

# บทความปริทัศน์

## ระเบียบแบบแผนการวิจัยในสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

### Research Methodology in Engineering Education

วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์\*

#### บทนำ

บทความปริทัศน์นี้นำเสนอขอบเขตการทำวิจัยในสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม หลักการและขั้นตอนการกำหนดระเบียบแบบแผนการวิจัย (Methodological Logic) ให้เหมาะสมต่อคำถามการวิจัย (Research Questions) การจำแนกชนิด วิธีการเก็บ และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการ การจำแนกความเกี่ยวข้องของกระบวนการวิจัยกับเรื่องจรรยาบรรณ และสิ่งที่ต้องพึงระวังต่างๆ ในการทดลองวิจัย

#### 1. ขอบเขตการวิจัยในสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ในปัจจุบัน ขอบเขตการทำวิจัยด้านสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม (Engineering Education) ได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีความเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ [1] และได้ก้าวไปสู่ความเป็นสากล (Global) [2] ดังที่ National Academy of Engineering (NAE) [3] ได้รายงานว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา ได้มีวารสาร และเว็บไซต์ต่างๆ ที่เชื่อมโยงวารสารทางด้าน Engineering และ Science Education สู่ชุมชนทางวิชาการแบบออนไลน์ (Online Scholarly Community) จำนวนมากมาย ที่มีความกระตือรือร้น มีความเป็นนานาชาติ และมีองค์ความรู้จากการวิจัยหลากหลาย อีกทั้ง ในด้านบริบทของแต่ละชาติและภูมิภาค พบว่าการทำวิจัยด้านครุศาสตร์วิศวกรรมได้รับการสนับสนุนจากการขยายตัวอย่างเป็นระบบ ของการประชุมทางวิชาการ (Conferences) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshops) การอบรม (Courses) สัมมนา (Seminars) หลักสูตรระดับปริญญา (Degree Programmes) ศูนย์กลางการวิจัย (Research Centres) แหล่งเงินทุน (Funding Sources) และช่องทางการตีพิมพ์ (Publication Outlets) ต่างๆ อย่างมากมาย [4] แต่ถึงอย่างนั้น ดังที่ Lemaine และคณะ [5] กล่าวไว้ว่ายังคงมีการกำหนดระดับการวิจัยด้านครุศาสตร์วิศวกรรมว่าต้องอยู่ในระดับไหน จึงจะเป็นระดับนานาชาติของสาขานี้ และดังที่นักวิชาการจำนวนมาก ได้ยอมรับว่าเป็นสาขาที่เป็นที่

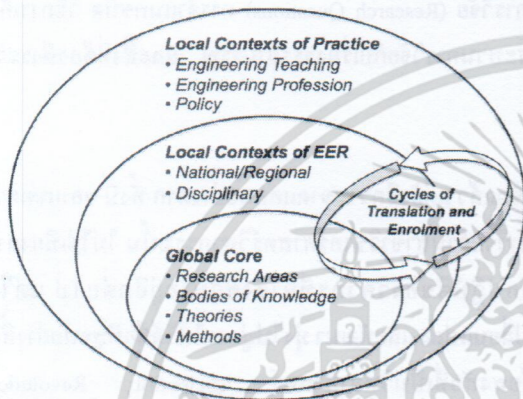
รู้จักแล้ว แต่ยังคงมีความขาดแคลนอย่างมาก ทั้งนี้ ขอบเขตการทำวิจัยด้านสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมนั้น ไม่ใช่เพียงการฝึกปฏิบัติของวิศวกรที่กำลังศึกษาอยู่อีกต่อไป แต่ได้เปลี่ยนแปลง และพัฒนา มุ่งไปสู่การให้ข้อพิสูจน์อย่างสันข้อสงสัยที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific Revolution Argument) อย่างใกล้ชิดมากขึ้น [6] [7] [8]

Kuhn [9] [10] [11] แนะนำว่าการสร้างแบบฉบับ (Paradigm Formation) ของการวิจัยเป็นสิ่งจำเป็น และจะเป็นตัวช่วยนักวิจัยในการสร้างข้อบังคับ (Discipline) ในการวิจัย และเพื่อสร้างขอบเขตการวิจัยในสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรมแล้ว ผู้วิจัยต้องพิจารณาข้อมูลด้านเข้า (Input) ควบมาจากทั้งผู้ที่ให้ข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative) และเชิงปริมาณ (Quantitative) โดยต้องกระทำอย่างเข้มข้น

Latour's [12] ได้พัฒนารูปแบบจำลอง Translation and Enrolment Cyclic Model ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งเป็นรูปแบบจำลองด้านแนวความคิด เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตการวิจัยด้านครุศาสตร์วิศวกรรมสำหรับผู้สอนทางด้านวิศวกรรม เพื่อให้สามารถกำหนดหัวข้อการวิจัยได้ตรงประเด็น ผลการวิจัยจะสามารถถูกแปลง และได้รับการยอมรับให้เผยแพร่ และยังเป็นโอกาสให้นักการศึกษาอื่นๆ ได้เรียนรู้ในการทำวิจัยด้านการศึกษาได้ ในรูปแบบจำลองนี้ Translation เน้นถึงการใช้วิธีการปฏิบัติแบบใหม่ และการเข้าแทนที่ เพื่อทำให้เกิดการกระจายของสิ่ง

\* รองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใหม่ ๆ นั้น ในลักษณะนาน ๆ ครั้ง หรือการเพิ่มระดับในลักษณะที่อยู่หนึ่งๆ ซึ่งจะเป็นขั้นการรับมากกว่า และเป็นขั้นตอนการทำความเข้าใจ และบางครั้งอาจมีการยกเลิกโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในเรื่องนั้นๆ (Stakeholders) ส่วน Enrolment จะเป็นหลักการตรงข้ามกับ Translation จะเป็นการบอกหรือเตือนว่ามีสิ่งหนึ่งกำลังเปลี่ยนแปลงอย่างสม่ำเสมอมากกว่า และกำลังเข้าไปสู่ขั้นการโน้มน้าวผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และกลุ่มต่างๆ เพื่อให้ยอมรับนำมาใช้เป็นตัวกำหนด และมีบทบาทสำคัญในโครงการ และทัศนวิสัย



รูปที่ 1 Advancing engineering education scholarship locally and globally via cycles of translation and enrolment.

EER = Engineering Education Research [12]

Jesiek และคณะ [4] ได้กล่าวไว้ว่าการวิจัยควรมีการวางแผน เพื่อให้ผู้สอนด้านวิศวกรรมมีความรู้สึกว่าได้รับเชิญให้เข้าสู่การวิจัยมากกว่าถูกแยกออกไป และ Rogers [13] กล่าวว่าผู้วิจัยต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในการแพร่กระจายของนวัตกรรม ซึ่งพบว่าในปัจจุบัน ภาพของการเข้าแทนที่ และการวิจัยในสิ่งใหม่ๆ ได้กระจายเข้ามาในวงการศึกษาด้านวิศวกรรมอย่างมาก และรวดเร็ว

## 2. ระเบียบแบบแผนการวิจัย

ในการวางแผนการทำวิจัยด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม มีคำถามหลักๆ (Key questions) อยู่ 5 ประการ [14] ตามลำดับดังนี้

- 1) ต้องการรู้เพื่อไปทำอะไร และจะบอกใคร?
- 2) หลักฐานหรือข้อมูลชนิดใดที่จะตอบคำถามการวิจัย?
- 3) การให้ได้หลักฐานหรือข้อมูลจะทำอย่างไร?
- 4) การวิเคราะห์หลักฐานหรือข้อมูลจะทำอย่างไร?
- 5) การนำผลการวิเคราะห์ไปสู่การตีพิมพ์ สำหรับผู้อ่านที่หลากหลายจะทำอย่างไร?

- 1) ต้องการรู้เพื่อไปทำอะไร และจะบอกใคร?

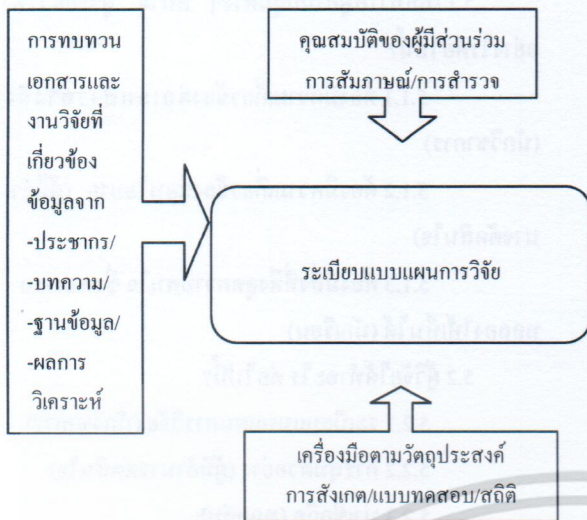
ซึ่งผู้วิจัยต้องตอบคำถามตัวเองดังนี้:

- 1.1) หัวข้อ การจัดเตรียม หรือวิธีการวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจอย่างแท้จริงหรือไม่?
- 1.2) ปัญหาการวิจัยนี้เป็นปัญหาที่สามารถทดสอบได้ด้วยการได้ส่วนตามหลักวิทยาศาสตร์หรือไม่?
- 1.3) แหล่งข้อมูลที่ใช้ประโยชน์สำหรับหัวข้อ การจัดเตรียม หรือวิธีการวิจัย มีเพียงพอหรือไม่?
- 1.4) คำถาม หรือวิธีการวิจัยของผู้วิจัย จะนำไปสู่ปัญหาทางจริยธรรม ซึ่งไม่สามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่?
- 1.5) หัวข้อที่สนใจนี้เป็นทางทฤษฎี และเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับความเป็นจริงหรือไม่?

- 2) หลักฐานหรือข้อมูลชนิดใดที่จะตอบคำถามการวิจัย?

ผู้วิจัยต้องตรวจสอบความแข็งแรง (Strengthen) ของระเบียบแบบแผนการวิจัยที่กำหนด โดยใช้กลูสามเหลี่ยมของระเบียบแบบแผนการวิจัย (Methodological Triangulation) [14] ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งตรวจสอบองค์ประกอบสามประการ ดังนี้ (1) คุณสมบัติของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (Participants) ซึ่งอาจเป็นการสัมภาษณ์ หรือการสำรวจ เป็นต้น (2) การทบทวนเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งข้อมูลที่มีอยู่แล้วอาจได้มาจากประชากร บทความ ฐานข้อมูล หรือผลการวิเคราะห์ เป็นต้น และ (3) เครื่องมือตามวัตถุประสงค์ ซึ่งอาจเป็นการสังเกต แบบทดสอบ หรือสถิติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 Methodological triangulation [14]

## 3) การให้ได้หลักฐานหรือข้อมูลจะอย่างไร?

วิธีการ (Methods) เก็บหลักฐานหรือข้อมูลจะต้องเข้ากันกับตัวแปร (Variables) ดังนี้

3.1) สภาพภายใน (Internal States) อาจใช้การถามโดยตรง ดังเช่น การสำรวจ การสัมภาษณ์ การศึกษาจากปรากฏการณ์ การศึกษาจากสมุดบันทึก หรือการเรียงข้อมูล เป็นต้น หรือใช้การอนุมานไม่โดยตรง ดังเช่น การสังเกตพฤติกรรมในสถานการณ์ที่ควบคุม การทดสอบทางจิตวิทยา การบำบัดโรค หรือการวิเคราะห์จากเรื่องเล่า เป็นต้น

3.2) สภาพภายนอก (External States) อาจใช้การวัดหรือการสังเกตโดยตรง ดังเช่น บันทึกทางการแพทย์ การคืนภาษี ข้อมูลการสำรวจจำนวนประชากร หรือประวัติทางการแพทย์ เป็นต้น หรือใช้การสังเกตไม่โดยตรง ดังเช่น รายงานตัวเอง เป็นต้น

3.3) พฤติกรรม (Behaviour) อาจใช้การจดบันทึก ดังเช่น การสำรวจ การสัมภาษณ์ การศึกษาจากสมุดบันทึก การวิเคราะห์เครือข่ายทางสังคม การสัมภาษณ์แบบมีบท หรือการสัมภาษณ์เชิงคำพูด เป็นต้น หรือใช้การสังเกต ดังเช่น การสังเกตเฉพาะจุดสำคัญ การสังเกตแบบละเอียด การสังเกตแบบเลือกเฟ้น การทดสอบตามวัตถุประสงค์ การติดตามพฤติกรรม หรือการทำแผนที่ทางพฤติกรรม เป็นต้น

3.4) วัตถุ (Artifacts) อาจใช้การสังเกตโดยตรง ดังเช่น การนับ การบรรยาย การถ่ายภาพ หรือการดูภาพตามขวาง เป็นต้น หรือใช้วิธีไม่โดยตรง ดังเช่น รายงานตัวเอง หรือการวิจัยทางเอกสาร เป็นต้น

3.5) สภาพแวดล้อม (Environment) อาจใช้การสังเกตโดยตรง ดังเช่น การถ่ายภาพ การวัด การทำแผนที่ แหล่งข้อมูลที่เป็นเอกสาร หรือการสังเกตผู้มีส่วนร่วม เป็นต้น หรือใช้การสังเกตไม่โดยตรง ดังเช่น รายงานตัวเอง เป็นต้น

## 4) การวิเคราะห์หลักฐานหรือข้อมูลจะอย่างไร?

การเลือกวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยสามารถยึดหลักความเป็นไปได้ทางตรรกวิทยาสี่ประการ (Four Logical Possibilities) [14] ดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนี้ การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (Qualitative (Meaning) Analysis) ถ้าข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) ใช้วิธีการศึกษาแบบอธิบาย (Interpretive Studies) แต่ถ้าข้อมูลเป็นเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ใช้วิธีการจัดกลุ่มแบบจัดระบบตามลำดับชั้น (Hierarchical Clustering) ส่วนการวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative (Description) Analysis) ถ้าข้อมูลเป็นเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) แต่ถ้าข้อมูลเป็นเชิงปริมาณ (Quantitative Data) ใช้วิธีเชิงตัวเลขหรือสถิติ (Numerical or Statistical)

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตามหลักความเป็นไปได้ทางตรรกวิทยาสี่ประการ [14]

		DATA	
		Qualitative	Quantitative
ANALYSIS	Qualitative (meaning)	Interpretive studies	Hierarchical clustering
	Quantitative (description)	Content analysis	Numerical or statistical

BORREGO และคณะฯ [15] ได้คาดการณ์ไว้ว่าวิธีการเชิงคุณภาพ เชิงปริมาณ และแบบผสม จะเป็นสิ่งจำเป็นในการวิจัยในอนาคต และแนะนำว่านักวิจัยควรตรวจสอบหาวิธีการวิจัยแบบอื่นๆ ที่อาจเหมาะสมกว่า จากแหล่งข้อมูลต่างๆ และควรสร้างความร่วมมือข้ามสาขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างสาขาวิทยาศาสตร์ ครุศาสตร์ หรือสังคมศาสตร์ (Education/Social Science) กับวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) แต่ทั้งนี้ Creswell [16] กล่าวว่าไว้ว่าตัวลึกของวิธีการวิจัยจะถูกบังคับโดยคำถามของการวิจัย (Research Questions) นั่นเอง ในขอบเขตการวิจัยด้านสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม ซึ่งปัจจุบันยังคงอยู่ในช่วงของการพัฒนาพบว่าวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพเป็นวิธีการที่สำคัญ และถือว่าเป็นวิธีการสำรวจเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific exploration) แบบหนึ่ง [17]

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือ (Validity) ผู้วิจัยต้องพิจารณาเรื่องต่อไปนี้

1. ความไม่สอดคล้องกัน และเหตุผลของสิ่งนั้นจากผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
2. ตรวจสอบข้อมูล 1 ชุด (เช่นการสัมภาษณ์) เปรียบเทียบกับสิ่งอื่นๆ (เช่น เอกสารสำคัญ)
3. เปิดเผยในกรณีด้านลบต่างๆ
4. มองหาและตัดคำชี้แจงที่อาจแปลความหมายได้หลายทาง
5. ให้คนอื่นช่วยทดสอบซ้ำความคิดส่วนตัวของท่าน

ผู้วิจัยควรใช้เมตริกซ์ข้อมูล (Data - Matrices) เข้ามาช่วย ดังต่อไปนี้

1. Profiles เพื่อแสดงว่าสิ่งหนึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งอื่นๆ อย่างไร
2. Proximity เพื่อวัดความเกี่ยวข้องกันระหว่างรายการต่างๆและควรทำแผนที่แสดงกระบวนการ หรือสาเหตุ (Causal Maps) คือ
  1. แผนที่หลักการ (Concept Maps)
  2. แผนผังการทำงาน (Flow Charts)
  3. รูปแบบจำลอง (Models)

5) การนำผลการวิเคราะห์ไปสู่การตีพิมพ์ สำหรับผู้อ่านที่หลากหลายจะทำอย่างไร?

ผู้วิจัยต้องคำนึงว่า ผู้อ่านแต่ละกลุ่มจะมีความต้องการความรู้จากการอ่านบทความการวิจัยที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้วิจัยต้องพิจารณาต่อไปนี้

5.1 เพื่อให้ผู้อ่านกลุ่มต่างๆ สนใจ ผู้วิจัยควรทำอย่างไรต่อไปนี้?

5.1.1 ต้องมีความเกี่ยวข้องกับต่อเอกสารอ้างอิง (นักวิชาการ)

5.1.2 ต้องมีความเกี่ยวข้องกับตอนโยบาย (ผู้มีอำนาจตัดสินใจ)

5.1.3 ต้องมีสิ่งดึงดูดความสนใจ ซึ่งสามารถทดลองให้เห็นได้ (นักเรียน)

5.2 ผู้วิจัยได้ทำอะไร ต่อต่อไปนี้?

5.2.1 ระเบียบแบบแผนการวิจัย (นักวิชาการ)

5.2.2 การสุ่มตัวอย่าง (ผู้มีอำนาจตัดสินใจ)

5.2.3 นำเชื่อถือ (ทุกกลุ่ม)

5.3 ผู้วิจัยได้ค้นพบอะไร และเกี่ยวข้องกับต่อความสนใจของผู้อ่านหรือไม่?

5.4 อะไรคือความหมายโดยนัย สำหรับผู้อ่านที่ได้รับผลกระทบโดยตรง?

### 3. บทสรุป

ระเบียบแบบแผนการทำวิจัยในสาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม เป็นแบบการพิสูจน์เชิงวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งค้นหาให้ได้คำตอบของการวิจัยอย่างสิ้นข้อสงสัย การกำหนดระเบียบแบบแผนการทำวิจัยในสาขานี้ควรสร้างแบบฉบับ (Paradigm) ขึ้นเพื่อกำหนดทิศทาง และข้อบังคับในการวิจัยที่ชัดเจน และข้อมูลด้านเข้าควรมีทั้งเชิงคุณภาพ และเชิงปริมาณ ประกอบกัน

ในการวางแผนการทำวิจัยด้านครุศาสตร์วิศวกรรม ผู้วิจัยควรพิจารณาจากคำถามหลักๆ ว่า (1) ต้องการรู้เพื่อไปทำอะไร และจะบอกใคร (2) หลักฐาน หรือข้อมูลชนิดใด ที่จะใช้ตอบคำถามการวิจัย(3) การให้ได้หลักฐานหรือข้อมูลจะทำอย่างไร (4) การวิเคราะห์หลักฐานหรือข้อมูลจะทำอย่างไร และ (5) การนำผลการวิเคราะห์ไปสู่การตีพิมพ์ สำหรับผู้อ่านที่หลากหลายจะทำอย่างไร?

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Grraaff, E.de. and Kolmos, A. 2010. **Research methods in engineering education research**, Joint International IGIP-SEFI Annual Conference 2010, 19-22 September 2010, Trnava, Slovakia.
- [2] Jesieka, B.K., Borregob, M. and Beddoesc, K. 2010. Advancing global capacity for engineering education research: Relating research to practice, policy and industry. **European Journal of Engineering Education** 35(2), 117–134.
- [3] National Academy of Engineering (NAE). 2006. The annals of research on engineering education - AREE. **European Journal of Engineering Education**, 31(5), 631–633.
- [4] Jesiek, B.K., Newswander, L.K. and Borrego, M. 2009. Engineering education research: Field, community, or discipline?. **Journal of Engineering Education**, 98(1), 39–52.
- [5] Lemaine, G., Macleod, R., Mulkay, M. and Weingart, P. 1976. "Introduction: Problems in the Emergence of New Disciplines." In: G. Lemaine, R. Macleod, M. Mulkay and P. Weingart (eds). **Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines**, Mouton : Parex, 1–23.
- [6] Borrego, M. 2007. Conceptual hurdles experienced by engineering faculty becoming engineering education researchers. **Journal of Engineering Education**, 96(2), 91-102.
- [7] Borrego, M. 2007. Development of engineering education as a rigorous discipline: a study of the publication patterns of four coalitions. **Journal of Engineering Education**, 96(1), 5-18.
- [8] Borrego, M., Streveler, R.A., Miller, R.L. and Smith, K.A. 2008. A new paradigm for a new field: communicating representations of engineering education research. **Journal of Engineering Education**, 97(2), 147-162.
- [9] Kuhn, T.S. 1962. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: University of Chicago Press.
- [10] Kuhn, T.S. 1970. "Logic of Discovery or Psychology of Research?." In: I. Lakatos and A. Musgrave (eds.). **Criticism and the Growth of Knowledge**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1–22.
- [11] Kuhn, T.S. 1970. **The Structure of Scientific Revolutions (2nd ed.)**. Chicago: University of Chicago Press.
- [12] Latour, B. 1988. **The Pasteurization of France**. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [13] Rogers, E.M. 2003. **Diffusion of Innovations (5th ed.)**. New York: The Free Press.
- [14] Jolly, L. 2009. **An overview of research methods in engineering education**. Workshop Notes of the 20 th Anniversary of AAEE, 25 February 2009, University of Adelaide, Australia.
- [15] Borrego, M., Douglas, E.P. and Amelink, C.T. 2009. Quantitative, qualitative, and mixed research methods in engineering education. **Journal of Engineering Education**, 98(1), 53-66.
- [16] Creswell, J.W. 2002. **Educational Research: Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research**. Upper Saddle River, NJ: Merrill Prentice Hall.
- [17] Grraaff, E.de. 2009. **Research methods for engineering education: A field of applied research not a discipline**. Inaugural lecture as Adjungeret professor, 6 February 2009, Aalborg University, Denmark.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้