

การวางแผนตารางเวลาเพื่อเป็นแนวทางตัดสินใจ ลงทะเบียนเรียนในหลักสูตร Planning a Timetable for Deciding to Registration in Course

ศุภาพิชญ์ เครือศรี ภัทรวรินทร์ ทองคำตอน มณิส สุดาวัน และ รวินทร์ ยังน้อย*

Supapich Kruesri Phatthawarin Thongkamton Manisa Sudawan and Rawin Youngnoi*

สาขาวิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จ.ปทุมธานี ประเทศไทย

Department of Mathematics and Statistics, Faculty of Science and Technology,

Thammasat University, Pathum Thani, Thailand

วันที่ส่งบทความ : 18 กุมภาพันธ์ 2568 วันที่แก้ไขบทความ : 12 มิถุนายน 2568 วันที่ตอบรับบทความ : 14 มิถุนายน 2568

Received: 18 February 2025, Revised: 12 June 2025, Accepted: 14 June 2025

บทคัดย่อ

การวางแผนตารางเรียนด้วยตนเองเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนและยุ่งยาก เนื่องจากในแต่ละหลักสูตรมีข้อบังคับในการลงทะเบียนที่แตกต่างกัน งานวิจัยนี้ศึกษาและแก้ไขปัญหการจัดตารางเรียนในมหาวิทยาลัย (University Course Timetabling Problem: UCTP) โดยประยุกต์ใช้ปัญหาคำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming Problem: IP) ในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด (Optimization problem) และจัดการกับข้อจำกัดที่ซับซ้อน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการเสนอแนวทางการลงทะเบียน และสร้างตารางเรียนที่ทำให้ผู้เรียนสามารถสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรได้ในเวลาที่สั้นที่สุด ผลการศึกษารูปได้ว่าการวางแผนตารางเรียนจากงานวิจัยนี้ทำให้ตารางเรียนที่ได้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถศึกษาครบตามหลักสูตรได้ในระยะเวลาสั้นที่สุด ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าวเป็นเพียงการเสนอแนวทางการลงทะเบียนเพียงเท่านั้น อย่างไรก็ตามการจัดตารางเรียนยังต้องมีการคำนึงถึงปัจจัยด้านอื่น ๆ ด้วย เพื่อเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจที่เหมาะสมสำหรับแต่ละบุคคล

คำสำคัญ : ปัญหาการจัดตารางในมหาวิทยาลัย ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด ปัญหาการกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม

Abstract

The manual scheduling of university courses is a complex and challenging process due to the diverse registration requirements across academic programs. This research investigates the University Course Timetabling Problem (UCTP) by applying Integer Programming Problem (IP) models to construct mathematical formulations for solving

*ที่อยู่ติดต่อ E-mail address: yrawin@tu.ac.th

<https://doi.org/10.55003/scikmitl.2025.266381>

optimization problems and managing intricate constraints. The primary objective is to propose a systematic course registration methodology and develop timetables that enable students to complete their academic programs in the shortest possible duration. The findings reveal that the proposed timetable planning approach effectively reduces scheduling complexity and facilitates students' timely completion of their courses. This study provides a guideline for course registration. However, class scheduling should also consider additional factors to ensure appropriate and individualized decision-making.

Keywords: University Course Timetabling Problem, Optimization problem, Integer Programming Problem

1. บทนำ

การจัดตารางเรียนตารางสอน คือ การจัดการทรัพยากรภายในข้อจำกัด เช่น ระยะเวลาในการจัดตารางเรียน ช่วงระยะเวลาการเปิดสอนของแต่ละรายวิชา จำนวนห้องเรียน จำนวนอาจารย์ผู้สอน ตลอดจนเงื่อนไขต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัย (Yaemcharone, 2017) เพื่อไม่ให้เกิดการจัดตารางซ้ำในระยะเวลาเดียวกัน ปัญหาการจัดตารางสอนมีความซับซ้อนอย่างมาก ทำให้การจัดตารางด้วยคนต้องใช้เวลาและอาจเกิดเหตุผิดพลาด (Maneengam et al., 2022) ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่พบว่า มีเทคนิคหลากหลายที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตาราง โดยเฉพาะการเลือกใช้ปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming Problem: IP) มาเป็นเครื่องมือในการช่วยแก้ปัญหา โดยกำหนดฟังก์ชันจุดประสงค์ (Objective function) และข้อจำกัด (Constraints) ที่มีผลเฉลยเป็นจำนวนเต็มทั้งหมดสำหรับนำไปแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดภายใต้ข้อจำกัดและลักษณะเฉพาะของปัญหา

มีงานวิจัยจำนวนมากได้ศึกษากำหนดการเชิงจำนวนเต็มเพื่อนำมาแก้ปัญหาในมหาวิทยาลัย โดย Anwar & Bahaj (2003) นำเสนอการใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มในการจัดสรรโครงการให้นักศึกษา โดยต้องการใช้จำนวนของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการให้น้อยที่สุด ในขณะที่นักศึกษาได้หัวข้อโครงการที่ต้องการให้มากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของกำหนดการเชิงจำนวนเต็มในการจัดการกับข้อจำกัดและเป้าหมายที่หลากหลาย ต่อมา Daskalaki et al. (2004) ได้นำกำหนดการเชิงจำนวนเต็มมาช่วยจัดตารางเวลาในมหาวิทยาลัย และในปีต่อมา Daskalaki & Birbas (2005) ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพสำหรับการจัดตารางเวลาในมหาวิทยาลัยโดยใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม

ต่อมา MirHassani (2006) ได้นำเสนอวิธีการคำนวณเพื่อปรับปรุงการจัดตารางเวลาหลักสูตรโดยใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม เพื่อไม่ให้แต่ละวิชาเรียนมีเวลาที่ซ้อนทับกัน และไม่ใช้ห้องเรียนชนกับวิชาเรียนอื่น ในขณะที่ Vendla (2012) ได้ใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มทวิภาค (Mixed integer linear programming) เพื่อศึกษาการจัดตารางเวลาการใช้ทรัพยากรในการสอนและชั้นเรียน เช่น ห้องเรียน ครูผู้สอน รวมถึงสิ่งอื่น ๆ ที่ต้องใช้ในการเรียนการสอน เป็นต้น

Borges et al. (2014) ได้นำเสนอแบบจำลองกำหนดการเชิงจำนวนเต็มสำหรับการจัดตารางเวลาหลักสูตรในมหาวิทยาลัย โดยใช้กรณีศึกษาการจัดรายวิชาและเวลาให้ตรงกับความต้องการของผู้สอน ในปีต่อมา Beros & Meter (2015) ได้พัฒนาแบบจำลองโดยใช้กำหนดการเชิงจำนวนเต็ม เพื่อจัดวิชาเลือก

ให้กับนักศึกษาตามความต้องการของนักศึกษา โดยจะพยายามจัดเพื่อทำให้ความพึงพอใจรวมของนักศึกษามากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการนำกำหนดการเชิงจำนวนเต็มมาแก้ปัญหาการเลือกวิชาของนักศึกษา

จากนั้น Feng et al. (2017) ได้กำหนดการเชิงจำนวนเต็มทวิภาคและระเบียบวิธีพันธุกรรมแบบผสม (Hybrid genetic algorithm) เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางเวลาสำหรับวิชาเรียนที่มีหลายห้อง ซึ่งเป็นรูปแบบการเรียนที่พบได้ในมหาวิทยาลัยในเอเชียตะวันออก จากการทดสอบพบว่า การผสมผสานวิธีการเชิงคณิตศาสตร์และวิธีการเชิงฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น นอกจากนี้ Colajanni (2019) ได้นำเสนอการกำหนดรูปแบบโปรแกรมจำนวนเต็มสำหรับการจัดตารางเวลาหลักสูตรในมหาวิทยาลัย โดยเน้นที่การจัดการกับข้อจำกัดที่หลากหลายและซับซ้อนของระบบการศึกษา

Urbán Rivero et al. (2020) ได้นำเสนอแบบจำลองสำหรับปัญหาการจัดสรรห้องเรียนในปี ค.ศ. 2020 และ Yuan (2023) ได้นำเสนอแบบจำลองสำหรับปัญหาการจัดตารางเวลาหลักสูตรในมหาวิทยาลัย ซึ่งต้องการทำให้ผู้สอนมีความพึงพอใจในช่วงเวลาสอนมากที่สุด ในขณะที่ลดช่วงเวลาที่จะทำให้เกิดการใช้ห้องเรียนไม่ได้ ในปีต่อมา Majdoub et al. (2024) ได้นำเสนอแบบจำลองสำหรับการคัดเลือกนักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษาในปี ค.ศ. 2024 โดยใช้ชั้นเรียนเตรียมวิศวกรรมเป็นกรณีศึกษา โดยคำนึงถึงคุณสมบัติทางการศึกษาของผู้สมัคร ทักษะที่จำเป็น และความต้องการของผู้สมัคร

นอกจากนี้ระบบแนะนำวิชาเรียน (Course recommendation systems) เป็นอีกหัวข้อหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ โดย Nguyen et al. (2021) ได้อาศัยเหมืองข้อมูลและเทคนิคของระบบวิเคราะห์สไลด์การเรียนรู้เฉพาะบุคคล (Learning analytics techniques) นำเสนอระบบแนะนำวิชาเรียนในภาคการศึกษาถัดไปโดยอิงจากผลการเรียนของผู้เรียน และ Van Deventer et al. (2024) ได้ใช้โมเดลภาษาขนาดใหญ่ (Large Language Model: LLM) สำหรับการแนะนำหลักสูตรแก่ผู้เรียน โดยพยายามเลือกหลักสูตรที่มีรายละเอียดที่ตรงกับสิ่งที่ผู้เรียนค้นหาให้มากที่สุด

แต่ถึงแม้จะมีเทคนิคและเครื่องมือที่หลากหลายให้เลือกใช้ในการจัดสรรทรัพยากร แต่ด้วยข้อจำกัดในด้านเวลา บางสถาบันจึงใช้คนในการจัดการทำให้เสียเวลาและขาดประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับตารางเรียนของนักศึกษานั้น หากผู้เรียนลงทะเบียนเรียนตามแผนการศึกษาที่ทางหลักสูตรกำหนดไว้ และสามารถผ่านทุกรายวิชาตามลำดับ ก็จะไม่พบปัญหามากในการจัดตารางเรียน แต่หากมีการเพิกถอนรายวิชาออกหรือผู้เรียนไม่สามารถเรียนวิชานั้นผ่าน ผู้เรียนจะต้องปรับแผนการเรียนใหม่ด้วยตัวเอง โดยแผนการเรียนนั้นต้องสอดคล้องกับโครงสร้างของหลักสูตร ซึ่งต้องมีการตรวจสอบเงื่อนไขของแต่ละรายวิชาเพื่อให้สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมา เช่น สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ หลักสูตรปรับปรุง 2561 (Department of Mathematics and Statistics, Thammasat University, n.d.) หากผู้เรียนต้องการลงทะเบียนวิชา AM201 และ AM311 จะต้องผ่านวิชา AM102 ก่อน หากเกิดการเพิกถอนรายวิชา AM102 ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถลงทะเบียนเรียนในวิชาต่อเนื่องเหล่านี้ได้ นอกจากนี้ อาจมีกรณีที่บางวิชาเปิดสอนเพียงหนึ่งภาคการศึกษาเท่านั้น เมื่อถอนรายวิชานั้นแล้วจะกระทบกับแผนการศึกษาเดิมทั้งหมด ซึ่งส่งผลให้ต้องปรับแผนการเรียนใหม่ทั้งหมด ทำให้การจัดตารางเรียนด้วยตนเองมีความซับซ้อนและเสี่ยงที่จะเกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเป็นส่วนหนึ่งในการเสนอแนะทางการจัดตารางเรียนสำหรับผู้เรียน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองโครงสร้างของหลักสูตร

คณิตศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ หรือหลักสูตรอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างเช่นเดียวกัน เช่น วิชาบังคับ วิชาเลือก วิชาที่ต้องเรียนก่อน วิชาที่ต้องเรียนควบคู่กัน และระบุจำนวนหน่วยกิตที่สามารถลงทะเบียนได้ในแต่ละภาคการศึกษา เป็นต้น โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้เป็นการเสนอแนวทางการลงทะเบียนเรียนในมหาวิทยาลัย ซึ่งนำเสนอตารางเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนนั้นสามารถสำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรได้ในเวลาที่สั้นที่สุด

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 ขั้นตอนการทำงาน

งานวิจัยนี้แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 4 ขั้นตอน โดยนำการจัดการข้อมูลความสัมพันธ์ของรายวิชาทั้งหมดตามหลักสูตรและหลักการทางคณิตศาสตร์มาปรับใช้ เพื่อวิเคราะห์และสร้างตัวแบบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือข้อบังคับที่ต้องการ รวมถึงนำโปรแกรม MATLAB มาประยุกต์ใช้เพื่อคำนวณและประมวลผลข้อมูล ทำให้สามารถจัดรูปแบบการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด โดยการดำเนินงานแต่ละขั้นตอนจะอธิบายรายละเอียด ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การเก็บข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาคณิตศาสตร์ประยุกต์ (หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2561) (Department of Mathematics and Statistics, Thammasat University, n.d.) ประกอบด้วย ชื่อรายวิชา จำนวนหน่วยกิตแต่ละวิชา ความสัมพันธ์ระหว่างวิชา และช่วงเวลาของแต่ละวิชาเปิดให้ลงทะเบียนเรียน โดยเก็บข้อมูลจากเว็บไซต์ของสำนักทะเบียนนักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (Office of the Registrar, Thammasat University, n.d.) และข้อมูลถูกจัดเก็บในรูปแบบที่สามารถนำไปประมวลผลได้ง่าย เพื่อให้พร้อมสำหรับการนำเข้าสู่ข้อมูลสู่โปรแกรม

ขั้นตอนที่ 2 : การสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์

การวิเคราะห์และจัดการข้อบังคับของหลักสูตรให้อยู่ในรูปของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การสร้างตัวแบบ ประกอบด้วย 1) ฟังก์ชันจุดประสงค์ คือ การลงทะเบียนจำนวนหน่วยกิตให้มากที่สุดต่อภาคการศึกษา หรือลดจำนวนหน่วยกิตที่ต้องลงทะเบียนให้เหลือน้อยที่สุด และ 2) ข้อจำกัด คือ เงื่อนไขในการลงทะเบียนของทางมหาวิทยาลัย และเงื่อนไขตามแต่ละหลักสูตรเพื่อสำเร็จการศึกษา ทั้งข้อบังคับสำหรับแต่ละรายวิชา วิชาที่ถูกบังคับให้ลงทะเบียนเรียนตามหลักสูตร เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 : การหาผลเฉลย

ทางคณะผู้วิจัยใช้ MATLAB เป็นเครื่องมือหลักสำหรับการประมวลผล โดยใช้ข้อมูลที่จัดเตรียมไว้ในรูปแบบไฟล์บน Google Sheets และนำเข้า MATLAB เพื่อใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด ซึ่ง MATLAB มี Optimization toolbox เพื่อใช้สำหรับแก้เพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขั้นตอนที่ 4 : การวิเคราะห์ผลลัพธ์และสรุปผล

ผลลัพธ์ออกมาในรูปของตารางเรียนที่เป็นไปตามฟังก์ชันจุดประสงค์และข้อจำกัดที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาว่าตารางเรียนที่สร้างขึ้นตรงตามข้อกำหนดของหลักสูตรและช่วยให้การลงทะเบียนของผู้เรียนมี

ประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ยังพิจารณาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง เพื่อให้มั่นใจว่าตารางเรียนที่ได้สามารถช่วยลดความซับซ้อนของกระบวนการลงทะเบียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ข้อมูลหลักสูตร

ข้อมูลการลงทะเบียนเรียนในมหาวิทยาลัย ผู้เรียนต้องลงทะเบียนในแต่ละภาคการศึกษาขั้นต่ำ 9 หน่วยกิต และไม่เกิน 22 หน่วยกิต หน่วยกิตรวมตลอดหลักสูตร 133 หน่วยกิต ประกอบด้วย

1) วิชาเฉพาะ	97 หน่วยกิต
2) วิชาแกน	49 หน่วยกิต
3) วิชาเฉพาะด้าน	48 หน่วยกิต
4) วิชาบังคับ	33 หน่วยกิต
5) วิชาโทในสาขา	15 หน่วยกิต
6) ศึกษาทั่วไป	30 หน่วยกิต
7) วิชาเลือกเสรี	6 หน่วยกิต

2.3 ความสัมพันธ์ของรายวิชา

ความสัมพันธ์ของวิชาในหลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ หลักสูตรปรับปรุง 2561 มีทั้งหมด 3 กรณี ได้แก่

- 1) กรณีสอบได้ คือ รายวิชาที่ศึกษาแล้วได้เกรด D ขึ้นไป
- 2) กรณีเคยศึกษา คือ รายวิชาที่ศึกษาแต่ได้เกรด F

3) กรณีศึกษาพร้อม คือ รายวิชาที่ศึกษาพร้อมกัน 2 วิชา หรือสามารถลงเรียนวิชาที่ทางหลักสูตรกำหนดก่อนหน้าเพียง 1 วิชาก่อนได้

2.4 ตัวอย่างการใช้ข้อมูลรูปแบบเมทริกซ์

ตัวอย่างการเก็บข้อมูลความสัมพันธ์ของแต่ละรายวิชาในหลักสูตรถูกจัดเก็บในรูปแบบของตารางหรือเมทริกซ์ โดยการแสดงรูปแบบและการอ่านความหมายของความสัมพันธ์เมทริกซ์ อธิบายได้ดังนี้

กรณีสอบได้ : การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของเมทริกซ์สอบได้ แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 1 โดยที่ค่าในตารางมีความหมายดังนี้ 1 หมายถึง จะต้องสอบได้วิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น และ 0 หมายถึง ไม่จำเป็นต้องสอบได้วิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการลงทะเบียนเรียนวิชา AM451 จะต้องสอบได้วิชา AM200 ก่อน และหากต้องการลงทะเบียนเรียนวิชา AM331 จะต้องสอบได้วิชา AM201 ก่อน

ตารางที่ 1. เมทริกซ์ความสัมพันธ์สอบได้

วิชาที่ลงทะเบียน	วิชาบังคับ			
	AM100	AM200	AM201	AM241
AM331	0	0	1	0
AM341	0	0	0	0
AM360	0	0	0	0
AM451	0	1	0	0

กรณีศึกษา : การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของเมทริกซ์การศึกษา แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 2 โดยที่ค่าในตารางมีความหมายดังนี้ 1 หมายถึง จะต้องศึกษาวิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น และ 0 หมายถึง ไม่จำเป็นต้องศึกษาวิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น ยกตัวอย่างเช่น หากผู้เรียนต้องการลงทะเบียนเรียนวิชา SC173 จะต้องศึกษาวิชา SC123 และหากผู้เรียนต้องการลงทะเบียนเรียนวิชา ST226 จะต้องศึกษาวิชา AM102

ตารางที่ 2. เมทริกซ์ความสัมพันธ์การศึกษา

วิชาที่ลงทะเบียน	วิชาบังคับ			
	AM102	SC123	SC173	ST226
AM102	0	0	0	0
SC123	0	0	0	0
SC173	0	1	0	0
ST226	1	0	0	0

กรณีศึกษาพร้อม : การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบของเมทริกซ์ศึกษาพร้อม แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 3 โดยที่ค่าในตารางมีความหมายดังนี้ 1 หมายถึง จะต้องลงทะเบียนวิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น และ 0 หมายถึง ไม่จำเป็นต้องลงทะเบียนวิชาในหลักนั้นเพื่อจะลงทะเบียนวิชาในแถวนั้น ยกตัวอย่างเช่น หากผู้เรียนต้องการลงทะเบียนวิชา SC165 จะต้องลงทะเบียนพร้อมกับวิชา SC115 หรือสามารถลงทะเบียนวิชา SC115 เพียงตัวเดียวได้ และหากผู้เรียนต้องการลงทะเบียนวิชา MA381 จะต้องลงทะเบียนพร้อมกับวิชา MA351 หรือสามารถลงทะเบียนวิชา MA351 เพียงตัวเดียวได้

ตารางที่ 3. เมทริกซ์ความสัมพันธ์ศึกษาพร้อม

วิชาที่ลงทะเบียน	วิชาบังคับ			
	SC115	SC165	MA351	MA381
SC115	0	0	0	0
SC165	1	0	0	0
MA351	0	0	0	0
MA381	0	0	1	0

2.5 กำหนดช่วงระยะเวลา

ในการสร้างตัวแบบและการประมวลผลสมมติตารางเวลาเพื่อความสะดวกในการประมวลผลและใช้งาน ซึ่งมีการกำหนดเวลาดังนี้ T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 และ T_6 แทน ระยะเวลา 08:00-09:30 น. 09:30-11:00 น. 11:00-12:30 น. 12:30-13:30 น. 13:30-15:00 น. และ 15:00-16:30 น. ตามลำดับ โดยกำหนดตัวเลขแทนตารางเวลาแต่ละช่วงเวลา ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4 สามารถอธิบายความหมายตามตารางตัวอย่างบางช่วงเวลาได้ว่า ช่วงเวลาที่ 1 คือ คาบเรียนวันจันทร์ เวลา 08:00-09:30 น. และช่วงเวลาที่ 2 คือ คาบเรียนวันจันทร์ เวลา 09:30-11:00 น. เป็นต้น

ตารางที่ 4. ตารางเวลาแต่ละช่วงเวลา

วัน	เวลา					
	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6
จันทร์	1	2	3	4	5	6
อังคาร	7	8	9	10	11	12
พุธ	13	14	15	16	17	18
พฤหัสบดี	19	20	21	22	23	24
ศุกร์	25	26	27	28	29	30
เสาร์	31	32	33	34	35	36

2.6 ช่วงเวลาที่เปิดสอน

ข้อมูลในส่วนนี้แสดงช่วงเวลาการเปิดสอนของแต่ละวิชาในแต่ละภาคการศึกษา พร้อมระบุหน่วยกิตของแต่ละวิชาอย่างชัดเจน โดยมีตัวอย่างข้อมูลแสดงดังตารางที่ 5 ซึ่งประกอบไปด้วยลำดับวิชา รหัสวิชา หน่วยกิต และช่วงเวลา (ซึ่งได้กำหนดไว้ในหัวข้อที่ 2.5) ที่เปิดสอนในภาคการศึกษา 1 และภาคการศึกษา 2

ตารางที่ 5. ข้อมูลชื่อวิชา หน่วยกิตและช่วงเวลา

ลำดับ	รหัสวิชา	หน่วยกิต	ภาคการศึกษา	
			1	2
1	AM101	3	8, 20	13, 25
2	ST211	3	15, 27	15, 27
3	CS103	3	14, 26	-
4	SC123	3	13, 25	13, 25
5	SC173	1	2, 3	2, 3

2.7 สมมติฐานและข้อกำหนดของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

2.7.1 สมมติฐานสำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์

- 1) วิชาเฉพาะในหลักสูตรทุกวิชาเปิดเพียง 1 เซกชัน

2) ไม่มีการกำหนดระยะเวลาการศึกษา คือ ผู้เรียนสามารถขึ้นทะเบียนเป็นนักศึกษาสำหรับภาคการศึกษาปกติจำนวนเท่าใดก็ได้

3) วิชาปฏิบัติการถูกแนะนำให้ลงพร้อมกับวิชาทฤษฎี

4) วิชาที่สามารถศึกษาพร้อมกันได้ มีเพียง 2 วิชาเท่านั้น

5) จำนวนวิชาบังคับสำหรับวิชาที่มีความสัมพันธ์เคยศึกษา จะมีได้เพียง 1 วิชา เท่านั้น

6) วิชาที่สามารถลงทะเบียนเรียนได้ เมื่อศึกษาผ่านมาแล้ว 2 ปีการศึกษาหรือเทียบเท่า 5 ภาคการศึกษา

7) ช่วงเวลาที่เปิดสอนในแต่ละภาคการศึกษา (ภาคการศึกษา 1 และ 2) ต้องไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกปีการศึกษา

2.7.2 ข้อบังคับของหลักสูตร

1) ถ้าผู้เรียนศึกษาแล้วได้เกรด D หรือผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ถือว่าผู้เรียนสอบได้

2) ถ้าหากผู้เรียนศึกษาแต่ได้เกรด F หรือต่ำกว่าที่เกณฑ์กำหนด ถือว่าผู้เรียนเคยศึกษา

3) วิชาโครงการสามารถลงทะเบียนเรียนได้ เมื่อศึกษาผ่านมาแล้ว 2 ปีการศึกษา หรือเทียบเท่า 4 ภาคการศึกษา

2.8 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์

2.8.1 พารามิเตอร์และตัวแปรตัดสินใจ

กำหนดให้ N_l แทน เซตของจำนวนนับที่มีค่าไม่เกิน l เมื่อ l เป็นจำนวนเต็มบวก พารามิเตอร์และตัวแปรต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวกับหลักสูตร

k	แทน	จำนวนรายวิชา
t	แทน	จำนวนช่วงเวลา
$term$	แทน	ภาคการศึกษาต่อปี โดยที่ $term = 1$ และ 2
$T_{i, term} \subseteq N_t$	แทน	ช่วงระยะเวลาเรียนของวิชาที่ i ภาคการศึกษาที่ $term$
m	แทน	หมวดของวิชาโท 5 ประเภท โดยที่ $m = 0$ คือ ไม่เลือกวิชาโท $m = 1$ คือ วิชาโททั่วไป $m = 2$ คือ วิชาโทคณิตศาสตร์การจัดการ $m = 3$ คือ วิชาโทการจำลองแบบ $m = 4$ คือ วิชาโทคณิตศาสตร์คอมพิวเตอร์

$M_m \subseteq N_k$ แทน เซตของหมวดวิชาโทที่ m โดยที่ $m = 0, 1, 2, 3$ และ 4

CR_i แทน จำนวนหน่วยกิตของรายวิชาที่ i

CR_{total} แทน จำนวนหน่วยกิตทั้งหมด

CR_{max} แทน จำนวนหน่วยกิตอย่างมากที่สามารถลงทะเบียนต่อภาคการศึกษา

CR_{min} แทน จำนวนหน่วยกิตอย่างน้อยที่สามารถลงทะเบียนต่อภาคการศึกษา

$D_i \subseteq \mathbb{N}_k$	แทน	เซตของวิชาบังคับในวิชาที่ i
n_i	แทน	จำนวนวิชาบังคับทั้งหมดของวิชาที่ i
$G \subseteq \mathbb{N}_k$	แทน	เซตของวิชาหมวดวิชาศึกษาทั่วไป
$P \subseteq \mathbb{N}_k$	แทน	เซตของวิชาโครงการ
$F \subseteq \mathbb{N}_k$	แทน	เซตของวิชาเสรี
$Open_{i,term}$	แทน	การเปิดวิชาที่ i ในภาคการศึกษาที่ $term$ โดย $Open_{i,term}$ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวิชาที่ i เปิดในภาคการศึกษาที่ $term$ นอกนั้นมีค่าเป็น 0
C	แทน	เมทริกซ์ขนาด $k \times k$ โดยที่ C_{ij} แสดงความสัมพันธ์ศึกษาพร้อมเมื่อผู้เรียนลงวิชาที่ i สามารถลงเรียนวิชาที่ j ได้ด้วย หรือลงวิชาที่ j อย่างเดียวก็น่าได้
E	แทน	เมทริกซ์ขนาด $k \times k$ โดยที่ E_{ij} แสดงความสัมพันธ์เคยศึกษาเมื่อผู้เรียนเคยศึกษาวิชาที่ i สามารถลงเรียนวิชาที่ j ได้
$TU \subseteq \mathbb{N}_k^2$	แทน	เซตของคู่วิชาจากหมวดศึกษาทั่วไป
2) พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียน		
S	แทน	จำนวนภาคการศึกษาที่ศึกษาแล้ว
x_j	แทน	การสอบได้ในวิชาที่ j โดย x_j มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อสอบได้ในวิชาที่ j นอกนั้นมีค่าเป็น 0
z_j	แทน	การเคยศึกษาในวิชาที่ j โดย z_j มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อสอบได้ในวิชาที่ j นอกนั้นมีค่าเป็น 0

3) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

y_i	แทน	การแนะนำให้ลงทะเบียนในวิชาที่ i โดย y_i มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อแนะนำให้ลงทะเบียนในวิชาที่ i นอกนั้นมีค่าเป็น 0
-------	-----	---

ในงานวิจัยนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ หลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ ปรับปรุง ปี 2561 เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นสำหรับตัวแปรต่าง ๆ ข้างต้น

2.8.2 ฟังก์ชันจุดประสงค์

เพื่อนำเสนอปัญหาการลงทะเบียนเรียนในรูปแบบปัญหาค่าเหมาะสมที่สุด ฟังก์ชันจุดประสงค์ถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เรียนสำเร็จการศึกษาได้เร็วที่สุด โดยลดจำนวนหน่วยกิตที่ผู้เรียนยังต้องลงทะเบียนเรียนตลอดหลักสูตรให้ได้มากที่สุดในแต่ละภาคการศึกษา คำนวณได้จากหน่วยกิตที่ต้องลงทะเบียนตลอดหลักสูตร หักลบด้วยวิชาที่แนะนำให้ลงทะเบียนในภาคการศึกษาปัจจุบัน และวิชาที่สอบได้จากภาค

การศึกษาก่อนหน้า สำหรับให้ผู้เรียนสามารถสำเร็จการศึกษาได้ภายในระยะเวลาที่กำหนด ตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยและหลักสูตร สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (1)

$$\text{Minimize } CR_{total} - \left(\sum_{i=1}^k y_i CR_i + \sum_{j=1}^k x_j CR_j \right) \quad (1)$$

2.8.3 ข้อจำกัดสำหรับปัญหา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การลงทะเบียนเรียนวิชาที่มีวิชาบังคับมาก่อน ผู้เรียนต้องสอบผ่านวิชาบังคับนั้นก่อน จึงสามารถลงทะเบียนวิชาถัดไปได้ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (2)

$$\sum_{j \in D_i} x_j - n_i y_i \geq 0, \quad \forall i \in \mathbb{N}_k \quad (2)$$

2) การแนะนำการลงทะเบียนเรียนในแต่ละภาคการศึกษา ต้องอยู่ในช่วงหน่วยกิตที่กำหนด โดยไม่เกินหน่วยกิตสูงสุดและไม่น้อยกว่าหน่วยกิตขั้นต่ำ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3)

$$CR_{min} \leq \sum_{i=1}^k y_i CR_i \leq CR_{max} \quad (3)$$

3) หากแนะนำให้ลงทะเบียนเรียนวิชาที่ i แต่ตามตารางไม่เปิดสอนในภาคการศึกษาที่ $term$ จะไม่สามารถลงทะเบียนเรียนได้ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (4)

$$y_i - Open_{i,term} \leq 0, \quad \forall i \in \mathbb{N}_k \quad (4)$$

4) หากศึกษาและสอบได้วิชาที่ j แล้ว จะไม่แนะนำให้ลงทะเบียนเรียนวิชาที่ j อีก สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (5)

$$x_j + y_j \leq 1, \quad \forall j \in \mathbb{N}_k \quad (5)$$

5) หากช่วงเวลาของวิชาที่ i ภาคการศึกษาที่ $term$ ($T_{i,term}$) และช่วงเวลาของวิชาที่ j ภาคการศึกษาที่ $term$ ($T_{j,term}$) ทับซ้อนกัน ($T_{i,term} \cap T_{j,term} \neq \emptyset$) ต้องมีเพียงวิชาเดียวที่สามารถเลือกได้ สำหรับทุกคู่วิชาที่มีเวลาทับซ้อนกัน โดยที่วิชาที่ i และวิชาที่ j ต้องไม่เป็นวิชาเดียวกัน ($i \neq j$) สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (6)

$$T_{i,term} \cap T_{j,term} \neq \emptyset \rightarrow y_i + y_j \leq 1, \forall i < j \quad (6)$$

6) หากต้องลงทะเบียนวิชาที่จะต้องมีการศึกษาพร้อมกัน เช่น วิชาบรรยายและวิชาปฏิบัติการ นั่นคือ $C_{ij} = 1$ แสดงว่า วิชาที่ i และวิชาที่ j จำเป็นต้องลงทะเบียนพร้อมกัน แต่หากวิชาใดศึกษาไม่ผ่าน จะแนะนำให้ลงทะเบียนเรียนอีกครั้งเพียงวิชาที่ไม่ผ่านเท่านั้น สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (7)

$$C_{ij} = 1 \rightarrow (y_j - y_i) + (x_j - x_i) = 0, \forall i, j \in N_k \quad (7)$$

7) หากต้องการลงทะเบียนวิชาที่มีความสัมพันธ์เคยศึกษา ($E_{ij} = 1$) จะแนะนำให้ลงทะเบียนเรียนวิชาที่ i ได้ เมื่อสอบได้หรือเคยศึกษาวิชาที่ j ($z_j = 1$) สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (8)

$$E_{ij} = 1 \rightarrow (x_j + z_j) - y_i \geq 0, \forall i, j \in N_k \quad (8)$$

8) เมื่อผู้เรียนเริ่มภาคการศึกษา 6 ขึ้นไป ($S > 5$) การลงทะเบียนเรียนในวิชาโท กำหนดจำนวนวิชาที่ผู้เรียนลงทะเบียนวิชาโทได้ไม่เกิน 5 วิชาตลอดหลักสูตร และต้องไม่น้อยกว่าจำนวนวิชาขั้นต่ำ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (8)

$$0 \leq \sum_{i \in M_m} (y_i + x_i) \leq 5 \text{ เมื่อ } m = 1, 2, 3, 4 \quad (9)$$

9) การลงทะเบียนเรียนของผู้เรียน สามารถเลือกลงทะเบียนเรียนได้เพียง 1 วิชาต่อวิชาในกลุ่มวิชาศึกษาทั่วไป เพื่อป้องกันการลงทะเบียนซ้ำซ้อนในวิชาที่สามารถทดแทนกันได้ สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (10)

$$(x_i + y_i) + (x_j + y_j) \leq 1, \forall (i, j) \in TU \quad (10)$$

10) การลงทะเบียนเรียนของผู้เรียนสำหรับหมวดวิชาศึกษาทั่วไปในเขต G มีข้อจำกัดว่า ให้เลือกลงทะเบียนได้ไม่เกิน 2 วิชาจากเขตนี้ตลอดหลักสูตร สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (11)

$$0 \leq \sum_{i \in G} (y_i + x_i) \leq 2 \quad (11)$$

11) เมื่อเริ่มภาคการศึกษา 6 ขึ้นไป ($S > 5$) หากผู้เรียนได้ลงทะเบียนเรียนวิชาโทในกลุ่มที่ m แล้ว ไม่สามารถลงทะเบียนเรียนวิชาโทในกลุ่มวิชาอื่นได้ โดยบังคับให้ลงทะเบียนเรียนเฉพาะหมวดวิชาในกลุ่มที่ m สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (12)

$$y_i = 0, \quad \forall i \in M_{m'} \quad \text{เมื่อ } m' = 0, 2, 3, 4 \text{ และ } m' \neq m \text{ โดยที่ } S > 5 \quad (12)$$

12) จะไม่แนะนำให้ผู้เรียนลงทะเบียนเรียนในวิชาโครงการงาน จนกว่าผู้เรียนจะมีการศึกษาตั้งแต่ 4 ภาคการศึกษาขึ้นไป สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (13)

$$\sum_{i \in P} y_i = 0 \quad \text{โดยที่ } S < 4 \quad (13)$$

13) ไม่แนะนำให้ลงทะเบียนรายวิชาเสรีจนกว่าผู้เรียนจะมีการศึกษาตั้งแต่ 6 ภาคการศึกษาขึ้นไป หรือเทียบเท่า 3 ปีการศึกษาแล้ว สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (14)

$$\sum_{i \in F} y_i = 0 \quad \text{โดยที่ } S < 6 \quad (14)$$

14) กำหนดค่าให้กับตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็น 0 และ 1 สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (15)

$$0 \leq y_i \leq 1, \quad \forall i \in N_k \quad (15)$$

หมายเหตุ ในการพัฒนาโปรแกรมสำหรับข้อจำกัดที่ 6) และ 7) จะทำการตรวจสอบเมทริกซ์ C และ E ตามลำดับ โดยเป็นการค้นหาตำแหน่งทั้งหมดในเมทริกซ์ดังกล่าวที่มีค่าเป็น 1 โดยเมื่อพบแล้วสามารถเพิ่มสมการที่เป็นข้อจำกัดลงไปในตัวแบบ เช่น หากพบกว่า $C_{32} = 1$ โปรแกรมสามารถเพิ่มสมการ $(y_2 - y_1) + (x_2 - x_1) = 0$ เข้าไปในตัวแบบ ดังนั้น สมการที่ (7) และสมการที่ (8) ในข้อจำกัดที่ 6) และ 7) ตามลำดับ จึงทำให้แบบจำลองในงานวิจัยนี้เป็นกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม

สำหรับการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดนั้น หากใช้วิธีการแก้ปัญหาโดยตรงไปตรงมา (Brute-force algorithm) ซึ่งมีรูปแบบของคำตอบที่เป็นไปได้ถึง 2^k รูปแบบ เมื่อ k คือ จำนวนรายวิชาทั้งหมดที่สามารถลงทะเบียนเรียนได้ จำนวนรูปแบบของคำตอบเพิ่มขึ้นแบบเลขยกกำลัง ทำให้ต้องเสียเวลาอย่างมากในการค้นหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด และเนื่องจากแบบจำลองในงานวิจัยนี้เป็นแบบจำลองที่ถูกเขียนให้อยู่ในรูปแบบของปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็มแบบเชิงเส้น ทางคณะผู้จัดทำจึงเรียกใช้ฟังก์ชัน `intlinprog` ใน Optimization toolbox ของ MATLAB โดยไม่ได้กำหนดค่าของพารามิเตอร์ Options เพิ่มเติม

ฟังก์ชัน `intlinprog` เป็นฟังก์ชันสำหรับหาค่าต่ำสุดของปัญหากำหนดการเชิงจำนวนเต็มทวิภาคและครอบคลุมถึงกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม โดยฟังก์ชัน `intlinprog` จะใช้เทคนิค เช่น การผ่อนปรนเชิงเส้น (Linear programming relaxation) การแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch-and-bound) เพื่อลดจำนวนรูปแบบของผลเฉลยที่ต้องพิจารณา ซึ่งวิธีนี้สามารถลดเวลาในการหาผลเฉลยที่ดีที่สุดของปัญหาได้อย่างมากเมื่อเทียบกับวิธีการแก้ปัญหาโดยตรงไปตรงมา โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อระยะเวลาการประมวลผล ได้แก่ ขนาดของปัญหา ความซับซ้อนของข้อจำกัด และประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้ หากปัญหามีขนาดใหญ่อาจต้องใช้เวลามากมายจนถึงหลายชั่วโมง

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการดำเนินงานข้างต้น ในการประมวลผลลัพธ์ต้องมีการกำหนดข้อมูลนำเข้า ซึ่งในการทดลองนี้ ใช้ข้อมูลของหลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (Department of Mathematics and Statistics, Thammasat University, n.d.; Office of the Registrar, Thammasat University, n.d.) ซึ่งมีวิชาให้เลือกเรียนทั้งหมด 73 วิชา ($k = 73$) และในแต่ละสัปดาห์มีทั้งหมด 36 ช่วงเวลาเรียน ($t = 36$) โดยสำเร็จการศึกษาได้นั้นต้องมีจำนวนหน่วยกิตอย่างน้อย 133 หน่วยกิต ($CR_{total} = 133$) โดยในแต่ละภาคการศึกษาลงทะเบียนเรียนได้อย่างมาก 22 หน่วยกิต ($CR_{max} = 22$) และอย่างน้อย 9 หน่วยกิต ($CR_{min} = 9$) นอกจากนี้ จากข้อมูลของหลักสูตรได้มีการกำหนดค่าให้เซตวิชาหมวดวิชาศึกษาทั่วไป (G) เซตของคูวิชาจากหมวดศึกษาทั่วไป (TU) เซตของวิชาโครงการ (P) เซตของวิชาเสรี (F) และเซตของวิชาโทประเภทต่างๆ (M_m เมื่อ $m = 1, 2, 3$ และ 4)

จากนั้นผู้ใช้ต้องกรอกวิชาที่ได้เรียนไปแล้ว รวมถึงเกรดของวิชานั้น ๆ จำนวนภาคการศึกษาที่ผู้เรียนได้ศึกษาผ่านมาและวิชาโทที่เลือก ในกรณีที่ผู้เรียนถึงเกณฑ์ที่สามารถเลือกวิชาโทและภาคการศึกษาที่ต้องการวางแผนตารางเวลา จากนั้นประมวลผลการใช้คำสั่ง `intlinprog` เพื่อค้นหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งจากการทดลองใช้ระยะเวลาในการประมวลผลอยู่ที่ 6 ถึง 9 วินาที สำหรับการประมวลผลในแต่ละครั้ง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงานแสดงเป็นตารางเรียน โดยแต่ละตารางเรียนถูกตรวจสอบจำนวนหน่วยกิตในภาคการศึกษานั้นว่าอยู่ในช่วงที่สามารถลงทะเบียนได้ แต่ละรายวิชามีช่วงเวลาที่ซ้อนทับกันหรือไม่ และผ่านเงื่อนไขของการลงทะเบียนเรียนหรือไม่ (สอบได้/เคยศึกษา/ศึกษาพร้อม) ซึ่งหากพบตารางเรียนที่ดีที่สุดหลายรูปแบบ ทางผู้วิจัยเลือกตารางเรียนแบบแรกมาแสดงเป็นตัวอย่างของผลลัพธ์

หมายเหตุ สำหรับการนำไปใช้จริงนั้น หากพบผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมากกว่า 1 ผลลัพธ์ ผู้เรียนควรพิจารณาเลือกตารางเรียนตามความสนใจของเนื้อหาวิชา หรือตามวิชาที่คาดว่าจะสามารถเรียนได้ดี นอกจากนี้ ผู้เรียนอาจพิจารณาเลือกวิชาที่ส่งผลต่อความต่อเนื่องของแผนการเรียน หรือวิชาที่มีความจำเป็นในการสำเร็จการศึกษาเป็นลำดับแรก ซึ่งยังเป็นข้อจำกัดสำหรับงานวิจัยนี้

สำหรับการทดลองนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวางแผนการเรียนแบบรายภาคการศึกษา และการวางแผนการเรียนแบบตลอดทั้งการศึกษา ดังนี้

1) การวางแผนการเรียนแบบรายภาคการศึกษา

การวางแผนแบบรายภาคการศึกษา ข้อมูลประกอบด้วยวิชาที่ผู้เรียนได้เรียนไปแล้วและผลการเรียนที่ได้ แสดงดังตารางที่ 6 และผู้เรียนระบุจำนวนภาคการศึกษาที่เรียนมาแล้ว คือ 2 ภาคการศึกษา ซึ่งภาคการศึกษาถัดไปที่ต้องการวางแผนตารางเรียน คือภาคการศึกษาที่ 1 และผู้เรียนยังไม่สามารถเลือกหมวดวิชาโทได้ เนื่องจากยังไม่ถึงเกณฑ์ในการเลือกวิชาโท

ตารางที่ 6. ข้อมูลการเรียนรู้ที่ระบุชื่อวิชาและผลการเรียน

ลำดับ	ชื่อวิชา	เกรด
1	CS103	D+
2	TU104	B+
3	TU106	A
4	TU101	B+
5	AM100	S
6	SC123	C+
7	SC173	C+
8	AM101	D+
9	TU105	B
10	SC115	C
11	SC165	C+
12	ST211	C
13	TU050	S

เมื่อนำข้อมูลจากตารางที่ 6 เข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผล เพื่อค้นหาผลเฉลี่ยที่ดีที่สุด แนะนำให้ลงทะเบียนเรียนในเทอมถัดไป ได้แก่ วิชา TU154 AM102 AM200 AM241 MA221 SC135 SC185 และ EL295 ซึ่งมีเวลาเรียนดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนในภาคการศึกษาถัดไป

วิชา	วัน	เวลา
AM102	อังคาร, พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30
MA221	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30
AM200	อังคาร, พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00
AM241	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00
TU154	อังคาร, พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30
SC135	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30
EL295	อังคาร	13:30 – 16:30
SC185	พุธ, ศุกร์	13:30 – 16:30

จากผลเฉลยดังตารางที่ 7 และข้อมูลของหลักสูตรเห็นว่าจำนวนหน่วยกิตรวมในภาคการศึกษานี้ เท่ากับ 22 หน่วยกิต ซึ่งเป็นไปตามระเบียบของทางมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (Office of the Registrar, Thammasat University, n.d.) นอกจากนั้นแล้วแต่ละรายวิชาจะมีเวลาที่ไม่ซ้อนทับกัน และทุกรายวิชาสามารถลงทะเบียนได้เพราะผ่านเงื่อนไขที่จำเป็นแล้ว เช่น วิชา AM102 ซึ่งจะต้องสอบได้วิชา AM101 เป็นต้น

2) การวางแผนการเรียนแบบตลอดทั้งการศึกษา

การวางแผนการเรียนแบบตลอดทั้งการศึกษา จะแบ่งกรณีสำหรับผู้เรียนที่ต้องการเรียนวิชาโทที่แตกต่างกัน โดยในตลอด 5 ภาคการศึกษาแรก ได้แก่ ปี 1 ภาคการศึกษา 1 ปี 1 ภาคการศึกษา 2 ปี 2 ภาคการศึกษา 1 ปี 2 ภาคการศึกษา 2 และ ปี 3 ภาคการศึกษา 1 จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกันในทุกภาคการศึกษา โดยแสดงดังตารางที่ 8 - 12 ซึ่งหมายความว่าใน 5 ภาคการศึกษาแรกผู้เรียนในแต่ละหมวดวิชาโท จะมีตารางเรียนที่ตรงกัน เมื่อผู้เรียนเลือกวิชาโทในหมวดใดก็ตาม ผลลัพธ์ในภาคการศึกษาถัดไปแสดงแยกกันตามหมวดวิชาโทตามที่คุณเรียนได้เลือก ได้แก่ ปี 3 ภาคการศึกษา 2 และ ปี 4 ภาคการศึกษา 1 แสดงดังตารางที่ 13 และ 14

ตารางที่ 8. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 1 ภาคการศึกษา 1

วิชา	วัน	เวลา
SC173	จันทร์	09:30 – 12:30 น.
TU154	อังคาร, พฤหัสบดี	11:00 – 12:30 น.
SC123	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30 น.
CS103	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.
ST211	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
TU105	พุธ	13:30 – 16:30 น.
TU101	พฤหัสบดี	13:30 – 16:30 น.
TU104	ศุกร์	13:30 – 16:30 น.

ตารางที่ 9. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 1 ภาคการศึกษา 2

วิชา	วัน	เวลา
SC165	จันทร์	09:30 – 12:30 น.
AM200	อังคาร, พฤหัสบดี	08:00 – 09:30 น.
MA332	อังคาร, พฤหัสบดี	11:00 – 12:30 น.
TU102	อังคาร	13:30 – 16:30 น.
AM101	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30 น.
SC115	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
TU106	ศุกร์	13:30 – 16:30 น.
TU100	เสาร์	09:30 – 12:30 น.

ตารางที่ 10. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 2 ภาคการศึกษา 1

วิชา	วัน	เวลา
BA291	จันทร์	13:30 – 16:30 น.
AM102	อังคาร, พฤหัสบดี	08:00 – 09:30 น.
EL295	อังคาร	13:30 – 16:30 น.
MA221	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30 น.
AM241	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.

ตารางที่ 10. (ต่อ) ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 2 ภาคการศึกษา 1

วิชา	วัน	เวลา
SC135	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
AM451	พุธ, ศุกร์	13:30 – 15:00 น.
SC185	เสาร์	13:30 – 16:30 น.

ตารางที่ 11. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 2 ภาคการศึกษา 2

วิชา	วัน	เวลา
MA381	จันทร์	09:30 – 12:30 น.
TU122	จันทร์	13:30 – 16:30 น.
MA351	อังคาร, พฤหัสบดี	08:00 – 09:30 น.
AM311	อังคาร, พฤหัสบดี	09:30 – 11:00 น.
ST212	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
AM321	พุธ, ศุกร์	13:30 – 15:00 น.
ST226	พุธ, ศุกร์	15:00 – 16:30 น.
EL395	พฤหัสบดี	13:30 – 16:30 น.

ตารางที่ 12. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 3 ภาคการศึกษา 1

วิชา	วัน	เวลา
AM260	จันทร์	13:30 – 16:30 น.
AM411	อังคาร, พฤหัสบดี	09:30 – 11:00 น.
TU107	พุธ	09:30 – 12:30 น.
AM201	พุธ, ศุกร์	13:30 – 15:00 น.

ตารางที่ 13. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 3 ภาคการศึกษา 2

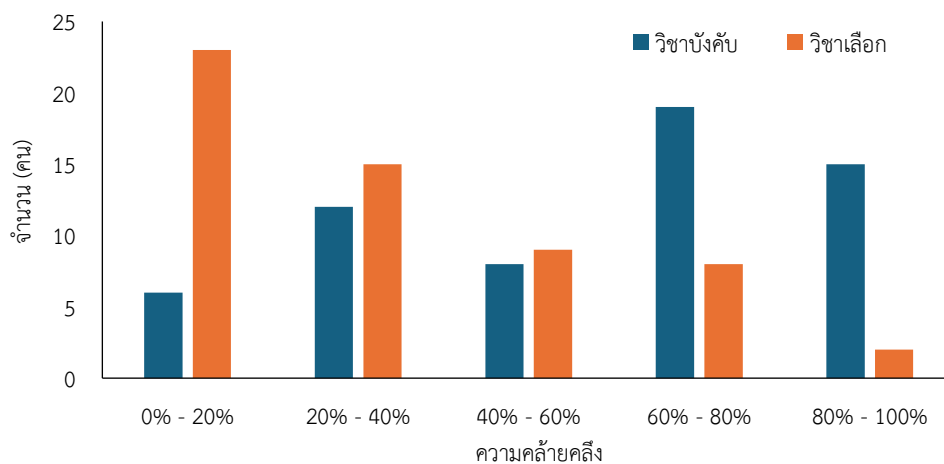
วิชา	วัน	เวลา
SC301	จันทร์	09:30 – 12:30 น.
AM360	จันทร์	13:30 – 16:30 น.
AM311	อังคาร, พฤหัสบดี	11:00 – 12:30 น.
MA318(3)	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30 น.
AM438(3)	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.
AM437(3)	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
AM338(3)	พุธ, ศุกร์	13:30 – 15:00 น.
AM246(4)	อังคาร, พฤหัสบดี	09:30 – 11:00 น.
AM448(4)	อังคาร, พฤหัสบดี	13:30 – 16:30 น.
AM457(4)	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.
AM327(2)	อังคาร, พฤหัสบดี	09:30 – 11:00 น.
AM426(2)	อังคาร, พฤหัสบดี	13:30 – 15:00 น.
AM428(2)	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.
AM427(2)	พุธ, ศุกร์	13:30 – 15:00 น.

ตารางที่ 14. ตารางเรียนที่แนะนำให้เรียนใน ปี 4 ภาคการศึกษา 1

วิชา	วัน	เวลา
AM460	จันทร์	13:30 – 16:30 น.
AM341	พุธ, ศุกร์	11:00 – 12:30 น.
MA316(3)	พุธ, ศุกร์	08:00 – 09:30 น.
AM346(4)	พุธ, ศุกร์	09:30 – 11:00 น.
AM347(4)	พฤหัสบดี	13:30 – 16:30 น.
AM326(2)	พุธ, ศุกร์	15:00 – 16:30 น.

โดยเลขตัวในวงเล็บด้านหลังรหัสรายวิชาแทนรายวิชาในกลุ่มวิชาโทกลุ่มนั้น เช่น AM346(4) หมายถึง รายวิชา AM346 เป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาโทที่ 4 ($m = 4$)

สำหรับรายภาคการศึกษาจากการสำรวจกรณีตัวอย่างทั้งหมด 10 คน โดยแต่ละคนจะมีตารางเรียน 6 ภาคการศึกษา ทำให้มีตัวอย่างทั้งสิ้น 60 ตัวอย่าง จากนั้นนำแต่ละตัวอย่างที่ลงทะเบียนเรียนจริงและตารางเรียนที่โปรแกรมแนะนำมาเปรียบเทียบกันได้ผลดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. ความคล้ายคลึงระหว่างตารางเรียนจริงจากการสำรวจและตารางเรียนจากตัวแบบ

จากรูปที่ 1 พบว่า ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ มีความแม่นยำในการแนะนำวิชาบังคับมากกว่าวิชาเลือก โดยมีความแม่นยำเฉลี่ยในการแนะนำวิชาบังคับให้แก่ผู้เรียนเท่ากับ 60.18% แต่ในทางกลับกันจะเห็นได้ว่าความแม่นยำเฉลี่ยในการแนะนำวิชาเลือกลดลงอย่างมาก โดยมีความคล้ายคลึงเพียง 31.40% จากจำนวนตัวอย่างของวิชาเลือกทั้งหมดอยู่ 57 ตัวอย่าง โดยมี 3 ตัวอย่างที่ไม่ลงทะเบียนเรียนวิชาเลือก ซึ่งความแม่นยำเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 45.79% จะเห็นได้ว่าความแม่นยำในการแนะนำวิชาเลือกนั้นส่งผลให้ความแม่นยำโดยรวมลดลงเป็นอย่างมาก นั่นอาจเป็นเพราะผู้เรียนมีความสนใจเรียนด้านอื่นโดยเฉพาะและตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในงานวิจัยนี้ยังไม่ครอบคลุมถึงความถนัดหรือความสนใจของผู้เรียน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษากระบวนการจัดตารางเรียนและตัวแบบจำลองทางคณิตศาสตร์พบว่า สามารถช่วยผู้เรียนและผู้จัดทำหลักสูตรในการวางแผนการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการวางแผนตามตัวอย่างที่แสดงนั้น จะเห็นได้ว่าในบางภาคการศึกษาผู้เรียนมีหน่วยกิตเพียงพอให้ลงทะเบียนเรียนวิชาเลือกเสรีเพิ่มเติมได้ตามความต้องการ

สำหรับตลอดการศึกษาสามารถจัดให้ผู้เรียนเรียนวิชาโทและสำเร็จการศึกษาได้เร็วที่สุดในระยะเวลา 7 ภาคการศึกษา หรือเทียบเท่ากับการเรียน 3.5 ปี อีกทั้งยังสามารถเรียนวิชาเลือกและวิชาเสรีได้ และสามารถช่วยให้ผู้เรียนที่เลือกเรียนวิชาโทได้อีกด้วย โดยผลลัพธ์ที่แสดงมีความยืดหยุ่นในการจัดตารางเรียน

ในการนำไปใช้งานนั้น ตัวแบบจำลองจะต้องการข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลของหลักสูตรและข้อมูลของผู้เรียน โดยข้อมูลของหลักสูตรนั้น ๆ จะสามารถใช้ได้กับผู้เรียนทุกคนที่เรียนอยู่ในหลักสูตรนั้น ดังนั้นหากผู้เรียนต้องการใช้งานตัวแบบนี้ ทางสาขาวิชาต้องกรอกข้อมูลของหลักสูตรให้ และผู้เรียนกรอกเพียงแค่ประวัติการเรียนของผู้เรียนเท่านั้น

สำหรับผู้จัดทำหลักสูตร ตัวแบบทางคณิตศาสตร์นี้สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับหลักสูตรและโปรแกรมอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างหลักสูตรตั้งงานวิจัยนี้ โดยต้องมีข้อมูลหลักสูตร ได้แก่ ช่วงเวลาการเปิดสอนวิชา ความสัมพันธ์ระหว่างรายวิชา รวมถึงจำนวนหน่วยกิตที่แต่ละวิชาต้องการ อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดที่พบ คือ หากหลักสูตรมีข้อมูลรายวิชาและความสัมพันธ์ระหว่างวิชามาก ผู้จัดทำอาจต้องใช้เวลามากในการจัดเก็บข้อมูล และมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดได้

เมื่อพิจารณาด้านการจัดตารางเรียนที่โปรแกรมประมวลผลออกมานั้นพบว่า โปรแกรมจะเน้นการลดจำนวนหน่วยกิตที่ยังต้องศึกษาของผู้เรียนตลอดหลักสูตรให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนจบได้เร็ว ซึ่งส่งผลให้โปรแกรมมักจัดเรียงวิชาบังคับให้เรียนในช่วงแรก ๆ ของหลักสูตรมากที่สุด เพื่อให้ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การสำเร็จการศึกษาได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีตารางเรียนที่โปรแกรมแนะนำไม่สอดคล้องกับความสนใจของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถใช้ตารางเรียนที่ได้จากโปรแกรมมาเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจในการลงทะเบียนเรียนได้

งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ตัวแบบยังไม่ได้นำความถนัดของผู้เรียนเข้ามาช่วยในการจัดตารางเรียน และข้อจำกัดที่สำคัญ คือ โปรแกรมไม่ได้คำนึงถึงระดับความยากง่ายหรือความสำคัญของแต่ละวิชา ดังนั้น อาจเกิดกรณีที่โปรแกรมแนะนำรายวิชาที่ผู้เรียนจะต้องลงทะเบียนในภาคการศึกษาถัดไปมีวิชาที่มีความยากหลายวิชาในภาคการศึกษาเดียวกัน ซึ่งผู้เรียนจะต้องนำไปพิจารณาการลงทะเบียนเรียนตามความเหมาะสมกับตนเอง ซึ่งเป็นหัวข้อที่คณะผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาในลำดับถัดไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ที่ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการศึกษาและจัดทำวิจัยขึ้นนี้โดย อาจารย์ ดร.วินทร์ ยั่งยืน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยณรงค์ เกษามูล อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานร่วม นอกจากนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณสำนักงานทะเบียน

นักศึกษา มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และผู้เป็นกรณีศึกษาที่อำนวยความสะดวกให้ข้อมูลเพื่อเป็นกรณีศึกษา
โครงการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

- Anwar, A. A., & Bahaj, A. S. (2003). Student project allocation using integer programming. *IEEE Transactions on Education*, 46(3), 359-367. <https://doi.org/10.1109/TE.2003.813526>
- Beros, I., & Meter, J. (2015). An integer programming model for assigning students to elective courses. *Croatian Operational Research Review*, 6(2), 511-524. <https://doi.org/10.17535/corr.2015.0038>
- Borges, A., Leite, A., Ospina, R., & Silva, G. (2014). Integer programming model for university courses timetabling: A case study. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2014* (pp. 918-922). International Association of Engineers.
- Colajanni, G. (2019). An integer programming formulation for university course timetabling. In G. Fasano & J. D. Pintér (Eds.), *Advances in optimization and decision science for society, services and enterprises: ODS 2019* (pp. 219-231). Springer.
- Daskalaki, S., & Birbas, T. (2005). Efficient solutions for a university timetabling problem through integer programming. *European Journal of Operational Research*, 160(1), 106-120. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.06.023>
- Daskalaki, S., Birbas, T., & Housos, E. (2004). An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 117-135. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00103-6](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00103-6)
- Department of Mathematics and Statistics, Thammasat University. (n.d.). *Bachelor of science in applied mathematics*. <https://math.sci.tu.ac.th/applied-math-th-2/>
- Feng, X., Lee, Y., & Moon, I. (2017). An integer program and a hybrid genetic algorithm for the university timetabling problem. *Optimization Methods and Software*, 32(3), 625-649. <https://doi.org/10.1080/10556788.2016.1233970>
- Majdoub, S., Loqman, C., & Boumhidi, J. (2024). A new integer model for selecting students at higher education institutions: Preparatory classes of engineers as case study. *Information*, 15(9), Article 529. <https://doi.org/10.3390/info15090529>
- Maneengam, R., Maneengam, A., & Chunin, M. (2022). A multi-objective binary integer programming model and method for online course timetable problem: A case study of mechanical drawing division. *The Journal of Industrial Technology*, 18(2), 180-202. <https://doi.org/10.14416/j.ind.tech.2022.08.004> (in Thai)

- MirHassani, S. A. (2006). A computational approach to enhancing course timetabling with integer programming. *Applied Mathematics and Computation*, 175(1), 814-822. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2005.07.039>
- Nguyen, V. A., Nguyen, H. H., Nguyen, D. L., & Le, M. D. (2021). A course recommendation model for students based on learning outcome. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5389-5415. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10524-0>
- Office of the Registrar, Thammasat University. (n.d.). *Office of the Registrar, Thammasat University*. <https://reg.tu.ac.th/>
- Urbán Rivero, L. E., Benítez Escárcega, M. R., & Álvarez, J. V. (2020). An integer linear programming model for a case study in classroom assignment problem. *Computación y Sistemas*, 24(1), 97-104. <https://doi.org/10.13053/cys-24-1-3191>
- Van Deventer, H., Mills, M., & Evrard, A. (2024). *From interests to insights: An LLM approach to course recommendations using natural language queries*. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2412.19312>
- Vendla, S. (2012). *Scheduling of teaching resources and classes using mixed integer linear programming* [Master's thesis, Aalto University]. Aalto University Campus Repository. https://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/esan12_public.pdf
- Yaemcharone, S. (2017). *The development of course management system for digital media* [Master's thesis, Sripatum University]. Sripatum University. (in Thai)
- Yuan, Y. (2023). *A mixed-integer linear programming model for university course timetabling problems* [Master's thesis, Wageningen University]. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/637835>