis
- Icon Job Market Demand
- Icon Market Comparison

## Career Search

**Jobs Position**  

10

entries per page

Search :

| # | Country | Qualifications | JobTitle | Gender | WorkType | Option                |
|---|---------|----------------|----------|--------|----------|-----------------------|
| x | XXXX    | XXXX           | XXXX     | XXXX   | XXXX     | <input type="radio"/> |

Showing 1 to 10 of 1,000 entries

Select
Close

ภาพที่ 3-19 การออกแบบหน้าจอสำหรับแสดงรายการตำแหน่งงาน

ระบบค้นหาตำแหน่งงานประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยส่วนค้นหา (Job Search Section) ตั้งอยู่ด้านบนของหน้าจอ มีองค์ประกอบหลัก ได้แก่

การกำหนดจำนวนแสดงผล ผู้ใช้สามารถเลือกจำนวนตำแหน่งงานที่จะแสดงในแต่ละหน้า เช่น 10, 25 หรือ 50 รายการ เพื่อความสะดวกในการเรียกดูข้อมูล

ช่องค้นหาผู้ใช้สามารถกรอกคำค้น เช่น ชื่อตำแหน่ง คุณสมบัติ หรือประเทศ เพื่อให้ระบบกรองและแสดงเฉพาะข้อมูลที่ตรงกับความต้องการ

ผลลัพธ์จะแสดงในรูปแบบตาราง พร้อมคอลัมน์หลัก ดังนี้

1. ลำดับที่ (#) การแสดงหมายเลขรายการของตำแหน่งงาน
2. ประเทศ (Country) การระบุประเทศที่มีตำแหน่งงานนั้น
3. คุณสมบัติทางการศึกษา (Qualifications) การแสดงระดับวุฒิการศึกษาที่ต้องการ
4. ตำแหน่งงาน (Job Title) การแสดงชื่อตำแหน่งงาน
5. เพศ (Gender) การระบุเพศที่รับสมัคร (หากมี)
6. ประเภทของงาน (Work Type) การระบุประเภทงาน เช่น งานประจำ สัญญาจ้าง
7. ตัวเลือก (Option) การให้ผู้ใช้เลือกหรือลบตำแหน่งงานจากรายการ

นอกจากนี้ เว็บไซต์เคเอ็นเอ็มยังมีองค์ประกอบของปุ่มควบคุมที่ใช้สำหรับการเลือกตำแหน่งเพื่อดำเนินการในขั้นตอนถัดไป รวมถึงปุ่มสำหรับปิดหน้าต่างการค้นหา ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถออกจากระบบได้อย่างสะดวก หน้าต่างตัวเลือกที่ปรากฏในภาพ เป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบค้นหาตำแหน่งงาน โดยมีบทบาทในการช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกประเภทของการวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม การกำหนดประเภทของการวิเคราะห์ที่ชัดเจน

จะช่วยสนับสนุนให้ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจข้อมูลได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น และเลือกแนวทางการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของตนเอง

การวิเคราะห์แนวโน้มของตลาดแรงงาน ค่าจ้าง และความต้องการแรงงานในมิติต่าง ๆ ระบบได้ออกแบบหน้าต่างตัวเลือกการวิเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ดังนี้

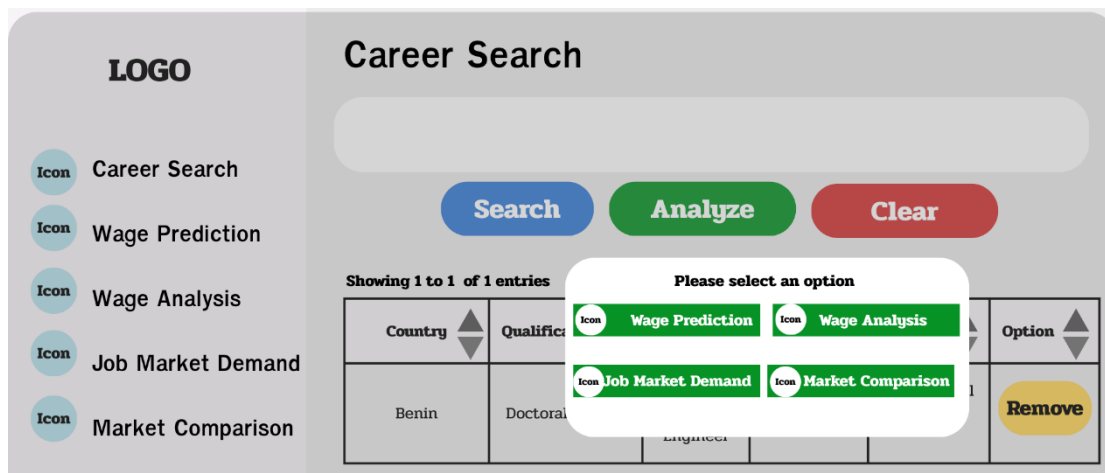
องค์ประกอบที่ 1 การพยากรณ์ค่าจ้าง ใช้สำหรับการคาดการณ์ค่าจ้างของตำแหน่งงานที่ผู้ใช้งานเลือก โดยอาศัยข้อมูลค่าจ้างในอดีตร่วมกับแนวโน้มทางเศรษฐกิจ และประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การวิเคราะห์เชิงสถิติและแบบจำลองการพยากรณ์ เพื่อให้ผู้สมัครงานสามารถคาดการณ์ระดับรายได้ที่อาจได้รับก่อนการสมัครงานอย่างมีข้อมูลรองรับ

องค์ประกอบที่ 2 การวิเคราะห์ค่าจ้าง ตัวเลือกนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถ วิเคราะห์ค่าจ้างของตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นประโยชน์ในการเปรียบเทียบค่าจ้างระหว่างพื้นที่หรือระหว่างสายงานต่างๆ การวิเคราะห์นี้สามารถช่วยให้นายจ้างกำหนดค่าจ้างที่เหมาะสม และช่วยให้ผู้สมัครสามารถตัดสินใจเลือกงานที่มีค่าตอบแทนที่สอดคล้องกับทักษะ

องค์ประกอบที่ 3 การตรวจสอบแนวโน้มความต้องการแรงงาน การแสดงข้อมูลเชิงสถิติที่สะท้อนตำแหน่งงานที่มีความต้องการสูงในตลาดแรงงานปัจจุบัน ผู้ใช้งานสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวเพื่อวางแผนพัฒนาทักษะที่สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และเลือกแนวทางอาชีพที่มีโอกาสในการจ้างงานสูงในอนาคต

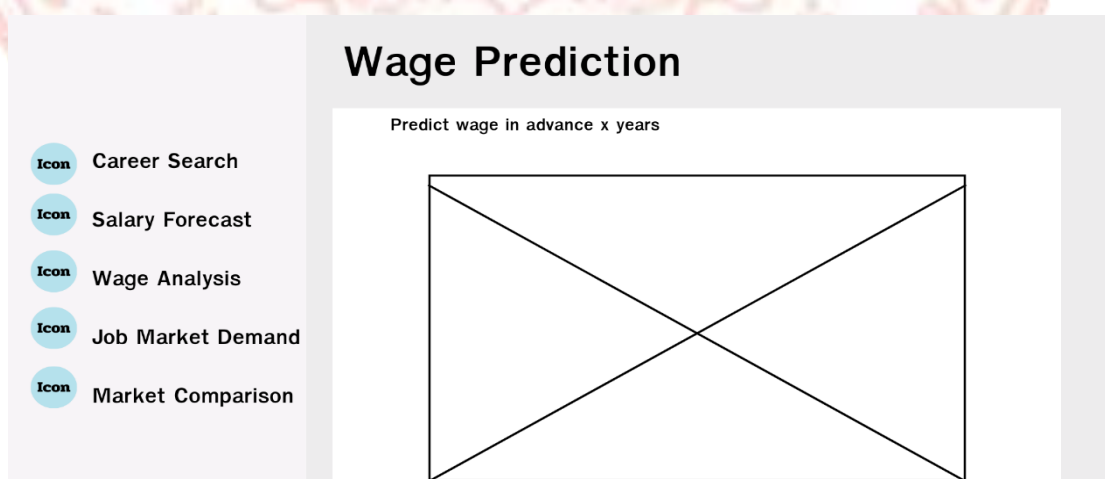
องค์ประกอบที่ 4 การเปรียบเทียบตลาดแรงงาน เปิดโอกาสให้ผู้ใช้งานสามารถเปรียบเทียบข้อมูลตลาดแรงงานระหว่างอุตสาหกรรมหรือระหว่างประเทศ เพื่อศึกษาค่าจ้าง แนวโน้มการจ้างงาน และสถานะตลาดในแต่ละพื้นที่อย่างเป็นระบบ ข้อมูลจากการเปรียบเทียบนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งต่อผู้ประกอบการ นักลงทุน นักวิเคราะห์ตลาดแรงงาน รวมถึงบุคคลที่กำลังวางแผนเปลี่ยนอาชีพ ซึ่งสามารถใช้เพื่อประกอบการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์เกี่ยวกับอุตสาหกรรมหรือพื้นที่ที่เหมาะสมในการประกอบอาชีพ

ความสำคัญของหน้าต่างตัวเลือกการวิเคราะห์หน้าต่างตัวเลือกการวิเคราะห์ทั้ง 4 องค์ประกอบนี้ ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นให้กับระบบค้นหาตำแหน่งงาน โดยผู้ใช้งานสามารถเลือกวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งงานที่สนใจได้อย่างตรงจุด ซึ่งมีส่วนช่วยในการตัดสินใจ เช่น การเลือกตำแหน่งงานที่มีค่าตอบแทนเหมาะสม การศึกษาสถานะตลาดแรงงานในปัจจุบัน หรือการเปรียบเทียบค่าจ้างในพื้นที่ต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 3-20



ภาพที่ 3-20 การออกแบบหน้าจอหน้าต่างตัวเลือกการวิเคราะห์ในระบบค้นหาตำแหน่งงาน

หน้าจอของ ระบบพยากรณ์ค่าจ้าง ซึ่งเป็นหนึ่งในฟังก์ชันของแพลตฟอร์มวิเคราะห์ตลาดแรงงาน โดยระบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถคาดการณ์ค่าจ้างในอนาคตได้ตามระยะเวลาที่กำหนด บริเวณด้านขวาของหน้าจอแสดงหัวข้อ Wage Prediction พร้อมคำอธิบายว่า Predict wage in advance x years ซึ่งหมายถึงระบบสามารถพยากรณ์ค่าจ้างล่วงหน้าตามจำนวนปีที่ใช้กำหนด ภายในกรอบสี่เหลี่ยมที่มีเครื่องหมายกากบาท เป็นพื้นที่สำหรับแสดงผลลัพธ์ของการพยากรณ์ค่าจ้าง ซึ่งอยู่ในรูปแบบกราฟเส้นที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าจ้างตามช่วงเวลาต่างๆ แสดงได้ดังภาพที่ 3-21



ภาพที่ 3-21 การออกแบบหน้าจอพยากรณ์ค่าจ้าง



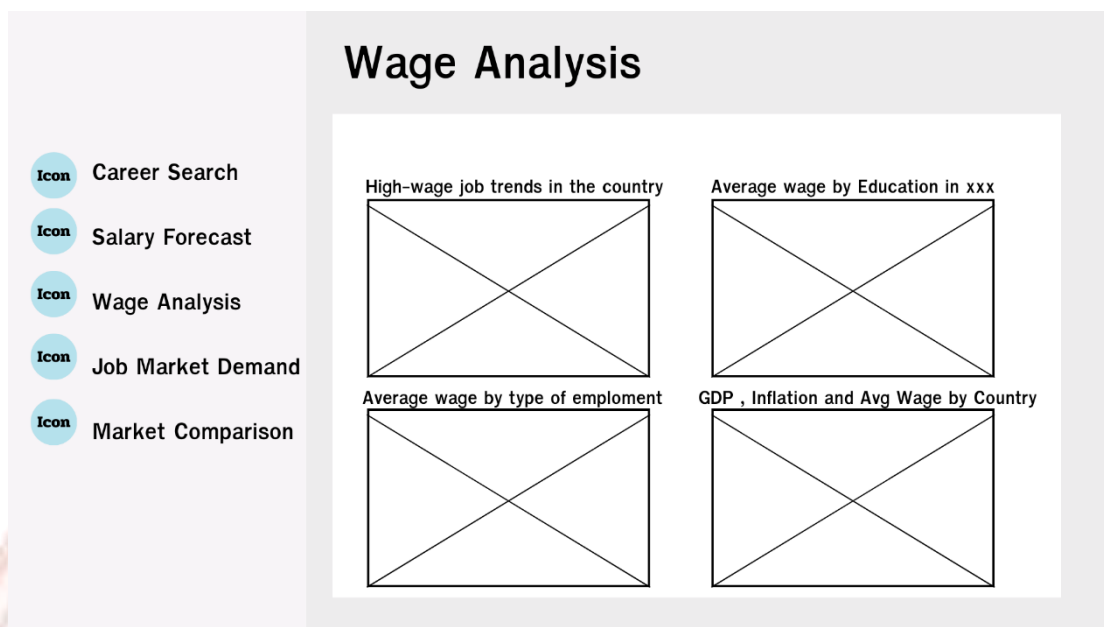
หน้าจอของระบบวิเคราะห์ค่าจ้าง ฟังก์ชันหลักของแพลตฟอร์มที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลค่าจ้างในมิติต่างๆ โดยมีการแบ่งข้อมูลเป็น 4 ส่วนหลักที่แสดงแนวโน้มและปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับค่าจ้าง

ส่วนที่ 1 แนวโน้มตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในประเทศ (High-Wage Job Trends in the Country) หนึ่งในข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้เห็นภาพรวมของตลาดแรงงานคือ แนวโน้มของตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงสุดในแต่ละประเทศ ข้อมูลนี้ช่วยให้ทราบว่าตำแหน่งงานใดที่รับค่าตอบแทนสูงที่สุดและมีแนวโน้มเติบโตในระยะยาว โดยมีข้อมูลดังกล่าวมาถูกนำเสนอในรูปแบบกราฟ ที่แสดงแนวโน้มค่าจ้างเฉลี่ยของอาชีพต่างๆ และการศึกษาแนวโน้มเหล่านี้ช่วยให้แรงงานสามารถวางแผนพัฒนาทักษะให้สอดคล้องกับอาชีพที่มีค่าตอบแทนสูง

ส่วนที่ 2 ค่าจ้างเฉลี่ยตามระดับการศึกษา (Average Wage by Education in XXX) ระดับการศึกษามีผลโดยตรงต่อค่าจ้างของแรงงาน โดยทั่วไปแล้ว ผู้ที่มีการศึกษาสูงกว่าได้รับค่าตอบแทนที่สูงขึ้น เนื่องจากมีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชาชีพมากขึ้นในการวิเคราะห์นี้ช่วยให้เห็นว่าค่าจ้างเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในแต่ละระดับการศึกษา ข้อมูลนี้สามารถช่วยให้ผู้ที่กำลังวางแผนการศึกษา ประเมินความคุ้มค่าของการศึกษาระดับสูง ว่ามีผลต่อรายได้ในอนาคตมากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ยังช่วยให้นายจ้างสามารถกำหนดระดับเงินเดือนที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของผู้สมัครงาน

ส่วนที่ 3 ค่าจ้างเฉลี่ยตามประเภทของการจ้างงาน (Average Wage by Type of Employment) ค่าจ้างของแรงงานไม่ได้ขึ้นอยู่กับแค่ตำแหน่งงานหรือระดับการศึกษา แต่ยังแตกต่างกันตามประเภทของการจ้างงาน (Employment Type) ซึ่งมีผลต่อเสถียรภาพและความมั่นคงของรายได้ การเปรียบเทียบค่าจ้างในงานเต็มเวลา งานพาร์ทไทม์ งานฟรีแลนซ์ และงานสัญญาจ้าง แสดงให้เห็นถึงโอกาสและข้อจำกัดของแต่ละรูปแบบ

ส่วนที่ 4 ค่าจ้างเฉลี่ยสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจ (GDP, Inflation and Average Wage by Country) ภาวะเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศมีอิทธิพลโดยตรงต่อระดับค่าจ้างของแรงงาน โดยปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าตอบแทน ได้แก่ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ อัตราเงินเฟ้อและดัชนีค่าครองชีพ แสดงได้ดังภาพที่ 3-22



ภาพที่ 3-22 การออกแบบหน้าจาวีเคราะห์ค่าจ้างเฉลี่ยสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจ

การวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการแรงงานเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถศึกษาแนวโน้มการจ้างงานในหลายมิติ โดยระบบจะนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟหรือแผนภูมิที่แสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของตำแหน่งงานและปัจจัยทางเศรษฐกิจที่ส่งผลต่อค่าจ้าง ข้อมูลเหล่านี้มีประโยชน์อย่างมากต่อแรงงานที่ต้องการพัฒนาทักษะของตนให้ตรงกับความต้องการของตลาด รวมถึงนายจ้างและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการวางแผนกลยุทธ์ด้านทรัพยากรบุคคลโดยมีการแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วนหลัก

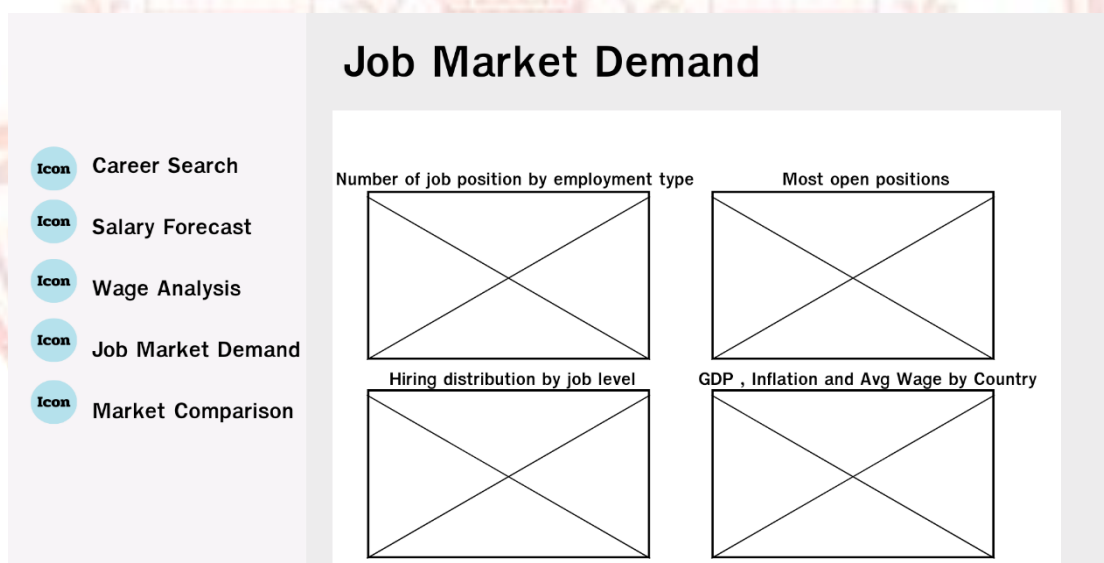
ส่วนที่ 1 จำนวนตำแหน่งงานตามประเภทการจ้างงาน (Number of Job Positions by Employment Type) ประเภทของการจ้างงานเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่กำหนดลักษณะของตลาดแรงงาน โดยข้อมูลนี้ช่วยให้เห็นว่า ประเภทการจ้างงานใดได้รับความนิยมมากที่สุดในตลาดแรงงานปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 ตำแหน่งงานที่มีการเปิดรับมากที่สุด (Most Open Positions) ตำแหน่งงานที่มีการเปิดรับมากที่สุดเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญของ อุตสาหกรรมที่กำลังเติบโต และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะให้ตรงกับตลาดแรงงาน ตัวอย่างของตำแหน่งงานที่มักเป็นที่ต้องการสูง ข้อมูลนี้ช่วยให้แรงงานสามารถพัฒนาทักษะให้ตรงกับตลาดแรงงาน และช่วยให้สถาบันการศึกษาออกแบบหลักสูตรให้สอดคล้องกับแนวโน้มของตลาดได้ดีขึ้น

ส่วนที่ 3 การกระจายตัวของการจ้างงานตามระดับตำแหน่งงาน (Hiring Distribution by Job Level) การจ้างงานในแต่ละระดับของตำแหน่งงานแตกต่างกันไปตามอุตสาหกรรมและตลาดแรงงาน โดยข้อมูลนี้ช่วยให้สามารถ วิเคราะห์การเปิดรับตำแหน่งงานในระดับต่างๆ และทักษะในการบริหารจัดการข้อมูลนี้ช่วยให้แรงงานสามารถวางแผนเส้นทางอาชีพ ในการพัฒนาทักษะให้เหมาะสมกับระดับตำแหน่งที่ต้องการ

ส่วนที่ 4 ค่าจ้างเฉลี่ยสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจ (GDP, Inflation and Avg Wage by Country) ปัจจัยทางเศรษฐกิจมีบทบาทสำคัญต่อค่าจ้างของแรงงาน โดยข้อมูลนี้ช่วยให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจ้างเฉลี่ยระดับค่าจ้างที่แรงงานได้รับในประเทศนั้นๆ และผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ ระดับการเปลี่ยนแปลงของค่าครองชีพ

การวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการแรงงานมีบทบาทสำคัญในการวางแผนตลาดแรงงาน ทั้งในแง่ของแรงงาน นายจ้าง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทของการจ้างงาน ตำแหน่งงานที่เป็นที่ต้องการระดับของตำแหน่งงาน และความสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจช่วยให้ผู้ใช้สามารถตัดสินใจเกี่ยวกับอาชีพและการจ้างงานได้อย่างแม่นยำขึ้นแสดงได้ดังภาพที่ 3-23



ภาพที่ 3-23 การออกแบบหน้าจอเปรียบเทียบตลาดแรงงาน

หน้าการเปรียบเทียบตลาดแรงงานเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถ ศึกษาและเปรียบเทียบแนวโน้มของตลาดแรงงาน โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของกราฟหรือแผนภูมิ 4 ส่วนหลัก ซึ่งช่วยให้เข้าใจความแตกต่างของค่าจ้าง โอกาสการจ้างงาน โครงสร้างตำแหน่งงาน และ



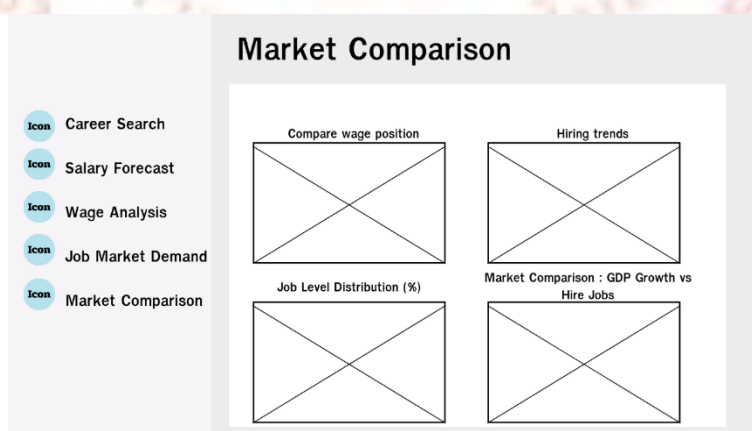
ผลกระทบทางเศรษฐกิจที่มีต่อตลาดแรงงาน ข้อมูลที่นำเสนอสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการตัดสินใจทางอาชีพของแรงงานและกลยุทธ์การบริหารบุคคลขององค์กร

ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบตำแหน่งค่าจ้างในอุตสาหกรรมและภูมิภาค (Compare Wage Position) ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อโอกาสในการทำงาน ค่าจ้างของตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมและภูมิภาค โดยข้อมูลนี้ช่วยให้เห็นถึงความแตกต่างของค่าตอบแทนในสาขาอาชีพและในแต่ละประเทศกราฟนี้วิเคราะห์และเปรียบเทียบตำแหน่งค่าจ้างในแต่ละอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 2 แนวโน้มการจ้างงาน (Hiring Trends) แนวโน้มของอุตสาหกรรมที่มีการจ้างงานเพิ่มขึ้นหรือลดลงเป็นข้อมูลสำคัญที่ช่วยให้แรงงานและนายจ้างสามารถวางแผนสำหรับอนาคต และวิเคราะห์แนวโน้มของอุตสาหกรรมที่มีการจ้างงานเพิ่มขึ้นหรือลดลงข้อมูลนี้ช่วยให้แรงงานสามารถคาดการณ์โอกาสการจ้างงานและเลือกอุตสาหกรรมที่มีแนวโน้มเติบโต

ส่วนที่ 3 การกระจายตัวของระดับตำแหน่งงาน (Job Level Distribution %) ตลาดแรงงานมีการเปิดรับตำแหน่งงานที่หลากหลายในแต่ละระดับข้อมูลนี้ช่วยให้แรงงานสามารถวางแผนการเติบโตของอาชีพได้ดียิ่งขึ้นและเปรียบเทียบ อัตราส่วนของตำแหน่งงานในแต่ละระดับแสดงให้เห็นว่าตลาดแรงงาน มีการเปิดรับในระดับไหนมากที่สุด และต้องการแรงงานในระดับมากกว่ากันข้อมูลนี้มีประโยชน์ต่อแรงงานที่ต้องการพัฒนาอาชีพ และช่วยให้องค์กรสามารถปรับกลยุทธ์การจ้างงาน

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศกับการจ้างงาน (Market Comparison: GDP Growth vs Hire Jobs) เศรษฐกิจของแต่ละประเทศมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการจ้างงาน โดยการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศกับแนวโน้มการจ้างงาน สามารถช่วยให้เข้าใจว่าสภาพเศรษฐกิจมีผลต่อแรงงานวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศกับอัตราการจ้างงาน



ภาพที่ 3-24 การออกแบบหน้าจอเกี่ยวกับความต้องการแรงงานในตลาดปัจจุบัน

### 3.6.5 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ระบบถูกพัฒนาด้วย Flask ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กที่ยืดหยุ่นในภาษา Python สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลัง และสามารถเชื่อมต่อกับ JavaScript เพื่อสร้างเว็บแอปพลิเคชันที่แสดงกราฟพยากรณ์ด้วย Chart.js [7] โครงสร้างหน้าเว็บพัฒนาโดยใช้ HTML แบ่งเป็นส่วนเมนู โลโก้ พร้อมปรับแต่งด้วย CSS เพื่อความสวยงามและเป็นมิตรกับผู้ใช้งานและเข้าถึงข้อมูลการวิเคราะห์ได้สะดวก

```
<!DOCTYPE html>

<html lang="pt-br">

<head>

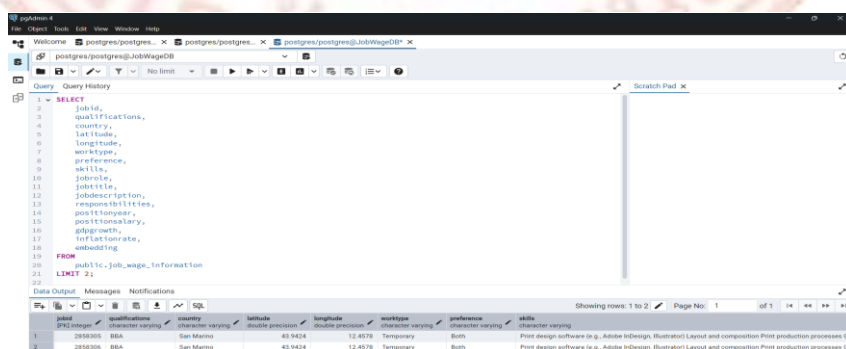
  <title>Wage Prediction</title>

  <meta charset="utf-8">

  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1">
```

ภาพที่ 3-25 ตัวอย่างชุดคำสั่ง HTML

การใช้ข้อมูลในฐานข้อมูล PostgreSQL โดยเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยดึงข้อมูลจากตารางฐานข้อมูลที่ออกแบบมานี้ถูกพัฒนาเพื่อใช้ในการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลตลาดแรงงาน โดยครอบคลุมรายละเอียดของตำแหน่งงาน ประเทศที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งงาน ข้อมูลเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ ประเภทของการจ้างงานเพื่อแสดงผลลัพธ์บนหน้าเว็บแอปพลิเคชัน



The screenshot shows a PostgreSQL query editor with a query window containing a SELECT statement. The query selects various attributes from the 'public.job\_wage\_information' table. The results window displays two rows of data.

| jobid       | qualification     | country           | latitude         | longitude        | worktype          | preference        | skills                                                                                                          |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SP4 Integer | character varying | character varying | double precision | double precision | character varying | character varying | character varying                                                                                               |
| 2553300     | BBA               | San Marino        | 43.9424          | 12.4579          | Temporary         | Both              | Print design software (e.g., Adobe InDesign, Illustrator) Layout and composition Print production processes C&D |
| 2553300     | BBA               | San Marino        | 43.9424          | 12.4579          | Temporary         | Both              | Print design software (e.g., Adobe InDesign, Illustrator) Layout and composition Print production processes C&D |

ภาพที่ 3-26 ข้อมูลในฐานข้อมูล PostgreSQL

ในส่วนนี้เป็นไฟล์ JavaScript ที่ใช้ Chart.js ในการแสดงกราฟแท่งแนวนอน สำหรับการเปรียบเทียบเงินเดือนตามตำแหน่งงานในตลาดแต่ละประเทศ

```
<!-- SalaryPrediction Section -->
<section class="service section" id="SalaryPrediction">
  <div class="container">
    <div class="row">
      <div class="section-title padd-15"> <h2>Salary Forecast</h2> </div>
    </div>
    <div class="row">
      <!-- Service item -->
      <div class="service-item padd-15" style="max-width: 100% !important;flex: 0 0 100% !important;">
```

ภาพที่ 3-27 ไฟล์ JavaScript ที่ใช้ Chart.js

### 3.7 การประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน

#### 3.7.1 การประเมินจากการทำแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการประเมินผลเพื่อตรวจสอบระดับความพึงพอใจของผู้ใช้ รวมถึงการรับข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะแบบประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน สำหรับผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป โครงสร้างของแบบสอบถามที่แตกต่างกันไป โดยมีกระบวนการประเมินประกอบด้วย การเก็บข้อมูลจากผู้ใช้งานผ่านแบบสอบถามมาตรฐานที่ครอบคลุมปัจจัยสำคัญ เช่น ด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันและด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจดังนี้

3.7.1.1 แบบประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้เชี่ยวชาญ  
ในรูปแบบสอบถามออนไลน์สำหรับผู้เชี่ยวชาญถูกออกแบบให้มี 3 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามปลายปิด จำนวน 7 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน หน่วยงานหรือองค์กรที่สังกัด ความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง



ส่วนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้มาตรวัดประมาณค่า (Rating Scale) ระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 จำนวน 30 ข้อ โดยกำหนดระดับคะแนนดังตารางที่ 3-18

ส่วนที่ 3 คำถามปลายเปิดจำนวน 3 ข้อ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็น

3.7.1.2 แบบประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชันสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ในรูปแบบสอบถามออนไลน์สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปถูกออกแบบให้มี 3 ส่วนหลัก ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลประชากรของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วยคำถามปลายปิด จำนวน 6 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา ประสบการณ์ทำงาน อาชีพปัจจุบัน และระยะเวลาทำงานในองค์กรปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งใช้มาตรวัดประมาณค่า (Rating Scale) ที่มีระดับคะแนนตั้งแต่ 1 ถึง 5 จำนวน 30 ข้อ โดยมีระดับคะแนนและการแปลความหมายของคะแนน เช่นเดียวกับแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ โดยกำหนดระดับคะแนนความพึงพอใจดังตารางที่ 3-18

ส่วนที่ 3 คำถามปลายเปิดจำนวน 4 ข้อ เพื่อให้ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถแสดงความคิดเห็น

ผลการประเมินจะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อตรวจสอบแนวโน้มของความคิดเห็นและระบุประเด็นที่ควรปรับปรุง จากข้อมูลที่ได้รับสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาระบบ ให้ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

3.7.2 การทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันแบบแอลฟา (Alpha Test) เป็นกระบวนการตรวจสอบและประเมินผลเว็บแอปพลิเคชันที่ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความถูกต้องของการแสดงผลลัพธ์ของข้อมูลส่งออก รวมถึงการตรวจสอบการทำงานของแต่ละฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันตามรายการตรวจสอบที่กำหนด ในระหว่างกระบวนการทดสอบ หากพบข้อบกพร่อง จะดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงฟังก์ชันการทำงานให้สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด ก่อนนำเว็บแอปพลิเคชันเข้าสู่กระบวนการประเมินผลโดยผู้ใช้งาน

3.7.3 การทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแบบแบล็คบ็อกซ์ (Black-box Testing) กระบวนการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันที่เน้นการตรวจสอบการทำงานของฟังก์ชันหลัก โดยกระบวนการทำงานโครงสร้างของชุดคำสั่งที่ใช้ในการพัฒนา การทดสอบด้วยวิธีนี้มุ่งเน้นไปที่การนำเข้าข้อมูลและตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้รับเพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

ในการทดสอบนี้เว็บแอปพลิเคชันจะถูกประเมินผลจากข้อมูลที่นำเข้าซึ่งใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าแรง โดยมีฟังก์ชันการใช้งานในระบบแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

การทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์ จำนวน 5 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 ท่าน โดยใช้แบบทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งแบ่งหัวข้อการทดสอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน

ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของเว็บแอปพลิเคชันและด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

เกณฑ์การให้คะแนนของแบบทดสอบประสิทธิภาพและแบบประเมินความพึงพอใจกำหนดตามมาตรวัดของไลเกิร์ต (Likert Scale) ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์การให้คะแนนเชิงคุณภาพ 5 ระดับ และเกณฑ์ให้คะแนนเชิงปริมาณ 5 ระดับ แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 3-17 และตารางที่ 3-18

ตารางที่ 3-17 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบประสิทธิภาพ

| เกณฑ์การให้คะแนน |             | ความหมาย                                              |
|------------------|-------------|-------------------------------------------------------|
| เชิงคุณภาพ       | เชิงปริมาณ  |                                                       |
| 5                | 4.51 – 5.00 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด  |
| 4                | 3.51 – 4.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับมาก        |
| 3                | 2.51 – 3.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง    |
| 2                | 1.51 – 2.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับน้อย       |
| 1                | 1.00 – 1.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด |

ตารางที่ 3-18 เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินความพึงพอใจประสิทธิภาพ

| เกณฑ์การให้คะแนน |             | ความหมาย                                              |
|------------------|-------------|-------------------------------------------------------|
| เชิงคุณภาพ       | เชิงปริมาณ  |                                                       |
| 5                | 4.51 – 5.00 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับมากที่สุด  |
| 4                | 3.51 – 4.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับมาก        |
| 3                | 2.51 – 3.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับปานกลาง    |
| 2                | 1.51 – 2.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับน้อย       |
| 1                | 1.00 – 1.50 | เว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับน้อยที่สุด |

การทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น ด้วยแบบทดสอบประสิทธิภาพและความพึงพอใจ เมื่อผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทำแบบประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันเสร็จ ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระจะนำผลคะแนนที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต เพื่อวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานประเมินหลังทำการทดสอบ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3-9 และ 3-10

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3-9)$$

เมื่อ  $\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบ

$\sum x$  คือ ผลรวมของคะแนนการทดสอบ

$n$  คือ จำนวนข้อคำถาม

การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) เพื่อวัดการกระจายของคะแนนที่ผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานประเมินหลังทำการทดสอบ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-10

$$S.D. = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{n-1} \quad (3-10)$$

เมื่อ S.D. คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนการทดสอบ

$\sum$  คือ คะแนนการทดสอบแต่ละข้อคำถาม

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนการทดสอบ

$n$  คือ จำนวนข้อคำถาม



## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้เกี่ยวกับการพยากรณ์ตำแหน่งงานโดยใช้ข้อมูลประสบการณ์ทำงานผ่านวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่พัฒนา ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง
- 4.2 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน
- 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อระบบ

#### 4.1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การวัดและประเมินผลในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการพยากรณ์ค่าจ้าง ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นและการทำให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล ผลการวิเคราะห์โดยใช้ ตัวชี้วัดทางสถิติ เช่น ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์พบว่า แบบจำลองการทำให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียลมีความแม่นยำในการพยากรณ์ระยะสั้นดีกว่า แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นมีความเหมาะสมสำหรับแนวโน้มระยะยาว โดยชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบทำการทดลองใช้ชุดข้อมูลทดสอบระหว่างปี พ.ศ. 2564–2566 ครอบคลุมข้อมูลค่าจ้างในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแบบจำลองสามารถคาดการณ์แนวโน้มค่าจ้างได้อย่างแม่นยำดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 การประเมินผลแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นและการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

| แบบจำลอง                         | Salary |     |      |                | GDP  |     |      |                | Inflation |      |      |                |
|----------------------------------|--------|-----|------|----------------|------|-----|------|----------------|-----------|------|------|----------------|
|                                  | RMSE   | MAE | MSE  | R <sup>2</sup> | RMSE | MAE | MSE  | R <sup>2</sup> | RMSE      | MAE  | MSE  | R <sup>2</sup> |
| การถดถอยเชิงเส้น                 | 0      | 0   | 0    | 1              | 391  | 311 | 1533 | 0              | 193       | 1.70 | 3.73 | 0.15           |
| การทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล | 8.77   | 265 | 7.70 | 1              | 391  | 311 | 1533 | 0              | 193       | 1.70 | 3.73 | 0.15           |

จากผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นและแบบจำลองการทำ  
ให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียลในการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาตามตัวแปรที่กำหนด ได้แก่ เงินเดือน  
อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ และอัตราเงินเฟ้อ พบว่าแบบจำลองทั้งสองมีข้อดีและข้อจำกัด

ในส่วนของการพยากรณ์เงินเดือน แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด  
โดยมีค่า ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย  
และค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย เท่ากับ 0 และมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด  $R^2$  เท่ากับ 1  
ซึ่งแสดงถึงความแม่นยำสูงสุดของแบบจำลองในการจับแนวโน้มของข้อมูลได้อย่างสมบูรณ์  
ขณะที่แบบจำลองการทำให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล แม้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่า  
ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 8.77 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมี  
ค่า 2.65 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 7.70 แต่ก็ยังมีค่าและสัมประสิทธิ์การกำหนด  $R^2$   
เท่ากับ 1 เช่นกัน สะท้อนถึงความสามารถในการอธิบายแนวโน้มข้อมูลได้ในระดับที่น่าพอใจ

สำหรับการพยากรณ์อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ ทั้งสองแบบจำลองมีประสิทธิภาพเท่ากัน  
โดยมีค่าค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 3.91 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์  
เฉลี่ยเท่ากับ 3.11 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 15.33 และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด  
 $R^2$  เท่ากับ 0 แสดงว่าไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับการพยากรณ์อัตราเงินเฟ้อ แบบจำลองทั้งสองให้ผลลัพธ์เท่ากัน โดยมีค่ารากที่สอง  
ของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 1.93 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 1.70  
ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 3.73 และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด  $R^2$  เท่ากับ 0.15  
ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้เพียงร้อยละ 15.00 เท่านั้น

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นแม่นยำที่สุดในการพยากรณ์เงินเดือน แต่ยังมีข้อจำกัด  
ในการวิเคราะห์ตัวแปรเศรษฐกิจที่ซับซ้อน เช่น อัตราการเติบโตและเงินเฟ้อ จึงจำเป็นต้องพัฒนา  
แบบจำลองที่รองรับข้อมูลไม่เป็นเชิงเส้นและมีพลวัตมากขึ้น

|                |           |        |          |         |
|----------------|-----------|--------|----------|---------|
| Accuracy: 0.82 |           |        |          |         |
|                | precision | recall | f1-score | support |
| Entry Level    | 0.81      | 0.84   | 0.82     | 150265  |
| Managerial     | 0.84      | 0.88   | 0.86     | 150266  |
| Professional   | 0.82      | 0.75   | 0.78     | 150266  |
| accuracy       |           |        | 0.82     | 450797  |
| macro avg      | 0.82      | 0.82   | 0.82     | 450797  |
| weighted avg   | 0.82      | 0.82   | 0.82     | 450797  |

ภาพที่ 4-1 ผลการประเมินแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจ

ตารางที่ 4-2 ค่าประเมินผลแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจสำหรับแต่ละระดับงาน

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Entry Level  | 0.81      | 0.84   | 0.82     | 150,265 |
| Managerial   | 0.84      | 0.88   | 0.86     | 150,265 |
| Professional | 0.82      | 0.75   | 0.78     | 150,265 |

ตารางที่ 4-3 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมการจำแนกประเภทต้นไม้ตัดสินใจ

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Macro avg    | 0.82      | 0.82   | 0.82     | 450,797 |
| Weighted avg | 0.82      | 0.82   | 0.82     | 450,797 |

เมื่อพิจารณาค่าความเที่ยงตรง ค่าอัตราการเรียกกลับและค่าคะแนนเอฟหนึ่ง ของแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจในแต่ละกลุ่มอาชีพที่นำมาใช้ในการจำแนก ได้แก่ ระดับพนักงาน ระดับผู้จัดการและระดับวิชาชีพพบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกกลุ่มระดับผู้จัดการได้ดีที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.84 ค่าอัตราการเรียกกลับ เท่ากับ 0.88 และค่าคะแนนเอฟหนึ่ง เท่ากับ 0.86 ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองสามารถระบุกลุ่มนี้ได้อย่างแม่นยำและมีอัตราการพลาดต่ำที่สุด ในขณะที่กลุ่มระดับวิชาชีพ มีค่าอัตราการเรียกกลับต่ำที่สุดที่ 0.75 ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองมีแนวโน้มที่จะพลาดการจำแนกประเภทนี้มากกว่ากลุ่มอื่น

ค่าเฉลี่ยโดยรวมของประสิทธิภาพแบบจำลองทั้งแบบค่าเฉลี่ยมหภาคและค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 0.82 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองให้ความแม่นยำและความสามารถในการจำแนกได้ในระดับที่สมดุลระหว่างทุกกลุ่ม ค่าความแม่นยำที่แตกต่างกัน ในแต่ละกลุ่มอาชีพแสดงให้เห็นว่ามีบางกลุ่มที่แบบจำลองสามารถเรียนรู้ได้ดี

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบจำลองแม้ว่าแบบจำลองจะสามารถจำแนกประเภทของข้อมูลได้ในระดับที่ดี แต่ยังมีช่องว่างสำหรับการพัฒนาเพื่อให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มระดับวิชาชีพที่มีค่าอัตราการเรียกกลับต่ำซึ่งอาจแก้ไขได้ด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

การปรับแต่งไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameters) การทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของต้นไม้ตัดสินใจ เช่น ความลึกสูงสุดของต้นไม้ (max\_depth) จำนวนข้อมูลขั้นต่ำที่ใช้ในการแบ่งโหนด (min\_samples\_split) และจำนวนข้อมูลขั้นต่ำที่ใช้ในโหนดใบ (min\_samples\_leaf) เพื่อลดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไปและทำให้แบบจำลองสามารถจำแนกกลุ่มที่มีค่าอัตราการเรียกกลับต่ำได้ดีขึ้น

การสร้างคุณลักษณะของข้อมูลเพิ่มตัวแปรที่อาจมีผลต่อการพยากรณ์ เช่น ระยะเวลาการทำงาน สาขาอาชีพ หรือระดับการศึกษา เพื่อให้แบบจำลองสามารถแยกแยะกลุ่มอาชีพได้ชัดเจนขึ้น



วิธีการสุ่มตัวอย่างข้อมูลใหม่หากข้อมูลในกลุ่ม ระดับวิชาชีพมีจำนวนน้อยหรือมีลักษณะที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นมาก อาจใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างมากขึ้นหรือสุ่มตัวอย่างลดลงเพื่อปรับสมดุลข้อมูลให้แบบจำลองสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น

ผลลัพธ์จากแบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจชี้ให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถพยากรณ์และจำแนกประเภทของระดับค่าแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับที่ดีโดยเฉพาะกลุ่ม ระดับผู้จัดการซึ่งมีค่าคะแนนเอฟหนึ่งสูงสุด แบบจำลองยังมีจุดที่สามารถปรับปรุงได้ในกลุ่มและระดับวิชาชีพซึ่งมีค่าอัตราการเรียกกลับค่อนข้างต่ำ การพัฒนาวิธีการจำแนกเพิ่มเติมด้วยการปรับแต่งพารามิเตอร์การเพิ่มคุณลักษณะข้อมูล ผลลัพธ์ของแบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น

การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองเชิงจำแนกประเภทของแบบจำลองจำแนกประเภทโดยใช้การจำแนกแบบจำลองเนอีฟเบย์มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 48.00 แบบจำลองนี้จำแนกข้อมูลซึ่งเป็นค่าที่ต่ำแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดในการจำแนกประเภทสูง

| Accuracy: 0.48 |           |        |          |         |
|----------------|-----------|--------|----------|---------|
|                | precision | recall | f1-score | support |
| Entry Level    | 0.97      | 0.28   | 0.43     | 150265  |
| Managerial     | 0.41      | 1.00   | 0.58     | 150266  |
| Professional   | 0.60      | 0.16   | 0.25     | 150266  |
| accuracy       |           |        | 0.48     | 450797  |
| macro avg      | 0.66      | 0.48   | 0.42     | 450797  |
| weighted avg   | 0.66      | 0.48   | 0.42     | 450797  |

ภาพที่ 4-2 ผลการประเมินของจำแนกแบบจำลองเนอีฟเบย์

ในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลองเนอีฟเบย์ สำหรับการพยากรณ์ระดับงานพบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองอยู่ที่ร้อยละ 48.00 เป็นค่าที่ต่ำแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีข้อผิดพลาดในการจำแนกประเภทสูง

ตารางที่ 4-4 ค่าประเมินผลจำแนกแบบจำลองเนอีฟเบย์

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Entry Level  | 0.97      | 0.28   | 0.43     | 150,265 |
| Managerial   | 0.41      | 1.00   | 0.58     | 150,265 |
| Professional | 0.60      | 0.16   | 0.25     | 150,265 |

ระดับพนักงาน มีค่าความแม่นยำสูงมาก 0.97 ซึ่งหมายความว่าเมื่อแบบจำลองจำแนกตัวอย่างเป็น ระดับพนักงานมักจะถูกต้อง แต่ค่าอัตราการเรียกกลับต่ำ 0.28 แสดงว่าแบบจำลองพลาดการ

ระบุตัวอย่างในกลุ่ม ระดับพนักงานไปมาก ระดับผู้จัดการมีค่าอัตราการเรียกกลับ สูงที่สุด 1.00 ซึ่งหมายความว่าแบบจำลองสามารถจับกลุ่มนี้ได้ครบทุกตัวอย่าง ค่าความเที่ยงตรงต่ำ 0.41 แสดงว่าแบบจำลองจำแนกตัวอย่างจำนวนมากผิดพลาดเป็นระดับผู้จัดการ ในส่วนระดับวิชาชีพมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด โดยมีค่าอัตราการเรียกกลับเพียง 0.16 และคะแนนเอฟหนึ่ง ต่ำสุดที่ 0.25 แสดงว่าแบบจำลองไม่สามารถจำแนกกลุ่มนี้ได้ดี

ตารางที่ 4-5 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมจำแนกแบบจำลองเนอโฟบัย

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score |
|--------------|-----------|--------|----------|
| Macro avg    | 0.66      | 0.48   | 0.42     |
| Weighted avg | 0.66      | 0.48   | 0.42     |

ค่าเฉลี่ยมหภาคและค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักอยู่ในช่วงประมาณ 0.42-0.48 ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าแบบจำลองมีความแม่นยำโดยรวมอยู่ในระดับต่ำ

แบบจำลองเนอโฟบัยมีข้อจำกัดจากสมมติฐานว่าคุณลักษณะเป็นอิสระต่อกัน ซึ่งไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีความสัมพันธ์สูง เช่น ค่าจ้างและระดับงาน ทำให้แบบจำลองมีความเอนเอียงและทำนายผิดพลาด โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลไม่สมดุล เช่น กลุ่มระดับผู้บริหารที่มีค่าอัตราการเรียกกลับ สูงถึง 1.00 การจัดการคุณลักษณะและการเลือกใช้แบบจำลองเนอโฟบัยแบบกอสเซียโน รวมถึงการแปลงค่าข้อมูลจึงมีความจำเป็นเพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลอง

จากผลการวิเคราะห์ พบว่าแบบจำลองเนอโฟบัยมีความแม่นยำโดยรวมต่ำ ค่าความถูกต้องร้อยละ 48.00 และมีแนวโน้มที่จะจำแนกตัวอย่างผิดพลาดไปที่กลุ่ม ระดับผู้บริหาร มากเกินไป ขณะที่กลุ่ม ระดับพนักงาน และระดับผู้เชี่ยวชาญ มีค่าอัตราการเรียกกลับต่ำ ทำให้แบบจำลองมีประสิทธิภาพต่ำในการระบุข้อมูลในกลุ่มเหล่านี้

การสุ่มตัวอย่างข้อมูลใหม่ การคัดเลือกคุณลักษณะ การทดลองใช้แบบจำลองนาอโฟบัยสแบบพหุนาม (Multinomial Naïve Bayes) และการพิจารณาเปลี่ยนไปใช้แบบจำลองที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น แบบจำลองป่าการสุ่มหรือแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตติ้ง

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลองป่าการสุ่ม เนื่องจากสามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ และมีความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนได้ดี จากผลลัพธ์การจำแนกประเภทแสดงให้เห็นว่ามีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 89.00 ซึ่งเป็นค่าที่สูงเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่น ๆ

| Random Forest Accuracy: 0.89 |           |        |          |         |
|------------------------------|-----------|--------|----------|---------|
|                              | precision | recall | f1-score | support |
| Entry Level                  | 0.91      | 0.87   | 0.89     | 150265  |
| Managerial                   | 0.86      | 0.97   | 0.91     | 150266  |
| Professional                 | 0.90      | 0.82   | 0.86     | 150266  |
| accuracy                     |           |        | 0.89     | 450797  |
| macro avg                    | 0.89      | 0.89   | 0.89     | 450797  |
| weighted avg                 | 0.89      | 0.89   | 0.89     | 450797  |

ภาพที่ 4-3 ผลการประเมินของแบบจำลองป่าการสุ่ม

ตารางที่ 4-6 ค่าประเมินผลแบบจำลองป่าการสุ่ม

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Entry Level  | 0.91      | 0.87   | 0.89     | 150,265 |
| Managerial   | 0.86      | 0.97   | 0.91     | 150,265 |
| Professional | 0.90      | 0.82   | 0.86     | 150,265 |

ระดับพนักงานมีค่าความแม่นยำเท่ากับ 0.91 และค่าอัตราการเรียกกลับเท่ากับ 0.87 แสดงว่าแบบจำลองสามารถจำแนกตำแหน่งระดับเริ่มต้นได้อย่างแม่นยำและระดับผู้บริหาร มีค่าอัตราการเรียกกลับสูงสุด 0.97 แสดงว่าแบบจำลองสามารถตรวจจับข้อมูลในกลุ่มนี้ได้ครบถ้วนและมีค่าคะแนนเอฟหนึ่ง สูงสุด 0.91 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกกลุ่มนี้มีความแม่นยำสูงและระดับผู้เชี่ยวชาญ มีค่าความแม่นยำสูง 0.90 แต่ค่าอัตราการเรียกกลับค่อนข้างต่ำ 0.82 ทำให้ค่าคะแนนเอฟหนึ่งอยู่ที่ 0.86 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่ดี

ตารางที่ 4-7 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมแบบจำลองป่าการสุ่ม

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score |
|--------------|-----------|--------|----------|
| Macro avg    | 0.89      | 0.89   | 0.89     |
| Weighted avg | 0.89      | 0.89   | 0.89     |

ค่าเฉลี่ยมหภาคและค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 0.89 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถจำแนกทุกกลุ่มได้ดี โดยไม่มีความลำเอียงมากเกินไป



ข้อดีของแบบจำลองป่าการสุ่มและเหตุผลที่ให้ผลลัพธ์ดี การเรียนรู้จากหลายต้นไม้มัดตสันใจเป็นแบบจำลองที่ใช้ต้นไม้มัดตสันใจหลายต้น และรวมผลลัพธ์ของแต่ละต้นเพื่อให้ได้ ผลลัพธ์ที่แม่นยำขึ้น ซึ่งช่วยลดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไป สามารถจัดการกับข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้น แบบจำลองสามารถจำแนกประเภทของข้อมูลที่มีความซับซ้อนสูงและไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี และมีความทนทานต่อข้อมูลสูญหายและข้อมูลมีสัดส่วนไม่สมดุล จากผลลัพธ์พบว่า แบบจำลองป่าการสุ่มสามารถจัดการกับกลุ่ม ระดับผู้บริหาร ได้ดีมาก ค่าอัตราการเรียนรู้กลับ 0.97 แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจจับข้อมูลของแต่ละกลุ่ม

วิธีการปรับปรุงแบบจำลองแบบจำลองป่าการสุ่มให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นแม้ว่าแบบจำลองจะให้ผลลัพธ์ที่ดีอยู่แล้ว แต่ยังมีวิธีการที่สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของ แบบจำลอง ป่าการสุ่มได้อีก เช่น การปรับแต่งพารามิเตอร์ โดยการทดลองปรับค่า  $n\_estimators$  และความลึกของต้นไม้  $max\_depth$  และจำนวนข้อมูลขั้นต่ำที่ใช้ในการแบ่งโหนด  $min\_samples\_split$  เพื่อให้แบบจำลองเหมาะสมกับข้อมูลมากขึ้นและการคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่มีความสำคัญสูงและสร้างคุณลักษณะเพิ่มเติมที่สามารถช่วยแยกความแตกต่างของระดับงานให้ดีขึ้นและการทดลองใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างข้อมูลใหม่หากข้อมูลในบางคลาสมีจำนวนน้อย อาจใช้การสุ่มตัวอย่างมากขึ้นหรือ การสุ่มตัวอย่างลดลงเพื่อปรับสมดุลข้อมูลให้เหมาะสม

ผลการทดสอบแบบจำลองป่าการสุ่มสามารถจำแนกตำแหน่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้องร้อยละ 89.00 และมีค่าความเที่ยงตรงค่าอัตราการเรียนรู้กลับค่าคะแนนเอฟหนึ่ง ที่สมดุลกันดีแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองนี้เหมาะสมกับงานจำแนกประเภทของตำแหน่งงาน การปรับแต่งพารามิเตอร์และการเลือกคุณลักษณะที่เหมาะสม หากต้องการแบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั้ง อาจเป็นทางเลือกเพิ่มเติมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งกว่าในการพยากรณ์ระดับตำแหน่งงานจากข้อมูลค่าจ้าง

การวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั้ง การเรียนรู้ของเครื่องที่ทรงพลังและได้รับความนิยมสูง เนื่องจากสามารถจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่ได้ดี มีความสามารถในการเรียนรู้เชิงลึกและลดข้อผิดพลาดของแบบจำลอง ผลการทดสอบของแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั้ง ในการจำแนกประเภทของระดับตำแหน่งงานให้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 85.00

|                        |           |        |          |         |
|------------------------|-----------|--------|----------|---------|
| XGBoost Accuracy: 0.85 |           |        |          |         |
|                        | precision | recall | f1-score | support |
| Entry Level            | 0.91      | 0.80   | 0.85     | 150265  |
| Managerial             | 0.80      | 0.97   | 0.88     | 150266  |
| Professional           | 0.86      | 0.78   | 0.82     | 150266  |
| accuracy               |           |        | 0.85     | 450797  |
| macro avg              | 0.86      | 0.85   | 0.85     | 450797  |
| weighted avg           | 0.86      | 0.85   | 0.85     | 450797  |

ภาพที่ 4-4 ผลการประเมินของแบบจำลองเอ็กซ์จีบูสต์

ตารางที่ 4-8 ค่าประเมินผลแบบจำลองเอ็กซ์ตรีมบูสต์

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score | Support |
|--------------|-----------|--------|----------|---------|
| Entry Level  | 0.91      | 0.80   | 0.85     | 150,265 |
| Managerial   | 0.80      | 0.97   | 0.88     | 150,265 |
| Professional | 0.86      | 0.78   | 0.82     | 150,265 |

ตารางที่ 4-9 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยรวมแบบจำลองเอ็กซ์ตรีมบูสต์

| Job Level    | Precision | Recall | F1-Score |
|--------------|-----------|--------|----------|
| Entry Level  | 0.86      | 0.85   | 0.85     |
| Managerial   | 0.86      | 0.85   | 0.85     |
| Professional | 0.86      | 0.78   | 0.82     |

ระดับพนักงานมีค่าความเที่ยงตรงสูง 0.91 แสดงว่าตำแหน่งนี้ถูกจำแนกโดยแบบจำลองจะถูกต้องแต่ค่าอัตราการเรียกกลับอยู่ที่ 0.80 หมายความว่าแบบจำลองพลาดการจำแนกตำแหน่งนี้ระดับผู้จัดการมีค่าอัตราการเรียกกลับ สูงสุด 0.97 ซึ่งแสดงว่าแบบจำลองสามารถจำแนกข้อมูลตำแหน่งบริหารได้ดีมากและมีค่าคะแนนเอฟหนึ่ง สูงสุดที่ 0.88 แสดงว่าแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำที่สุดในกลุ่มนี้

ระดับผู้เชี่ยวชาญมีค่าความแม่นยำและค่าอัตราการเรียกกลับ ต่ำกว่ากลุ่มอื่นเล็กน้อย ความแม่นยำ 0.86 และค่าอัตราการเรียกกลับ 0.78 แบบจำลองยังคงพลาดการตรวจจับกลุ่มนี้

บางส่วนค่าเฉลี่ยมหภาคและค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักอยู่ที่ 0.85-0.86 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความสมดุลในการจำแนกทุกกลุ่มโดยไม่มีอคติมากเกินไป

จุดเด่นของแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่งและเหตุผลที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีวิธีการการเร่งการเรียนรู้แบบเชิงชั้นช่วยลดข้อผิดพลาดแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่ง ใช้กระบวนการเร่งการเรียนรู้แบบเชิงชั้นซึ่งสามารถเรียนรู้จากข้อผิดพลาดของการทำนายครั้งก่อนหน้าและปรับปรุงการคาดการณ์ในครั้งถัดไป ส่งผลให้แบบจำลองมีความแม่นยำสูงขึ้น

ความสามารถในการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่แบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่ง ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถประมวลผลข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้การตัดแต่งโครงสร้างต้นไม้ และการเรียนรู้แบบขนานเพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณ

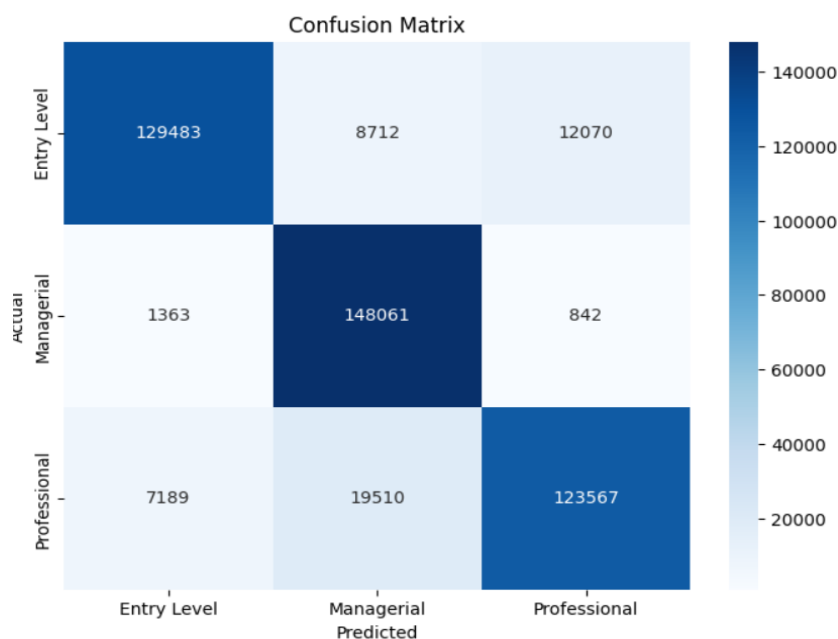
การลดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่งใช้วิธีการปรับค่า ทั้งแบบ L1 และ L2 เพื่อควบคุมความซับซ้อนของแบบจำลอง ส่งผลให้สามารถลดปัญหาการเรียนรู้มากเกินไปอย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการทดสอบแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่ง พบว่าแบบจำลองให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 85.00 รวมถึงค่าความเที่ยงตรงค่าการตรวจพบและค่าคะแนนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักค่าคะแนนเอฟหนึ่งที่อยู่ในระดับดี โดยเฉพาะในกลุ่มตำแหน่งผู้จัดการ ซึ่งแบบจำลองสามารถจำแนกได้อย่างแม่นยำ ค่าอัตราการเรียนรู้กลับเท่ากับ 0.97 แบบจำลองยังคงมีข้อจำกัดบางประการในการตรวจจับตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีค่าอัตราการเรียนรู้กลับ 0.78 แสดงว่าอาจมีบางตัวอย่างในกลุ่มนี้ที่ถูกพลาดการจำแนก

เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลอง อาจใช้วิธีการปรับแต่งพารามิเตอร์ และการออกแบบคุณลักษณะของข้อมูล เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำแนกประเภท นอกจากนี้ การใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างข้อมูลใหม่อาจช่วยแก้ปัญหาความไม่สมดุลของข้อมูล หากพบว่ามีบางคลาสที่มีจำนวนตัวอย่างน้อยกว่ากลุ่มอื่น

การพยากรณ์ตำแหน่งงานโดยอาศัยข้อมูลประสบการณ์ทำงานร่วมกับการเรียนรู้ของเครื่องให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างตามแบบจำลองที่ใช้ โดยแบบจำลองป่าการสุ่ม มีความแม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 90.00 รองลงมาคือ แบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ่งที่ร้อยละ 89.00 แบบจำลองต้นไม้ตัดสินใจให้ความแม่นยำร้อยละ 84.00 และแบบจำลองเนอีฟเบย์ มีความแม่นยำ ร้อยละ 48.00 ผลการวิจัยพบว่าแบบจำลองป่าการสุ่ม เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากสามารถจัดการกับข้อมูลที่ซับซ้อนและลดปัญหาการปรับแต่งมากเกินไป





ภาพที่ 4-5 การประเมินความแม่นยำของแบบจำลอง

ตารางแสดงผลการจำแนกเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกระดับตำแหน่งงานออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ระดับพนักงาน ระดับผู้จัดการและระดับวิชาชีพ โดยภาพนี้แสดงจำนวนตัวอย่างที่แบบจำลองสามารถพยากรณ์ได้ถูกต้อง รวมถึงจำนวนพยากรณ์ผิดพลาด

ประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำแนกตำแหน่งงาน แบบจำลองสามารถจำแนกตำแหน่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในกลุ่ม ระดับผู้จัดการ โดยมีตัวอย่างที่ถูกจำแนกถูกต้องมากที่สุด 148,061 ตัวอย่าง และกลุ่มระดับพนักงานและระดับผู้เชี่ยวชาญมีการจำแนกถูกต้องอยู่ที่ 129,483 และ 123,567 ตัวอย่าง ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ดี

ข้อผิดพลาดในการจำแนกประเภทที่พบมากที่สุดคือระดับผู้เชี่ยวชาญถูกทำนายผิดเป็นระดับผู้จัดการ 19,510 ตัวอย่าง ซึ่งอาจเกิดจากความคล้ายคลึงกันของข้อมูลในสองตำแหน่งนี้และระดับพนักงานถูกจำแนกผิดเป็น ระดับผู้เชี่ยวชาญ 12,070 ตัวอย่าง และ ถูกจำแนกผิดเป็นระดับผู้จัดการ 8,712 ตัวอย่างและในระดับผู้จัดการมีข้อผิดพลาดน้อยที่สุด โดยมีการถูกจำแนกผิดเป็นระดับพนักงาน เพียง 1,363 ตัวอย่าง และเป็นระดับผู้เชี่ยวชาญ 842 ตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองสามารถจำแนกระดับตำแหน่งผู้จัดการ ได้อย่างแม่นยำมากที่สุด โดยมีจำนวนตัวอย่างที่ทำนายถูกต้องสูงสุดถึง 148,061 ตัวอย่าง และมีค่าความผิดพลาดในระดับต่ำ อย่างไรก็ตาม พบว่ามีค่าความผิดพลาดสูงระหว่างการจำแนก

ระดับผู้เชี่ยวชาญ และ ผู้จัดการ ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า คุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนกตำแหน่งทั้งสอง อาจยังไม่สามารถแยกแยะได้อย่างชัดเจนเพียงพอ อันอาจส่งผลต่อความแม่นยำของแบบจำลองในบางกรณี

ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแบบจำลอง ปรับปรุงคุณลักษณะที่ใช้ในการจำแนก เพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น ระยะเวลาการทำงาน ระดับการศึกษา ทักษะเฉพาะทาง เพื่อให้แบบจำลองสามารถแยกแยะระหว่างตำแหน่งได้ดีขึ้น และปรับแต่งพารามิเตอร์ของแบบจำลอง ทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ เช่น max\_depth, n\_estimators, learning\_rate เพื่อให้แบบจำลองเรียนรู้ได้ดีขึ้น และลดข้อผิดพลาดในการจำแนก นอกจากนี้ลองใช้แบบจำลองที่ซับซ้อนขึ้นเปรียบเทียบกับแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูตติ้ง ซึ่งช่วยให้ผลลัพธ์มีความแม่นยำขึ้น

จากตารางแสดงผลการจำแนก แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถจำแนกตำแหน่งงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะตำแหน่งรับผู้จัดการซึ่งมีค่า True Positive สูง อย่างไรก็ตาม แบบจำลองยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้แยกแยะระหว่างระดับผู้เชี่ยวชาญและระดับผู้จัดการได้ดีขึ้นสามารถทำได้โดยการปรับแต่งพารามิเตอร์และใช้สกัดคุณลักษณะเพื่อเพิ่มคุณลักษณะที่ช่วยให้แบบจำลองแยกความแตกต่างของตำแหน่งงานได้อย่างแม่นยำมากขึ้น

การวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองการพยากรณ์ เงินเดือน ผลลัพธ์ที่มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ โดยใช้การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งเป็นแบบจำลองที่อาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรและการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลซึ่งใช้วิธีการให้น้ำหนักข้อมูลในอดีตเพื่อพยากรณ์แนวโน้มในอนาคต

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองใช้ผลลัพธ์ของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 0 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 0 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 0 ซึ่งค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่าแบบจำลองสามารถอธิบายข้อมูลของเงินเดือนได้อย่างสมบูรณ์แบบ

ผลลัพธ์ที่มวลรวมภายในประเทศมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 3.91 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 3.11 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 15.33 ซึ่งค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าแบบจำลองไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลลัพธ์ที่มวลรวมภายในประเทศได้

อัตราเงินเฟ้อค่าความคลาดเคลื่อนค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 1.93 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 1.70 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 3.73 และค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0.15 หมายความว่าวิธีการสามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราเงินเฟ้อได้เพียงร้อยละ 15.00 ซึ่งยังอยู่ในระดับต่ำ

ผลลัพธ์ของแบบจำลองการทำให้เรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล เงินเดือนมีค่าความคลาดเคลื่อนสูงขึ้นกว่าแบบถดถอยเชิงเส้น ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 8.77 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 2.65 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 7.70 ซึ่งค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 1 วิธีการยังสามารถอธิบายข้อมูลเงินเดือนได้อย่างสมบูรณ์แบบ

ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศมีค่าความคลาดเคลื่อนสูง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 3.91 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 3.11 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 15.33 ซึ่งค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าแบบจำลองไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศได้

อัตราเงินเฟ้อค่าความคลาดเคลื่อนค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่า 1.93 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยมีค่า 1.70 ความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่า 3.73 และค่า  $R^2$  มีค่าเท่ากับ 0.15 หมายความว่าวิธีการสามารถอธิบายความแปรปรวนของอัตราเงินเฟ้อได้เพียงร้อยละ 15.00 ซึ่งยังอยู่ในระดับต่ำแสดงให้เห็นว่าวิธีการยังไม่สามารถพยากรณ์เงินเฟ้อได้ดี

แบบจำลองป่าการสุ่มและแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตี้งมีความแม่นยำสูงกว่าร้อยละ 89.00 แสดงถึงประสิทธิภาพในการพยากรณ์ตำแหน่งงานได้อย่างแม่นยำ ขณะที่แบบจำลองเนอรัฟเบย์มีความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 48.00 เนื่องจากสมมติฐานของแบบจำลองไม่สอดคล้องกับโครงสร้างข้อมูล

**ตารางที่ 4-10** ตารางการแสดงความแม่นยำของแบบจำลองทั้ง 4 แบบจำลอง

| Model         | Accuracy % | Precision % | Recall % | F1-Score % |
|---------------|------------|-------------|----------|------------|
| Random Forest | 90.00      | 88.00       | 91.00    | 89.50      |
| XGBoost       | 89.00      | 87.00       | 89.00    | 88.00      |
| Decision Tree | 84.00      | 81.00       | 85.00    | 83.00      |
| Naïve Bayes   | 48.00      | 50.00       | 45.00    | 47.00      |

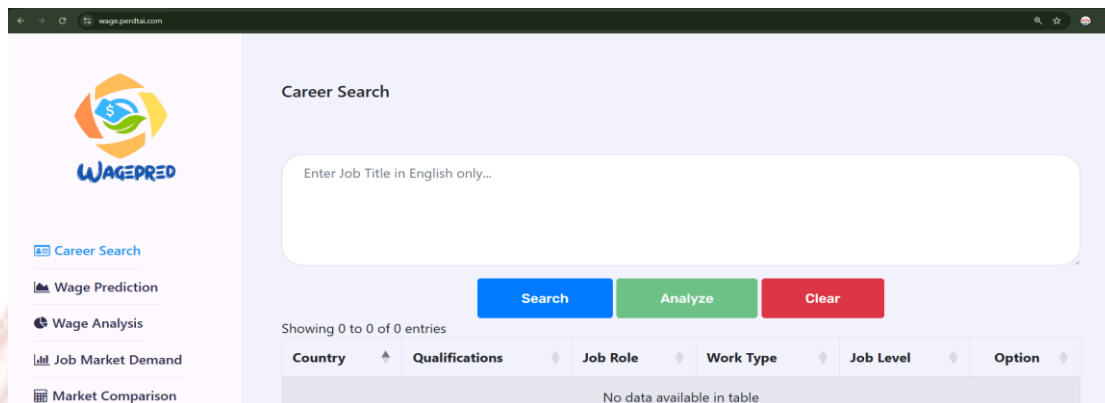
## 4.2 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

จากการออกแบบหน้าจอการแสดงผล สามารถนำมาพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 หน้าจอการแสดงผลการค้นหาอาชีพ เว็บแอปพลิเคชันระบบนี้ ได้รับการพัฒนาเพื่อรองรับการค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับอาชีพโดยอ้างอิงจากข้อมูลค่าจ้างและตลาดแรงงาน โดยออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถป้อนตำแหน่งงานและรับข้อมูลเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณสมบัติที่ต้องการทราบค่าจ้าง และปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง องค์ประกอบของหน้าจอ ช่องค้นหาโดยผู้ใช้ป้อนชื่อตำแหน่งงาน เป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น เพื่อค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในฐานข้อมูลและปุ่ม



สำหรับการเลือกมี 3 ปุ่ม ปุ่มค้นหา (Search) ใช้สำหรับเรียกค้นข้อมูลตำแหน่งงานตามคำค้นหา และปุ่มวิเคราะห์ (Analyze) ใช้สำหรับดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับตำแหน่งงาน ปุ่มล้างข้อมูล (Clear) ใช้สำหรับล้างค่าที่ป้อนและผลลัพธ์ที่แสดงในหน้าจอ



ภาพที่ 4-6 หน้าจอการแสดงผลสำหรับกรอกข้อมูลลักษณะงานในการพยากรณ์

หน้าจอแสดงตำแหน่งงาน (Jobs Position) โดยมีตารางที่แสดงข้อมูลเกี่ยวกับประเทศ คุณวุฒิ ตำแหน่งงาน ประเภทงานและระดับตำแหน่งงาน พร้อมปุ่ม Select สำหรับเลือกตำแหน่งงานที่ต้องการดูรายละเอียดเพิ่มเติม ระบบรองรับการค้นหาและการกรองข้อมูล เพื่อให้ผู้ใช้สามารถค้นหาตำแหน่งงานที่ตรงกับความต้องการได้ง่ายขึ้น องค์ประกอบของหน้าจอ การตั้งค่าจำนวนรายการต่อหน้า ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนรายการที่ต้องการแสดงต่อหน้า เช่น 10, 25, 50 รายการ

| 10 | entries per page      | Search: <input type="text"/>   |                         |           |              |                          |
|----|-----------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------|--------------|--------------------------|
| #  | Country               | Qualifications                 | Job Role                | Work Type | Job Level    | Option                   |
| 1  | Sao Tome and Principe | Master - Commerce & Business   | User Interface Designer | Contract  | Professional | <input type="checkbox"/> |
| 2  | Maldives              | Bachelor - Commerce & Business | Interaction Designer    | Temporary | Professional | <input type="checkbox"/> |
| 3  | Paraguay              | Bachelor - Commerce & Business | Front-End Developer     | Intern    | Professional | <input type="checkbox"/> |

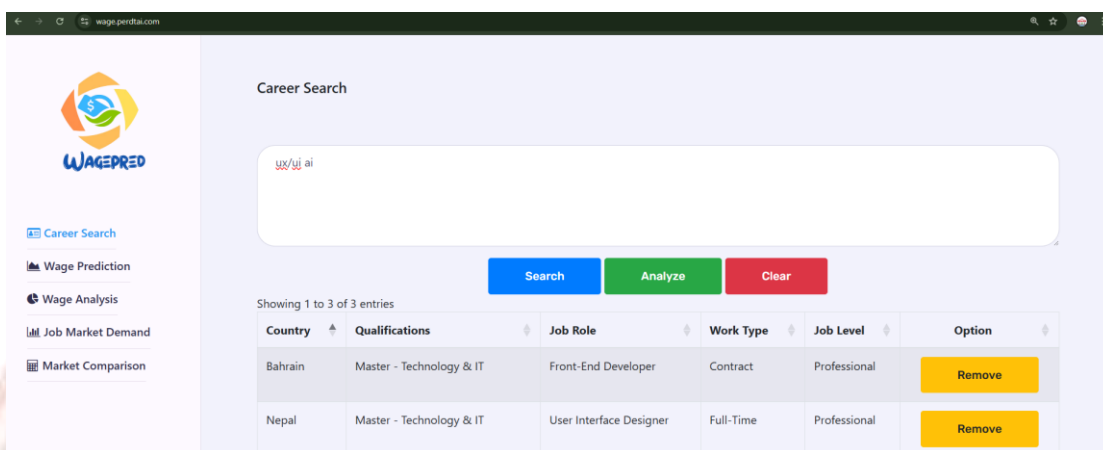
Showing 1 to 10 of 1,000 entries

1 2 3 4 5 ... 100

Select Close

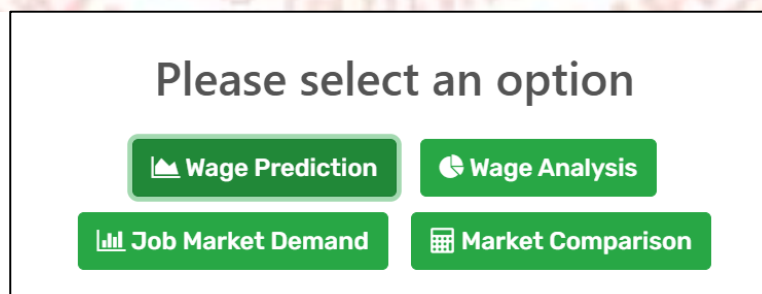
ภาพที่ 4-7 หน้าจอการแสดงผลสำหรับเลือกตำแหน่งงาน

หน้าจอนี้จะโชว์ผลลัพธ์ของข้อมูลที่ได้ทำการค้นหาแล้ว โดยผู้ใช้สามารถกดปุ่ม Remove เพื่อนำรายการบางตำแหน่งออกได้ และถ้าผู้ใช้ต้องการวิเคราะห์กดปุ่ม Analyze



ภาพที่ 4-8 หน้าจอการแสดงผลตำแหน่งงานที่เลือกเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

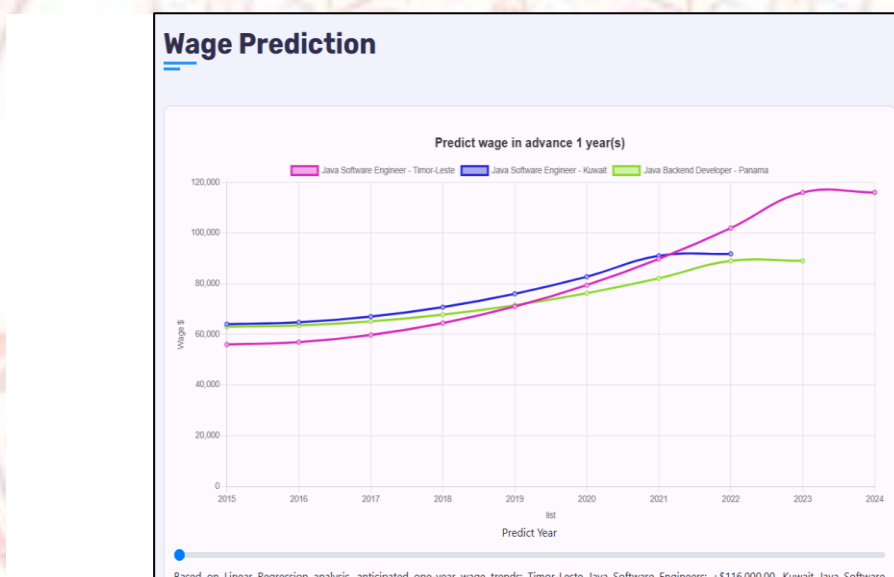
หน้าจอสำหรับเข้าสู่เมนูในการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากกดปุ่ม Analyze ระบบจะแสดงหน้าต่างป๊อปอัพ (Popup) พร้อมการวิเคราะห์ ดังนี้ การพยากรณ์ค่าจ้างใช้ในการทำนายค่าจ้างของตำแหน่งงานในอนาคต การวิเคราะห์ค่าจ้าง วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจ้างแนวโน้มความต้องการแรงงาน ตรวจสอบแนวโน้มของตลาดแรงงานว่าตำแหน่งงานนี้มีความต้องการสูงหรือต่ำ การเปรียบเทียบตลาดแรงงาน เปรียบเทียบค่าจ้างและแนวโน้มแรงงานในแต่ละประเทศหรืออุตสาหกรรมโดยมีปุ่มพร้อมทั้งให้ทางเลือกในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับค่าจ้างแนวโน้มตลาดแรงงาน และการเปรียบเทียบค่าจ้างในแต่ละพื้นที่



ภาพที่ 4-9 หน้าจอการแสดงผลสำหรับเลือกเมนูเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

หน้าจอรพยากรณ์ค่าจ้าง (Salary Forecast) ออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถคาดการณ์แนวโน้มค่าจ้างของตำแหน่งงานต่างๆ ในอนาคตข้อมูลในอดีตและแบบจำลองทางสถิติเพื่อสร้างเส้นแนวโน้มของค่าจ้างที่เป็นไปได้ในระยะยาว

จากตัวอย่างเป็นกราฟแสดง แนวโน้มค่าจ้างล่วงหน้า 12 ปี สำหรับตำแหน่งงานที่กำหนด โดยเส้นสีเหลืองเป็นการแสดงค่าจ้างที่คาดการณ์สำหรับตำแหน่ง Graphic Designer ในประเทศไทย เส้นสีม่วงจะแสดงค่าจ้างที่คาดการณ์สำหรับตำแหน่ง Web Developer ในประเทศไทย และมืองค์ประกอบของแกน X (Predict Year) แสดงปีที่ใช้ในการพยากรณ์ ค.ศ. 2013 - 2035 และ แกน Y (Salary \$) แสดงค่าจ้างที่คาดการณ์ หน่วยเป็นดอลลาร์สหรัฐ ตัวเลื่อนเลือกปีผู้ใช้สามารถเลื่อนตัวเลื่อนเพื่อกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการดูการพยากรณ์ค่าจ้าง



ภาพที่ 4-10 หน้าจอการแสดงผลการพยากรณ์ค่าจ้าง

หน้าจอสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้างตามปัจจัยต่าง ๆ ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มค่าจ้างตามตำแหน่งงาน โดยระบบนำเสนอข้อมูลเชิงลึกผ่าน กราฟสถิติ 4 รูปแบบ ซึ่งช่วยให้เข้าใจโครงสร้างค่าจ้างในตลาดแรงงานได้อย่างชัดเจน ดังนี้:

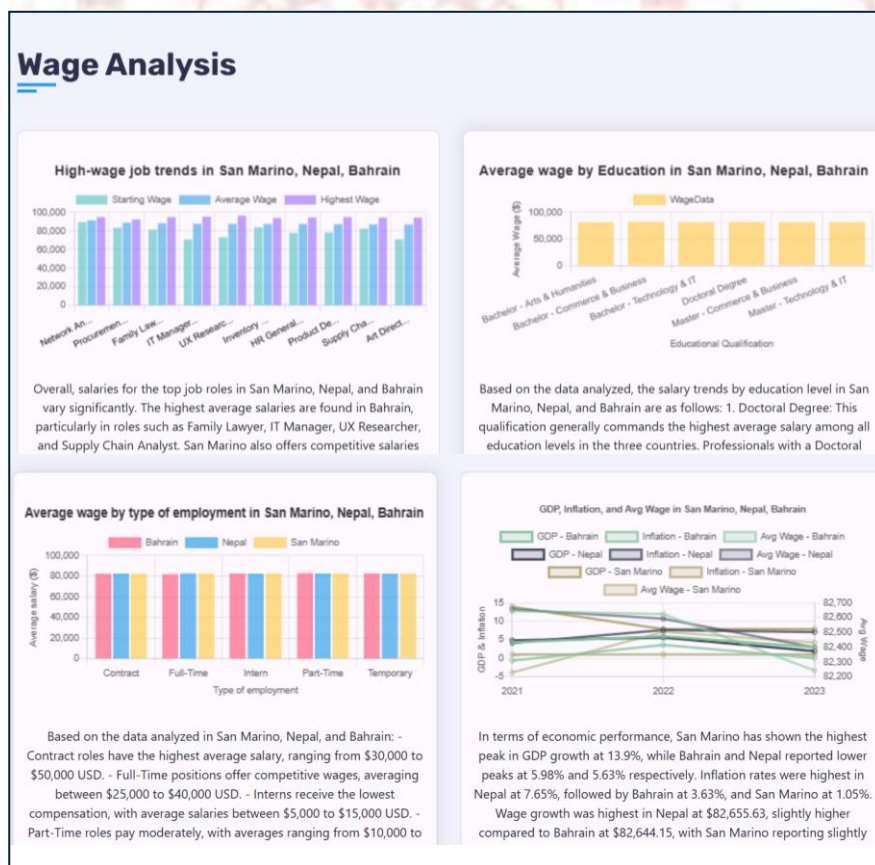
กราฟแนวโน้มตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในประเทศแสดงค่าจ้างเริ่มต้น ค่าจ้างเฉลี่ย และค่าจ้างสูงสุดของแต่ละอาชีพ โดยพบว่าอาชีพด้านเทคโนโลยีมีแนวโน้มค่าจ้างเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง



กราฟค่าจ้างเฉลี่ยตามระดับการศึกษาในแต่ละประเทศเปรียบเทียบค่าจ้างเฉลี่ยของแต่ละระดับการศึกษา เพื่อสะท้อนผลตอบแทนจากการศึกษา และช่วยให้แรงงานมองเห็นความคุ้มค่าของการลงทุนด้านการศึกษา

กราฟค่าจ้างเฉลี่ยตามประเภทของการจ้างงานแสดงค่าจ้างในแต่ละรูปแบบของการจ้างงาน และเปรียบเทียบระหว่างสองประเทศ เพื่อให้เห็นแนวโน้มที่แตกต่างกันระหว่างประเภทงาน

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ และค่าจ้างเฉลี่ยแสดงความเชื่อมโยงระหว่างค่าจ้างเฉลี่ยกับปัจจัยเศรษฐกิจในแต่ละประเทศ โดยระบบดึงข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อมาเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ว่าปัจจัยทางเศรษฐกิจที่ส่งผลต่อค่าจ้าง



ภาพที่ 4-11 หน้าจอการแสดงผลหน้าเว็บสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้าง

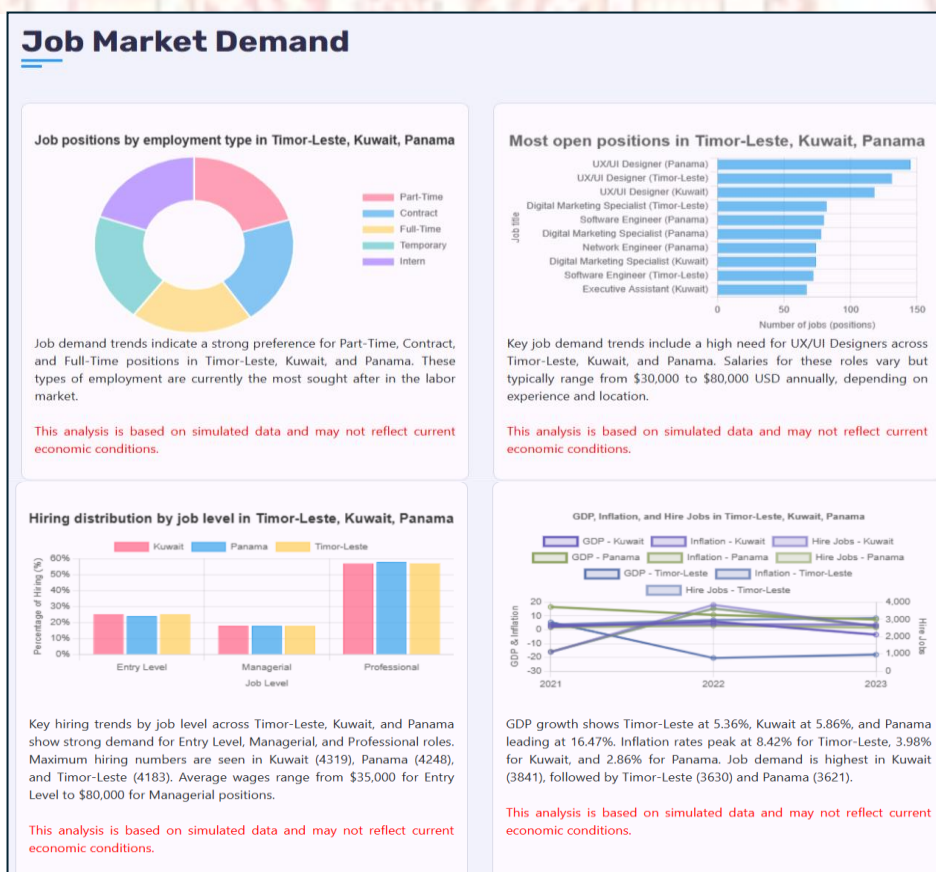
ระบบนี้ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์และแสดงแนวโน้มความต้องการแรงงานในตำแหน่งต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลจากตลาดแรงงานจริง นำเสนอผลลัพธ์ผ่านกราฟและแผนภูมิเพื่อให้ผู้ใช้งานเห็นภาพรวม

กราฟจำนวนตำแหน่งงานตามประเภทการจ้างงานแสดงสัดส่วนตำแหน่งงานที่เปิดรับสมัครในรูปแบบการจ้างงานต่างๆ เช่น งานประจำ งานสัญญาจ้าง หรือพาร์ทไทม์ ช่วยให้แรงงานเลือกประเภทการจ้างงานที่เหมาะสม และให้นายจ้างปรับกลยุทธ์ให้สอดคล้องกับความต้องการตลาด

กราฟตำแหน่งงานที่มีการเปิดรับมากที่สุดแสดงตำแหน่งงานที่ตลาดต้องการสูงสุด โดยใช้ข้อมูลจากแพลตฟอร์มประกาศงาน ช่วยให้แรงงานวางแผนพัฒนาทักษะให้ตรงกับความต้องการของตลาด

กราฟการกระจายตำแหน่งงานตามระดับตำแหน่งแสดงสัดส่วนของตำแหน่งในแต่ละระดับ เช่น ระดับปฏิบัติการ ผู้เชี่ยวชาญ และผู้จัดการ เพื่อให้แรงงานวางแผนเส้นทางอาชีพ และให้นายจ้างกำหนดกลยุทธ์การสรรหาที่เหมาะสม

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อและอัตราการจ้างงาน แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทางเศรษฐกิจกับการจ้างงานในแต่ละประเทศ ช่วยให้นักวิเคราะห์แรงงานและนักเศรษฐศาสตร์เข้าใจผลกระทบของเศรษฐกิจต่อโอกาสการจ้างงาน



ภาพที่ 4-12 หน้าจอการแสดงผลการวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการแรงงาน

หน้าจอนี้ออกแบบมาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถศึกษาความต้องการแรงงานในระดับตำแหน่งงานหรือประเทศต่าง ๆ โดยเน้นการนำเสนอข้อมูลค่าจ้าง แนวโน้มการจ้างงาน การกระจายระดับตำแหน่งและความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจและตลาดแรงงาน แบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้:

การเปรียบเทียบตำแหน่งค่าจ้าง แสดงกราฟแท่งแนวนอนเพื่อเปรียบเทียบค่าจ้างสูงสุดในแต่ละประเทศ โดยอิงจากข้อมูลค่าจ้างในอุตสาหกรรมต่างๆ ผู้ใช้สามารถใช้ข้อมูลนี้ในการตัดสินใจสมัครงานหรือวางนโยบายค่าจ้าง

แนวโน้มการจ้างงาน แสดงจำนวนตำแหน่งงานที่เปิดรับมากที่สุดในแต่ละประเทศ โดยใช้ข้อมูลจากแพลตฟอร์มประกาศงาน เพื่อช่วยในการประเมินโอกาสทางอาชีพและแนวโน้มตลาดแรงงาน

การกระจายระดับตำแหน่งงาน แสดงสัดส่วนของตำแหน่งงานตามระดับความเชี่ยวชาญ เช่น ระดับต้น กลาง และสูง เพื่อใช้วางแผนพัฒนาเส้นทางอาชีพของแรงงาน

ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและการจ้างงาน (GDP Growth vs Hire Jobs) แสดงกราฟเปรียบเทียบอัตราการเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ (%) กับจำนวนตำแหน่งงานที่เปิดรับ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของเศรษฐกิจต่อการจ้างงาน



ภาพที่ 4-13 หน้าจอการแสดงผลการเปรียบเทียบตลาดแรงงาน



จากการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับพยากรณ์ตำแหน่งงาน พบว่าแบบจำลองป่าการสุ่มให้ผลลัพธ์แม่นยำสูงสุด โดยมีความแม่นยำร้อยละ 90.00 แสดงถึงประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลที่ซับซ้อนได้ดี ผู้ใช้สามารถค้นหาตำแหน่งงานที่ตรงกับคุณสมบัติได้อย่างรวดเร็ว โดยระบบแสดงผลตามแบบจำลองที่แม่นยำที่สุด ช่วยลดข้อจำกัดในการค้นหาและเพิ่มประสิทธิภาพในการจับคู่งานกับผู้สมัคร ส่งผลให้กระบวนการสรรหามีความแม่นยำด้วยการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

#### 4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน

4.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบแอลฟา การทดสอบประสิทธิภาพในขั้นตอนนี้เป็นการทดสอบเว็บแอปพลิเคชันเบื้องต้นแบบแอลฟา เพื่อประเมินความถูกต้องและความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาในการพยากรณ์ค่าแรง โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาและแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้น

ผลการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ 4-11 ซึ่งแสดงถึงผลลัพธ์ของระบบเมื่อผ่านเงื่อนไขการประเมินต่างๆ ความถูกต้องของข้อมูลที่ประมวลผล ความสมบูรณ์ของการพยากรณ์ ความแม่นยำในการแสดงผล และความสอดคล้องกับเป้าหมายการใช้งาน

ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบแอลฟาเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบให้มีความเสถียรและรองรับการใช้งานในระดับที่สูงขึ้นต่อไป เช่น การทดสอบในสถานการณ์ใช้งานจริง การทดสอบเบตา (Beta Test)

**ตารางที่ 4-11** ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องแบบแอลฟา

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                     | ผ่าน | ไม่ผ่าน |
|------------------------------------------------------------|------|---------|
| 1. การนำเสนอข้อมูลรูปแบบกราฟ                               | ✓    | -       |
| 2. มีการจัดเรียงกราฟของแต่ละหมวดหมู่ได้ถูกต้อง             | ✓    | -       |
| 3. มีการแสดงกราฟได้ตรงตามหัวข้อที่นำมาวิเคราะห์            | ✓    | -       |
| 4. มีการกำหนดชื่อเรื่องหมวดหมู่ที่ถูกต้อง                  | ✓    | -       |
| 5. มีการกำหนดตัวกรอง การเรียงข้อมูล                        | ✓    | -       |
| 6. มีการป้องกันโจมตีฐานข้อมูล                              | ✓    | -       |
| 7. มีการกำหนดรหัสสถานะเอสทีทีพี (HTTP Status Codes)        | ✓    | -       |
| 8. มีการป้องกันการระบุชุดคำสั่งผ่านทางคำร้องยูอาร์ไอ (URI) | ✓    | -       |
| 9. มีการตรวจสอบความถูกต้องรูปแบบโครงสร้างเจสัน (JSON)      | ✓    | -       |
| 10. มีการแจ้งข้อความกรณีเกิดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น         | ✓    | -       |

ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบในขั้นตอนแอลฟา โดยใช้รายการตรวจสอบ 10 รายการ ซึ่งครอบคลุมด้านการแสดงผล การจัดการข้อมูล ความถูกต้อง ความปลอดภัย และการป้องกันข้อผิดพลาด พบว่าระบบผ่านเกณฑ์ครบทุกข้อ แสดงถึงความพร้อมสำหรับการใช้งานในขั้นตอนถัดไป

4.3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

การทดสอบการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนาขึ้นนั้น ใช้วิธีการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแบบแบล็คบ็อกซ์ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์จำนวน 5 ท่าน โดยแบ่งหัวข้อการทดสอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน (Functional Test) และด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน (Usability Test)

ตารางที่ 4-12 ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ

| รายการของ<br>แบบประเมิน | รายละเอียดของรายการประเมิน | จำนวนที่คนตอบ<br>แบบประเมิน | คิดเป็นร้อยละ |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| เพศ                     | ชาย                        | 3                           | 60.00         |
|                         | หญิง                       | 2                           | 40.00         |
|                         | รวม                        | 5                           | 100           |
| อายุ                    | น้อยกว่า 20 ปี             | -                           | -             |
|                         | 20-30 ปี                   | 2                           | 40.00         |
|                         | 31- 40 ปี                  | 1                           | 20.00         |
|                         | 41 - 50 ปี                 | 1                           | 20.00         |
|                         | 51 - 60 ปี                 | 1                           | 20.00         |
|                         | มากกว่า 60 ปี              | -                           | -             |
|                         | รวม                        | 5                           | 100           |
| การศึกษา                | ต่ำกว่าปริญญาตรี           | -                           | -             |
|                         | ปริญญาตรี                  | -                           | -             |
|                         | ปริญญาโท                   | 5                           | 100           |
|                         | ปริญญาเอก                  | -                           | -             |
|                         | รวม                        | 5                           | 100           |

ตารางที่ 4-12 (ต่อ)

| รายการของ<br>แบบประเมิน | รายละเอียดของรายการประเมิน   | จำนวนที่คนตอบ<br>แบบประเมิน | คิดเป็นร้อยละ |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|
| จำนวน<br>ประสบการณ์     | น้อยกว่า 1 ปี                | -                           | -             |
|                         | ระหว่าง 1-5 ปี               | 2                           | 40            |
|                         | ระหว่าง 6-10 ปี              | 1                           | 20            |
|                         | ระหว่าง 11-15 ปี             | -                           | -             |
|                         | ระหว่าง 16-20 ปี             | 1                           | 20            |
|                         | มากกว่า 20 ปี                | 1                           | 20            |
|                         | รวม                          | 5                           | 100           |
| อาชีพ                   | ภาครัฐ (ราชการ, รัฐวิสาหกิจ) | 1                           | 20            |
|                         | ภาคเอกชน                     | 4                           | 80            |
|                         | อาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว     | -                           | -             |
|                         | นักศึกษา                     | -                           | -             |
|                         | ไม่ได้ประกอบอาชีพ            | -                           | -             |
|                         | รวม                          | 5                           | 100           |

จากตารางที่ 4-12 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ตอบแบบสอบถามออนไลน์ในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และเพศหญิง จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00

ด้านช่วงอายุ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20-30 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 31-40 ปี, 41-50 ปี และ 51-60 ปี ซึ่งมีจำนวนเท่ากัน คือกลุ่มละ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

ด้านวุฒิการศึกษา พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดมีระดับการศึกษาระดับปริญญาโท จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 100

สำหรับประสบการณ์ในการทำงาน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประสบการณ์ 1-5 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00 ส่วนกลุ่มที่มีประสบการณ์ 6-10 ปี, 16-20 ปี และมากกว่า 20 ปี มีจำนวนเท่ากัน กลุ่มละ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00

ในด้านอาชีพ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ประกอบอาชีพในภาคเอกชน จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 และในภาครัฐ/รัฐวิสาหกิจ จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00



ตารางที่ 4-13 การแจกแจงข้อมูลความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีและค่าสถิติเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญ

| รายการของ<br>แบบประเมิน             | รายละเอียดของรายการประเมิน                          | จำนวนที่คนตอบ<br>แบบประเมิน | คิดเป็นร้อยละ |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|
| ทักษะ                               | Testing graphic database                            | 1                           | 20            |
|                                     | Data Analysis, Programming ,<br>Database            | 1                           | 20            |
|                                     | Data mining and chatbot                             | 1                           | 20            |
|                                     | การทดสอบระบบและการวิเคราะห์<br>ความต้องการทางธุรกิจ | 1                           | 20            |
|                                     | IT Technology                                       | 1                           | 20            |
|                                     | รวม                                                 | 5                           | 100           |
| ความคาดหวัง<br>การพยากรณ์<br>ค่าแรง | ความแม่นยำของผลการพยากรณ์                           | 4                           | 80            |
|                                     | ความง่ายในการใช้งาน                                 | 1                           | 20            |
|                                     | การเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์                        | -                           | -             |
|                                     | รวม                                                 | 5                           | 100           |

จากตารางที่ 4-13 การวิเคราะห์ผลการตอบแบบสอบถาม พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละกลุ่มความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีจำนวนเท่ากัน คือ กลุ่มละ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความหลากหลายทางทักษะที่ครอบคลุมทั้งด้านการทดสอบระบบ การวิเคราะห์ข้อมูล การพัฒนาแชทบอท และเทคโนโลยีสารสนเทศอื่นๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความต้องการของผู้ใช้งานจากหลายมุมมอง

ด้านความคาดหวังในการพยากรณ์ค่าแรง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับความแม่นยำของผลการพยากรณ์มากที่สุด จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 ขณะที่ปัจจัยด้านความง่ายในการใช้งานได้รับความสำคัญรองลงมา จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 โดยผู้ใช้งานให้ความสำคัญต่อความถูกต้องของระบบเป็นหลัก ยังคงมีความต้องการให้ระบบสามารถใช้งานได้ง่ายและไม่ซับซ้อนเพื่อรองรับผู้ใช้ที่มีความหลากหลายในประสบการณ์

**ตารางที่ 4-14** ผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                                      | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                                                                             | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความสามารถของระบบสารสนเทศในการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ภาษาธรรมชาติ (NLP) | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 2 ความสามารถของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน                                                                         | 4.40           | 0.80 | มาก       |
| 3 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)                     | 3.60           | 0.49 | มาก       |
| 4 ความสามารถของระบบสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูล                                                                             | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 5 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลรูปแบบกราฟ                                                                                | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 6 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงเงินเดือนเฉลี่ยตามเพศและระดับการศึกษาได้                                                        | 4.20           | 0.40 | มาก       |
| 7 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง                                                         | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 8 ความสามารถระบบสารสนเทศระบุตำแหน่งงานที่มีความต้องการมากที่สุดในแต่ละประเทศ                                                | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 9 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบตลาดแรงงานในแต่ละประเทศ                                                             | 3.80           | 0.75 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                                                                              | 4.10           | 0.71 | มาก       |

จากตารางที่ 4-14 จากผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน พบว่าระบบสารสนเทศมีระดับประสิทธิภาพโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.71 ผู้ใช้งานให้คะแนนสูงในด้านความสามารถของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้นได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 3.60 อยู่ในระดับมาก แต่ยังมีแนวโน้มที่ควรพัฒนาเพิ่มเติมในด้านความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์

**ตารางที่ 4-15** ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบสารสนเทศโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการทำงานได้  
ตามฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                                       | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                                                                              | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ภาษาธรรมชาติ (NLP) | 3.80           | 0.40 | มาก       |
| 2. ความถูกต้องของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน                                                                        | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 3. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)                 | 3.40           | 0.49 | ปานกลาง   |
| 4. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูล                                                                            | 3.80           | 0.75 | มาก       |
| 5. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลรูปแบบกราฟ                                                                            | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 6. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศแสดงเงินเดือนเฉลี่ยตามเพศและระดับการศึกษาได้                                                    | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 7. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง                                                     | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 8. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศระบุตำแหน่งงานที่มีความต้องการมากที่สุดในแต่ละประเทศ                                            | 4.20           | 0.75 | มาก       |
| 9. ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบตลาดแรงงานในแต่ละประเทศ                                                         | 4.00           | 0.75 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                                                                               | 3.95           | 0.75 | มาก       |

จากตารางที่ 4-15 พบว่าเว็บแอปพลิเคชันสามารถทำงานได้ตามฟังก์ชันที่กำหนดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 อยู่ในระดับ มาก ด้านที่มีประสิทธิภาพเด่น ได้แก่ ความถูกต้องของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน ความถูกต้องของระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลรูปแบบกราฟและความถูกต้องของระบบสารสนเทศ ระบุตำแหน่งงานที่มีความต้องการมากที่สุดในแต่ละประเทศในระดับ มาก ยกเว้นความถูกต้องของระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น ซึ่งอยู่ในระดับ ปานกลาง ผลลัพธ์สะท้อนว่าระบบมีความพร้อม ในการสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ตารางที่ 4-16 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

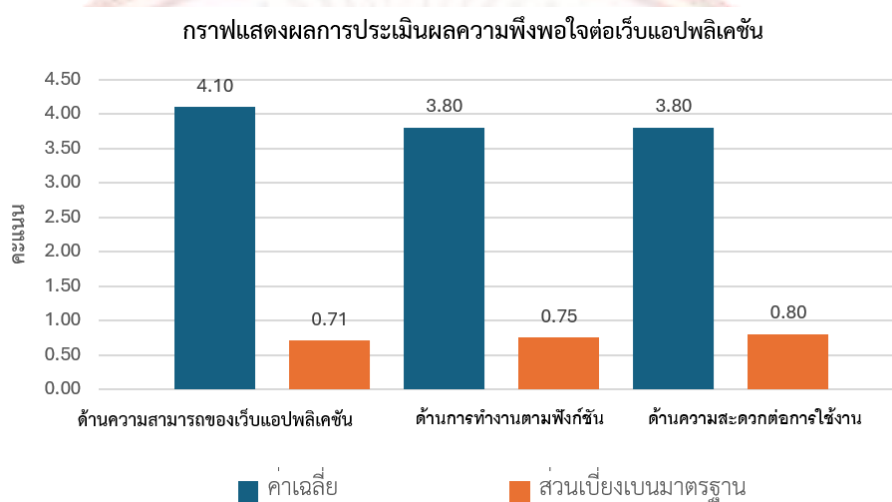
| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                  | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                         | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความเหมาะสมของขนาดสัญลักษณ์ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่าย                  | 3.80           | 0.98 | มาก       |
| 2. ความเหมาะสมของระบบมีส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ออกแบบให้เป็นมิตรต่อผู้ใช้ | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 3. การจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอมีความเป็นระเบียบ                        | 3.80           | 0.75 | มาก       |
| 4. ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรในการแสดงผลการทำงาน                        | 3.80           | 0.75 | มาก       |
| 5. ความเหมาะสมของระบบในการนำเสนอข้อมูลให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย            | 4.00           | 0.89 | มาก       |
| 6. ความเหมาะสมของการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ                            | 3.40           | 0.80 | มาก       |
| 7. ความเหมาะสมของระบบในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น                       | 3.60           | 0.49 | มาก       |
| 8. การจัดกลุ่มเมนูและฟังก์ชันให้เหมาะสมกับลักษณะงานของผู้ใช้            | 4.00           | 0.63 | มาก       |
| 9. ความเหมาะสมขององค์ประกอบกราฟิก เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน              | 3.80           | 0.75 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                          | 3.80           | 0.80 | มาก       |

จากตารางที่ 4-16 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน พบว่าระบบมีความเหมาะสมโดยรวมในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80 รายการที่ได้คะแนนสูงได้แก่ ความเหมาะสมของระบบมีส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ออกแบบให้เป็นมิตรต่อผู้ใช้ ความเหมาะสมของระบบในการนำเสนอข้อมูลให้ชัดเจนและเข้าใจง่ายและการจัดกลุ่มเมนูและฟังก์ชันให้เหมาะสมกับลักษณะงานของผู้ใช้ ส่งผลให้ระบบสามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระเบียบ

ตารางที่ 4-17 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ด้าน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                     | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                            | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน | 4.10           | 0.71 | มาก       |
| 2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ            | 3.95           | 0.75 | มาก       |
| 3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ            | 3.80           | 0.80 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                             | 3.97           | 0.73 | มาก       |

จากตารางที่ 4-17 พบว่า ผลการทดสอบด้านความสามารถของระบบตามความต้องการผู้ใช้ และตามฟังก์ชันการทำงานมีค่าเฉลี่ย 4.10 และ 3.95 ตามลำดับ โดยมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 และ 0.75 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ขณะที่ด้านความสะดวกในการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 3.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80 อยู่ในระดับมากเช่นกัน โดยเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก ด้วยค่าเฉลี่ยรวม 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73



**ภาพที่ 4-14** กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.2.3 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้งาน

การทดสอบการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนาขึ้น ใช้วิธีการทดสอบประสิทธิภาพเว็บแอปพลิเคชันแบบแบล็คบ็อกซ์ โดยผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 ท่าน โดยแบ่งหัวข้อการทดสอบออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชันและด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานเว็บแอปพลิเคชัน

ตารางที่ 4-18 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานทั่วไป

| รายการของ<br>แบบประเมิน | รายละเอียดของรายการประเมิน   | จำนวนที่คนตอบ<br>แบบประเมิน | คิดเป็นร้อยละ |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|
| เพศ                     | ชาย                          | 18                          | 60.00         |
|                         | หญิง                         | 12                          | 40.00         |
|                         | รวม                          | 30                          | 100           |
| อายุ                    | น้อยกว่า 20 ปี               | -                           | -             |
|                         | 20-30 ปี                     | 9                           | 30.00         |
|                         | 31- 40 ปี                    | 19                          | 63.33         |
|                         | 41 - 50 ปี                   | 2                           | 6.66          |
|                         | 51 - 60 ปี                   | -                           | -             |
|                         | มากกว่า 60 ปี                | -                           | -             |
|                         | รวม                          | 30                          | 100           |
| การศึกษา                | ปริญญาตรี                    | 22                          | 73.33         |
|                         | ปริญญาโท                     | 5                           | 16.66         |
|                         | ปริญญาเอก                    | 1                           | 3.33          |
|                         | ต่ำกว่าปริญญาตรี             | 1                           | 3.33          |
|                         | ปวส.                         | 1                           | 3.33          |
|                         | รวม                          | 30                          | 100           |
| จำนวน<br>ประสบการณ์     | น้อยกว่า 1 ปี                | 2                           | 6.66          |
|                         | ระหว่าง 1-5 ปี               | 2                           | 6.66          |
|                         | ระหว่าง 6-10 ปี              | 19                          | 63.33         |
|                         | ระหว่าง 11-15 ปี             | 5                           | 16.67         |
|                         | ระหว่าง 16-20 ปี             | 1                           | 3.33          |
|                         | มากกว่า 20 ปี                | 1                           | 3.33          |
|                         | รวม                          | 30                          | 100           |
| อาชีพ                   | ภาครัฐ (ราชการ, รัฐวิสาหกิจ) | 13                          | 43.33         |
|                         | ภาคเอกชน                     | 10                          | 33.33         |
|                         | อาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว     | 5                           | 16.67         |
|                         | นักศึกษา                     | 1                           | 3.33          |



ตารางที่ 4-18 (ต่อ)

| รายการของ<br>แบบประเมิน                  | รายละเอียดของรายการประเมิน | จำนวนที่คนตอบ<br>แบบประเมิน | คิดเป็นร้อยละ |
|------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| อาชีพ                                    | ไม่ได้ประกอบอาชีพ          | 1                           | 3.33          |
|                                          | รวม                        | 30                          | 100           |
| ระยะเวลาที่<br>ทำงานใน<br>องค์กรปัจจุบัน | น้อยกว่า 1 ปี              | 7                           | 23.33         |
|                                          | 1-3 ปี                     | 4                           | 13.33         |
|                                          | 4-6 ปี                     | 6                           | 20            |
|                                          | 7-10 ปี                    | 9                           | 30            |
|                                          | มากกว่า 10 ปี              | 4                           | 13.33         |
|                                          | รวม                        | 30                          | 100           |

จากตารางที่ 4-18 แสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของผู้ใช้ทั่วไปที่ตอบแบบสอบถามออนไลน์ในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศชาย จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 60.00 และเพศหญิง จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 40.00

ด้านช่วงอายุ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31-40 ปี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 63.33 รองลงมาคือกลุ่มอายุ 20-30 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00

ด้านวุฒิการศึกษา ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี จำนวน 22 คน ร้อยละ 73.33 รองลงมาคือปริญญาโท 5 คน ร้อยละ 16.67 ส่วนระดับอื่นมีจำนวนน้อย ค่าเฉลี่ยระดับการศึกษาอยู่ที่ 2.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56

สำหรับประสบการณ์ในการทำงาน พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงประสบการณ์ 6-10 ปี จำนวน 19 คน ร้อยละ 63.33 รองลงมาคือกลุ่ม 11-15 ปี จำนวน 5 คน ร้อยละ 16.67 ส่วนกลุ่มอื่น ๆ มีสัดส่วนน้อยกว่าร้อยละ 7 โดยเฉพาะกลุ่มน้อยกว่า 1 ปี, 1-5 ปี, 16-20 ปี และมากกว่า 20 ปี ซึ่งอยู่ที่ร้อยละ 3.33-6.66 เท่ากันในแต่ละกลุ่ม

ด้านอาชีพพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ทำงานในภาครัฐมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43.33 รองลงมาคือภาคเอกชน ร้อยละ 33.33 และอาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 16.67 ขณะที่นักศึกษา และผู้ไม่ได้ประกอบอาชีพคิดเป็นร้อยละ 3.33 ต่อกลุ่ม

สำหรับระยะเวลาที่ทำงานในองค์กรปัจจุบัน พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่อยู่ในช่วงกลุ่มที่ทำงานในองค์กรปัจจุบันนาน 7-10 ปีมีจำนวนมากที่สุด 9 คน ร้อยละ 30.00 รองลงมาคือกลุ่มน้อย

กว่า 1 ปี 7 คน ร้อยละ 23.33 และ 4-6 ปี 6 คน ร้อยละ 20.00 ขณะที่กลุ่มมากกว่า 10 ปี และ 1-3 ปี มีจำนวนเท่ากันกลุ่มละ 4 คน ร้อยละ 13.33

**ตารางที่ 4-19** ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านการทำงาน  
ด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                  | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                                                         | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความสามารถในการแนะนำตำแหน่งงานของระบบสารสนเทศ                                                        | 4.17           | 0.73 | มาก       |
| 2. ความสามารถค้นหาลักษณะตำแหน่งงานในระบบสารสนเทศ                                                        | 4.20           | 0.79 | มาก       |
| 3. ความสามารถความแม่นยำของระบบสารสนเทศในการพยากรณ์                                                      | 4.07           | 0.73 | มาก       |
| 4. ความสามารถให้ข้อมูลเงินเดือนในอนาคตที่ช่วยในการเปรียบเทียบตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมของระบบสารสนเทศ | 4.13           | 0.72 | มาก       |
| 5. ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในแต่ละอุตสาหกรรม                           | 4.37           | 0.71 | มาก       |
| 6 ความสามารถระบบสารสนเทศของข้อมูลเกี่ยวกับเงินเดือนเฉลี่ยตามประเภทการจ้างงานช่วยให้ตัดสินใจเลือกอาชีพ   | 4.40           | 0.61 | มาก       |
| 7. ความสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวโน้มตำแหน่งงานในอนาคต                                                 | 4.27           | 0.68 | มาก       |
| 8. ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละประเทศ                                     | 4.27           | 0.63 | มาก       |
| 9. ความสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟ                                                                   | 4.27           | 0.81 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                                                          | 4.23           | 0.71 | มาก       |

จากตารางที่ 4-19 ผลการทดสอบโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการ พบว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 แสดงว่าระบบสามารถสนับสนุนการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รายการที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุด คือ ความสามารถในการระบุตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงที่สุดในแต่ละประเทศ 4.37 รองลงมาคือ การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับเงินเดือนเฉลี่ย 4.40 และการแสดงผลข้อมูลเชิงเปรียบเทียบในรูปแบบกราฟ 4.27)ระบบยังแสดงศักยภาพในการให้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจและการวางแผนอาชีพอย่างมีประสิทธิภาพ สะท้อนถึงความพร้อมในการนำไปใช้ในบริบทจริงได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 4-20 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บไซต์แอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านการทำงานได้  
ตามฟังก์ชันงานของเว็บไซต์แอปพลิเคชัน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                                                      | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                                                             | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความถูกต้องในการแนะนำตำแหน่งงานของระบบสารสนเทศ                                                           | 4.20           | 0.70 | มาก       |
| 2. ความถูกต้องการค้นหาลักษณะตำแหน่งงานในระบบสารสนเทศ                                                        | 4.13           | 0.72 | มาก       |
| 3. ระบบสารสนเทศมีความแม่นยำในการพยากรณ์เงินเดือนได้อย่างถูกต้อง                                             | 4.03           | 0.75 | มาก       |
| 4. ระบบสารสนเทศให้ข้อมูลเงินเดือนในอนาคตที่ช่วยในการเปรียบเทียบตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง   | 4.17           | 0.69 | มาก       |
| 5. ระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในแต่ละอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง                          | 4.27           | 0.68 | มาก       |
| 6. ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลค่าจ้างที่สะท้อนถึงสถานการณ์ตลาดแรงงานปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง                      | 4.17           | 0.73 | มาก       |
| 7. ระบบสารสนเทศของข้อมูลเกี่ยวกับเงินเดือนเฉลี่ยตามประเภทการจ้างงานช่วยให้ตัดสินใจเลือกอาชีพได้อย่างถูกต้อง | 4.43           | 0.56 | มาก       |
| 8. ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละประเทศได้อย่างถูกต้อง                          | 4.30           | 0.64 | มาก       |
| 9. ความสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟได้อย่างถูกต้อง                                                        | 4.23           | 0.67 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                                                              | 4.21           | 0.69 | มาก       |

จากตารางที่ 4-20 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ พบว่าผู้เชี่ยวชาญประเมินอยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 4.21 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69 รายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ความสามารถในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละประเทศ มีค่าเฉลี่ย 4.30 รองลงมาคือการแสดงข้อมูลเงินเดือนเฉลี่ยตามประเทศเพื่อการเลือกอาชีพ มีค่าเฉลี่ย 4.43 และการแสดงข้อมูลตำแหน่งงานที่มีค่าแรงสูง ในแต่ละอุตสาหกรรม มีค่าเฉลี่ย 4.27 แสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ในการวิเคราะห์และตัดสินใจเกี่ยวกับตำแหน่งงานและรายได้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ตารางที่ 4-21 ผลการประเมินความพึงพอใจเว็บไซต์แอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไปด้านความสะดวกและ  
ง่ายต่อการใช้งานเว็บไซต์แอปพลิเคชัน

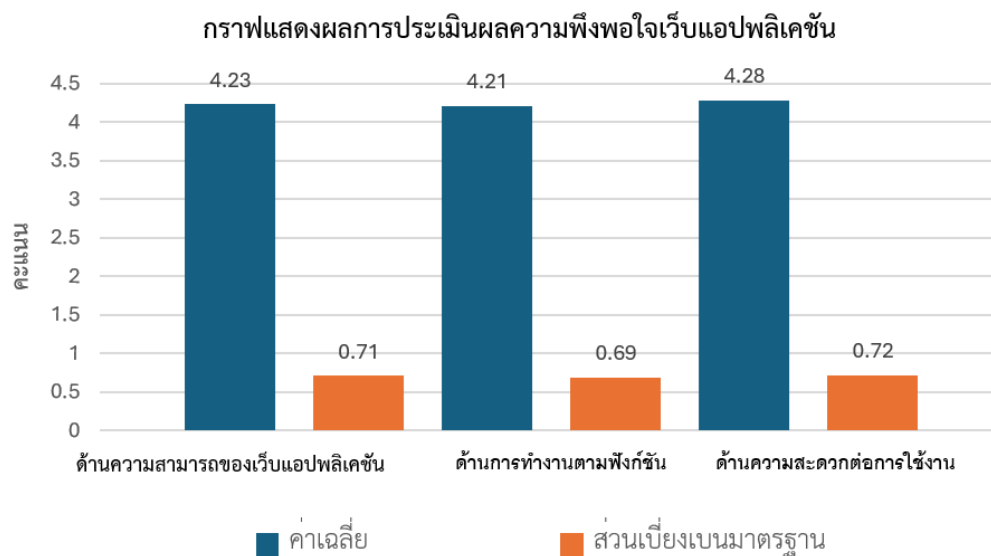
| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                                            | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                                                   | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ความเหมาะสมการออกแบบสีของระบบสารสนเทศ                                          | 4.10           | 0.98 | มาก       |
| 2. ความเหมาะสมการออกแบบหน้าเว็บไซต์ของระบบสารสนเทศ                                | 4.13           | 0.81 | มาก       |
| 3. ความเหมาะสมระบบสารสนเทศมีปุ่มและคำสั่งที่สื่อความหมายชัดเจน                    | 4.37           | 0.66 | มาก       |
| 4. ความเหมาะสมระบบสารสนเทศสามารถปรับการแสดงผลให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน    | 4.27           | 0.68 | มาก       |
| 5. ความง่ายในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ                                             | 4.30           | 0.69 | มาก       |
| 6. ความเหมาะสมระบบสารสนเทศที่มีการเข้าถึงเมนูการใช้งานได้ง่าย                     | 4.47           | 0.56 | มาก       |
| 7. การเปลี่ยนแปลงระหว่างหน้าเมนูหรือหน้าจอต่างๆ ของระบบมีความลื่นไหลและไม่ซับซ้อน | 4.40           | 0.61 | มาก       |
| 8. ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดการหยุดชะงัก                         | 4.27           | 0.68 | มาก       |
| 9. ระบบสารสนเทศสามารถโหลดหน้าเว็บหรือแอปพลิเคชันได้รวดเร็ว                        | 4.20           | 0.65 | มาก       |
| 10. ระบบสารสนเทศความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานภาพรวม                                | 4.37           | 0.66 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                                                    | 4.28           | 0.72 | มาก       |

จากตารางที่ 4-21 ผลการทดสอบโดยผู้ใช้งานทั่วไปพบว่า ประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบของระบบอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวม 4.28 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 โดยรายการที่ได้คะแนนสูงสุดคือ ความสะดวกในการใช้งานค่าเฉลี่ย 4.47 และความชัดเจนของเนื้อหาผ่านสัญลักษณ์และสี ค่าเฉลี่ย 4.37 ระบบสามารถปรับแสดงผลได้เหมาะสมกับอุปกรณ์

ตารางที่ 4-22 สรุปผลการทดสอบประเมินความพึงพอใจเว็บไซต์แอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไป 3 ด้าน

| รายการทดสอบประสิทธิภาพ                                     | ผลการวิเคราะห์ |      |           |
|------------------------------------------------------------|----------------|------|-----------|
|                                                            | $\bar{X}$      | S.D. | อภิปรายผล |
| 1. ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน | 4.23           | 0.71 | มาก       |
| 2. ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ            | 4.21           | 0.69 | มาก       |
| 3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ            | 4.28           | 0.72 | มาก       |
| ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยภาพรวม                             | 4.24           | 0.71 | มาก       |

จากตารางที่ 4-22 พบว่าเว็บแอปพลิเคชันมีค่าเฉลี่ยด้านความสามารถตามความต้องการผู้ใช้ เท่ากับ 4.23 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ด้านความสะดวกในการใช้งาน 4.28 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.72 คะแนน และด้านการทำงานตามฟังก์ชัน 4.21 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69 ซึ่งทุกด้านอยู่ในระดับมาก



ภาพที่ 4-15 กราฟแสดงผลการประเมินความพึงพอใจเว็บแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้งานทั่วไป

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะการวิจัย

#### 5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการพยากรณ์ค่าแรงโดยอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่องและเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง พบข้อจำกัดที่สำคัญหลายประการ การใช้ข้อมูลย้อนหลังที่ล่าช้า การขาดการบูรณาการตัวแปรด้านเศรษฐกิจมหภาค อัตราเงินเฟ้อ อัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ และแนวโน้มของตลาดแรงงาน อีกทั้งยังขาดความหลากหลายของข้อมูลในเชิงพื้นที่หรือข้ามอุตสาหกรรม ทำให้ผลการพยากรณ์ไม่สามารถสะท้อนความเป็นจริงในบริบทที่แตกต่างกันได้อย่างเพียงพอ นอกจากนี้ หลายงานวิจัยยังคงใช้แบบจำลองพื้นฐาน เช่น การถดถอยเชิงเส้น ปาการสุ่มและต้นไม้ตัดสินใจ โดยยังไม่ได้้นำแบบจำลองขั้นสูง เช่น แบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสติ้ง หรือวิธีการปรับแต่งแบบขั้นสูงเข้ามาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

จากข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ และพัฒนาแนวทางการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง และนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างเว็บแอปพลิเคชันสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้างแรงงานอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งเพิ่มตัวแปรเชิงคุณภาพและตัวแปรทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของตลาดแรงงาน เพื่อสะท้อนแนวโน้มค่าจ้างในหลากหลายมิติได้อย่างครอบคลุม นอกจากนี้ยังได้ออกแบบระบบให้รองรับการใช้งานในลักษณะโต้ตอบ เพื่อแสดงผลการพยากรณ์และทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองในสภาพแวดล้อมการใช้งานจริง

ผลการค้นคว้าอิสระครั้งนี้พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถพยากรณ์ค่าแรงในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำ และมีค่าความแม่นยำที่สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองพื้นฐาน ทั้งนี้ การนำปัจจัยเศรษฐกิจมหภาค ทักษะเฉพาะทาง และข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างอุตสาหกรรมเข้ามาเป็นส่วนประกอบในกระบวนการเรียนรู้ของแบบจำลอง ส่งผลให้การพยากรณ์มีความสมจริงและมีศักยภาพต่อการนำไปใช้งานในเชิงนโยบายหรือการวางแผนทรัพยากรบุคคลในระดับองค์กรได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถสรุปผลการค้นคว้าอิสระได้ดังนี้

5.1.1 สรุปและอภิปรายรายงานผลของการพยากรณ์ค่าแรงโดยอาศัยข้อมูลอนุกรมเวลาและการเรียนรู้ของเครื่อง

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทางสถิติและแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน และการจำแนกระดับตำแหน่งงานในตลาดแรงงาน โดยได้ดำเนินการเปรียบเทียบแบบจำลองหลากหลายรูปแบบ อาทิ แบบจำลองเชิงเส้น



แบบจำลองการทำให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล และแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง ได้แก่ ต้นไม้ตัดสินใจ เนอรัลเน็ต ป่าแบบสุ่ม และเอกซ์ตรีมบูสตั๋ง เพื่อค้นหาแนวทางที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการวิเคราะห์ข้อมูลแรงงานผลการวิเคราะห์ในด้านการพยากรณ์ค่าจ้าง พบว่าแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นมีความแม่นยำสูงสุด ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสองมีค่าเท่ากับ 0 และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดมีค่าเท่ากับ 1 เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์แนวโน้มระยะยาว ขณะที่แบบจำลองการทำให้เรียบเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล แม้มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงกว่า แต่เหมาะสมกับการพยากรณ์ ในระยะสั้น ในการพยากรณ์ตัวแปรทางเศรษฐกิจ เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ พบว่าแบบจำลองทั้งสองมีข้อจำกัดในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูล ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดไม่เกิน 0.15

สำหรับการจำแนกระดับตำแหน่งงาน พบว่าแบบจำลองป่าการสุ่มมีประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยให้ค่าความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 89.00 และสามารถจำแนกตำแหน่งระดับผู้จัดการได้อย่างแม่นยำที่สุด ค่าคะแนนเอฟหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0.91 รองลงมาคือแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั๋ง ให้ค่าความแม่นยำร้อยละ 85.00 ขณะที่แบบจำลองเนอรัลเน็ตมีค่าความแม่นยำต่ำสุดที่ร้อยละ 48.00 เนื่องจากข้อจำกัดของสมมติฐานว่าคุณลักษณะของข้อมูลเป็นอิสระต่อกัน

จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ใช้วิธีการการเรียนรู้ของเครื่องขั้นสูง โดยเฉพาะป่าการสุ่มและแบบจำลองเอกซ์ตรีมบูสตั๋ง มีศักยภาพในการจัดการกับข้อมูลที่มีลักษณะซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นได้ดีกว่าแบบจำลองพื้นฐาน อย่างไรก็ตาม แบบจำลองยังมีข้อจำกัดในการจำแนกกลุ่มระดับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมผ่านการปรับแต่งพารามิเตอร์ การเพิ่มคุณลักษณะของข้อมูล และการจัดสมดุลข้อมูล เพื่อยกระดับความแม่นยำของแบบจำลองให้ครอบคลุมทุกกลุ่มตำแหน่งอย่างมีประสิทธิภาพ

#### 5.1.2 สรุปและอภิปรายรายงานผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน

ปัญหาเกี่ยวกับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานที่ผ่านมา พบว่ายังขาดระบบที่สามารถผสานข้อมูลอนุกรมเวลาเข้ากับการวิเคราะห์ปัจจัยทางเศรษฐกิจมหภาคและโครงสร้างตลาดแรงงานอย่างครบถ้วน อีกทั้งแบบจำลองที่ใช้อยู่เดิมยังมีข้อจำกัดด้านความยืดหยุ่น ในการวิเคราะห์ ด้วยเหตุนี้จึงได้พัฒนา เว็บแอปพลิเคชันสำหรับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน โดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อให้สามารถรองรับการค้นหา วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับค่าจ้างและตำแหน่งงานในระดับสากลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยหน้าจอการค้นหาตำแหน่งงาน การวิเคราะห์ข้อมูลค่าจ้าง การพยากรณ์แนวโน้มในอนาคต และการแสดงความสัมพันธ์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศและอัตราเงินเฟ้อ ผ่านกราฟเชิงสถิติแบบโต้ตอบ โดยออกแบบ

เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสืบค้นตำแหน่งงาน วิเคราะห์ค่าจ้าง เปรียบเทียบระหว่างประเทศ และศึกษาความต้องการแรงงานในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมและระดับตำแหน่งได้อย่างสะดวก

ผลการดำเนินงานพบว่าแบบจำลองป่าการสุ่มให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำที่สุด โดยมีค่าความแม่นยำสูงถึง ร้อยละ 90.00 แสดงถึงศักยภาพของแบบจำลองในการจัดการข้อมูล ที่ซับซ้อน และรองรับปัจจัยหลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบสามารถช่วยให้ผู้ใช้ค้นหา ตำแหน่งงานที่สอดคล้องกับคุณสมบัติได้รวดเร็วขึ้น ลดข้อจำกัดในการจับคู่งานกับผู้สมัคร และส่งเสริมการวางแผนทรัพยากรมนุษย์ทั้งในระดับบุคคลและเชิงนโยบาย

นอกจากนี้ ระบบยังนำเสนอข้อมูลผ่านกราฟวิเคราะห์แนวโน้มค่าจ้าง การกระจายระดับ ตำแหน่งงาน และปัจจัยเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง ช่วยให้เข้าใจภาพรวมตลาดแรงงานในมิติต่างๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น รองรับการตัดสินใจสำหรับแรงงาน นายจ้าง นักวางแผน และผู้กำหนดนโยบายในบริบทสากล

### 5.1.3 สรุปและอภิปรายรายงานผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ที่มีต่อเว็บแอปพลิเคชัน

จากการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับพยากรณ์ค่าแรงโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาร่วมกับ เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ได้มีการออกแบบและทดสอบระบบในหลายมิติอย่างเป็นระบบโดย ผลการดำเนินการสรุปได้ดังนี้

5.1.3.1 สรุปและอภิปรายรายงานผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบในขั้นตอนแอลฟา ระบบได้รับการทดสอบโดยใช้รายการตรวจสอบจำนวน 10 รายการ ครอบคลุมด้านการแสดงผล การจัดการข้อมูลความถูกต้อง ความปลอดภัย และการป้องกันข้อผิดพลาด ผลการทดสอบพบว่า ระบบสามารถผ่านเกณฑ์ทุกข้ออย่างครบถ้วน แสดงถึงความพร้อมในการเข้าสู่กระบวนการทดสอบขั้น ถัดไปและสามารถรองรับการใช้งานพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.3.2 สรุปและอภิปรายรายงานผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้เชี่ยวชาญด้าน เทคโนโลยีสารสนเทศ ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้ประเมินใน 3 ด้านหลัก ได้แก่ ความสามารถของเว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งาน ความสามารถในการทำงานตาม ฟังก์ชันของเว็บแอปพลิเคชัน และความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ผลการประเมินโดยรวมอยู่ใน ระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.73 ทั้งนี้ด้านที่ได้รับคะแนนเฉลี่ย สูง ความสามารถของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน และการแสดงผลข้อมูล ในรูปแบบกราฟ ขณะที่ด้านการพยากรณ์เงินเดือนโดยใช้ วิธีการถดถอยเชิงเส้นยังมีแนวโน้ม ที่ควรได้รับการพัฒนาเพื่อเพิ่มความแม่นยำ เมื่อพิจารณาในรายด้าน พบว่า ความสามารถของ เว็บแอปพลิเคชันตามความต้องการของผู้ใช้งานมีค่าเฉลี่ย 4.10 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ด้านการทำงานตามฟังก์ชันมีค่าเฉลี่ย 3.95 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.75 และด้านความสะดวก



ในการใช้งานมีค่าเฉลี่ย 3.80 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.80 แสดงให้เห็นว่าระบบมีศักยภาพที่ดีในการรองรับการใช้งานจริง และสามารถต่อยอดการพัฒนาเพิ่มเติมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.3.3 สรุปและอภิปรายรายงานผลการประเมินความพึงพอใจของเว็บแอปพลิเคชัน โดยกลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 30 คน พบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้มีประสิทธิภาพในทุกมิติ โดยมีค่าเฉลี่ยด้านความสามารถตามความต้องการของผู้ใช้งานเท่ากับ 4.23 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.71 ด้านความสะดวกในการใช้งาน 4.28 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.72 และด้านการทำงานตามฟังก์ชันของระบบ 4.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69 ทุกด้านอยู่ในระดับมาก

นอกจากนี้ ผู้ใช้งานยังให้คะแนนสูงในด้านความสะดวก ความเข้าใจง่ายของเนื้อหา และการแสดงผลผ่านกราฟเชิงวิเคราะห์ โดยเฉพาะในหน้าจอการพยากรณ์ค่าจ้าง ซึ่งได้รับการออกแบบให้รองรับการใช้งานแบบโต้ตอบและสามารถแสดงแนวโน้มค่าจ้างในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปภาพรวมผลการประเมินทั้งในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป สะท้อนให้เห็นว่าเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบโจทย์การพยากรณ์ค่าแรงได้ในระดับที่น่าพึงพอใจ โดยเฉพาะด้านการให้ข้อมูลเพื่อการวางแผนอาชีพ การเปรียบเทียบตลาดแรงงานระหว่างประเทศ และการแสดงผลที่เข้าใจง่ายมีความพร้อมในการนำไปใช้จริงและสามารถพัฒนาเพิ่มเติมในอนาคตเพื่อเพิ่มความแม่นยำของแบบจำลองพยากรณ์และขยายขอบเขตของข้อมูลให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น

## 5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

จากผลการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานโดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาและเทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง ตลอดจนการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อรองรับการใช้งานจริง พบว่าแบบจำลองสามารถให้ผลการพยากรณ์ที่แม่นยำและระบบสามารถสนับสนุนการตัดสินใจของผู้ใช้งานได้ในระดับที่น่าพึงพอใจ เพื่อให้เกิดการพัฒนาในอนาคตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผู้จัดทำการค้นคว้าอิสระขอเสนอแนะประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาเพิ่มเติม ดังนี้

### 5.2.1 อุปสรรคในการค้นคว้าอิสระ

5.2.1.1 การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่อง จำเป็นต้องอาศัยชุดข้อมูลที่มีคุณภาพและครอบคลุมในระยะยาว หนึ่งในอุปสรรคสำคัญที่พบคือ ข้อจำกัดของข้อมูลแรงงานในบริบทของประเทศไทย ซึ่งยังขาดรายละเอียดเชิงลึกเกี่ยวกับอาชีพ และระดับค่าจ้างในระดับที่เหมาะสมต่อการฝึกแบบจำลอง ทำให้ต้องพึ่งพาข้อมูลจากแหล่งสากล เช่น Kaggle เพื่อเสริมความครบถ้วนและเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ ถึงแม้ข้อมูลดังกล่าวจะมีคุณภาพ แต่ยังคงมีข้อจำกัดด้านความสอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย ดังนั้นจึงควร



มีการเปรียบเทียบ เช่น การปรับค่าจ้างให้สอดคล้องกับดัชนีค่าครองชีพในประเทศ หรือการใช้ตัวแปรเศรษฐกิจในประเทศร่วมในการพยากรณ์เพื่อเพิ่มความสอดคล้องและความแม่นยำ

#### 5.2.2 ข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน

5.2.2.1 ควรพัฒนาความสามารถของระบบในการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของหลายตำแหน่งงานได้พร้อมกัน เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2.2.2 ควรเพิ่มการรองรับภาษาไทยในส่วนของคำศัพท์เฉพาะบางรายการ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น และเข้าถึงข้อมูลได้สะดวกมากยิ่งขึ้น

#### 5.2.3 ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ

5.2.3.1 ควรปรับปรุงความชัดเจนของเมนูและคำแนะนำการใช้งาน โดยการตั้งชื่อเมนูให้เหมาะสมกับผู้ใช้งานทั่วไป และเพิ่มคำอธิบายหน้าที่ของแต่ละฟังก์ชันอย่างชัดเจน เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์การใช้งานที่ราบรื่น

5.2.3.2 ควรเพิ่มคุณลักษณะของระบบให้สามารถเลือกข้อมูลจากผลลัพธ์เพื่อดำเนินการพยากรณ์ได้โดยตรง เพื่ออำนวยความสะดวกและลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น

#### 5.2.4 ข้อเสนอแนะในการค้นคว้าอิสระ

5.2.4.1 ควรพัฒนาระบบให้สามารถรองรับการค้นหตำแหน่งงานด้วยคำค้นภาษาไทย เพื่อเพิ่มการเข้าถึงของผู้ใช้งานที่ไม่ถนัดภาษาอังกฤษ

5.2.4.2 สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต ควรพิจารณาการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก หรือการผสมผสานหลายแบบจำลอง เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ รวมถึงการวิเคราะห์ผลกระทบจากเหตุการณ์สำคัญ เช่น ภาวะเศรษฐกิจถดถอย หรือการปรับขึ้นค่าจ้างขั้นต่ำ ซึ่งอาจมีผลต่อแนวโน้มค่าแรงในระยะยาว

## บรรณานุกรม

1. ธนาคารแห่งประเทศไทย. (2566). [ออนไลน์]. รายงานการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. [สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2567]. จาก <https://www.bot.or.th/th/thai-economy/sta-teof-thai-economy.html>
2. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2567). [ออนไลน์]. รายงานการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร: มกราคม 2567 กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. [สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2567]. จาก [https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey\\_detail/2024/20240227101745\\_32024.pdf](https://www.nso.go.th/nsoweb/storage/survey_detail/2024/20240227101745_32024.pdf)
3. GDP growth (annual %). World Bank Open Data. (2025). [online]. [cited 2025 Feb. 10]. Available from : URL : <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
4. Job Description Dataset. Kaggle. (2023). [online]. [cited 2025 Feb. 10]. Available from : URL : <https://www.kaggle.com/datasets/ravindrasinghrana/job-description-dataset>
5. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2544). [วารสารออนไลน์]. “คำพิพากาศาลฎีกาเกี่ยวกับค่าจ้าง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2543”. กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. [สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2567]. จาก <https://legal.labour.go.th/attachments/article/155/164301.pdf>
6. Rob J Hyndman and George Athanasopoulos. (2018). The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Australia: Otexts.
7. Chart.js Documentation - Chart.js Official Documentation. (2024). [online]. [cited 2025 Feb. 10]. Available from : URL : <https://www.chartjs.org/docs/latest>

8. Vrankar, D., & Hornuf, L. (2022). [serial online]. “Hourly Wages in Crowd working: A Meta-Analysis”. ResearchGate. [cited 2024 Jul. 4]. Available from : URL : [https://www.researchgate.net/publication/363112453\\_Hourly\\_Wages\\_in\\_Crowdworking\\_A\\_Meta-Analysis](https://www.researchgate.net/publication/363112453_Hourly_Wages_in_Crowdworking_A_Meta-Analysis)
9. Li, M. (2023). [serial online]. “Age and Hourly Wage: How Aging Affects Earning”. ResearchGate. [cited 2024 Jul. 4]. Available from : URL : [https://www.researchgate.net/publication/370036076\\_Age\\_and\\_Hourly\\_Wage\\_How\\_Aging\\_affect\\_Earning](https://www.researchgate.net/publication/370036076_Age_and_Hourly_Wage_How_Aging_affect_Earning)
10. กานต์สินี เจริญกิจวัชรชัย. (2561). [บทคัดย่อออนไลน์]. ปัญญาประดิษฐ์กับการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงานไทย. วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. [สืบค้นวันที่ 4 กรกฎาคม 2567]. จาก [https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU\\_2018\\_6004010374\\_9941\\_10208.pdf](https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2018/TU_2018_6004010374_9941_10208.pdf)
11. Salman, A., et al. (2022). “Machine Learning Models for Salary Prediction Dataset using Python”. IEEE International Conference on Semantic Computing (ICSC). Ras Al Khaimah, (143–147).
12. Edinaldo Tebaldi. (2021). Prediction of Individual Level Income: A Machine Learning Approach. Honors Thesis. Bryant University
13. Aminu, H., et al. (2023). [serial online]. “Salary Prediction Model using Principal Component Analysis and Deep Neural Network Algorithm”. ResearchGate. [cited 2024 Jul. 4]. Available from: URL : <https://www.researchgate.net/publica>



tion/378207843\_Salary\_Prediction\_Model\_using\_Principal\_Component\_Analysis\_and\_Deep\_Neural\_Network\_Algorithms

14. Pawar, L., et al. (2022). “Optimized Features Based Machine Learning Model for

Adult Salary Prediction”. IEEE International Conference on Semantic Computing (ICSC). Hassan, (978–983).

15. Tiwari, P., et al. (2021). “Salary Prediction Using Machine Learning”. IJASRET. Hassan, (258–261).



ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ และหนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญ



### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ชื่อ : นางสาวณัฐธิญา จิรังพันธ์  
ตำแหน่ง : เจ้าหน้าที่สนับสนุนผู้ใช้งาน  
สถานที่ทำงาน : ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)  
วุฒิการศึกษา : ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา  
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน : การทดสอบโปรแกรม
2. ชื่อ : นายทศพร สุวรรณพุ่ม  
ตำแหน่ง : ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายดูแลและจัดการระบบ ส่วนงานบัตรเครดิต  
สถานที่ทำงาน : ธนาคารยูโอบี จำกัด (มหาชน)  
วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนาซอฟต์แวร์ด้านธุรกิจ  
สถาบันการศึกษา : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน : การทดสอบโปรแกรมและการวิเคราะห์ทางธุรกิจ
3. ชื่อ : นายปราโมทย์ ตัญญูหลง  
ตำแหน่ง : ผู้จัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถานที่ทำงาน : บริษัท เอส.เอ็ม.ซี. (ประเทศไทย) จำกัด  
วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม  
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยมหิดล  
ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน : การพัฒนาระบบวางแผนทรัพยากรองค์กร กระบวนการทำงานอัตโนมัติ
4. ชื่อ : นางสาวศยามล พุดเพระ  
ตำแหน่ง : อาจารย์  
สถานที่ทำงาน : หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิตมีเดีย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรม  
สร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา  
วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน : เซทบทอจฉริยะ การทำเหมืองข้อมูล โครงสร้างข้อมูลและวิธีการ



### รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

5. ชื่อ : นายสรพงษ์ ด้านระงับ  
 ตำแหน่ง : ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิต  
 สถานที่ทำงาน : บริษัท เอส.เอ็ม.ซี.(ประเทศไทย) จำกัด  
 วุฒิการศึกษา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการแปรรูปธุรกิจทางดิจิทัล  
 สถาบันการศึกษา : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์  
 ความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน : การวิเคราะห์ข้อมูล การจัดการสต็อกในการผลิต และการจัดการฐานข้อมูล



ที่ อว ๗๑๐๗/๒๖๕



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชาราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐

๕ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวณัฐธิญา จิรังพันธ์ เจ้าหน้าที่สนับสนุนผู้ใช้งาน ธนาคารกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

เนื่องด้วยว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัว ๖๖-๐๗๐๑๑๘-๕๗๐๔-๘ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังดำเนินการจัดทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุสดี บุญรอด เป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านเพื่อโปรดพิจารณาแบบประเมินเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๒๗๒๘  
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว ๗๑๐๗/๑๖๖



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐

๕ มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายทศพร สุวรรณพุ่ม ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายดูแลและจัดการระบบ ส่วนงานบัตรเครดิต  
ธนาคารยูโอบี จำกัด (มหาชน)

เนื่องด้วยว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัว ๖๖-๐๗๐๑๑๘-๕๗๐๔-๘ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังดำเนินการจัดทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มุสตี บุญรอด เป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านเพื่อโปรดพิจารณาแบบประเมินเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๒๗๒๘  
www.itd.kmutnb.ac.th



ที่ อว ๗๑๗/๒๖๗



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐

มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายปราโมทย์ ตัญญูหลง ผู้จัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ บริษัท เอส.เอ็ม.ซี. (ประเทศไทย) จำกัด

เนื่องด้วยว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัว ๖๖-๐๗๐๑๑๘-๕๗๐๔-๘ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังดำเนินการจัดทำการศึกษาอิสระ เรื่อง “การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุสดี บุญรอด เป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านเพื่อโปรดพิจารณาแบบประเมินเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๒๗๒๘  
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว ๗๐๗/๒๖๘



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐

มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวศยามล พุดเพระ อาจารย์หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต  
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และศิลปกรรมสร้างสรรค์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี นครราชสีมา

เนื่องด้วยว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัว ๖๖-๐๗๐๑๑๘-๕๗๐๔-๘ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังดำเนินการจัดทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุสตี บุญรอด เป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านเพื่อโปรดพิจารณาแบบประเมินเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชาย ตั้งวรรณวิทย์)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๒๗๒๘  
www.itd.kmutnb.ac.th

ที่ อว ๗๑๐๗/๒๖๓



คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ  
๑๕๑๘ ถนนประชากรราษฎร์ ๑ แขวงวงศ์สว่าง  
เขตบางซื่อ กทม. ๑๐๘๐๐

มีนาคม ๒๕๖๘

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการประเมินคุณภาพเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นายสรพงษ์ ดำระจับ ผู้ช่วยผู้จัดการแผนกผลิต บริษัท เอส.เอ็ม.ซี.(ประเทศไทย) จำกัด

เนื่องด้วยว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัว ๖๖-๐๗๐๑๑๘-๕๗๐๔-๘ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กำลังดำเนินการจัดทำการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุสดี บุญรอด เป็นประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ในการนี้นักศึกษามีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์จากท่านเพื่อโปรดพิจารณาแบบประเมินเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ไชย ตั้งวรรณวิทย์)  
รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิจัย

ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
โทร. ๐ ๒๕๕๕ ๒๐๐๐ ต่อ ๒๗๒๘  
www.itd.kmutnb.ac.th





ภาคผนวก ข

ประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศสำหรับผู้เชี่ยวชาญ  
และแบบประเมินความพึงพอใจระบบสารสนเทศสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป

**ประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศสำหรับผู้เชี่ยวชาญ  
การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง**

ว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัวนักศึกษา 66-070118-5704-8  
นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**คำชี้แจง**

แบบประเมินนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินระบบสารสนเทศและความคิดเห็นของท่านเกี่ยวกับการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีความถูกต้องและเหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น ข้อมูลจากแบบประเมินนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์โดยคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวของท่าน ทั้งนี้ข้อมูลของท่านจะถูกเก็บรักษาเป็นความลับ โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน

ตอนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

**คำแนะนำในการตอบแบบประเมิน**

1. ขอความกรุณาท่านพิจารณาและทำความเข้าใจคำถามในแต่ละข้ออย่างละเอียดก่อนตอบ
2. โปรดให้คะแนนความพึงพอใจของท่าน
3. หากมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โปรดระบุในช่องความคิดเห็น

**ตอนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง ☐ และกรอกข้อมูลที่ตรงกับสถานภาพที่เป็นจริงของท่าน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ น้อยกว่า 20 ปี ☐ 20-30 ปี  
☐ 31 - 40 ปี ☐ 41 - 50 ปี  
☐ 51 - 60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี
3. ระดับการศึกษา ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี  
☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก  
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
4. ประสบการณ์ทำงาน ☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ ระหว่าง 1-5 ปี  
☐ ระหว่าง 6-10 ปี ☐ ระหว่าง 11-15 ปี  
☐ ระหว่าง 16-20 ปี ☐ มากกว่า 20 ปี
5. หน่วยงานหรือองค์กรที่ท่านสังกัด ☐ ภาควิชาการศึกษา / มหาวิทยาลัย ☐ หน่วยงานรัฐบาล  
☐ บริษัทเอกชน ☐ องค์กรไม่แสวงหากำไร (NGO)  
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
6. ความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี.....  
.....  
.....
7. ท่านคาดหวังอะไรจากการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง  
☐ ความแม่นยำของผลการพยากรณ์ ☐ ความง่ายในการใช้งาน  
☐ การเข้าถึงข้อมูลแบบเรียลไทม์ ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....



## ตอนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ

**คำชี้แจง** แบบทดสอบประสิทธิภาพระบบสารสนเทศตอนที่ 2 สำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศทดสอบประสิทธิภาพของการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งการทดสอบประสิทธิภาพออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ (Functional Test) และและด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ (Usability Test) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นการทดสอบความสามารถของระบบสารสนเทศที่ระบบสมควรทำได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในการให้ข้อมูลด้านตลาดแรงงานและการพยากรณ์ค่าจ้างแรงงาน โดยมุ่งเน้นประสิทธิภาพของฟังก์ชันหลักของระบบ

2) ด้านความถูกต้องการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ เป็นการทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบสารสนเทศว่าสามารถทำงานได้จนได้ผลลัพธ์ตรงตามฟังก์ชันงานนั้นๆ

3) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ เป็นการทดสอบความสะดวกและใช้งานง่ายของระบบสารสนเทศ ครอบคลุมการออกแบบ การนำเสนอข้อมูล โครงสร้างเมนู การเข้าถึง การแสดงผลที่ชัดเจน ความง่ายในการโต้ตอบ ประสิทธิภาพ และเสถียรภาพของระบบ

โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ในช่องระดับความพึงพอใจ ที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับความพึงพอใจจำนวน 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับน้อยที่สุด

**ตารางที่ ข-1** แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน

| รายการประเมิน                                                                                                                | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                              | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1.1 ความสามารถของระบบสารสนเทศในการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ภาษาธรรมชาติ (NLP) |                  |   |   |   |   |
| 1.2 ความสามารถของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน                                                                        |                  |   |   |   |   |
| 1.3 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression)                    |                  |   |   |   |   |
| 1.4 ความสามารถของระบบสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูล                                                                            |                  |   |   |   |   |
| 1.5 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลรูปแบบกราฟ                                                                               |                  |   |   |   |   |
| 1.6 ความสามารถระบบสารสนเทศแสดงเงินเดือนเฉลี่ยตามเพศและระดับการศึกษาได้                                                       |                  |   |   |   |   |
| 1.7 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง                                                        |                  |   |   |   |   |
| 1.8 ความสามารถระบบสารสนเทศระบุตำแหน่งงานที่มีความต้องการมากที่สุดในแต่ละประเทศ                                               |                  |   |   |   |   |
| 1.9 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบตลาดแรงงานในแต่ละประเทศ                                                            |                  |   |   |   |   |
| 1.10 ความสามารถของระบบสารสนเทศในภาพรวม                                                                                       |                  |   |   |   |   |

**ตารางที่ ข-2** แบบประเมินความพึงพอใจด้านความถูกต้องการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ

| รายการประเมิน                                                                                                                 | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                               | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2.1 ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการค้นหาตำแหน่งงานที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แบบจำลองการเรียนรู้ภาษาธรรมชาติ (NLP) |                  |   |   |   |   |
| 2.2 ความถูกต้องของระบบในการคัดเลือกประเทศและตำแหน่งงาน                                                                        |                  |   |   |   |   |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                              | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                            | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2.3 ความถูกต้องระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลการคาดการณ์เงินเดือนในอนาคตโดยใช้การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) |                  |   |   |   |   |
| 2.4 ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูล                                                         |                  |   |   |   |   |
| 2.5 ความถูกต้องระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลรูปแบบกราฟ                                                            |                  |   |   |   |   |
| 2.6 ความถูกต้องระบบสารสนเทศแสดงเงินเดือนเฉลี่ยตามเพศและระดับการศึกษาได้                                    |                  |   |   |   |   |
| 2.7 ความถูกต้องระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละตำแหน่ง                                     |                  |   |   |   |   |
| 2.8 ความถูกต้องระบบสารสนเทศระบุตำแหน่งงานที่มีความต้องการมากที่สุดในแต่ละประเทศ                            |                  |   |   |   |   |
| 2.9 ความถูกต้องระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบตลาดแรงงานในแต่ละประเทศ                                         |                  |   |   |   |   |
| 2.10 ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในภาพรวม                                                                    |                  |   |   |   |   |

ตารางที่ ข-3 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ

| รายการประเมิน                                                            | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                          | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3.1 ความเหมาะสมของขนาดสัญลักษณ์ทำให้สามารถเข้าใจได้ง่าย                  |                  |   |   |   |   |
| 3.2 ความเหมาะสมของระบบมีส่วนต่อประสานผู้ใช้ที่ออกแบบให้เป็นมิตรต่อผู้ใช้ |                  |   |   |   |   |
| 3.3 การจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอมีความเป็นระเบียบ                        |                  |   |   |   |   |
| 3.4 ความเหมาะสมของขนาดตัวอักษรในการแสดงผลพื้ในการใช้งาน                  |                  |   |   |   |   |
| 3.5 ความเหมาะสมของระบบในการนำเสนอข้อมูลให้ชัดเจนและเข้าใจง่าย            |                  |   |   |   |   |
| 3.6 ความเหมาะสมของการแสดงผลข้อมูลในรูปแบบกราฟ                            |                  |   |   |   |   |
| 3.7 ความเหมาะสมของระบบในการทำงานร่วมกับอุปกรณ์อื่น                       |                  |   |   |   |   |
| 3.8 การจัดกลุ่มเมนูและฟังก์ชันให้เหมาะสมกับลักษณะงานของผู้ใช้            |                  |   |   |   |   |
| 3.9 ความเหมาะสมขององค์ประกอบกราฟิก เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน              |                  |   |   |   |   |
| 3.10 ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นมีความสะดวกและใช้งานได้ง่ายโดยภาพรวม        |                  |   |   |   |   |



### ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

#### 1. ด้านการทดสอบการทำงานตามฟังก์ชัน

.....

.....

.....

#### 2. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ

.....

.....

.....

#### 3. ข้อเสนอแนะข้อแนะนำอื่นๆ

.....

.....

.....

(.....)

ขอขอบคุณที่กรุณาสละเวลาในการทดสอบระบบสารสนเทศครั้งนี้



**แบบประเมินความพึงพอใจระบบสารสนเทศสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป**  
**การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง**

ว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่ รหัสประจำตัวนักศึกษา 66-070118-5704-8  
 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

**คำชี้แจง**

แบบประเมินนี้จัดทำขึ้นเพื่อประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ในการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ รวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาระบบให้มีคุณภาพ มากยิ่งขึ้น ตลอดจนสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม

แบบประเมินประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของการพยากรณ์ค่าแรงด้วย ข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องและความสะดวกในการใช้งาน ความพึงพอใจโดยรวม และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม กรุณาให้คะแนนหรือแสดงความคิดเห็นตามประสบการณ์การใช้งานของ ท่าน ข้อมูลที่ท่านให้จะถูกเก็บเป็นความลับและใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการวิจัยและพัฒนาเท่านั้น โดย แบบประเมินแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งาน

ตอนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

**คำแนะนำในการตอบแบบประเมิน**

1. ขอความกรุณาท่านพิจารณาและทำความเข้าใจคำถามในแต่ละข้ออย่างละเอียดก่อนตอบ
2. โปรดให้คะแนนความพึงพอใจของท่าน
3. หากมีข้อสงสัยหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม โปรดระบุในช่องความคิดเห็น

**ตอนที่ 1** ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้งานทั่วไป

**คำชี้แจง** โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่อง ☐ และกรอกข้อมูลที่ตรงกับสถานการณ์ที่เป็นจริงของท่าน

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ ☐ น้อยกว่า 20 ปี ☐ 20-30 ปี  
☐ 31 - 40 ปี ☐ 41 - 50 ปี  
☐ 51 - 60 ปี ☐ มากกว่า 60 ปี
3. ระดับการศึกษา ☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี  
☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก  
☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
4. ประสบการณ์ทำงาน ☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ ระหว่าง 1-5 ปี  
☐ ระหว่าง 6-10 ปี ☐ ระหว่าง 11-15 ปี  
☐ ระหว่าง 16-20 ปี ☐ มากกว่า 20 ปี
5. ท่านปัจจุบันประกอบอาชีพในภาคใด ☐ ภาครัฐ (ราชการ, รัฐวิสาหกิจ) ☐ ภาคเอกชน  
☐ อาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว ☐ นักศึกษา  
☐ ไม่ได้ประกอบอาชีพ
6. ระยะเวลาที่ท่านทำงานในองค์กรปัจจุบัน ☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ 1-3 ปี  
☐ 4-6 ปี ☐ 7-10 ปี  
☐ มากกว่า 10 ปี



## ตอนที่ 2 ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ

**คำชี้แจง** แบบประเมินความพึงพอใจของระบบสารสนเทศ โดยแบ่งการประเมินความพึงพอใจออกเป็น 3 ด้านหลัก ได้แก่ ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ (Functional Test) และด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ (Usability Test) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 1) ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นการทดสอบความสามารถของระบบสารสนเทศที่ระบบสมควรทำได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน
- 2) ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบสารสนเทศ เป็นการทดสอบความถูกต้องของการทำงานของระบบสารสนเทศว่าสามารถทำงานได้จนได้ผลลัพธ์ตรงตามฟังก์ชันงานนั้นๆ
- 3) ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบสารสนเทศ เป็นการทดสอบการออกแบบและการใช้งานระบบสารสนเทศ

โปรดทำเครื่องหมายถูก (✓) ในช่องระดับความพึงพอใจ ที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด ซึ่งมีระดับความพึงพอใจจำนวน 5 ระดับ ดังนี้

- 5 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับมากที่สุด
- 4 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับมาก
- 3 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับน้อย
- 1 หมายถึง มีความพึงพอใจต่อระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ข-4 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน

| รายการประเมิน                                                                                            | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                          | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1.1 ความสามารถในการแนะนำตำแหน่งงานของระบบสารสนเทศ                                                        |                  |   |   |   |   |
| 1.2 ความสามารถค้นหาลักษณะตำแหน่งงานในระบบสารสนเทศ                                                        |                  |   |   |   |   |
| 1.3 ความสามารถความแม่นยำของระบบสารสนเทศในการพยากรณ์                                                      |                  |   |   |   |   |
| 1.4 ความสามารถให้ข้อมูลเงินเดือนในอนาคตที่ช่วยในการเปรียบเทียบตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมของระบบสารสนเทศ |                  |   |   |   |   |
| 1.5 ความสามารถระบบสารสนเทศข้อมูลตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในแต่ละอุตสาหกรรม                               |                  |   |   |   |   |
| 1.6 ความสามารถระบบสารสนเทศของข้อมูลเกี่ยวกับเงินเดือนเฉลี่ยตามประเภทการจ้างงานช่วยให้ตัดสินใจเลือกอาชีพ  |                  |   |   |   |   |
| 1.7 ความสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับแนวโน้มตำแหน่งงานในอนาคต                                                 |                  |   |   |   |   |
| 1.8 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ยของแต่ละประเทศ                                     |                  |   |   |   |   |
| 1.9 ความสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟ                                                                   |                  |   |   |   |   |
| 1.10 ความสามารถของระบบสารสนเทศในภาพรวม                                                                   |                  |   |   |   |   |

ตารางที่ ข-5 แบบประเมินความพึงพอใจด้านการทดสอบการทำงานตามฟังก์ชันงาน

| รายการประเมิน                                                                                              | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                            | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2.1 ความถูกต้องในการแนะนำตำแหน่งงานของระบบสารสนเทศ                                                         |                  |   |   |   |   |
| 2.2 ความถูกต้องการค้นหาลักษณะตำแหน่งงานในระบบสารสนเทศ                                                      |                  |   |   |   |   |
| 2.3 ระบบสารสนเทศมีความแม่นยำในการพยากรณ์เงินเดือนได้อย่างถูกต้อง                                           |                  |   |   |   |   |
| 2.4 ระบบสารสนเทศให้ข้อมูลเงินเดือนในอนาคตที่ช่วยในการเปรียบเทียบตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง |                  |   |   |   |   |
| 2.5 ระบบสารสนเทศแสดงข้อมูลตำแหน่งงานที่มีค่าจ้างสูงในแต่ละอุตสาหกรรมได้อย่างถูกต้อง                        |                  |   |   |   |   |
| 2.6 ระบบสามารถนำเสนอข้อมูลค่าจ้างที่สะท้อนถึงสถานการณ์ตลาดแรงงานปัจจุบันได้อย่างถูกต้อง                    |                  |   |   |   |   |

ตารางที่ ข-5 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                                    | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                                                  | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2.7 ระบบสารสนเทศของข้อมูลเกี่ยวกับเงินเดือนเฉลี่ยตามประเภท<br>การจ้างงานช่วยให้ตัดสินใจเลือกอาชีพได้อย่างถูกต้อง |                  |   |   |   |   |
| 2.8 ความสามารถระบบสารสนเทศในการเปรียบเทียบค่าแรงเฉลี่ย<br>ของแต่ละประเทศได้อย่างถูกต้อง                          |                  |   |   |   |   |
| 2.9 ความสามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟได้อย่างถูกต้อง                                                            |                  |   |   |   |   |
| 2.10 ความถูกต้องของระบบสารสนเทศในภาพรวม                                                                          |                  |   |   |   |   |

ตารางที่ ข-6 แบบประเมินความพึงพอใจด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ

| รายการประเมิน                                                                          | ระดับความพึงพอใจ |   |   |   |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                                                        | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3.1 ความเหมาะสมการออกแบบสีของระบบสารสนเทศ                                              |                  |   |   |   |   |
| 3.2 ความเหมาะสมการออกแบบหน้าเว็บไซต์ของระบบสารสนเทศ                                    |                  |   |   |   |   |
| 3.3 ความเหมาะสมระบบสารสนเทศมีปุ่มและคำสั่งที่สื่อความหมายชัดเจน                        |                  |   |   |   |   |
| 3.4 ความเหมาะสมระบบสารสนเทศสามารถปรับการแสดงผลให้<br>เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน    |                  |   |   |   |   |
| 3.5 ความง่ายในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ                                                 |                  |   |   |   |   |
| 3.6 ความเหมาะสมระบบสารสนเทศที่มีการเข้าถึงเมนูการใช้งานได้<br>ง่าย                     |                  |   |   |   |   |
| 3.7 การเปลี่ยนแปลงระหว่างหน้าเมนูหรือหน้าจอต่างๆ ของระบบมี<br>ความลื่นไหลและไม่ซับซ้อน |                  |   |   |   |   |
| 3.8 ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดการหยุดชะงัก                             |                  |   |   |   |   |
| 3.9 ระบบสารสนเทศสามารถโหลดหน้าเว็บหรือแอปพลิเคชันได้รวดเร็ว                            |                  |   |   |   |   |
| 3.10 ระบบสารสนเทศความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานภาพรวม                                    |                  |   |   |   |   |



### ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็นเพิ่มเติม

#### 1. ด้านความสามารถของระบบสารสนเทศตามความต้องการของผู้ใช้งาน

.....

.....

.....

#### 2. ด้านการทดสอบการทำงานตามฟังก์ชัน

.....

.....

.....

#### 3. ด้านความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ

.....

.....

.....

#### 4. ข้อเสนอแนะข้อแนะนำอื่นๆ

.....

.....

.....

(.....)



### ภาคผนวก ค

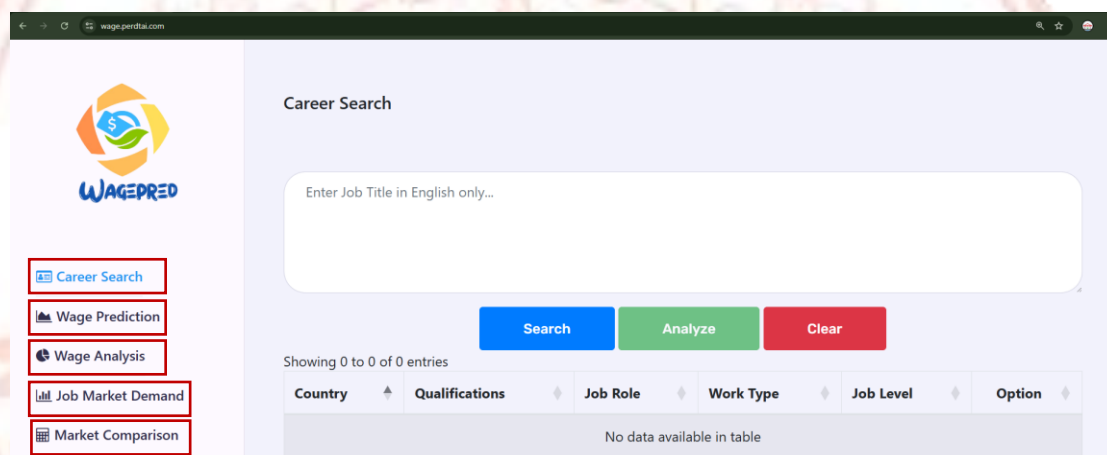
คู่มือการใช้งานการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

### คู่มือการใช้งานการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

ระบบเว็บแอปพลิเคชัน WAGE Prediction ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลตำแหน่งงาน พยากรณ์ค่าจ้าง วิเคราะห์ค่าจ้าง ศึกษาแนวโน้มตลาดแรงงาน และเปรียบเทียบค่าจ้างระหว่างประเทศ โดยระบบนี้ออกแบบมาเพื่อช่วยเหลือนักศึกษา บุคคลทั่วไป นักวิเคราะห์ตลาดแรงงาน และผู้บริหารฝ่ายทรัพยากรบุคคลให้สามารถใช้ข้อมูลในการตัดสินใจเกี่ยวกับอาชีพและค่าจ้างได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เว็บแอปพลิเคชันการพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง โดยเข้าเว็บไซต์ <https://wage.perdtai.com/>

#### ขั้นตอนการใช้งานมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ ค-1 หน้าหลักของระบบ WAGEPRED พร้อมเมนูนำทางด้านซ้ายสำหรับเข้าถึงฟังก์ชัน

เมื่อเข้าสู่เว็บไซต์เมนูหลักทางด้านซ้ายประกอบไปด้วย 5 เมนูด้วยกัน ซึ่งประกอบด้วย ดังนี้

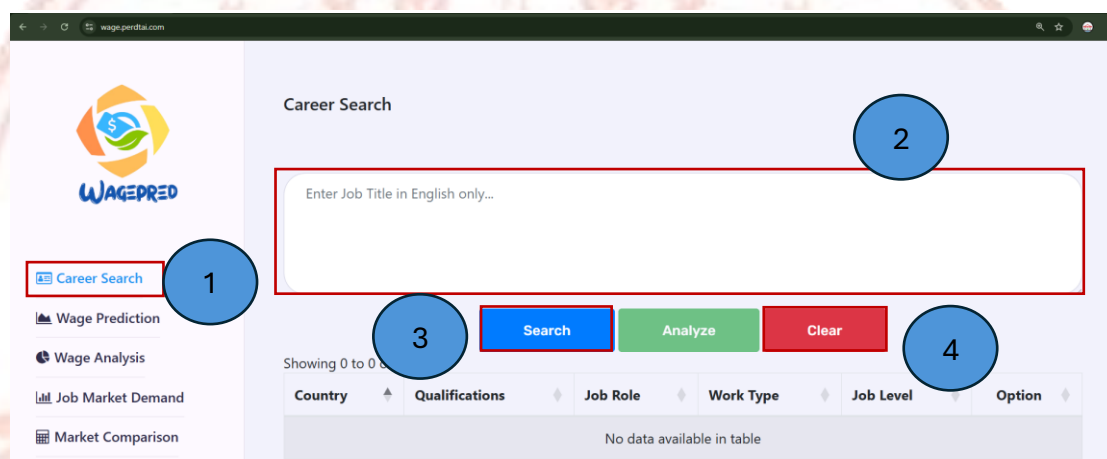
1. ค้นหาตำแหน่งงาน (Career Search) ค้นหาข้อมูลอาชีพโดยป้อนชื่อตำแหน่งหรือทักษะที่ต้องการระบบจะแสดงข้อมูลค่าจ้าง คุณสมบัติ และรายละเอียดตำแหน่งงานที่เกี่ยวข้อง
2. พยากรณ์ค่าจ้าง (Wage Prediction) คาดการณ์แนวโน้มค่าจ้างในอนาคตของแต่ละตำแหน่งงาน โดยใช้ข้อมูลย้อนหลังและแบบจำลองทางสถิติ
3. วิเคราะห์ค่าจ้าง (Wage Analysis) วิเคราะห์ค่าจ้างตามปัจจัย เช่น ระดับการศึกษา เพศ และประเภทการจ้างงาน พร้อมแสดงผลในรูปแบบกราฟสถิติที่เข้าใจง่าย
4. แนวโน้มตลาดแรงงาน (Job Market Demand) ความต้องการแรงงานในปัจจุบันผ่านกราฟวงกลมและกราฟแท่ง เพื่อแสดงอาชีพและรูปแบบการจ้างงานที่เป็นที่ต้องการ



5. เปรียบเทียบตลาดแรงงานระหว่างประเทศ (Market Comparison) เปรียบเทียบค่าจ้าง แนวโน้มการจ้างงาน และโครงสร้างแรงงานในแต่ละประเทศ เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มตลาดแรงงานในระดับสากล

#### ขั้นตอนที่ 1: ค้นหาตำแหน่งงาน (Career Search)

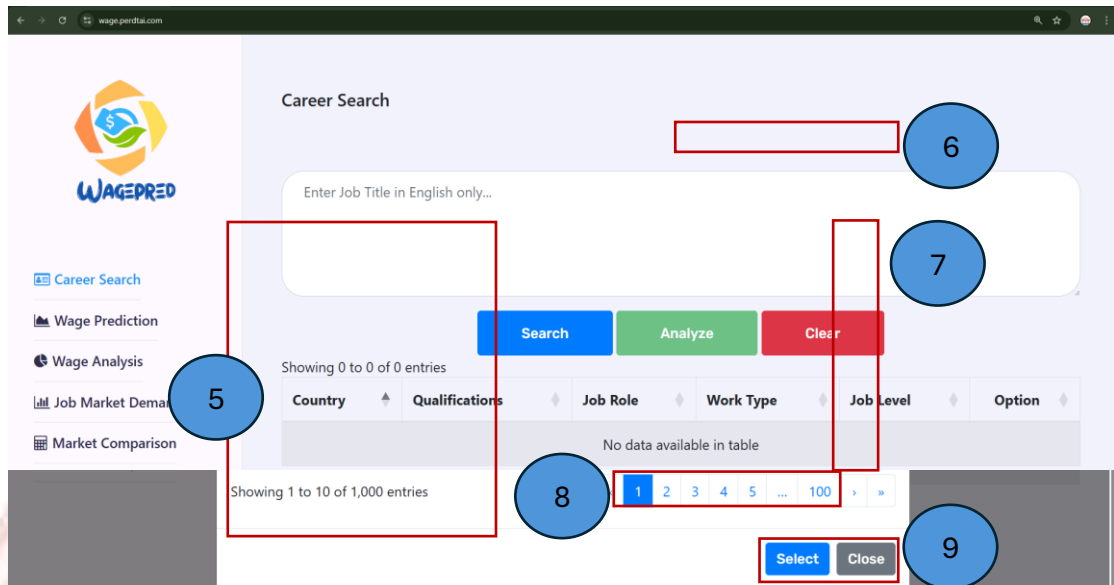
1. คลิกเมนู Career Search จากแถบด้านซ้ายเพื่อเข้าสู่หน้าค้นหาอาชีพ
2. พิมพ์ ตำแหน่งงาน / หน้าที่ / ทักษะ ที่ต้องการในช่องค้นหา (ภาษาอังกฤษเท่านั้น)
3. คลิกปุ่ม Search เพื่อค้นหาข้อมูลอาชีพที่เกี่ยวข้อง
4. หากต้องการล้างการค้นหา ให้คลิกปุ่ม Clear



ภาพที่ ค-2 เปิดเว็บแอปพลิเคชันและเลือกเมนู Career Search

#### ขั้นตอนที่ 2: ตรวจสอบและเลือกตำแหน่งงาน

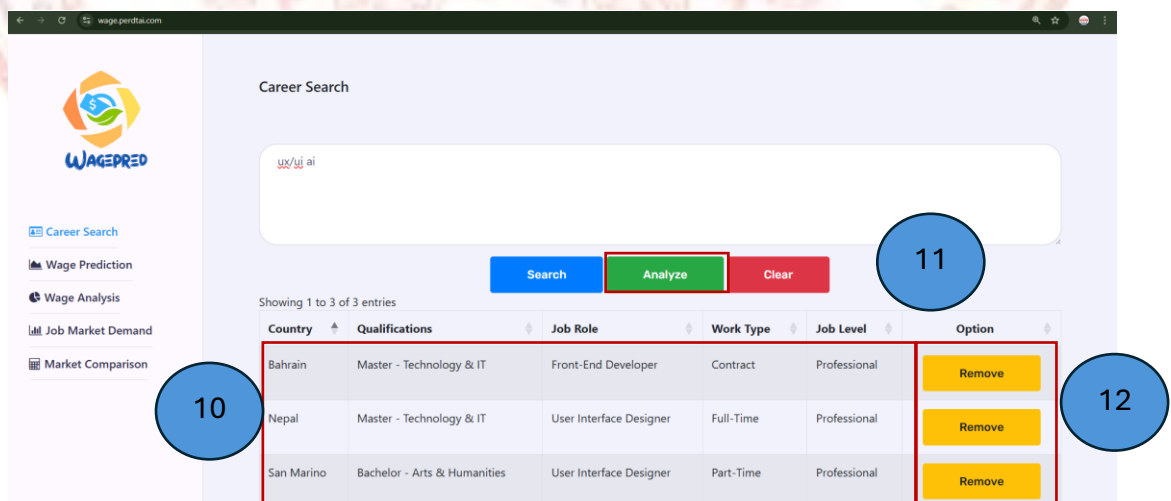
5. หลังจากกดปุ่ม Search ระบบแสดงรายการตำแหน่งงานจากฐานข้อมูลรายละเอียด ได้แก่ ประเทศ วุฒิการศึกษา ตำแหน่งงาน รูปแบบการจ้างงาน ระดับตำแหน่ง
6. หากต้องการกรองข้อมูลเพิ่มเติม ให้พิมพ์คำค้นในช่อง Search มุมขวาบน เช่น ชื่อตำแหน่ง
7. เลือกตำแหน่งงานที่ต้องการโดยคลิกในรายการ
8. หากมีหลายหน้า ให้ใช้ปุ่มเลื่อนหน้าเพื่อดูรายการเพิ่มเติม
9. คลิกปุ่ม Select เพื่อยืนยันตำแหน่งที่เลือก และระบบจะแสดงผลวิเคราะห์ในรูปแบบกราฟหากต้องการปิดหน้าต่าง ให้คลิกปุ่ม Close



ภาพที่ ค-3 หน้าเว็บส่วนติดต่อผู้ใช้ของแพลตฟอร์มวิเคราะห์ตลาดแรงงานและการพยากรณ์ค่าจ้าง

### ขั้นตอนที่ 3: ตรวจสอบตำแหน่งงานที่เลือก

10. ระบบจะแสดงตำแหน่งงานที่ผู้ใช้เลือกไว้ในรายการ เพื่อยืนยันจำนวนและรายละเอียด
11. คลิกปุ่ม Analyze เพื่อเริ่มวิเคราะห์ข้อมูลของตำแหน่งงานที่เลือก
12. หากต้องการลบตำแหน่งงานใดออกจากรายการ กดปุ่ม Remove

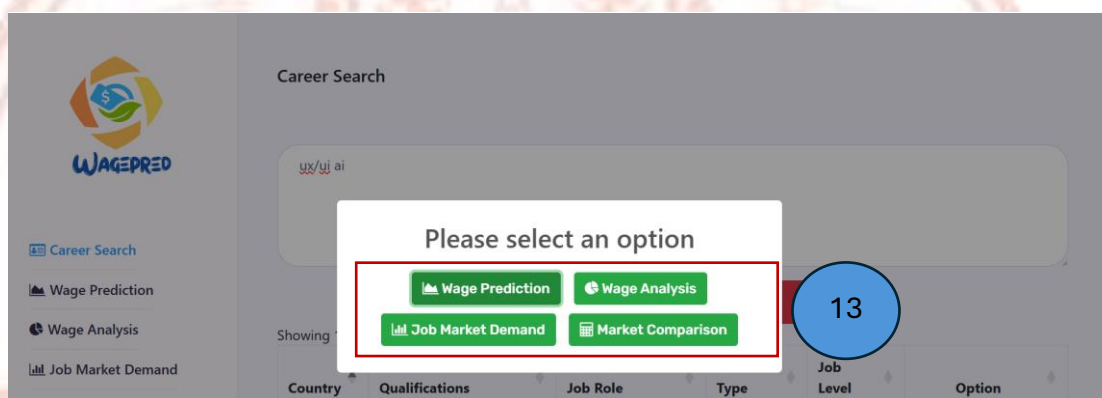


ภาพที่ ค-4 หน้าเว็บสำหรับการแสดงตำแหน่งงานสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

#### ขั้นตอนที่ 4: เลือกรูปแบบการวิเคราะห์

13. เมื่อกดปุ่ม Analyze ระบบจะแสดงหน้าต่างป๊อปอัพพร้อมเมนูให้เลือกการวิเคราะห์ข้อมูลตามหมายเลข 13 ดังนี้:

- Wage Prediction: พยากรณ์ค่าจ้างของตำแหน่งงานในอนาคต
  - Wage Analysis: วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าจ้างในแต่ละอุตสาหกรรมหรือพื้นที่
  - Job Market Demand: ตรวจสอบแนวโน้มความต้องการแรงงานในตำแหน่งนั้น
  - Market Comparison: เปรียบเทียบค่าจ้างและแนวโน้มแรงงานระหว่างประเทศ
- ผู้ใช้สามารถเลือกเมนูที่ต้องการเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกในรูปแบบกราฟและสถิติ



ภาพที่ ค-5 หน้าเว็บสำหรับเลือกเมนูเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูล

#### ขั้นตอนที่ 5: การแสดงผลการพยากรณ์ค่าจ้าง (Wage Prediction)

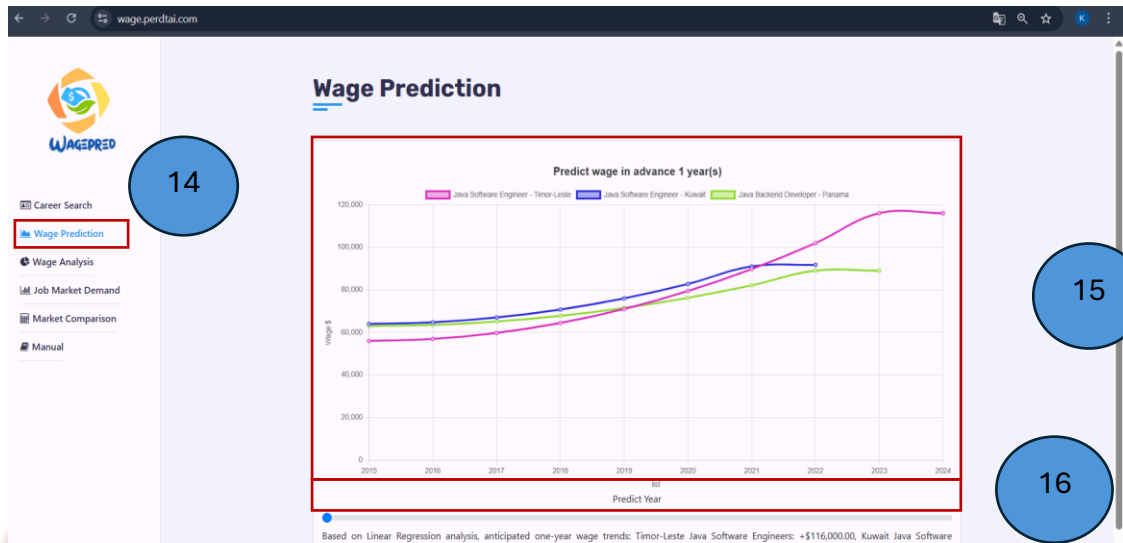
14. เมื่อเลือกเมนู Wage Prediction หมายเลข 14 ระบบจะแสดงหน้าจอพยากรณ์ค่าจ้างหมายเลข 15 โดยใช้ข้อมูลในอดีตและแบบจำลองทางสถิติเพื่อคาดการณ์แนวโน้มค่าจ้างในอนาคต

15. ในหน้าจอจะแสดงกราฟเส้นแนวโน้มค่าจ้างล่วงหน้า 12 ปี เช่น

- เส้น สีเหลือง แสดงค่าจ้างที่คาดการณ์ของตำแหน่ง Graphic Designer
- เส้น สีม่วง แสดงค่าจ้างที่คาดการณ์ของตำแหน่ง Web Developer
- แกน X (Predict Year): แสดงช่วงปีที่พยากรณ์ (2013–2035)
- แกน Y (Salary \$): แสดงค่าจ้างที่คาดการณ์ในหน่วยดอลลาร์สหรัฐ

16. หมายเลข 16 คือแถบเลื่อนสำหรับกำหนดช่วงปีที่ต้องการดูแนวโน้มค่าจ้างที่เฉพาะเจาะจง



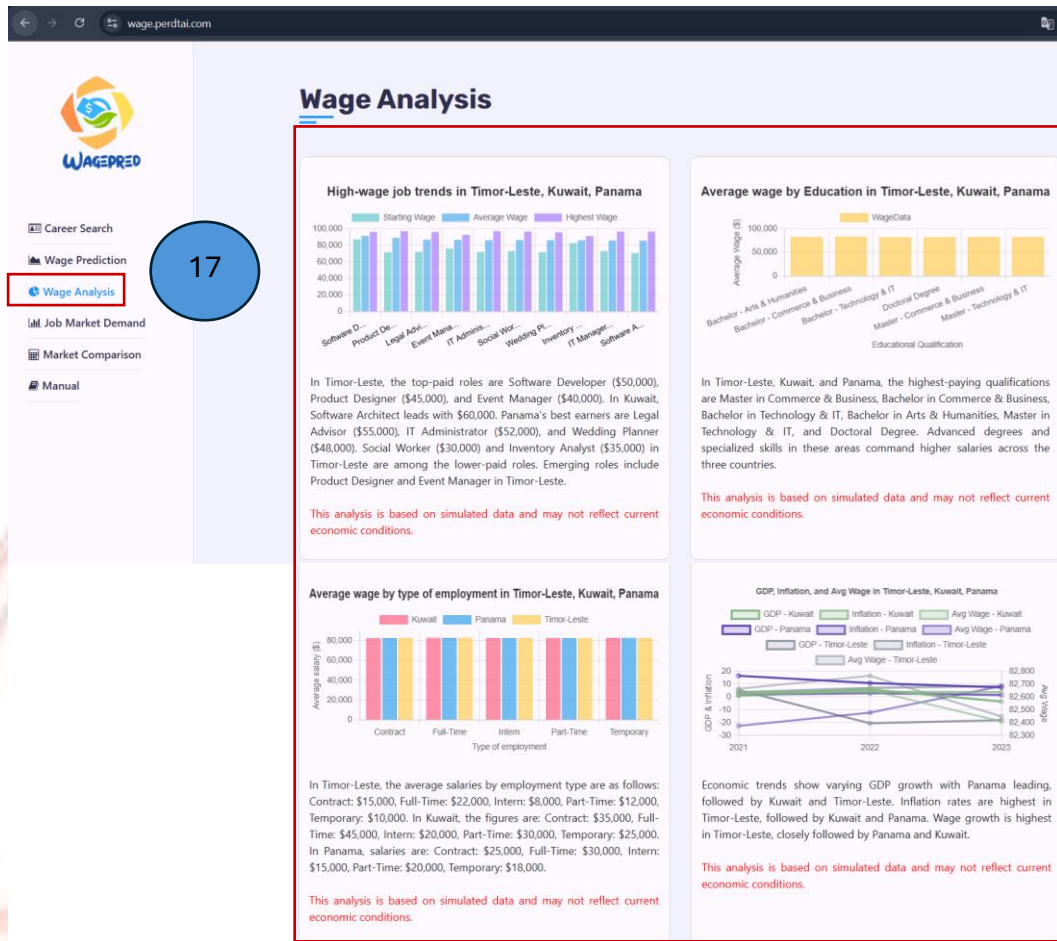


ภาพที่ ค-6 หน้าเว็บการพยากรณ์ค่าจ้าง

#### ขั้นตอนที่ 6: วิเคราะห์ค่าจ้าง (Wage Analysis)

คลิกเมนู Wage Analysis หมายเลข 17 จากแถบด้านซ้าย เพื่อเข้าสู่หน้าการวิเคราะห์ค่าจ้าง ระบบจะแสดงกราฟวิเคราะห์ หมายเลข 18 เพื่อช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจแนวโน้มค่าจ้างได้ง่ายขึ้นโดยมีกราฟหลักดังนี้:

17. แนวโน้มค่าจ้างสูงในประเทศ (High-salary job trends)
18. แสดงค่าจ้างเริ่มต้น เฉลี่ย และสูงสุดของแต่ละอาชีพ สังเกตได้ว่าอาชีพด้านเทคโนโลยีมีแนวโน้มค่าจ้างเพิ่มขึ้น
19. ค่าจ้างเฉลี่ยตามระดับการศึกษา (Average wage by education)
20. เปรียบเทียบค่าจ้างของแต่ละระดับการศึกษาในประเทศต่าง ๆ เพื่อนำเสนอ ผลตอบแทนจากการศึกษา
21. ค่าจ้างเฉลี่ยตามประเภทงาน (Average wage by type of employment)
22. วิเคราะห์ค่าจ้างรูปแบบการจ้างงาน เช่น ประจำ สัญญาจ้างพร้อมเปรียบเทียบระหว่าง 2 ประเทศ
23. ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ อัตราเงินเฟ้อ และค่าจ้างเฉลี่ย
24. แสดงกราฟเส้นวิเคราะห์ว่าค่าจ้างเฉลี่ยมีความสัมพันธ์กับภาวะเศรษฐกิจ โดยใช้ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ และอัตราเงินเฟ้อจากแต่ละประเทศ



ภาพที่ ค-7 หน้าเว็บสำหรับวิเคราะห์ค่าจ้างตามปัจจัยต่างๆ

### ขั้นตอนที่ 7: ตรวจสอบแนวโน้มความต้องการแรงงาน (Job Market Demand)

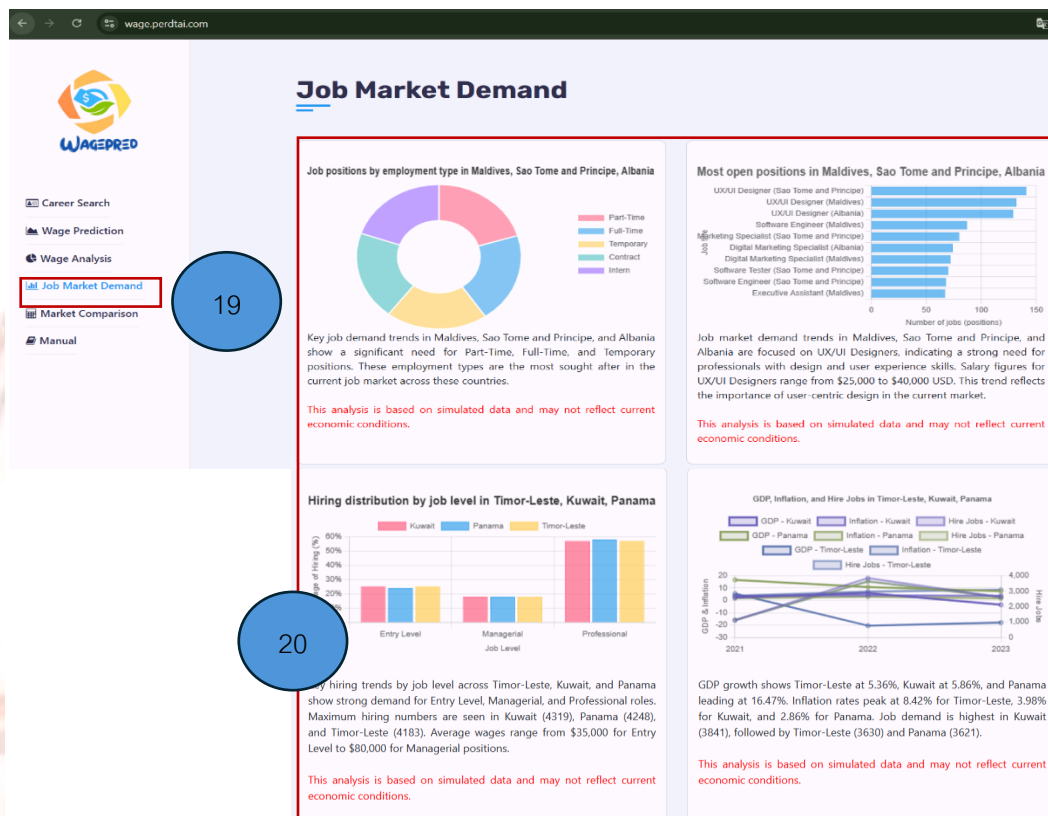
คลิกเมนู Job Market Demand หมายเลข 19 เพื่อเข้าสู่หน้าวิเคราะห์แนวโน้มความต้องการแรงงาน ระบบจะแสดงข้อมูลในรูปแบบกราฟ หมายเลข 20 เพื่อช่วยวิเคราะห์ตำแหน่งงานที่ตลาดต้องการในปัจจุบัน โดยประกอบด้วย 4 กราฟหลัก ได้แก่:

25. จำนวนตำแหน่งงานตามประเภทการจ้างงาน แสดงสัดส่วนงานประเภทต่าง ๆ เช่น งานประจำ งานชั่วคราว หรือสัญญาจ้าง เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการจ้างงานที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน

26. ตำแหน่งงานที่มีการเปิดรับมากที่สุด แสดงตำแหน่งงานยอดนิยมที่ตลาดต้องการมากที่สุด เหมาะสำหรับการวางแผนพัฒนาทักษะแรงงานหรือการจัดทำหลักสูตรการศึกษาให้สอดคล้องกับความต้องการ

27. การจ้างงานตามระดับตำแหน่งงาน แสดงสัดส่วนการจ้างงานในแต่ละระดับ เช่น พนักงานทั่วไป ผู้จัดการ หรือผู้เชี่ยวชาญ เพื่อช่วยในการวางแผนเส้นทางอาชีพและพัฒนาทักษะที่เหมาะสม

28. ค่าจ้างเฉลี่ยเทียบกับเศรษฐกิจ (GDP, Inflation) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าจ้างเฉลี่ยกับตัวชี้วัดเศรษฐกิจ เช่น GDP และอัตราเงินเฟ้อ เพื่อใช้วิเคราะห์ภาวะค่าครองชีพและวางแผนเชิงนโยบายแรงงาน



ภาพที่ ค-8 หน้าเว็บสำหรับศึกษาความต้องการแรงงานของตำแหน่งงาน

## ขั้นตอนที่ 8: เปรียบเทียบตลาดแรงงาน (Market Comparison)

คลิกเมนู Market Comparison หมายเลข 21 เพื่อเข้าสู่หน้าการเปรียบเทียบตลาดแรงงาน ระบบจะแสดงผลในรูปแบบกราฟ หมายเลข 22 โดยมีหัวข้อการเปรียบเทียบที่สำคัญดังนี้:

29. Compare Wage Position เปรียบเทียบค่าจ้างของตำแหน่งงานในแต่ละอุตสาหกรรมและภูมิภาค ช่วยให้เห็นแนวโน้มค่าตอบแทนที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการตัดสินใจด้านอาชีพและการวางแผนกลยุทธ์การจ้างงาน

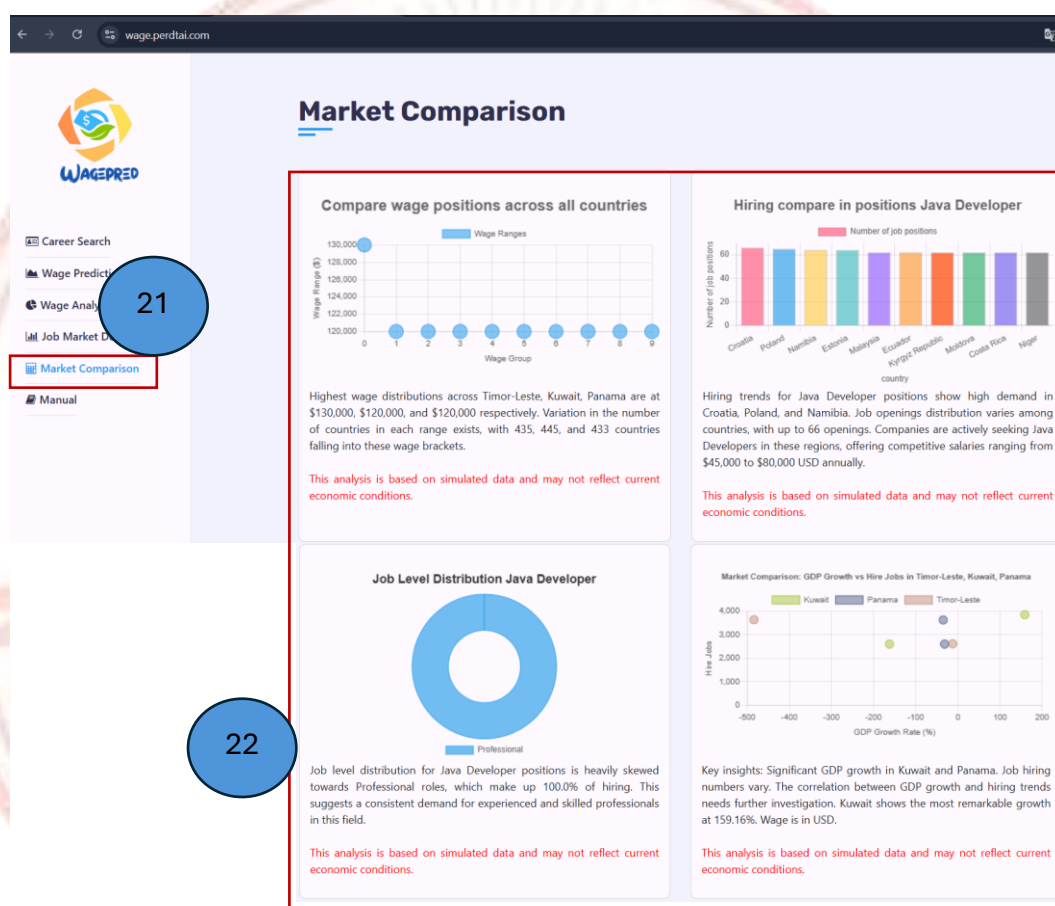
30. Hiring compare แสดงการเปรียบเทียบการจ้างงานในอุตสาหกรรมที่กำลังเติบโตหรือลดลง เหมาะสำหรับการวางแผนด้านอาชีพและกลยุทธ์การสรรหาบุคลากรให้เหมาะสมกับตลาด

31. Job Level Distribution (%) วิเคราะห์สัดส่วนตำแหน่งงานในแต่ละระดับ เช่น พนักงาน



ทั่วไป ผู้เชี่ยวชาญ ผู้บริหาร เพื่อช่วยวางแผนเส้นทางอาชีพ (Career Path) และพัฒนาทักษะให้ตรงกับความต้องการ

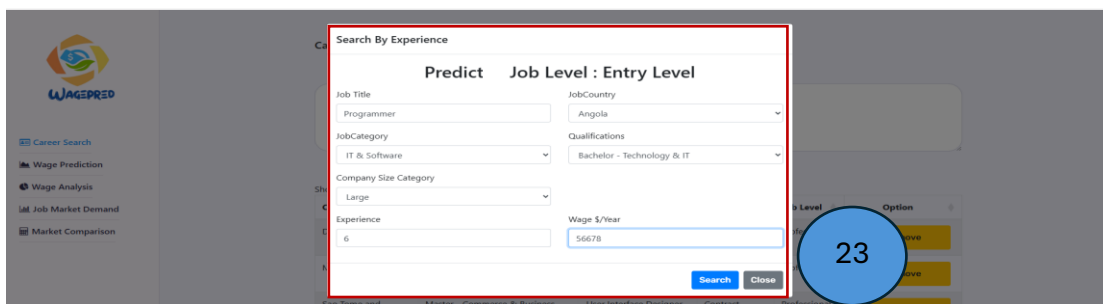
32. GDP Growth vs Hire Jobs เปรียบเทียบการเติบโตของ GDP กับแนวโน้มการจ้างงาน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจกับตลาดแรงงาน ซึ่งมีประโยชน์ในการวางแผนนโยบายด้านแรงงานและเศรษฐกิจ



ภาพที่ ค-9 หน้าเว็บการเปรียบเทียบตลาดแรงงาน

## ขั้นตอนที่ 9 : การค้นหาข้อมูลเฉพาะ (Advanced Search)

ผู้ใช้สามารถกรอกข้อมูลในแต่ละช่องที่กำหนด หมายเลข 23 เพื่อค้นหาตำแหน่งงานเฉพาะเจาะจง โดยสามารถระบุคุณสมบัติ เช่น ระดับการศึกษา เมื่อกรอกข้อมูลครบแล้ว ให้กดปุ่ม Search ระบบจะแสดงผลพร้อมจำแนกตามระดับงาน เพื่อสามารถวิเคราะห์ตำแหน่งงานที่น่าสนใจ



WAGEPRED

Career Search  
Wage Prediction  
Wage Analysis  
Job Market Demand  
Market Comparison

Search By Experience

Predict Job Level : Entry Level

Job Title: Programmer  
JobCountry: Angola  
JobCategory: IT & Software  
Company Size Category: Large  
Experience: 6  
Wage \$/Year: 56678

Search Close

23

ภาพที่ ค-10 หน้าเว็บสำหรับค้นหางานและจำแนกประเภทระดับการทำงาน



## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ ว่าที่ ร.ต.หญิง กิตติกานต์ ปานอยู่

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพยากรณ์ค่าแรงด้วยข้อมูลอนุกรมเวลาโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ข้อมูลเพื่อนวัตกรรม

ประวัติ  
 ประวัติส่วนตัว  
 เกิดวันศุกร์ ที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2536 ปัจจุบันอาศัยอยู่ที่บ้านเลขที่ 36/533 หมู่ 6 ตำบลบางรักพัฒนา อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี 11110 อีเมล: kittikampanyu@gmail.com  
 ประวัติการศึกษา  
 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิตคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปี พ.ศ. 2559  
 ประวัติการทำงาน  
 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่ ธนาคารซีไอเอ็มบี ไทย จำกัด (มหาชน) ตำแหน่ง ผู้จัดการฝ่ายสนับสนุนโครงการประสบการณ์ลูกค้า