

มโนทัศน์ของผู้เรียนในหัวข้อความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของแรงกับทิศทางของสนามไฟฟ้าหรือ
สนามแม่เหล็ก โดยใช้การวิเคราะห์โมเดล กรณีศึกษา นิสิตชั้นปีที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**Student Concepts in the Relation between the Direction of Force and the Direction of Electric or
Magnetic Field Using Model Analysis: 1st year students of Chulalongkorn University**

สุนทร พิมเสน (Soonthon Phimsen)* ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี (Dr.Narumon Suwonjandee)**

บทคัดย่อ

การศึกษาความเข้าใจของผู้เรียน มักจะอิงอยู่กับทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical Test Theory) และการหาสัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐาน (Normalize Gain) เพื่อวิเคราะห์หาข้อสนเทศ (Information) เกี่ยวกับสมรรถนะและ พัฒนาการ (Improvement) ของผู้เรียน แต่ข้อสนเทศที่ได้จะไม่ให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียน ในขณะที่การวิเคราะห์โมเดล (Model Analysis) คือวิธีการวิเคราะห์ความเข้าใจของผู้เรียนที่นอกจากให้ข้อสนเทศ ดังกล่าวแล้ว ยังสามารถให้ข้อสนเทศเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียนใน 2 ลักษณะ กล่าวคือผู้เรียนเข้าใจผิด มโนทัศน์ (Misconception) หรือความเข้าใจของผู้เรียนเปลี่ยนไปตามบริบท รายงานฉบับนี้นำเสนอการวิเคราะห์โมเดล ในหัวข้อความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของแรงกับทิศทางของสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กของนิสิต ชั้นปีที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าก่อนการเรียนการสอนผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจผิดพลาดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ใน หัวข้อนี้ และหลังจากการเรียนการสอนผ่านไปแล้วมีผู้เรียนเพียงบางกลุ่มเท่านั้นที่มีความเข้าใจเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ABSTRACT

The study of the understanding of students usually depends on the Classical Test Theory and Normalize Gain which are used to extract the information about performance and improvement of students. However these information may not explain the misunderstanding of students. The Model Analysis does not only give such information, but it can also give information about the misunderstanding of students in 2 ways: which are misconception and context dependent of students' understanding. This report aims to analyze the relation between the direction of force and the direction of electric or magnetic field of the 1st year students of Chulalongkorn University using Model Analysis. It shows that most students have misconception in this topic, but after instruction, only a few students have improved their understanding.

คำสำคัญ: ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม สัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐาน การวิเคราะห์โมเดล

Key Words: Classical test theory, Normalize gain, Model analysis

* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

** อาจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทนำ

ในการพิจารณาความเข้าใจของผู้เรียนนั้น โดยทั่วไปมักจะพิจารณาใน 2 ประเด็นหลัก คือ สมรรถนะและพัฒนาการของผู้เรียน โดยทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมที่เสนอโดย C. Spearman ในปี พ.ศ. 2447 กลายเป็นทฤษฎีสำคัญในการพิจารณาสมรรถนะและพัฒนาการของผู้เรียน [L. Ding, 2552] โดยประเด็นหลักของทฤษฎี คือการวัดความรู้ของผู้เรียนด้วยแบบทดสอบ เพื่อหาคะแนนจริง (True Score, T) ที่มีค่าเป็นบวกเสมอ แต่ในการวัดทุกครั้งมักจะมี ความคลาดเคลื่อน ดังนั้นคะแนนที่ได้จึงเป็นเพียงคะแนนสังเกต (Observe Score, X) ที่มีค่าเป็นบวก ดังนี้

$$X = T + E \quad (1)$$

โดยที่ E คือ คะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score) อาจจะมีค่าเป็นบวกหรือลบ สมรรถนะของผู้เรียนรายบุคคลสามารถบอกได้ด้วยคะแนนจริง แต่เนื่องจากการหาคะแนนจริงนั้นเป็นไปได้ยาก ในทางปฏิบัติ โดยทั่วไปจึงใช้คะแนนสังเกตแสดงถึงสมรรถนะของผู้เรียน และใช้ผลต่างของคะแนนสังเกตก่อนเรียนและหลังเรียนบอกถึงพัฒนาการของผู้เรียน และในกรณีที่พิจารณาผู้เรียนเป็นกลุ่มนั้น จะใช้คะแนนสังเกตเฉลี่ยและผลต่างของคะแนนสังเกตเฉลี่ยแสดงสมรรถนะและพัฒนาการของกลุ่ม ตามลำดับ

ทั้งนี้ การใช้ผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนบ่งชี้พัฒนาการของผู้เรียนไม่เหมาะสมสำหรับเปรียบเทียบผู้เรียนที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ R. R. Hake ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์พัฒนาการโดยใช้สัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐาน ในปี พ.ศ. 2541 (R. R. Hake, 2541) ดังนี้

$$G = \frac{\%X_f - \%X_i}{100 - \%X_i} \quad (2)$$

เมื่อ G คือ สัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐานในรายบุคคล $\%X_f$ และ $\%X_i$ คือ ร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียนและก่อนเรียนของผู้เรียนแต่ละคน ตามลำดับ และในกลุ่มผู้เรียนสามารถพิจารณาได้จากสัดส่วนเพิ่ม

บรรทัดฐานเฉลี่ย ($\bar{g}$) ซึ่งหาได้ในทำนองเดียวกับสมการ (2) แต่จะแทน $\%X_f$ และ $\%X_i$ ด้วยร้อยละของคะแนนสอบหลังเรียนเฉลี่ยและก่อนเรียนเฉลี่ย $\%(\bar{X}_f)$ และ $\%(\bar{X}_i)$ ตามลำดับ

อย่างไรก็ตามทั้งทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิมและสัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐานนั้นต่างก็อิงอยู่กับคะแนนสังเกตที่ไม่สามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียน ซึ่งเป็นรายละเอียดที่สำคัญอย่างยิ่งในงานวิจัยด้านฟิสิกส์ศึกษา เนื่องจากการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อสนเทศที่หลากหลายเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียน ดังนั้นในปี พ.ศ. 2549 L. Bao และ E. F. Redish (Bao and E. F. Redish, 2549) ได้เสนอการวิเคราะห์โมเดล ที่มุ่งวิเคราะห์สถานะเวกเตอร์แทนคะแนนสังเกต

หลักการพื้นฐานของการวิเคราะห์โมเดลเริ่มจากข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในศาสตร์ด้านการรับรู้ (Cognitive Science) และได้มีการสร้างแบบจำลองกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) กล่าวคือ เมื่อสมองมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก โดยเรียกสิ่งแวดล้อมภายนอกนี้ว่า บริบท (Context) หลังจากนั้นสมองจะตอบสนองต่อบริบทด้วยการสร้างสิ่งที่เรียกว่า เมนทัลอิลิเมนต์ (Mental Elements) โดยเมนทัลอิลิเมนต์ที่ถูกสร้างขึ้นมาแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ข้อเท็จจริง (Fact) โมเดล (Model) และหลักการ (Principle) แต่ในการวิเคราะห์โมเดลนั้นจะพิจารณาเมนทัลอิลิเมนต์ประเภทโมเดลเท่านั้น และจะพิจารณาด้วยวิธีการเชิงปริมาณ (Quantitative Method) จึงต้องนิยามโมเดลให้สอดคล้องกับกรอบความคิดทางคณิตศาสตร์ เรียกว่า โมเดลกายภาพ (Physical Model) หรือ โมเดลผู้เรียน (Student Model) (L. Bao, 2542) กล่าวคือ โมเดลกายภาพจะมีลักษณะเป็นหน่วยที่ไม่ต่อเนื่อง ไม่สามารถแบ่งแยกหรือลดทอนได้ แต่สามารถถูกปรับเปลี่ยนและพัฒนาได้ด้วยบริบท โดยโมเดลกายภาพที่สอดคล้องกับทุกบริบทในขอบเขตที่เรียกว่า

ขอบเขตโมโนทัศน์ (Concept Domain) จัดเป็น โมเดล ถูก (Expert Model) ซึ่งใน 1 ขอบเขตโมโนทัศน์จะมี โมเดลถูก เพียง 1 โมเดลเท่านั้น ส่วนโมเดลกายภาพที่ไม่สอดคล้องกับบริบท หรือสอดคล้องกับบริบทเพียงบางส่วนจะจัดเป็น โมเดลผิด (Incorrect Model) ที่อาจจะมีมากกว่า 1 โมเดล และทุกโมเดลกายภาพภายในขอบเขตโมโนทัศน์จะต้องมีอิสระต่อกัน โดยสามารถแสดงได้ในรูปของเซตเชิงตั้งฉาก (Orthogonal Set)

ความเข้าใจของผู้เรียนจะถูกแสดงด้วยสถานะโมเดล (Model State) ที่หาได้จากโมเดลกายภาพดังกล่าว โดยสถานะโมเดลของผู้เรียนในรายบุคคลจะถูกเรียกว่า สถานะโมเดลผู้เรียน (Student Model State) และในรายกลุ่มจะถูกเรียกว่า สถานะโมเดลกลุ่ม (Class Model State)

สถานะโมเดลผู้เรียน

สามารถตรวจสอบสถานะโมเดลผู้เรียนได้ โดยออกแบบคำถามให้สอดคล้องกับบริบทของขอบเขตโมโนทัศน์ที่ต้องการพิจารณา จากนั้นกำหนดโมเดลกายภาพ ด้วยการสำรวจหรือการสัมภาษณ์ผู้เรียนบางส่วน แล้วนำมาใช้กับผู้เรียนทั้งหมดที่มีความรู้พื้นฐานใกล้เคียงกัน โดยกำหนดโมเดลกายภาพ M_1 ให้เป็นโมเดลถูก แสดงถึงความเข้าใจที่ถูกต้องของผู้เรียน ให้ M_2 เป็นโมเดลผิด บ่งบอกว่าผู้เรียนมีความรู้เกี่ยวกับโมโนทัศน์ของเนื้อหาผิดพลาด เรียกว่า ผิดโมโนทัศน์ (Misconception) และให้ M_3 เป็นโมเดลว่าง (Null Model) แสดงถึงความคิดที่ไม่สัมพันธ์กับโมโนทัศน์ของเนื้อหา โดยสถานะโมเดลผู้เรียนจะถูกแสดงด้วยเวกเตอร์ ดังนี้

$$|u_k\rangle = \begin{pmatrix} \sqrt{\frac{n_{1k}}{m}} \\ \sqrt{\frac{n_{2k}}{m}} \\ \sqrt{\frac{n_{3k}}{m}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$|u_k\rangle$ คือเวกเตอร์ โมเดลผู้เรียน (Student Model Vector) คนที่ k ที่ถูกทำให้เป็นบรรทัดฐาน

(Normalize) เมื่อ $\frac{n_{1k}}{m}$, $\frac{n_{2k}}{m}$ และ $\frac{n_{3k}}{m}$ คือความน่าจะเป็นที่ผู้เรียนคนที่ k ใช้ M_1 , M_2 และ M_3 ตามลำดับ โดย n_{1k}, n_{2k} และ n_{3k} คือจำนวนครั้งของการใช้ M_1 , M_2 และ M_3 ตามลำดับ ในขณะที่ m คือจำนวนคำถาม และเรียกผลคูณภายนอก (Outer Product, $|u_k\rangle\langle u_k|$) ของเวกเตอร์โมเดลผู้เรียนว่า เมทริกซ์ความหนาแน่นโมเดล ของผู้เรียนคนที่ k (Model Density Matrix, D_k) จากสมการ (4) จะได้ว่า

$$D_k = \frac{1}{m} \begin{pmatrix} n_{1k} & \sqrt{n_{1k}n_{2k}} & \sqrt{n_{1k}n_{3k}} \\ \sqrt{n_{2k}n_{1k}} & n_{2k} & \sqrt{n_{2k}n_{3k}} \\ \sqrt{n_{3k}n_{1k}} & \sqrt{n_{3k}n_{2k}} & n_{3k} \end{pmatrix} \quad (5)$$

พิจารณาการส่อความของเมทริกซ์ความหนาแน่นโมเดลได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงตัวอย่างบางส่วนของสถานะโมเดลผู้เรียน สำหรับ 4 คำถาม และแบ่งเป็น 3 โมเดล

กายภาพ

สถานะ	$ u_k\rangle$	$ u_k\rangle\langle u_k $	การส่อความ
1	$\frac{1}{\sqrt{4}} \begin{pmatrix} \sqrt{4} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	ความรู้ถูกต้อง
2	$\frac{1}{\sqrt{4}} \begin{pmatrix} 0 \\ \sqrt{4} \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	ผิดโมโนทัศน์
3	$\frac{1}{\sqrt{4}} \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \sqrt{4} \end{pmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	ไม่มีความรู้
4	$\frac{1}{\sqrt{4}} \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ \sqrt{2} \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.50 & 0.35 & 0 \\ 0.35 & 0.25 & 0.25 \\ 0.35 & 0.25 & 0.25 \end{bmatrix}$	เปลี่ยนตามบริบท

จากนั้นจึงนำเมทริกซ์ความหนาแน่นโมเดลของผู้เรียนไปหาสถานะโมเดลกลุ่มต่อไป

สถานะโมเดลกลุ่ม

การหาสถานะโมเดลกลุ่ม เริ่มจากนิยามเมทริกซ์ความหนาแน่นโมเดลกลุ่ม (Class Model Density Matrix, D) ดังนี้

$$D = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N D_k \quad (6)$$

จากปัญหาค่าไอเกน (Eigenvalue Problem) หากกำหนดให้มี 3 โมเดลกายภาพ M_1 , M_2 และ M_3 สามารถจัดรูป D ดังนี้

$$D = \sum_{\mu=1}^3 \sigma_{\mu}^2 |v_{\mu}\rangle \langle v_{\mu}| \quad (7)$$

เมื่อ $|v_{\mu}\rangle$ คือเวกเตอร์ไอเกนตัวที่ μ ของเมทริกซ์ความหนาแน่นโมเดลกลุ่ม โดยที่ σ_{μ}^2 คือ ค่าไอเกน (Eigenvalue) แสดงสัดส่วนของผู้เรียน ค่าไอเกนทั้งสามจะมีค่าต่างกันไป โดยให้เวกเตอร์ไอเกน $|v_{\mu}\rangle$ ที่มีค่าไอเกนสูงสุดแทนสถานะโมเดลกลุ่ม เนื่องจากสอดคล้องกับสัดส่วนผู้เรียนส่วนใหญ่ เรียกสถานะดังกล่าวนี้ว่าสถานะโมเดลปฐมภูมิ (Primary Model State) ซึ่งเวกเตอร์ไอเกนที่สามารถใช้แสดงสถานะโมเดลปฐมภูมิได้นั้น ควรมีค่าไอเกนไม่น้อยกว่า 0.8 [3] เพื่อบ่งชี้ว่าเวกเตอร์ไอเกนดังกล่าว แทนผู้เรียนไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 จากผู้เรียนทั้งกลุ่ม โดยพิจารณาการสื่อความได้จาก แผนภาพโมเดล (Model Plot)

แผนภาพโมเดล

สามารถพิจารณาการสื่อความของสถานะโมเดลปฐมภูมิในทำนองเดียวกับการสื่อความของสถานะโมเดลผู้เรียนรายบุคคล กล่าวคือ กำหนดให้ $|v_p\rangle$ คือ เวกเตอร์ไอเกนที่แสดงสถานะโมเดลปฐมภูมิ ซึ่งมี σ_p^2 เป็นค่าไอเกนสูงสุด ดังนี้

$$|v_p\rangle = \begin{pmatrix} v_{1p} \\ v_{2p} \\ v_{3p} \end{pmatrix} \quad (8)$$

โดยที่ v_{1p} , v_{2p} , v_{3p} คือ องค์ประกอบเวกเตอร์ และ v_{1p}^2 , v_{2p}^2 และ v_{3p}^2 คือความน่าจะเป็นที่กลุ่มผู้เรียนใช้ M_1 , M_2 และ M_3 ตามลำดับ โดยที่

$$v_{1p}^2 + v_{2p}^2 + v_{3p}^2 = 1 \quad (9)$$

แต่เนื่องจาก v_{1p}^2 , v_{2p}^2 และ v_{3p}^2 ไม่ใช่ความน่าจะเป็นที่ได้จากผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่ม แต่เป็นเพียงผู้เรียนในสัดส่วน σ_p^2 เท่านั้น ดังนั้นในการพิจารณาความน่าจะเป็นของกลุ่มจึงต้องคำนึงถึงสัดส่วนของผู้เรียนด้วย ดังนี้

$$P_1 = \sigma_p^2 v_{1p}^2 \quad (10)$$

$$P_2 = \sigma_p^2 v_{2p}^2 \quad (11)$$

$$P_3 = \sigma_p^2 v_{3p}^2 \quad (12)$$

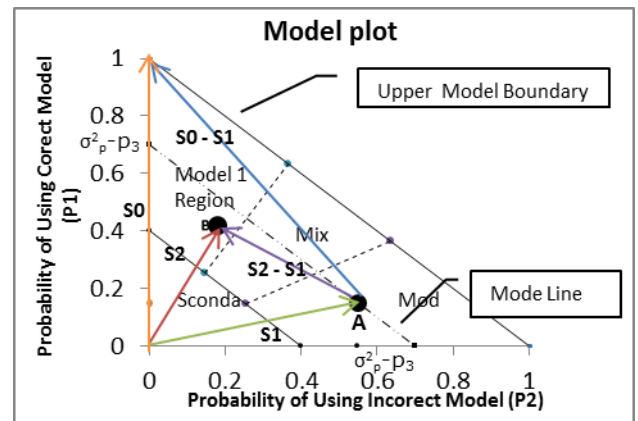
P_1 , P_2 และ P_3 คือความน่าจะเป็นที่กลุ่มผู้เรียนใช้ M_1 , M_2 และ M_3 ตามลำดับ ซึ่งจากสมการ (9) หากนำค่าไอเกน σ_p^2 คูณตลอดจะได้ว่า

$$\sigma_p^2 v_{1p}^2 + \sigma_p^2 v_{2p}^2 + \sigma_p^2 v_{3p}^2 = \sigma_p^2 \quad (13)$$

และสามารถจัดรูปสมการ (13) ได้ว่า

$$P_1 = -P_2 + (\sigma_p^2 - P_3) \quad (14)$$

สมการ (14) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความน่าจะเป็นที่กลุ่มผู้เรียนใช้ $M_1(P_1)$, $M_2(P_2)$ และ $M_3(P_3)$ สามารถแสดงสถานะโมเดลปฐมภูมิในแผนภาพ 2 มิติ เรียกว่า แผนภาพโมเดล ดังรูป 1 (L. Bao, 2542)



รูป 1 แผนภาพโมเดล

จากรูป 1 จุด A คือ จุดโมเดล (Model Point) แสดงความน่าจะเป็นก่อนเรียนของกลุ่มผู้เรียน โดยจุดโมเดลจะอยู่บนเส้นตรง $P_1 = -P_2 + (\sigma_p^2 - P_3)$ เรียกเส้นตรงนี้ว่า เส้นโมเดล (Model Line) ในกรณีที่ σ_p^2 มีค่าสูงสุดคือ 1 และ P_3 มีค่าต่ำสุดคือ 0 เส้นโมเดลจะผ่านจุด (0,1) และจุด (1,0) เรียกเส้นตรงนี้ว่าเส้นขอบเขตโมเดลบน (Upper Model Boundary) โดยจุดโมเดลจะไม่สามารถอยู่เหนือเส้นขอบเขตโมเดลบน

สามารถพิจารณาสมรรถนะของกลุ่มผู้เรียนได้จากจุดโมเดลในบริเวณต่างๆของแผนภาพโมเดล โดยบริเวณที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีความน่าจะเป็นในการใช้โมเดลถูกมากกว่าโมเดลผิด เรียกว่าบริเวณโมเดล 1 (Model 1 Region) สำหรับบริเวณที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีความน่าจะเป็นที่จะใช้โมเดลถูกน้อย

กว่าโมเดลคิด เรียกว่าบริเวณโมเดล 2 (Model 2 Region) ส่วนบริเวณที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจเปลี่ยนไปตามบริบท เรียกว่าบริเวณผสม (Mix Region) ในกรณีที่ $\sigma_{\frac{1}{2}}$ มีค่าน้อยหรือ P_2 มีค่ามาก จะทำให้ P_1 และ P_2 มีค่าน้อยลง ส่งผลให้จุดโมเดลจะถอยห่างจากเส้นขอบเขตบนจนกระทั่งถึงบริเวณโมเดลทุติยภูมิ (Secondary Model Region) ซึ่งถูกกำหนดไว้ที่ $P_1 + P_2 \leq 0.4$ (L. Bao, 2542)

นอกจากพิจารณาสมรรถนะผู้เรียนผ่านจุดโมเดลในบริเวณต่างๆแล้ว สามารถพิจารณาพัฒนาการของผู้เรียน โดยการเปรียบเทียบจุดโมเดลก่อนและหลังจากการเรียนการสอนเพื่อหาพัฒนาการโมเดล (Model Improvement)

พัฒนาการโมเดล

จากรูป 1 พัฒนาการโมเดล, M ซึ่งหาได้จากระยะที่จุดโมเดลหลังเรียน (B) เคลื่อนจากจุดโมเดลก่อนเรียน (A) ซึ่งถูกแสดงด้วยเวกเตอร์ S_0 , S_1 และ S_2 ดังนี้

$$M = \frac{(S_0 - S_1) \cdot (S_2 - S_1)}{|(S_0 - S_1)|^2} \quad (15)$$

โดยที่ $S_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$, $S_1 = \begin{pmatrix} P_{1i} \\ P_{2i} \end{pmatrix}$ และ $S_2 = \begin{pmatrix} P_{1f} \\ P_{2f} \end{pmatrix}$ เมื่อ P_{1i} (P_{1f}) และ P_{2i} (P_{2f}) คือความน่าจะเป็นก่อนเรียน (หลังเรียน) ที่กลุ่มผู้เรียนใช้โมเดล M_1 และ M_2 ตามลำดับ

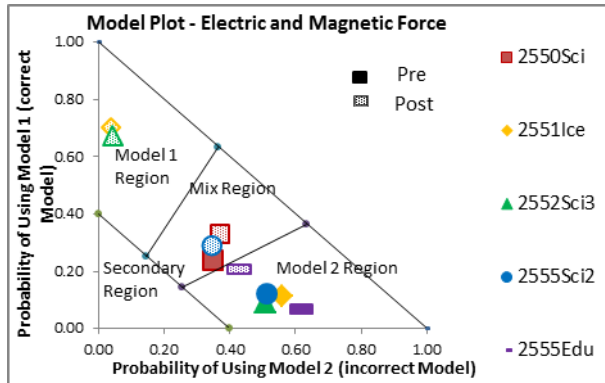
การวิเคราะห์โมเดลของนิสิตชั้นปีที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในบทความฉบับนี้จะเสนอการวิเคราะห์โมเดลของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1 จำนวน 5 กลุ่ม คือ นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2550 จำนวน 111 คน (2550Sci) คณะวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติ ปีการศึกษา 2551 จำนวน 71 คน (2551Ice) คณะวิทยาศาสตร์ ตอนเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 29 คน (2552Sci3) คณะวิทยาศาสตร์ ตอนเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 77 คน (2555Sci2) และ คณะครุศาสตร์ร่วมกับคณะสหเวชศาสตร์ ปี

การศึกษา 2555 จำนวน 52 คน (2555Edu) โดยวิธีการสอนคือการบรรยายและให้การบ้าน

โดยขอบเขตมโนทัศน์ที่นำมาพิจารณา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของแรงกับทิศทางของสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก บริบท 3 บริบทที่นำมาพิจารณาถูกแทนด้วยคำถามแบบเลือกตอบข้อที่ 6 ข้อที่ 22 และข้อที่ 24 ในแบบทดสอบ Brief Electricity and Magnetism Assessment (BEMA) โดยเนื้อหาของคำถามจะจำลองสถานการณ์ประจุบวกและประจุลบเคลื่อนที่เข้าไปในบริเวณที่มีสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็ก โดยให้ผู้เรียนหาทิศทางของแรงไฟฟ้าหรือแรงแม่เหล็กที่กระทำบนประจุนั้นๆ ตัวเลือกของคำถามแต่ละคำถามจะแสดงถึงโมเดลกายภาพ M_1 , M_2 และ M_3

โดย M_1 จะบ่งชี้ถึงความเข้าใจที่ถูกต้อง กล่าวคือ ทิศของแรงไฟฟ้าที่กระทำบนประจุบวกจะมีทิศเดียวกับทิศสนามไฟฟ้า ส่วนทิศของแรงแม่เหล็กที่กระทำบนประจุบวกหาได้จากกฎมือขวา และสำหรับประจุลบทิศทางของแรงไฟฟ้าหรือแรงแม่เหล็กจะเป็นไปในทางตรงกันข้ามกับกรณีของประจุบวก ส่วน M_2 แสดงการผิดมโนทัศน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ผู้เรียนสลับวิธีการหาทิศทางของแรงโดยใช้กฎมือขวาสำหรับสนามไฟฟ้าแทนที่จะเป็นสนามแม่เหล็ก หรือผู้เรียนคิดว่าแรงที่กระทำบนประจุลบจะเหมือนกับในกรณีของประจุบวก เป็นต้น ในขณะที่ M_3 คือความคิดที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เช่น ผู้เรียนคิดว่าทิศของสนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กจะมีทิศเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุ หรือผู้เรียนตอบคำถามด้วยตัวเลือก “ไม่มีข้อถูก” เป็นต้น



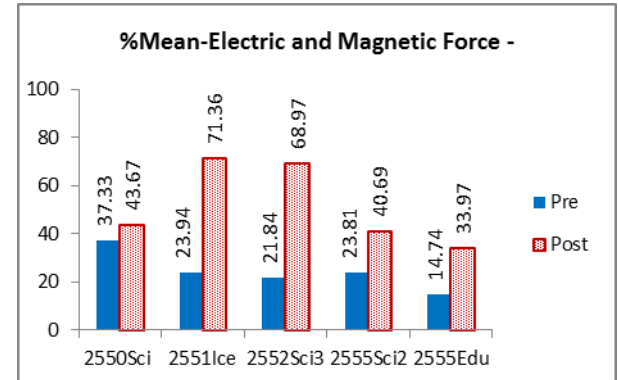
รูป 2 แผนภาพโมเดลของนิสิตชั้นปีที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หัวข้อแรงไฟฟ้าและแรงแม่เหล็ก

จากรูป 2 ก่อนเรียนจุดโมเดลของกลุ่มผู้เรียนเกือบทุกกลุ่มอยู่ในบริเวณ โมเดล 2 แสดงว่าผู้เรียนส่วนใหญ่มีพื้นฐานใกล้เคียงกัน คือ มีความเข้าใจที่ผิดพลาดเนื่องจากคิดมโนทัศน์ ขกเว้นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2550 ที่อยู่ในบริเวณผสม นั่นคือมีความเข้าใจที่ผิดพลาดเนื่องจากยังสับสนเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเนื้อหา

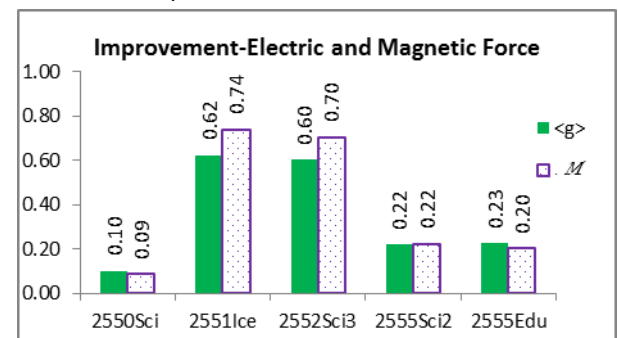
หลังจากการเรียนการสอนผู้เรียนส่วนใหญ่ของทุกกลุ่มมีพัฒนาการดีขึ้น เห็นได้จากจุดโมเดลมีแนวโน้มเลื่อนไปทางบริเวณโมเดล 1 และการเลื่อนเด่นชัดที่สุดสำหรับนิสิตคณะวิศวกรรมศานาชาติดีปีการศึกษา 2551 และคณะวิทยาศาสตร์ตอนเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2552 ในขณะที่นิสิตคณะครุศาสตร์และสหเวชศาสตร์ และนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ตอนเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 แม้จะมีการปรับเปลี่ยนแต่ยังคงมีมโนทัศน์ผิดและเริ่มมีความสับสนหลังจากมีการเรียนการสอน ในขณะที่นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ปี 2550 มีมโนทัศน์ผิดเพิ่มขึ้นหลังจากมีการเรียนการสอน

จากรูป 3 คะแนนสังเกตเฉลี่ยจะสอดคล้องกับจุดโมเดลในรูป 3 กล่าวคือ ผู้เรียนทุกกลุ่มมีคะแนนก่อนเรียนใกล้เคียงกันยกเว้นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2550 และหลังจากมีการเรียนการสอนนิสิตคณะวิศวกรรมศานาชาติดีปีการศึกษา 2551 และคณะวิทยาศาสตร์ ตอนเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2552 ทำ

คะแนนได้สูงขึ้นอย่างเด่นชัด ในขณะที่นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2550 นั้น คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนนั้นต่างกันน้อยมาก ดังนั้น การวิเคราะห์โมเดลกับการวิเคราะห์คะแนนสังเกตนั้นให้ผลในทำนองเดียวกัน แต่การวิเคราะห์โมเดล จะให้ข้อสนเทศในรายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียน



รูป 3 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1



รูป 4 สัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐานเฉลี่ย ($\bar{g}$) และพัฒนาการโมเดลของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้นปีที่ 1

จากรูป 4 นิสิตคณะวิศวกรรมศานาชาติดีปีการศึกษา 2551 และคณะวิทยาศาสตร์ตอนเรียนที่ 3 ปีการศึกษา 2552 มีสัดส่วนเพิ่มบรรทัดฐาน และการพัฒนาโมเดลสูงที่สุด บ่งชี้ว่าผู้เรียนพัฒนาการดีที่สุด ซึ่งต่างจากนิสิตกลุ่มอื่นๆอย่างเด่นชัด

อภิปราย

การวิเคราะห์โมเดลสามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียนใน 2 ลักษณะ คือความเข้าใจของผู้เรียนเปลี่ยนแปลงตามบริบท เช่น นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2550 ที่จุดโมเดลก่อนเรียนอยู่ในบริเวณผสม และผู้เรียนเข้าใจผิดมโนทัศน์ เช่น ผู้เรียนกลุ่มอื่นๆ ที่จุดโมเดลก่อนเรียนอยู่ในบริเวณโมเดล 2

สรุป

ก่อนการเรียนการสอนผู้เรียนส่วนใหญ่มีพื้นฐานคล้ายคลึงกัน คือผู้เรียนมีความเข้าใจที่ผิดพลาดเนื่องจากผิดมโนทัศน์ ยกเว้นนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2550 มีความเข้าใจที่ผิดพลาดเนื่องจากยังสับสนเกี่ยวกับมโนทัศน์ของเนื้อหา แต่หลังจากมีการเรียนการสอนผู้เรียนมีพัฒนาการมากบ้างน้อยบ้างต่างกันไป มีเพียงนิสิตคณะวิทยาศาสตร์ปี 2552 และนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติ ปี 2551 เท่านั้นที่มีพัฒนาการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และพบว่าการวิเคราะห์โมเดลสามารถให้รายละเอียดเกี่ยวกับความเข้าใจที่ผิดพลาดของผู้เรียนใน 2 ลักษณะ คือผู้เรียนเข้าใจผิดมโนทัศน์ และความเข้าใจของผู้เรียนเปลี่ยนไปตามบริบท

เอกสารอ้างอิง

- Ding, L., and Beichner, R. Approaches to data analysis of multiple-choice questions. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 5. 020103 (September 2009) : 1-17
- Hake, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. Am. J. Phys. 66 (May 1998) : 1-11
- Bao, L., and Redish, E. F. Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res. 2. 010103 (February 2006) : 1-16
- Lei Bao, Dynamics of Student Modeling: A Theory, Algorithms, and Application to Quantum Mechanics. Doctoral dissertation, Department of Physics, University of Maryland, 1999.