แนวทางการเพิ่มทักษะความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ สำหรับนักศึกษาสาขาวิศวกรรมศาสตร์เพื่อตอบสนองต่อผลลัพธ์การเรียนรู้

Guidelines to Enhance the Basic Mathematics and Sciences Skills for Engineering Students to Achieve the Outcome Based Education

จิราพร ชมภูจันทร์[1] และ ผศ.เดชา วิไลรัตน์ [2,*]

[1,2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อ. พุทธมณฑล ต. ศาลายา จ. นครปฐม 73170

[1] E-mail address: Jiraporn.sai@mahidol.edu

[2,] Corresponding author; E-mail address: decha.wil@mahidol.ac.th*

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอแนวความคิดและขบวนการในการเพิ่มทักษะการใช้ความรู้พื้นฐานเบื้องต้นทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เป็นรายวิชาที่ต้องเรียนก่อน (Pre-requisite courses) สำหรับนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล ในชั้นปีที่ 1 ก่อนที่จะเข้ามาเรียนวิชาในรหัส EGEE ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าในชั้นปีที่ 2 ซึ่งพบว่าความรู้พื้นฐานในกลุ่มวิชาดังกล่าว จำเป็นต้องได้รับการเน้นเรื่องความรู้ ความเข้าใจให้นักศึกษามีความสามารถที่จะประยุกต์และปรับใช้ให้เข้ากันได้กับรายวิชาของวิศวกรรมไฟฟ้าที่เรียนต่อเนื่องในชั้นปีที่สูงขึ้น และเพื่อให้เกิดการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องตามเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพหลักสูตรแบบ ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology) ที่เป็นหนึ่งในการประเมินอิงผลลัพธ์การเรียนรู้ทางการศึกษามาตรฐานสากลที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน

คำสำคัญ: รายวิชาที่ต้องเรียนก่อน, การพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง, การศึกษาอิงผลลัพธ์การเรียนรู้, ABET

Abstract

This article presents approach and guideline processes for developing basic the mathematics and sciences pre-requisite courses essentials for students to study EGEE courses in electrical engineering program, Mahidol University. It is found that students need the improving their knowledge and methods in order to enhance their abilities also apply and adapt all those essential courses for further engineering study. According to the ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology), one of the accepted Outcome Based Education (OBE) international standard accreditation, the Continuous Quality Improvement (CQI) cycle must be done to fulfill the quality control process.

Keywords: pre-requisite courses, Continuous Quality Improvement (CQI), Outcome Based Education (OBE), ABET

1. บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบันได้สร้างความสะดวกสบายให้แก่มนุษย์เป็นอย่างมาก ด้วยความที่ศาสตร์ทางด้านเทคโนโลยีมีความก้าวหน้าและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ การปรับปรุงของหลักสูตรที่ใช้สร้างบุคลากรทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ในส่วนของการศึกษาเพื่อตอบสนองต่อภาคส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานทางด้านสายการวิจัย การผลิตในอุตสาหกรรม งานทางบริการและเชิงพาณิชย์ ฯลฯ จึงต้องมีความทันสมัย พร้อมปรับตัวให้ทันกับโลกปัจจุบัน

แนวทางหนึ่งในการที่จะทำให้หลักสูตรมีความทันสมัยสามารถทำได้โดยการให้หลักสูตรนั้นได้ผ่านการรับรองคุณภาพจากองค์กรภายนอกที่ควบคุมดูแลมาตรฐานในสายวิชาชีพที่ได้รับการยอมรับ ไม่ว่าจะเป็นสภาวิชาชีพ เช่นสภาวิศวกร ซึ่งเป็นองค์กรในระดับประเทศ หรือผ่านการรับรองจากสถาบันที่ได้รับการยอมรับในระดับนานาชาติ ซึ่งก็มีหลายสถาบันเช่นกัน หนึ่งในนั้นคือ ABET [1] (Accreditation Board of Engineering and Technology) ซึ่งทำหน้าที่ในการให้การรับรองมาตรฐานหลักสูตรทางด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีจากประเทศสหรัฐอเมริกา ที่ทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับการรับรองถึง 6 หลักสูตรเป็นแห่งแรกของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2564 และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าก็เป็นหนึ่งในหลักสูตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานจาก ABET โดยที่ทางหลักสูตรยังคงต้องรักษามาตรฐานการศึกษาตามการประเมินอิงตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (SO : Student Outcomes) [2] ของ ABET ระหว่างการรับรองนี้ตลอดช่วงระยะเวลาที่หลักสูตรได้รับการรับรอง (พ.ศ.2564 – พ.ศ.2569) ซึ่งต้องมีขบวนการแสดงให้เกิดการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่อง (CQI : Continuous Quality Improvement) อยู่ตลอดเวลา

ในบทความนี้จะนำเสนอปัญหาหนึ่งที่พบในการทำการประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาหรือ SO เกณฑ์หนึ่งในระบบของ ABET โดยเน้นไปในรายวิชาที่ผู้เขียนบทความได้ทำการวิเคราะห์จากชุดข้อมูลที่ใช้สอนจริง

กับนักศึกษาจำนวน 4 รุ่น และเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงคุณภาพตัวชี้วัดผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาหรือ SO นั้นๆ ให้ดียิ่งขึ้น

2. มาตรฐานหลักสูตรตามข้อกำหนด ABET

ในการที่หลักสูตรจะขอรับรองมาตรฐานจาก ABET ได้นั้น สิ่งหนึ่งที่จะต้องส่งให้คณะกรรมการของ ABET ทำการพิจารณาก็คือการทำรายงานการศึกษาตนเองของหลักสูตร (Self Study Report:SSR) ประจำปีการศึกษาที่หลักสูตรมีความประสงค์จะส่งให้คณะกรรมการ ABET ทำการรับรอง โดยที่รูปแบบของรายงาน SSR จะเป็นไปตามข้อกำหนดที่ ABET ได้มีแบบร่าง (template) สำหรับรายงานระบุไว้ใน Website [1] ซึ่งรูปแบบของรายงาน SSR ดังกล่าวจะมีลักษณะเฉพาะที่เรียกว่า “Criteria” โดย Criteria จะแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ

2.1 Program Criteria [2]

ในส่วนของ Program Criteria นี้กล่าวถึงรายละเอียดที่มีเฉพาะเจาะจงในแต่ละหลักสูตรโดยมุ่งเน้นว่าหลักสูตรนั้นมีลักษณะเด่นหรือแตกต่างจากหลักสูตรอื่นอย่างไร ทั้งในแง่คุณวุฒิของอาจารย์ รายละเอียดของห้องปฏิบัติการควรมีอุปกรณ์พื้นฐานขั้นต่ำอย่างไร หรือรายละเอียดของคำอธิบายรายวิชาในหมวดต่างๆ เช่นในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้านั้น กลุ่มวิชาในหมวดคณิตศาสตร์ในหลักสูตรจะต้องมีวิชาที่มีการสอนครอบคลุมเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับหลักสถิติและการประยุกต์ใช้งาน แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องมีการสอนวิชา Discrete Mathematics ขณะที่ในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จะต้องมีวิชาที่สอนครอบคลุมเนื้อหา Discrete Mathematics เป็นต้น ซึ่งถ้า Program Criteria ไม่ผ่านเกณฑ์ตามข้อกำหนดก็จะทำให้ SSR ทั้งเล่มรวมทั้งหลักสูตรจะไม่ได้รับการรับรอง

2.2 General Criteria [2]

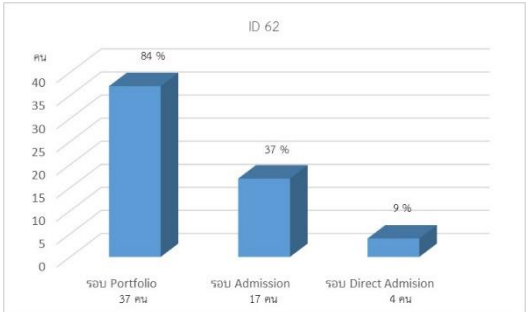
ในส่วนนี้จะเปรียบเสมือนเป็น “บท” ของหนังสือรายงานที่อยู่ในตัวเล่ม SSR โดยในทุกหลักสูตรที่ทำการยื่นขอการรับรองจาก ABET ไม่ว่าจะเป็นทางสาขาวิศวกรรมใดก็ตาม จะต้องมี General Criteria ในลักษณะรูปแบบเดียวกัน และทาง ABET ได้กำหนดให้ SSR มีทั้งหมด 8 Criteria ในบทความนี้จะเน้นไปที่ Criteria ที่ 3 ซึ่งเป็นเรื่องของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (SO : Student Outcomes) โดยเล่มหลักสูตรที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าส่งไปที่สภามหาวิทยาลัยมหิดลเพื่อขออนุมัติเปิดหรือทำการปรับปรุงหลักสูตร จะเรียก SO ว่า Program Learning Outcomes : PLO อันจะมีความหมายเดียวกันกับ SO ของ ABET โดยหลักสูตรที่ขอ ABET จะมีผลลัพธ์การเรียนรู้ดังกล่าวทั้งหมด 7 ข้อ (SO1 ถึง SO7) [2] ทั้ง 7 ข้อทาง ABET ได้กำหนดเนื้อหาสาระที่ให้ความหมาย คำนิยามไว้แล้วในแต่ละ SO อันถือเป็นข้อกำหนดหรือเกณฑ์ขั้นต่ำที่ต้องมีเป็นอย่างน้อยในเล่ม SSR ของหลักสูตร การจะให้หลักสูตรบรรลุเป้าหมายในแต่ละ SO นั้น ใน SSR จะต้องแสดงให้เห็นถึงการบริหารจัดการหลักสูตรอย่างเหมาะสมทุกขั้นตอน โดยเริ่มต้นจาก

- Criteria 1 ว่าด้วยหมวดที่มาของ Students หรือนักศึกษา จะกล่าวถึงคุณสมบัติของผู้ที่มาสมัครเรียน อันได้แก่นักเรียนที่จบการศึกษาสายวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมปลายหรือมัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนขบวนการคัดเลือกนักศึกษาของหลักสูตรจะเป็นไปตามแต่ละสถาบันกำหนด เช่น มีการให้โควตาพิเศษ จากการดู portfolio ของนักเรียน และดูจากคะแนนสอบข้อเขียน ซึ่งส่วนใหญ่คณะวิศวกรรมศาสตร์แทบทุกที่จะคัดเลือกนักศึกษาโดยเลือกใช้วิธีการดูคะแนนจากการสอบนี้เป็นกลุ่มใหญ่ โดยมีหมวดข้อสอบตามที่ประชุมอธิการบดีแห่งประเทศไทย(ทปอ.) ได้มีมติและทำงานร่วมกันกับสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ [3] หรือ สทศ. จัดให้มีการสอบ TGAT TPAT และ A-Level โดยภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล ได้เลือกใช้คะแนน 4 วิชาเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกในสัดส่วนน้ำหนัก (% weight) ที่เท่าๆ กัน ทั้งยังได้กำหนดค่าคะแนนขั้นต่ำในแต่ละวิชาดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปรายละเอียดรายวิชาและเกณฑ์ขั้นต่ำในการคัดเลือกนักศึกษา

วิชาที่ใช้สอบคัดเลือก	คะแนนขั้นต่ำ (%)	สัดส่วน (%)
Mathematics I	≥35	25
Physics	≥40	25
Science	-	
Biology	-	
English	≥35	25
Chemistry	-	
Social & Thai	-	
GAT	-	
PAT3	≥40	25
Total		100

นอกจากนี้ ในบางปีการศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ยังได้มีการทำข้อตกลงร่วมกันหรือ MOU ร่วมกับโรงเรียนมัธยมที่มีชื่อเสียงบางแห่งให้ทำการคัดเลือกนักเรียนที่เรียนดี เกรด GPA อย่างต่ำ 3.00 ขึ้นไปสามารถเข้ามาศึกษาได้โดยการดู Portfolio และการสอบสัมภาษณ์ ไม่ต้องทำการสอบข้อเขียน โดยในรูปที่ 1 แสดงรายละเอียดของที่มาของนักศึกษาจากกลุ่มต่างๆ ในรหัสปีการศึกษา พ.ศ. 2562 จากตารางที่ 1 จะสังเกตได้ว่านักศึกษาที่ได้รับการคัดเลือกเข้าศึกษาจะผ่านเกณฑ์ความรู้ขั้นต่ำทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ได้คะแนนดีพอสมควร



รูปที่ 1 จำแนกที่มานักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาที่เข้าในปีการศึกษา 2562

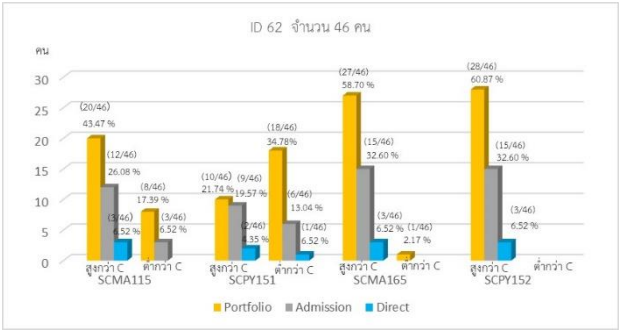
- Criteria 3 ที่ว่าด้วยหมวดของ Student Outcomes (SO) จะมุ่งเน้นผลการเรียนรู้ของนักศึกษา ซึ่งมีทั้งหมด 7 ข้อ (SO1 ถึง SO7) ที่ทั้งหลักสูตรตลอด 4 ปีที่ได้ทำการสอนนักศึกษาจะต้องครอบคลุมให้ครบ โดย SO หนึ่งๆ ไม่สามารถที่จะบรรลุผลลัพธ์ได้ในวิชาเดียว อาจจะต้องใช้มากกว่า 2 วิชาขึ้นไป ทั้งวิชาภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติในการได้รับผลผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของ SO นั้นๆ ซึ่งเกณฑ์ขั้นต่ำแต่ละหลักสูตรผู้สอนวิชานั้นๆ จะเป็นผู้กำหนดเอง โดยทั่วไปวิชาที่สอนภาคทฤษฎีส่วนใหญ่จะใช้ SO1 เป็นตัวชี้วัดการประเมินผลของวิชา ซึ่ง ABET ได้กำหนด Student Outcomes ที่ 1 หรือ SO1 มีข้อความดังต่อไปนี้ [2]

SO1 : an ability to identify, formulate, and solve complex engineering problems by applying principles of engineering, science, and mathematics

เมื่อมาวิเคราะห์ดูผลการศึกษาวิชาหลัก ๆ ที่คณะวิทยาศาสตร์ได้จัดการเรียนการสอนให้กับนักศึกษาขณะอยู่ในชั้นปีที่ 1 ได้เลือกวิชาในหมวดคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ที่ทางสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าต้องนำความรู้มาใช้ต่อยอดเพื่อเรียนในลำดับวิชาที่สูงขึ้น ดังต่อไปนี้คือ

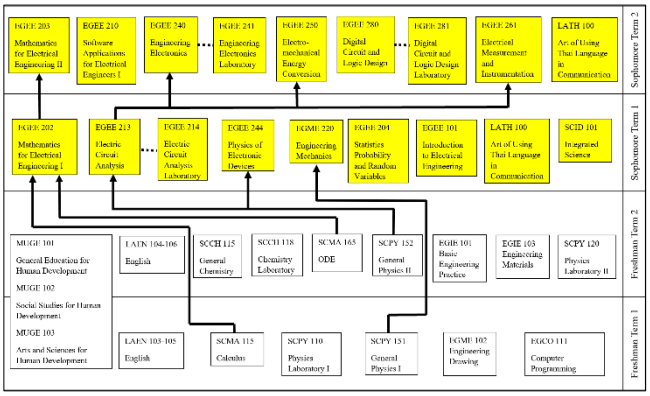
- SCMA 115 Calculus
- SCMA 165 Ordinary Differential Equation
- SCPY 151 General Physics I
- SCPY 152 General Physics II

โดยเมื่อพิจารณาผลการศึกษาหรือเกรดหลังจากจบการศึกษา (ที่ยังไม่ได้ลงในรายละเอียดในการประเมินตัววัดผล SO ในแต่ละวิชา) พบว่านักศึกษามีเกรดที่ผ่านความเข้าใจในวิชาเหล่านั้น โดยดูจากจำนวนคนที่ได้รับเกรดที่เกินเกรด C พบว่าทุกกลุ่มที่มาของนักศึกษาสามารถผ่านเกณฑ์ความเข้าใจได้เป็นอย่างดี โดยจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียน 4 วิชาดังกล่าวมีจำนวนมากกว่า 70% ที่ได้รับการประเมินผลมากกว่าเกรด C ดังแสดงในรูปที่ 2

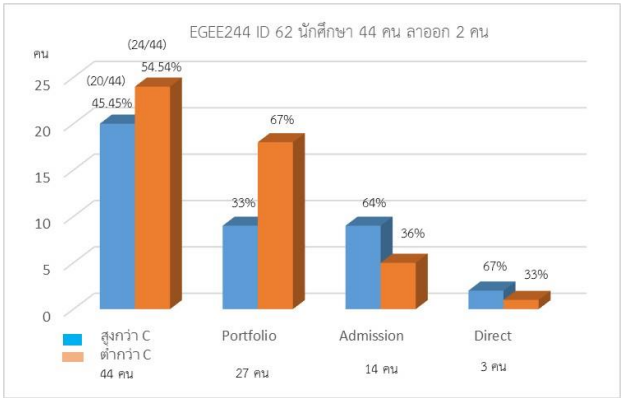


รูปที่ 2 จำแนกนักศึกษารหัสเข้าเรียนปี 2562 ที่ผ่านวิชา General Mathematics and Sciences

หนึ่งในเหตุผลที่ต้องพิจารณารายวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ก็เพราะในการรับรองมาตรฐานของ ABET นั้น การให้ลำดับการเรียนของรายวิชาที่ต้องผ่านก่อน-หลัง (Pre-requisite) มีความสำคัญมาก ซึ่งถ้ามีการข้ามลำดับการลงทะเบียนของวิชาที่ต้องเรียนก่อน แล้วไปเรียนในวิชาที่ต้องใช้พื้นฐานของวิชา Pre-requisite ทั้งที่วิชานั้นยังไม่ผ่านจะไม่เป็นที่ยอมรับ โดยในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหิดล มีการกำหนดลำดับวิชา Pre-requisite ไว้ดังแสดงในรูปที่ 3 ตัวอย่างเช่น ถ้านักศึกษาผ่านวิชา SCPY 152 General Physics II ในชั้นปีที่ 1 เทอม 2 มาแล้ว นักศึกษาจะมีสิทธิ์ลงทะเบียนเรียนวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices และ EGEE 213 Electric Circuit Analysis ในชั้นปีที่ 2 เทอมที่ 1 ได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟในรูปที่ 2 จะพบว่านักศึกษารหัส ID62 ทั้งหมดสอบผ่านวิชา SCPY 152 ได้เกรดเกิน C ทุกคน จึงทำให้คาดการได้ว่านักศึกษาน่าจะเรียนวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices อย่างเข้าใจไม่น่าจะเกิดปัญหามาก แต่ผลกลับเป็นว่าเมื่อนักศึกษาขึ้นชั้นปีที่ 2 และมาลงทะเบียนเรียนวิชานี้ พบว่ามีนักศึกษาถึง 24 จาก 44 คน (คิดเป็น 54.54%) ที่ไม่ผ่านเกณฑ์วิชาดังกล่าว ในจำนวนนี้มีได้เกรด F ถึง 8 คนดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งเมื่อดูจากหลักการแล้วเหตุการณ์ดังกล่าวไม่น่าที่จะเกิดขึ้น เพราะดูเหมือนว่านักศึกษาส่วนใหญ่เข้าใจวิชา Pre-requisite ทุกวิชาในปีที่ 1 อย่างราบรื่น



รูปที่ 3 ลำดับการเรียนวิชาก่อน-หลังของหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า ม. มหิดล



รูปที่ 4 วิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices ของ ID62

ในบทความนี้จึงทำการศึกษา วิเคราะห์ถึงสาเหตุ และเสนอแนวทางแก้ไขเพื่อให้วิชาที่ต้องนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อันเป็นวิชาที่ต้องต่อยอดกับวิชาที่เรียนลำดับถัดไป สามารถเชื่อมโยงกันได้และนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันเป็นผลให้นักศึกษาผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของผลลัพธ์การเรียนรู้แบบ SO1 อย่างสมบูรณ์

3. ปัญหาและการแก้ไขเพื่อเพิ่มขีดตัวชี้วัดขั้นต่ำของ SO1

จากข้อมูลของผลการศึกษารายวิชาต่อเนื่องของนักศึกษารหัสเข้าเรียนปีการศึกษา 2562 (ID 62) จากวิชา SCPY 152 General Physics II เพื่อไปเรียนต่อวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices ในชั้นปีที่ 2 นั้น พบว่าถึงแม้นักศึกษาจะผ่านวิชาก่อนหน้ามาโดยไม่มีใครได้ต่ำกว่าเกรด C แต่เมื่อมาเรียน EGEE 244 Physics of Electronic Devices แล้วพบว่ายังมีความไม่พร้อมในหลายด้าน ทั้งความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ที่ไม่ดีพอ และการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ยังไม่ถูก หรือไม่เข้าใจในหลักการว่าจะใช้ความรู้คณิตศาสตร์ส่วนไหนมาแก้ปัญหา (การตีความโจทย์ และการเปลี่ยนข้อความของโจทย์ทางฟิสิกส์มาเป็นตัวแปรหรือสมการทางคณิตศาสตร์ ฯลฯ) สิ่งเหล่านี้ผู้เขียนบทความขอเสนอแนวทางการแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

3.1 การแก้ปัญหาระยะสั้น

3.1.1 การปรับ Course Syllabus

การปรับประมวลผลรายวิชาหรือ Course Syllabus ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงการไปแก้เนื้อหาคำอธิบายรายวิชาหรือ Course Description ของหลักสูตร แต่จะไปปรับวิธีและกระบวนการ ปรับการให้สัดส่วนของคะแนน เช่นแต่เดิมในรายวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices นี้มีแต่การสอบกลางภาค (Midterm) 40 % การบ้าน 10% และการสอบปลายภาค (Final Exam) 50% ก็จะเริ่มปรับสัดส่วนการให้คะแนนใหม่ตั้งแต่นักศึกษารุ่น ID 63 เป็นดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดสัดส่วนการให้คะแนนวิชา EGEE 244

Evaluation methods (Direct Assessment)	Grading	Final Score (% range)
1 Final Exam 40%	A	70 – 100
2 Midterm Exam 30%	B+	65 – 70
3 Pretest SCPY 152 10%	B	60 – 65
4 Homework 5%	C+	55 – 60
5 Quiz in class 5%	C	50 – 55
6 Presentation & Report 10%	D+	40 – 50
Total 100 %	D	35 – 40
	F	Less than 40

โดยในส่วนของการกำหนดช่วงพิสัยของการตัดเกรด (Range) นั้นจะเป็นการอิงเกณฑ์ และไม่มีข้อกำหนดใดๆ จาก ABET แต่จะขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้สอน และความยาก-ง่ายของวิชาที่สอนเป็นหลัก สิ่งที่เพิ่มเติมขึ้นมาจากรุ่น ID 62 คือมีการสอบ Quiz (ข้อ 5) เป็นการถามคำถามไม่เกิน 5 ข้อจากการเรียนในบทย่อย ๆ ในชั้นเรียน สิ่งนี้จะทำให้นักศึกษาได้หมั่นทบทวนและมีความตื่นตัวตลอด โดยความถี่ในการทำ Quiz ทั้งเทอมจะประมาณ 5 ครั้ง และมีการทำรายงานและมานำเสนอบทความ(ข้อ6) ที่นักศึกษาได้ไปค้นคว้าอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ใหม่ๆ เพื่อเพิ่มความสามารถในการค้นคว้าและเรียนรู้ด้วยตนเอง คะแนนในสัดส่วนนี้จะรวมถึงการไปทัศนะศึกษาดูงานที่โรงงานผลิต IC chip นอกสถานที่ด้วย นอกจากนี้จะยังได้เพิ่มสัดส่วน 10% จากการสอบย่อย Pretest SCPY 152 ซึ่งเป็นวิชา Pre-requisite ของวิชานี้ สิ่งนี้เป็นเสมือนเครื่องมือในการวัดผลความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาอันเป็นเรื่องหลักสำหรับการนำเสนอผลงานในบทความนี้ โดยจะกล่าวถึงในรายละเอียดในหัวข้อ 3.1.3 ต่อไป

3.1.2 การปรับ Course Learning Outcomes

ส่วนการปรับผลลัพธ์การเรียนรู้ของวิชาหรือ Course Learning Outcomes (CLO บางสถานศึกษาใช้คำว่า Sub-PLO) นั้น จำเป็นต้องมาพิจารณาคำสำคัญ (keywords) ของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา (SO) ประกอบไปด้วย ซึ่งในวิชา EGEE 244 จะตอบประเด็นในเรื่องของการบรรลุหรือผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของ SO1 ที่มีคำสำคัญและการปรับ CLO ให้สอดคล้องและเข้ากับคำสำคัญใน SO1 ดังแสดงในตารางที่ 3 [4] - [5]

ตารางที่ 3 ความเชื่อมโยงคำสำคัญของ SO1 กับการวัดของ CLO

SO1	Bloom's taxonomy level/category					Direct Assessment			
	A	B	C	D	E	1	2	3	4
identify	x	x	x		x	x	x	x	x
formulate		x	x		x	x	x	x	
Solve by applying Eng., Sci., Math.	x	x	x		x	x	x	x	

หมายเหตุ : ความหมายของคอลัมน์ A –E และ 1 – 4 เป็นดังนี้

SO1_A = Remembering/ Knowledge
SO1_B = Understanding/Comprehension
SO1_C = Application
SO1_D = Analysis
SO1_E = Evaluation

1 = ข้อสอบ midterm/final
2 = Pretest SCPY 152
3 = Quiz และ HW
4 = Presentation & Report

โดยการใช้หลักการของ Bloom's taxonomy [6] ทำให้ต้องปรับ CLO ใน Course Syllabus ให้ตอบหรือเข้าถึงประเด็นที่ SO1 ต้องการวัดผลลัพธ์ ซึ่งวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices เป็นวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และอุปกรณ์แสงแบบต่างๆ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสอนหรืออธิบายคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำ โลหะ คุณสมบัติของพาหะเมื่ออยู่ในผลึกสารกึ่งตัวนำ เรื่องของรอยต่อพี-เอ็น (pn–junction) ฯลฯ ตัวอย่างการเขียน CLO เพื่อตอบประเด็นความจำ/ความรู้หรือ SO1_A = Remembering/ Knowledge นั้นใน course syllabus จะมีการระบุไว้ชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 5

Department of Electrical, Faculty of Engineering EGMU-ABET FORM #1 (Syllabus)

Course Learning Outcomes (CLOs)

At the end of the course, students should be able to:	*Student Outcomes (SOs)**
CLO 1.1 Understand the classical physics limitation in atomic world.	1
1.2 Understand the basic principles of quantum physics	1
1.3 Understand Energy bands in solids, charge carriers in semiconductor carrier concentrations. Fermi's energy level. Carrier diffusion and carrier lifetime	1
CLO 2.1 Aware of the Schrödinger equation and apply this equation in order to explain and solve the atomic structure of element and solid.	1

รูปที่ 5 Course Learning Outcome วิชา EGEE 244 ของนักศึกษา ID63

ส่วนการวัดเพื่อตอบประเด็นความเข้าใจในเนื้อหาของวิชาหรือ SO1_B = Understanding/Comprehension หรือประเด็นที่เหลือของ SO1 อื่นๆ ก็ต้องมีระบุใน Course Syllabus เช่นกัน โดยรายละเอียดของการเข้าถึงและประมวลผล(assessment and evaluation) เพื่อที่จะเชื่อมโยง (mapping) ให้เข้ากันได้กับ CLO และวัดผลออกมาเป็นเชิงตัวเลขนั้น ผู้สอนจะต้องสร้างตารางเกณฑ์การให้คะแนนหรือ Rubrics จากตัวอย่างของข้อสอบที่ถูกเลือก (embedded questions) ให้มาเชื่องโยงกับ CLO ข้อนั้นๆ ซึ่งในหัวข้อ 3.1.3 จะอธิบายวิธีดำเนินการดังกล่าว

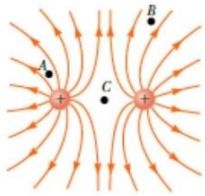
3.1.3 การเข้าถึงและประมวลผล (Assessment and Evaluation) ในหัวข้อนี้จะแสดงการเข้าถึงและประมวลผลจากตาราง rubric ที่ใช้ในการตรวจตัวชี้วัดให้ตรงกับ CLO ใน course syllabus โดยจะมุ่งเน้นการเพิ่มทักษะความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อตอบประเด็นคำสำคัญของ SO1 เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3 พบว่าจะต้องใช้เครื่องมือในการวัดโดยตรง (Direct Assessment) ที่ได้มาจากข้อสอบ จาก Pretest SCPY 152 และจากการบ้าน สำหรับค่าน้ำหนักว่าส่วนไหนจะมีเปอร์เซ็นต์ความสำคัญมากกว่ากันเท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับผู้สอน ในที่นี้ผู้สอนได้กำหนดให้ความรู้วิชา SCPY 152 มีผลต่อเกรดคะแนนวิชา EGEE 244 ถึง 10 % ดังนั้นนักศึกษาจึงต้องให้ความสำคัญและกลับไปทวนวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ที่เรียนในปีที่ 1 ขณะเดียวกัน ผู้สอนจะมีการสอนทบทวนฟิสิกส์ปี 1 ให้ในห้องเรียนด้วย

ตารางที่ 4 ความเชื่อมโยงคำสำคัญของ SO1 กับการวัดของ CLO

SO1	การเลือกข้อสอบหรือคำถาม
Identify	- เลือกจากคำถามเกี่ยวกับนิยามหรืออธิบาย ข้อ 1.1 -1.4 ในข้อสอบมิดเทอม - เลือกจากคำถามเกี่ยวกับนิยามหรืออธิบาย ข้อ 1-10 ใน Pretest SCPY 152
Formulate	- เลือกจากคำถามเกี่ยวกับการคำนวณ ข้อ 2.1 และ 2.2 ในข้อสอบไฟนอล
Solve	- เลือกจากคำถามเกี่ยวกับการคำนวณข้อ 2.1 ในข้อสอบ final - เลือกจากคำถามเกี่ยวกับการแก้สมการ ODE ข้อ 2.1 ใน Pretest SCPY 152

- ตัวอย่างคำถามเกี่ยวกับนิยามหรืออธิบาย ผู้สอนเลือกข้อสอบข้อที่ 3 ใน Pretest SCPY 152 เพื่อตอบประเด็น identify ดังแสดงในรูปที่ 6

3. ให้เรียงลำดับความเข้ม (แรง) ของสนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่ง A B และ C ของรูปข้างล่างนี้จากมากไปน้อย (2 คะแนน)



รูปที่ 6 Embedded Questions จาก Pretest SCPY 152 ของวิชา EGEE 244 ที่ใช้กับนักศึกษา ID 63 เพื่อตอบประเด็น identify

- ตัวอย่างคำถามเกี่ยวกับการใช้คณิตศาสตร์แก้ปัญหา ผู้สอนเลือกข้อสอบ Math Test ข้อที่ 1) และ 2) ใน Pretest SCPY 152 เพื่อตอบประเด็น solve ดังแสดงในรูปที่ 7

Prerequisite Test EGEE 244 (10%) (ONLINE) วันที่ 29 ตุลาคม 2564 เวลา 13:30 -14:30
ชื่อ_____ ID _____ สาขาไฟฟ้า_____ชั้นปีที่ _____

MATH Test :

1) Evaluate $\int_{-1}^{2} e^{x}(1-e^{-x})dx$ (4 คะแนน) | 2) Solve $\frac{d^2y}{dx^2} - 4\frac{dy}{dx} + 5y = 0$ (10 คะแนน)

รูปที่ 7 Embedded question จาก Pretest SCPY 152 ของวิชา EGEE 244 ที่ใช้กับนักศึกษา ID 63 เพื่อตอบประเด็น Solve

การสอบทวนวิชา Prerequisite อย่างเช่นการสอบเก็บคะแนน 10% วิชา SCPY 152 โดยให้มีน้ำหนักของการสอบมีผลต่อเกรดวิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices ด้วยแบบนี้ จะเป็นการเพิ่มความสำคัญและให้ความสนใจของนักศึกษาที่จะไม่ทำให้การเรียนเหมือนเพียงแค่การสอบที่ผ่านเลยไปแต่จะต้องสนใจและเข้าใจ เพื่อที่จะต้องใช้กับวิชาขั้นสูงต่อไปในอนาคต ซึ่งจะทำให้นักศึกษามีนิสัยพัฒนาตนเองตลอดเวลา อันเป็นหลักการหนึ่งของการพัฒนาคุณภาพอย่างต่อเนื่องหรือ Continuous Quality Improvement (CQI) ของ ABET

จากการเก็บข้อมูล ทำการเข้าถึงและประมวลผล (Assessment and Evaluation) ดังตัวอย่างชุดข้อสอบแบบต่างๆ ที่แสดงในตารางที่ 4 จะต้องนำรายละเอียดในทุกการ assessment มาทำตาราง Rubric และทำการประเมินผล (evaluation) ว่าสิ่งต่างๆที่ได้ทำนั้นผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่ผู้สอนได้ตั้งค่าไว้หรือไม่ โดยดูจากจำนวนคนที่ทำคะแนนรวมที่ใช้วัด SO1 ในข้อ Embedded Questions เหล่านั้นว่าผ่านค่าที่ตั้งไว้หรือไม่ โดยที่ตาราง Rubric จะมีลักษณะดังแสดงในตารางที่ 5 [6]

Evaluation Criteria SO1	แย่ (0-10)	มีความคืบหน้า (11-20)	พอใช้ (21-30)	ดี (31-40)	ยอดเยี่ยม (41-50)
SO1_A					
SO1_B					
SO1_C					
SO1_D					
SO1_E					

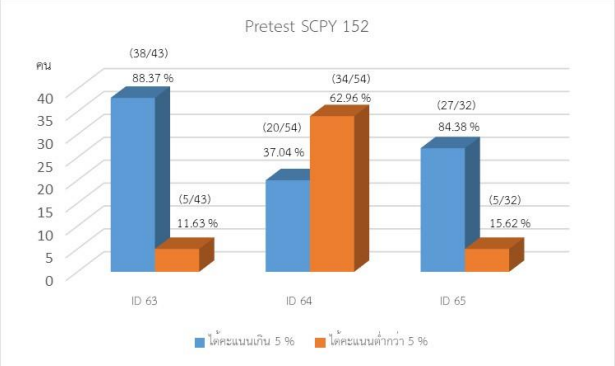
ตารางที่ 5 การสร้างความเชื่อมโยง (mapping) ของ SO1 ผ่านการวัดจากผลคะแนนของการตรวจข้อ Embedded Questions จากตาราง rubric [7]

ตัวอย่างเช่น สมมติว่าได้รวมคะแนนทั้งหมดจากส่วนคำถามต่างๆ ที่ระบุไว้ตามตารางที่ 4 มีคะแนนเต็มรวมทั้งหมด 50 คะแนน จากนั้นจะทำการแบ่งระดับของคะแนนออกเป็น 5 ส่วนย่อย แล้วนับจำนวนคนที่ผ่านเกณฑ์ที่ผู้สอนตั้งไว้ เช่นถ้าจำนวนนักศึกษาที่ได้คะแนนตัวชี้วัดแบบ SO1 ตามตารางที่ 5 เมื่อรวมผลคะแนนจากทุกส่วนตามตารางที่ 4 ได้จำนวนนักศึกษามีคะแนนรวมเกิน 30 คะแนน (จากเต็ม 50 คะแนน) มากกว่า 70% ของผู้ลงทะเบียนทั้งหมด ถือว่าผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา SO1 ผ่านตาม

เกณฑ์ ส่วนเกรดตอนปลายเทอมจะไม่ได้เกี่ยวข้องว่าควรมีค่าเป็นอย่างต่ำเท่าไหร่ อาจจะไม่มีใครได้ A เลยก็เป็นได้ แต่ถ้าผ่านเกณฑ์ SO1 นี้แล้วจะบ่งชี้จำนวนคนได้เกรด F หรือสอบตกวิชานี้มีจำนวนน้อยลงกว่าแต่เดิมที่ไม่ได้มีการปรับกระบวนการสอนอย่างมีนัยยะสำคัญ

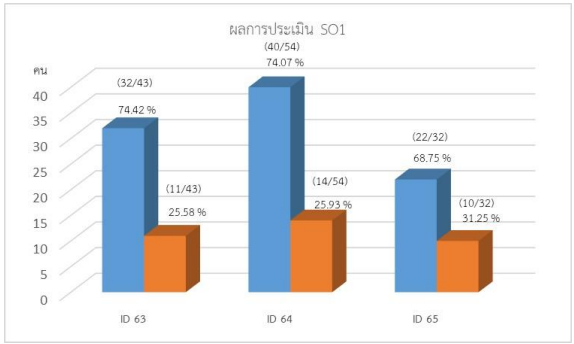
4. ผลการดำเนินงาน

จากการที่ได้เปลี่ยนขบวนการการให้คะแนน และวิธีการสอน โดยได้ให้ความสำคัญของวิชา Pre-requisite ให้มามีสัดส่วนต่อการตัดเกรดในวิชาที่ต้องใช้ในปีที่สูงขึ้น ทำให้นักศึกษาให้ความสำคัญต่อวิชาที่ลงเรียนมาก่อนหน้า โดยเฉพาะวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เรียนในชั้นปีที่ 1 ทำให้ต้องกลับไปทบทวน ซึ่งจากการที่ได้ทำการปรับวิธีการสอน โดยเริ่มใช้ตั้งแต่นักศึกษารหัส ID63 ถึง ID65 แสดงให้เห็นว่านักศึกษาได้ให้ความสำคัญและปรับตัวมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 8



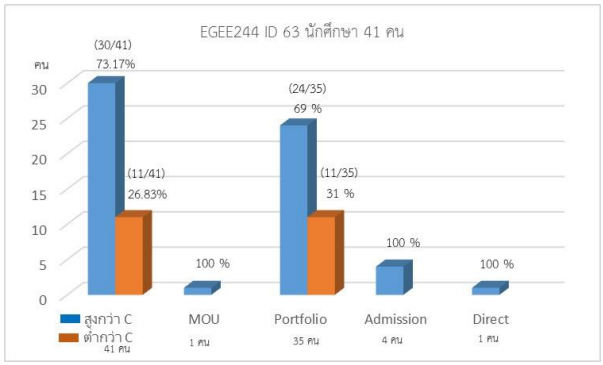
รูปที่ 8 ผลคะแนน Pretest SCPY 152 ของวิชา EGEE 244 ที่ใช้กับนักศึกษา ID 63 ถึง ID65

ในรูปที่ 8 จะเห็นได้ชัดว่าจากการเก็บคะแนนสอบย่อย 10 % ใน Pretest SCPY152 ซึ่งเป็น Pre-requisite ของวิชา EGEE 244 นักศึกษาพยายามกลับไปทบทวนทำให้ผลสอบคะแนนเกิน 50% ในรหัส ID63 และ ID65 ถึงแม้ ID64 จะมีคะแนนต่ำกว่าครึ่งหนึ่งไปบ้างแต่ก็ไม่มาก ขณะเดียวกันเมื่อดูเรื่องของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษา SO1 ว่าผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่ผู้สอนตั้งค่าไว้หรือไม่ โดยผู้สอน EGEE 244 ได้ตั้งค่าไว้ให้มีนักศึกษา 70% ของจำนวนนักศึกษาทั้งหมดจะต้องผ่านเกณฑ์ SO1 โดยวัดการผ่านเกณฑ์นี้จากคะแนนที่ได้ตาม rubric ในตารางที่ 5 ทำให้ได้ผลการประเมิน SO1 ของวิชา EGEE 244 ในสามรหัสชั้นปีเป็นดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ผลการประเมิน SO1 ของวิชา EGEE 244 ที่ใช้กับนักศึกษา ID63 ถึง ID 65 โดยตั้งเป้าหมายที่ 70% ของจำนวนนักศึกษาต้องผ่านเกณฑ์ SO1

หลังจากทดลองปรับรูปแบบการสอน การให้คะแนนตามแนวคิดของ ABET จะเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 9 นักศึกษามีความสามารถในการระบุ (identify) การเลือกใช้สูตรหรือสมการ (formulate) และสามารถแก้ปัญหา (solve) ทางวิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่าเดิม ซึ่งจะแสดงได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อผลการสอบปลายเทอมวิชาEGEE244 ออกมาแล้ว โดยพบว่าเกรดของนักศึกษารหัส ID63 ไม่มีนักศึกษาคนใดได้เกรด F หรือตกวิชานี้เลยเมื่อเทียบกับนักศึกษารหัส ID62 ดังแสดงในรูปที่ 10 (ซึ่งในรุ่น ID62 ดังกล่าวมีนักศึกษาตกวิชานี้ถึง 8 คน ทั้ง ๆ ที่ไม่มีนักศึกษาคนใดได้เกรดต่ำกว่า C ในวิชา SCPY152) และแนวโน้มจำนวนนักศึกษาที่ได้เกรดสูงกว่าเกรด C ก็มีเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้นสำหรับ ID64 และ ID65



รูปที่ 10 วิชา EGEE 244 Physics of Electronic Devices ของ ID63

5. บทสรุป

บทความนี้นำเสนอแนวทางในการสอนวิชาที่ต้องใช้ความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในวิชาก่อนหน้า (Pre-requisite) มาต่อยอด ซึ่งพบว่ามีนักศึกษาจำนวนมากของวิชาที่ต้องนำมาเรียนต่อไม่ผ่านเกณฑ์หรือตกในวิชาดังกล่าว จึงนำเสนอการปรับกระบวนการสอน การปรับ Course Learning Outcomes เกณฑ์การให้คะแนน พร้อมทั้งสร้างตาราง Rubric ตามแนวทางของ ABET ในการทำประเมินของผลลัพธ์การเรียนรู้ของนักศึกษาแบบ SO1 โดยทดลองใช้แนวทางนี้ 3 ปีการศึกษา พบว่ามีจำนวนนักศึกษาที่ผ่านเกณฑ์การวัดผลของวิชาดังกล่าวดีขึ้น ถือเป็นการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (CQI : Continuous Quality Improvement) ที่ต้องดำเนินการตลอดเวลา ถึงแม้ว่าหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จะได้รับการรับรองจาก ABET ตั้งแต่ปี พ.ศ.2564 แล้วก็ตาม

ในการแก้ปัญหาระยะยาวสำหรับเรื่องความรู้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่ต้องมุ่งเน้นก่อนที่นักศึกษาจะเข้ามาเรียนวิชาในสาขาวิศวกรรมนั้น จะต้องแก้ไขในเชิงระบบองค์รวม ตั้งแต่การศึกษาในระดับมัธยมปลาย กระบวนการคัดเลือกนักศึกษา (recruitment) การปรึกษาแลกเปลี่ยนพูดคุยในเรื่องการเรียนการสอนกันมากขึ้นของอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์และอาจารย์ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมทั้งผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (stakeholders) กลุ่มอื่นๆ จากองค์กรวิชาชีพ ภาคเอกชน รวมถึงผู้ใช้บัณฑิต ซึ่งจะทำให้วงรอบในการพัฒนาเกิดขึ้นหลากหลายมิติ และมีความสมบูรณ์มากขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนบทความขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ฝ่ายสนับสนุนในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และเจ้าหน้าฝ่ายการศึกษาจากส่วนกลางทุกท่าน ในการให้ข้อมูลและนำมาซึ่งการนำเสนอบทความในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] https://www.abet.org/

[2] https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2023-2024/

[3] https://www.niets.or.th/

[4] Khurshid Alam, Sayyad Zahid Qamar, Abdullah Al-Shabibi "An Outcome Based Approach for Applied Mechanics Courses using Bloom's Taxonomy and ABET Criteria" 2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) 21–23 April 2021, Vienna, Austria, page 996

[5] Qamar SZ (2018) "Engineering Education: Skill Levels and Outcome-Based Approach," International Journal of Management and Applied Science, 4 (12), Dec 2018, p 25-29

[6] Khalid Ammar, Rao Naveed Bin Rais "Outcome Based Performance Evaluation Approach Using Rubric Based Capstone Projects Assessment" 2023 the 20th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD), p 777

[7] K. Ammar and R.N.B. Rais, "Developing Fine-grained Performance Indicators for Assessment of Computer Engineering using Outcome-based Education", 9th International Conference on Information and Education Technology (ICIET), Japan, 2021.

นางจิราพร ชมภูจันทร์ จบการศึกษาจากสาขาการบัญชี (บช.บ.) จากมหาวิทยาลัยสยาม ปี พ.ศ. 2548 เริ่มเข้าปฏิบัติงานที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2546 ตำแหน่งพนักงานธุรการ(ระดับปฏิบัติการ) จนถึงปัจจุบันดำรงตำแหน่ง เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน้าที่รับผิดชอบงานสนับสนุน งานบริการวิชาการและงานวิชาชีพ ควบคุมดูแลงานด้านการศึกษา ในส่วนของหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผศ. เดชา วิไลรัตน์ จบการศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (วศ.บ.) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง ปี พ.ศ. 2532 และ M.Sc. Northeastern University. USA พ.ศ. 2536 ปัจจุบันดำรง ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นประธานหลักสูตรระดับปริญญาตรีในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2542 – 2565 โดยได้ร่วมกับทีมคณะทำงานและเจ้าหน้าที่ในภาควิชาฯ ทำให้หลักสูตรสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าได้รับการรับรองจาก ABET ในปี พ.ศ. 2564 ปัจจุบันทำการสอนในวิชา physics of electronic devices , electonic circuits : analog and digital circuits.