บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาการจัดสรรห้องเรียน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดและนำเสนอวิธีการค้นหาผลเฉลยที่มีประสิทธิภาพ โดยทำการศึกษาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการหาภาระของระบบปรับอากาศ และการจัดสรรห้องเรียน แต่เนื่องจากทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวกับการจัดสรรห้องเรียนโดยตรงนั้นยังไม่มีผู้ใดเคยทำการศึกษามาก่อน ดังนั้นจึงได้ทำการทบทวนทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเรียนตารางสอนโดยศึกษาเงื่อนไขของการจัดตารางเรียนตารางสอน เพื่อเป็นแนวทางให้บรรลุวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นและในส่วนของการพัฒนาคำตอบเบื้องต้นเพื่อให้เกิดคำตอบที่มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้ทำการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการค้นหาคำตอบแบบทาบูเสิร์ช (Tabu Search) เพื่อใช้ในการพัฒนาอัลกอริทึมที่สร้างขึ้นด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2. การหาภาระของระบบปรับอากาศภายในอาคาร

สำหรับการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องการหาภาระของระบบปรับอากาศมีรายละเอียดและตัวอย่างงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.1 การคำนวณหาภาระของระบบปรับอากาศภายในอาคาร (Heat Gain)

ภาระของระบบปรับอากาศจะประกอบไปด้วยภาระความร้อน 2 ส่วนด้วยกันคือ

2.1.1 ภาระความร้อนจากภายนอก (External Heat Gain)

ซึ่งภาระความร้อนของระบบปรับอากาศที่เข้าสู่อาคารจะประกอบไปด้วยการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV)

(1) การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1-WWR)(TD_{eq})+(U_f)(WWR)(\Delta T)+(SF)(SC)(WWR) \qquad (2.1)$$

เมื่อ

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านที่พิจารณา, วัตต์/ตร.ม.

U_w คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ, วัตต์/ตร.ม.°ซ

WWR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสงหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

TD_{eq} คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature Difference Equivalent) ระหว่างภายนอกกับภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

U_f คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหน้าต่างโปร่งแสงหรือของผนังโปร่งแสง, วัตต์/ตร.ม.°ซ

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร

SF คือ ค่าตัวประกอบรังสีแสงอาทิตย์เป็นค่าเฉลี่ยรายปีของฟลักซ์การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์, วัตต์/ตร.ม.

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของผลรวมค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = ((A_{w1})(OTTV_1)+(A_{w2})(OTTV_2)+...(A_{wi})(OTTV_i))/(A_{w1}+A_{w2}+...+A_{wi}) \quad (2.2)$$

เมื่อ

A_{wi} คือ พื้นที่ของผนังด้านที่พิจารณา ซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง, ตร.ม.

$OTTV_i$ คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ซึ่งคำนวณได้จากสมการ (2.1)

ซึ่งค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าและค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ที่ใช้ในปัจจุบันจะเป็นค่าเฉลี่ยที่ทางกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด แต่เพื่อให้สอดคล้องกับงานวิจัยนี้จึงได้นำการศึกษาวิจัยของ Amporn (2005) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์การปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ใหม่สำหรับการคำนวณค่า OTTV ที่มีอยู่เดิมตามกฎกระทรวงให้สอดคล้องกับการแบ่งโซนอุณหภูมิตามสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยวิธีการพัฒนาค่าพารามิเตอร์เปรียบเทียบกับที่มีใช้อยู่เดิมในการคำนวณความแตกต่างของค่า OTTV ในอาคารตัวอย่างที่อยู่ในแต่ละโซนภูมิอากาศ โดยมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าและค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารซึ่งแสดงดังตารางที่ ก.2 และ ก.3 ในภาคผนวก

2.1.2 ภาระความร้อนจากภายใน (Internal Heat Gain)

ในการคำนวณความร้อนจากแหล่งความร้อนภายใน สามารถแบ่งความร้อนภายในออกเป็น ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า และความร้อนจากคน

(1) ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$Q_E = 0.8*W*n \quad (2.3)$$

เมื่อ

Q_E คือ ความร้อนสุทธิที่ได้จากไฟฟ้าแสงสว่าง, วัตต์

W คือ กำลังไฟฟ้ารวมกับกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์, วัตต์

n คือ จำนวนหลอดและบัลลาสต์ทั้งหมด

ซึ่งโดยทั่วไปกำลังไฟฟ้ารวมกับกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ประมาณ 46 วัตต์

(2) ความร้อนจากคนให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

ความร้อนที่ได้รับจากคนจะคายความร้อนออกมาทั้งในรูปความร้อนสัมผัส (Q_S) และ ความร้อนแฝง (Q_L) โดยค่าความร้อนทั้งสองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามลักษณะพฤติกรรมของแต่ละบุคคล อายุ เพศ เป็นต้น ซึ่งในการคำนวณสามารถใช้ค่าต่าง ๆ จาก ASHRAE Fundamentals Handbook (2001) และสมการต่อไปนี้

$$Q_s = q_s*n \quad (2.4a)$$

$$Q_L = q_L*n \quad (2.4b)$$

เมื่อ

q_S คือ ความร้อนสัมผัสที่ได้ต่อคน, วัตต์

q_L คือ ความร้อนแฝงที่ได้ต่อคน, วัตต์

n คือ จำนวนคนทั้งหมด

ซึ่งค่าความร้อนดังกล่าวนี้สามารถอ้างอิงจาก ASHRAE Fundamentals Handbook (2001) เช่น ความร้อนจากคนที่นั่งทำงานในสำนักงาน (Sedentary Work) จะส่งความร้อนสัมผัสออกมา 75 วัตต์ และความร้อนแฝง 75 วัตต์

(3) ความร้อนจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (Equipment)

ความร้อนที่คายออกมาจากอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ จะมีค่าแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิด จำนวน และชั่วโมงการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์ ซึ่งสามารถหาได้จากแผ่นป้ายที่ติดไว้ข้างอุปกรณ์นั้นโดยตรง หรือใช้ค่าความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงของอุปกรณ์แต่ละชนิดโดยอ้างอิงจาก ASHRAE Fundamentals Handbook (2001) เช่น ความร้อนที่คายออกมาจาก กาต้มน้ำไฟฟ้า ขนาด 1,000 วัตต์ ประกอบด้วยความร้อนสัมผัสออกมา 660 วัตต์ และความร้อนแฝง 340 วัตต์ ส่วนจอคอมพิวเตอร์ขนาด17 นิ้ว จะคายความร้อนออกมาในรูปความร้อนสัมผัสเท่านั้นซึ่งมีค่าอยู่ที่ประมาณ 70 วัตต์/เครื่อง เครื่องฉายสไลด์มีค่าอยู่ที่ประมาณ 260 วัตต์/เครื่อง เครื่องแปลงสัญญาณเสียงอยู่ที่ประมาณ 220 วัตต์ และส่วนของลำโพงอยู่ที่ประมาณ 20 วัตต์/เครื่อง เป็นต้น

2.1.3 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของระบบปรับอากาศ

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของระบบปรับอากาศ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q_{Air} = Q_{total} / EER \quad (2.5)$$

เมื่อ

Q_{Air} คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของระบบปรับอากาศ, วัตต์

Q_{total} คือ ภาระความร้อนรวมทั้งหมดของอาคาร, บีทียู

EER คือ อัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

3. ปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอน

ปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียนเป็นปัญหาที่มีเงื่อนไขที่สอดคล้องกับปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอน Willemen & Robertus (1996) กล่าวว่าปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอนนี้เป็นปัญหาที่ต้องทำการสร้างเหตุการณ์ขึ้นมาโดยทำการประสานเงื่อนไขของ บุคคลากร สถานที่ และเวลาให้สอดคล้องกัน ซึ่งจะประกอบไปด้วยเงื่อนไขของรายวิชาเรียน ห้องเรียน อาจารย์ผู้ทำการสอน นักเรียน และช่วงเวลาที่มีความเหมาะสม ซึ่งในแต่ละสถานศึกษาก็จะมีเงื่อนไขในการพิจารณาที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งจะแบ่งการพิจารณาเงื่อนไขในการสร้างตารางเรียนออกเป็นเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง Erben & Kepler (1996), Burke & Petrovic (2002), Socha et al. (2003) กล่าวว่าเงื่อนไขหลักเป็นเงื่อนไขที่ต้องทำการพิจารณาเป็นอันดับแรกและไม่สามารถเกิดข้อขัดแย้งได้ เช่น ภายในเวลาเดียวกันห้องเรียนห้องหนึ่งสามารถใช้ได้กับเพียงรายวิชาเดียวเท่านั้น ภายในเวลาเดียวกันนักศึกษาสามารถทำการเรียนได้เพียงรายวิชาเดียวเท่านั้น ภายในเวลาเดียวกันอาจารย์ผู้ทำการสอนสามารถทำการสอนได้เพียงรายวิชาเดียวเท่านั้น ในส่วนของเงื่อนไขรองเป็นเงื่อนไขที่มักจะทำการพิจารณาในลำดับหลังซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปโดยขึ้นอยู่กับนโยบายของสถานศึกษา เช่น Erben & Keppler (1996) กำหนดเงื่อนไขรองให้การเรียนของนักศึกษาควรหลีกเลี่ยงการเรียนที่มีช่วงเวลาว่างระหว่างวิชา การระบุห้องเรียนสำหรับบางรายวิชา การหลีกเลี่ยงไม่จัดรายวิชาลงในช่วงเย็นหรือค่ำ แต่สำหรับ Burke & Petrovic (2002) กำหนดเงื่อนไขรองว่าให้มีการกำหนดลำดับก่อนหลังสำหรับรายวิชาเรียนหรือรายวิชาสอบเป็นต้น Carter & Laport (1998) กล่าวว่าปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอนและปัญหาย่อยซึ่งประกอบไปด้วยปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียน ปัญหาการจัดกลุ่มการเรียนและปัญหาการจัดสรรช่วงเวลาเรียน เป็นรูปแบบปัญหาที่ไม่เป็นแบบโพลิโนเมียลแบบสมบูรณ์ (NP-Complete) ซึ่งไม่สามารถที่จะหาผลเฉลยที่ดีที่สุด (Optimal Solution) และ Deris et al. (2000) ยังกล่าวเพิ่มว่าจะมีการใช้เวลาในการคำนวณหาผลเฉลยที่นานมาก ซึ่งวิธีการทางวิธีฮิวริสติกก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาที่ไม่เป็นแบบโพลิโนเมียลแบบสมบูรณ์ได้ซึ่งมีด้วยกันหลายวิธี เช่น Schmidt and Strohlein (1998) ใช้วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม (Heuristic Algorithm), S.C.Chu (1999) ใช้วิธี

เจนเนติก อัลกอริทึม (Genetic Algorithm), Elmohamed et al. (1997) ใช้วิธีซิมมูเลท แอนเนลริ่ง (Simulated Annealing) ในการช่วยหาผลเฉลย เป็นต้น

4. การหาผลเฉลยด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม (Heuristic Algorithm)

วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม เป็นวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นตามลักษณะของปัญหาที่ต้องการหาผลเฉลยด้วย วิธีการทางวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมนี้จะรับประกันไม่ได้ว่าผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด แต่จะเป็นผลเฉลยที่สามารถยอมรับได้ และเวลาที่ใช้ในการคำนวณหาผลเฉลยนั้นจะน้อยกว่าวิธีเอ็กแสค อัลกอริทึม (Exact Algorithm) และสามารถที่จะคำนวณหาผลเฉลยของปัญหาขนาดใหญ่ได้ ปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียนจึงมีความเหมาะสมที่จะเลือกนำเอาวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมมาใช้ในการหาผลเฉลยมากกว่าการใช้วิธีเอ็กแสค อัลกอริทึม โดย Kwok et al. (1997) ได้ใช้วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมในการสร้างตารางเรียนตารางสอนสำหรับโรงเรียนในฮ่องกง โดยเงื่อนไขในการจัดตารางเรียนต่าง ๆ ได้ทำการกำหนดเงื่อนไขในการพิจารณาโดยการส่งแบบสอบถามไปยังโรงเรียนมัธยมทั้งหมดในฮ่องกงซึ่งทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นในการหาคำตอบ เช่น จำนวนอาจารย์ รายวิชา และห้องเรียนโดยเฉลี่ยซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดด้านห้องเรียนและช่วงเวลาที่ทำการเรียนการสอนซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้ชั่วโมงสอนของอาจารย์แต่ละท่านและชั่วโมงในการใช้ห้องเรียนมีความเท่าเทียมกัน โดยอาศัยหลักการแยก (Split) พิจารณารายวิชาเรียนแล้วจึงทำการรวม (Combine) พิจารณาอาจารย์และนักเรียนสำหรับรายวิชานั้น ๆ ส่วนช่วงเวลาที่จะทำการเรียนการสอนใช้วิธีการสุ่มเลือก เมื่อได้ตารางเรียนแล้วจึงทำการเลือกใช้ห้องเรียนโดยทำการพิจารณาเลือกห้องเรียนที่ว่างในช่วงเวลานั้นซึ่งแต่ละห้องเรียนมีความจุเท่ากัน ในปีถัดมา Banks & Beek (1998) ได้พัฒนาอัลกอริทึมโดยทำการพิจารณาเข้ามาช่วยในการจัดสรรรายวิชาให้กับห้องเรียนโดยสอดคล้องกับเงื่อนไขจากทั้งอาจารย์และนักศึกษาซึ่งพบว่าการตรวจสอบแบบย้อนกลับ (Backtracking) เป็นวิธีที่ไม่ได้ทำให้ผลเฉลยดีขึ้นในขั้นตอนของการทำซ้ำจึงทำการเพิ่มเงื่อนไขเข้าไปในอัลกอริทึมทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีกว่า ซึ่งจะทำการพิจารณารายวิชาที่นักศึกษาทำการลงทะเบียนเป็นรายคนเพื่อไม่ให้เกิดข้อขัดแย้งเพราะหากทำการพิจารณาเป็นชั้นเรียนอาจเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ โดยทำการกำหนดช่วงเวลาในแต่ละวันเป็น 8 ช่วงเวลา และทำการตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมด้วยข้อมูลจริงซึ่งพบว่าไม่เกิดข้อผิดพลาดสำหรับปัญหาทั้งหมดที่ได้นำมาทำการทดสอบ และในบางครั้งเพื่อต้องการผลเฉลยที่ดีที่สุดก็มีผู้วิจัยบางท่านทำการสร้างวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมเพื่อที่จะได้ผลเฉลยเบื้องต้นแล้วทำการพัฒนาผลเฉลยที่ได้อีกครั้งหนึ่งด้วยวิธีการทางวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น Ricardo et al. (2005) ได้ทำการสร้างวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมโดยแบ่งเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกจะเป็นการหาผลเฉลยเริ่มต้นโดยทำการจัดสรรนักศึกษาลงกลุ่มการเรียนเพื่อทำการจัดสรรให้กับรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับเงื่อนไขหลักทั่วไปของการจัดตารางเรียนตารางสอน โดยจะใช้ข้อมูลของมหาวิทยาลัยในประเทศสเปนเป็นกรณีศึกษา ซึ่งทำการพัฒนาวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมให้สามารถ

ใช้ได้กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่คือ มีรายวิชา นักศึกษา อาจารย์ จำนวนมาก และต้องการให้เกิดการเรียนของนักศึกษาที่ต่อเนื่อง และได้นำวิธีอีโวลูชัน อัลกอริทึม (Evolution Algorithm) เข้ามาใช้ในการสับเปลี่ยนลำดับการเลือกรายวิชาและการจัดกลุ่มเพื่อทำการพัฒนาผลเฉลยเบื้องต้นซึ่งได้ผลเฉลยที่ดีขึ้น และในงานวิจัยนี้มีส่วนที่ทำการศึกษาการใช้ห้องแต่ทำการพิจารณาเงื่อนไขในส่วนของความจุของห้องที่สามารถรองรับกับจำนวนนักศึกษาเท่านั้น Head & Shaban (2005) ทำการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนโดยอัลกอริทึมที่ได้ทำการสร้างขึ้นมาทำการพิจารณาเงื่อนไขทั้งหมดโดยให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเงื่อนไขที่แตกต่างกัน โดยต้องการสร้างความสมดุลให้กับจำนวนรายวิชาที่อาจารย์แต่ละท่านต้องทำการสอน จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาต่าง ๆ รวมทั้งอัตราการใช้ห้องของแต่ละห้องเรียน และมีเงื่อนไขสำคัญที่ไม่เคยพบในงานวิจัยใดมาก่อนคือต้องการให้เกิดการเรียนในช่วงเวลาเย็นหรือค่ำให้น้อยที่สุด โดยขั้นตอนในการสร้างตารางเรียนตารางสอนนั้นจะทำการใช้ข้อมูลการลงทะเบียนเรียนในปีการศึกษาก่อนหน้าพิจารณาร่วมกับรายวิชาที่จะทำการเปิดในภาคการศึกษาปัจจุบันเพื่อทำการจัดสรรอาจารย์และห้องเรียนต่อไป และอีกปัญหาหนึ่งที่มีลักษณะปัญหาที่คล้ายคลึงกับการจัดสรรห้องเรียนก็คือปัญหาการจัดตารางสอบซึ่งก็มีผู้วิจัยบางท่านได้นำเอาวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้เช่น Pillay (2008) ได้แก้ไขปัญหาการจัดตารางสอบด้วยการสร้างระบบไฮเปอร์ ฮิวริสติก (Hyper-Heuristic System) เพื่อทำการหาวิธีที่ดีที่สุดของวิธีฮิวริสติกทั้งหมดหรือจะเป็นการรวบรวมวิธีฮิวริสติกหลาย ๆ วิธีเพื่อให้เกิดผลเฉลยที่ดีที่สุด โดยการรวบรวมและพิจารณาวิธีฮิวริสติกโดยทำการรวบรวมขั้นตอนและแนวความคิดต่าง ๆ และทำการปรับเปลี่ยนแต่ละวิธีฮิวริสติกที่ได้รวบรวมไปพร้อมกัน โดยงานวิจัยจะประกอบด้วยวิธีฮิวริสติกทั้งสิ้น 5 วิธีคือ การเลือกรายวิชาที่เกิดการขัดแย้งมากที่สุด (LD) การเลือกรายวิชาที่มีจำนวนนักศึกษาสอบมากที่สุด (LE) การเลือกรายวิชาที่เกิดการขัดแย้งของนักศึกษามากที่สุด (LWD) จำนวนช่วงเวลาที่เหลืออยู่ที่ไม่เกิดข้อขัดแย้งมากที่สุด (SD) และการเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุด (HC) ซึ่งจะทำการเลือกในการรวบรวมวิธีฮิวริสติกต่าง ๆ เช่น SD-HC(LD) - SD คือใช้วิธีของ HC เป็นตัวสร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการใช้วิธี SD เป็นตัวกำหนดลำดับ แล้วใช้วิธี LD ในการสร้างวิธีฮิวริสติกลำดับที่สอง ซึ่งจากการในระบบไฮเปอร์ ฮิวริสติก ไปทำการเปรียบเทียบผลกับอีก 9 งานวิจัยซึ่งมีรูปแบบปัญหาทั้งสิ้น 13 ปัญหาจะพบว่าในแต่ละปัญหาจะมีงานผลที่ดีที่สุดของทั้ง 13 ปัญหาซึ่งไม่ได้มาจากงานวิจัยใดงานวิจัยหนึ่ง ซึ่งจากการเปรียบเทียบพบว่าการใช้ระบบไฮเปอร์ ฮิวริสติกมีค่าใกล้เคียงกับทุกกรณีที่ดีที่สุดโดยปัญหาที่มีค่าใกล้เคียงที่มีค่าความแตกต่างเพียง 0.34%

จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องที่กล่าวไปข้างต้นจะพบว่ามีการนำเอาวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหานี้อย่างแพร่หลายทำให้มีผู้วิจัยบางท่านต้องการประเมินประสิทธิภาพของวิธีที่สร้างขึ้น โดยการนำผลเฉลยที่ได้จากวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมไปเปรียบเทียบกับวิธีการหาผลเฉลยต่าง ๆเช่น Mausser & Magazine (1995) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึมที่ได้สร้างขึ้นกับวิธีระบบประสาท (Neural) ด้วยเงื่อนไขที่เหมือนกันสำหรับการ

เปรียบเทียบจะทำการเปรียบเทียบระยะเวลาในการค้นหาผลเฉลยและคุณภาพของของคำตอบที่ได้ในปัญหาที่มีขนาดที่แตกต่างกันซึ่งพบว่าวิธีระบบประสาทนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีแต่ในบางปัญหาก็จะเกิดข้อผิดพลาด แต่สำหรับวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมจะไม่เกิดข้อผิดพลาดเพราะมีการตรวจสอบย้อนกลับและวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมมีการใช้ระยะเวลาในการหาผลเฉลยที่สั้นกว่าและเช่นเดียวกันสำหรับ Burke et al. (1998) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมกับ วิธีเจนเนติก อัลกอริทึม และวิธีซิมมูเลท แอนเนลริ่ง โดยหลักการของวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมจะเลือกใช้วิธีการสุ่ม (Random) เลือกรายวิชาเรียนและช่วงเวลาเรียน โดยรายวิชาเรียนจะสุ่มเลือกกลุ่มรายวิชาที่มีจำนวนนักศึกษามากที่สุดก่อนและมีจุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษามีคาบเรียนที่ติดกันเพื่อไม่ให้เกิดชั่วโมงรอคอยที่จะต้องทำการเรียนในอีกรายวิชา และมีการตรวจสอบย้อนกลับรายวิชาที่ได้จัดไปทำให้ผลเฉลยที่ได้มีลำดับการจัดและตารางเรียนตารางสอนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับวิธีการอื่น ๆ ที่ได้กล่าวไปข้างต้น อีกทั้งใช้เวลาในการหาผลเฉลยที่สั้นกว่า

5. การพัฒนาผลเฉลยเริ่มต้นด้วยวิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search: TS)

วิธีทาบูเสิร์ช (Tabu Search) หมายถึง วิธีการค้นหาผลเฉลยที่มีข้อห้ามหรือการห้ามการค้นหาคำผลเฉลยในบางขอบเขตเพื่อที่จะช่วยให้ไม่ต้องไปค้นหาผลเฉลยเดิมที่ได้ทำการค้นหามาแล้วหรือการวนรอบ (Cyclic) การค้นหาคำตอบซึ่งอยู่ในขอบเขตของการค้นหาเดิม ซึ่งจะส่งผลให้ไม่สามารถหาคำตอบที่ดีขึ้นได้ โดยวิธีการค้นหาแบบทาบูเสิร์ชมีขั้นตอนในการค้นหาผลเฉลยดังนี้

5.1 ทาบูลิสต์ (Tabu List)

ทาบูลิสต์ เป็นตัวเก็บลักษณะ (Attribute) ซึ่งใช้ในการควบคุมการย้อนกลับ (Reverse) หรือการหลงในวัฏจักร (Cyclic) อยู่ในขอบเขตการค้นหาเดิม ๆ

5.2 มูฟ (Move)

มูฟ เป็นฟังก์ชันที่เปลี่ยนจากผลเฉลยหนึ่งเป็นอีกผลเฉลยหนึ่ง องค์ประกอบย่อยของมูฟที่สามารถนำไปใช้กับผลเฉลยใดผลเฉลยหนึ่งจะก่อให้เกิดชุดของผลเฉลยหลาย ๆ ผลเฉลย ซึ่งเรียกว่า เนเบอะฮูด (Neighborhood) ซึ่งการมูฟนำไปสู่เนเบอะฮูดที่มีคุณภาพ การค้นหาทำให้เกิดการมูฟซึ่งก่อให้เกิดผลเฉลยที่ด้อยกว่าผลเฉลยที่ดีที่สุดและเพื่อหลีกเลี่ยงการถูกจำกัดโดยผลเฉลยเฉพาะถิ่น โดยการมูฟสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

5.2.1 สลับข้อมูล (Swap Move) หมายถึง การสับเปลี่ยนตำแหน่งของผลเฉลยต่าง ๆ 2 ตำแหน่ง

5.2.2 แทรกข้อมูล (Insert Move) หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งโดยการย้ายผลเฉลยใด ๆ ไปแทรกอยู่ระหว่างผลเฉลย 2 ผลเฉลย

5.3 เนเบอะฮูดไซส์ (Neighborhood Size)

เนเบอะฮูดไซส์ เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการค้นหาผลเฉลย ซึ่งเนเบอะฮูดไซส์จะเป็นการกำหนดขอบเขตในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสม เนื่องจากการที่มีจำนวนเนเบอะฮูดไซส์น้อยจนเกินไป อาจทำให้เกิดการมองข้ามผลเฉลยที่ดีไปได้ ในทางตรงกันข้าม หากมีจำนวนเนเบอะฮูดไซส์มากจนเกินไปก็จะทำให้เกิดการเสียเวลาโดยไม่จำเป็นในการค้นหาผลเฉลย ดังนั้นการกำหนดขนาดของจำนวนเนเบอะฮูดไซส์ที่เหมาะสมจึงนับว่าเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งการกำหนดจำนวนเนเบอะฮูดไซส์สามารถกำหนดได้จากขอบเขตของการมูฟ (Move Distance: d) โดยทั่วไปแล้ว การกำหนดขอบเขตของการมูฟจะขึ้นอยู่กับลักษณะความซับซ้อนของปัญหา

5.4 ทาบูเรสทริคชัน (Tabu Restriction)

ทาบูเรสทริคชัน เป็นการป้องกันการแทรกจุดที่จะทำให้เกิดการย้อนกลับไปยังตำแหน่งเดิม โดยทั่วไปแล้วจะมีหลายวิธีในการกำหนดทาบูเรสทริคชัน แต่วิธีที่ดีที่สุด คือ การกำหนดทาบูเรสทริคชันโดยการประยุกต์ขอบเขตของการมูฟ (Move Distance: d) ซึ่งการมูฟแต่ละครั้งนั้นจะต้องตรวจสอบก่อนว่ามีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์หรือไม่ หากมีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์แล้ว การมูฟนั้นก็ไม่สามารถทำได้ ในทางตรงกันข้าม หากไม่มีทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์ การมูฟนั้นก็สามารถทำได้ โดยปกติแล้วทาบูเรสทริคชันจะมีจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับ 1 คู่

5.5 แอดมีซซิเบิลมูฟ (Admissible Moves)

แอดมีซซิเบิลมูฟ เป็นการพิจารณาการย้ายตำแหน่งที่เป็นไปได้ โดยจะทำการพิจารณาทาบูเรสทริคชันว่ามีคู่ที่อยู่ในทาบูลิสต์หรือไม่ ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 กรณี คือ

3.5.1 ถ้าไม่มีคู่ของทาบูเรสทริคชันที่อยู่ในทาบูลิสต์ก็จะมีการย้ายตำแหน่ง

3.5.2 ถ้ามีคู่ของทาบูเรสทริคชันอยู่ในทาบูลิสต์จะไม่มีการย้ายตำแหน่งเกิดขึ้น ยกเว้นเมื่อค่าฟังก์ชั่นเป้าหมายที่ได้จากการย้ายตำแหน่งให้ค่าฟังก์ชั่นเป้าหมายต่ำกว่า/สูงกว่าแอซไพเรชันเลเวล (Aspiration Level) จึงจะอนุญาตให้ย้ายจุดได้

5.6 เงื่อนไขการหยุดค้นหาคำตอบ (Stopping Criteria)

เป็นเกณฑ์เพื่อใช้ในการหยุดการค้นหาคำตอบ เช่น เงื่อนไขการหยุดจากจำนวนรอบการค้นหาคำตอบ (Iteration) สูงสุด หรือเงื่อนไขของการกำหนดตรวจผลเฉลยที่ยอมรับได้ เป็นต้น

ตัวอย่างงานวิจัยที่มีการนำเอาวิธีทาบูเสิร์ชไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียนมีดังนี้ Valdes et al. (1997) ได้ใช้วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม โดยประยุกต์ใช้วิธีทาบูเสิร์ชเข้าไปร่วมในการพัฒนาผลเฉลยของตารางสอบ ซึ่งมีเงื่อนไขที่เพิ่มเติมจากตารางการเรียนตารางสอนคือต้องการให้เกิดการกระจายตัวของรายวิชาที่นักศึกษาแต่ละคนต้องทำการสอบ โดยขั้นตอนของการแก้ไขปัญหาจะพยายามเลือกปัญหาหรือรายวิชาที่เกิดความขัดแย้งมากที่สุดมาทำการจัดสรรก่อน ซึ่งในส่วนของการพัฒนาผลเฉลยเริ่มต้นจะทำการเปลี่ยน (Single Move) ช่วงเวลาของรายวิชาต่าง ๆ แล้วทำการตรวจสอบหาผลเฉลยที่ดีที่สุดแล้วจึงนำผล

ที่ได้ไปจัดสรรให้กับห้องเรียนโดยพิจารณาเลือกห้องเรียนตามปริมาณของนักศึกษาซึ่งลำดับรายวิชาที่เลือกจัดสรรห้องเรียนให้นั้นก็เป็นไปตามลำดับที่ได้จัดไว้ในช่วงของการพัฒนาผลเฉลยด้วยวิธีทาบูเสิร์ช Valdes et al. (2002) ทำการสร้างโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (HORASIS) ในการจัดตารางเรียนตารางสอน โดยใช้วิธีทาบูเสิร์ช ในการค้นหาผลเฉลยโดยสอดคล้องเงื่อนไขของการจัดตารางเรียนตารางสอน ซึ่งขั้นตอนแรกจะทำการจัดตารางเรียนตารางสอนด้วยวิธีอินทิเจอโปรแกรมมิ่ง โดยพิจารณาเฉพาะเงื่อนไขหลัก และทำการพัฒนาผลเฉลยด้วยวิธีทาบูเสิร์ช แบบชิงเกิล มูฟ (Single Move), สแวป (Swap) และมัลติสแวป (Multiswap) เพื่อทำการเปรียบเทียบผลของแต่ละวิธีซึ่งจะพบว่า วิธีชิงเกิล มูฟ จะให้ผลเฉลยที่ดีกว่า วิธีสแวปและวิธีมัลติสแวป ในขั้นตอนสุดท้ายหลังจากได้ผลเฉลยที่เหมาะสมแล้วจะทำการจัดสรรห้องเรียนให้กับรายวิชาต่าง ๆ ตามช่วงเวลาที่ได้ทำการจัดตารางไว้แล้วในขั้นตอนที่สอง Adriaen et al. (2006) ทำการสร้างระบบการจัดตารางเรียนตารางสอนให้กับ KaHo Sint-Lieven ซึ่งใช้วิธีการจัดตารางเรียนตารางสอนด้วยพนักงานของมหาวิทยาลัยโดยการจัดรายวิชาลงเมตริกซ์ของช่วงเวลาที่ว่างแต่บางครั้งเกิดข้อผิดพลาด เช่น เกิดการเรียนซ้ำกัน 2 รายวิชาในช่วงเวลาเดียวกันของนักศึกษา เป็นต้น จึงได้นำเอาวิธีทาบูเสิร์ช มาประยุกต์ใช้ในการสร้างโปรแกรม OpenTs ซึ่งอัลกอริทึมที่ใช้จะทำการเปลี่ยนแปลงทาบูลิสต์ได้เพื่อที่จะทำการสับเปลี่ยนระหว่างเนเบอะฮูดที่แตกต่างกัน Aladag & Hocaoglu (2007) ทำการสร้างตารางเรียนตารางสอน ซึ่งมีเงื่อนไขที่แตกต่างจากงานวิจัยอื่น เช่น การกำหนดจำนวนรายวิชาเรียนของนักศึกษาภายในหนึ่งวัน หรือการหลีกเลี่ยงตารางเรียนตารางสอนที่นักศึกษามีเรียนเพียงแค่หนึ่งรายวิชาต่อวัน เป็นต้น โดยวิธีที่ใช้ในงานวิจัยจะเลือกใช้ วิธีซิมเปิล มูฟ (Simple Move) โดยทำการสุ่มสำหรับการเปลี่ยนรายวิชาที่เลือกจัดหรือช่วงเวลาที่เลือกจัดและวิธีสแวป สำหรับการสับเปลี่ยนรายวิชาเรียน 2 รายวิชาในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งจะพบว่าวิธีซิมเปิล มูฟจะให้ผลเฉลยที่ดีกว่าซึ่งเงื่อนไขในการหยุดพิจารณาจะใช้วิธีการกำหนดจำนวนรอบในการวนซ้ำและทำการเลือกผลเฉลยที่ดีที่สุดในขั้นตอนสุดท้าย Causmaecker et al. (2008) ได้ทำการแก้ไขปัญหาโดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกพยายามลดรายวิชาในการทำการพิจารณาโดยพิจารณาถึงเงื่อนไขซึ่งเลือกรายวิชาที่มีความสำคัญมากที่สุดมาทำการจัดก่อน ซึ่งในงานวิจัยนี้ห้องเรียนจะประกอบไปด้วยห้องเรียนภาคปฏิบัติและห้องเรียนภาคทฤษฎี ซึ่งจะต้องทำการระบุถึงชนิดของห้องเรียนที่ใช้ในแต่ละรายวิชา ในขั้นตอนที่สองจะทำการพัฒนาผลเฉลยที่ได้ด้วยวิธีทาบูเสิร์ช โดยทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีสแวป ช่วงเวลาเรียน ห้องเรียน และการสแวปทั้งห้องเรียนและช่วงเวลาเรียน ซึ่งเช่นเดียวกับการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมที่ต้องการทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีทาบูเสิร์ช ว่ามีประสิทธิภาพเป็นอย่างไรเมื่อทำการเปรียบเทียบกับการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีอื่น เช่น Colorni et al. (1998) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีทาบูเสิร์ช กับวิธีเจนเนติก อัลกอริทึม และ วิธีซิมมูเลท แอนเนลริ่ง ซึ่งในส่วนอัลกอริทึมของวิธีทาบูเสิร์ชนั้น จะทำการสร้างแนวทางในการแก้ไขออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีทาบูเสิร์ชที่มีเงื่อนไขที่ปกติ และวิธีทาบูเสิร์ชโดยมีการผ่อนปรนเงื่อนไขที่ต้องทำการพิจารณาเพื่อให้เกิด

ต้นทุนในการจัดตารางเรียนตารางสอนที่ต่ำลง และจากการออกแบบการทดลองพบว่า วิธีเจนเนติก อัลกอริทึม มีความยืดหยุ่นในการใช้งานที่สูงกว่า แต่ผลเฉลยที่ได้จากการออกแบบการทดลองพบว่าวิธีทาบูเสิร์ชให้ผลเฉลยที่ดีกว่าวิธีเจนเนติก อัลกอริทึม และวิธีซิมมูเลท แอนเนลริ่ง ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
ภาระของระบบปรับอากาศ	สร้างพารามิเตอร์ใหม่เพื่อใช้คำนวณค่าการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับโซนอุณหภูมิ	แต่ละโซนอุณหภูมิในประเทศไทยมีค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศที่ไม่เท่ากัน	รวบรวมและทำการวัดค่าความร้อนในทุกโซนอุณหภูมิ	Amporn (2005)
การจัดตารางเรียนตารางสอน	ทำการสร้างตารางเรียนตารางสอนโดยทำการพิจารณาเงื่อนไขทั้งหมดที่มีในการจัดตารางเรียนตารางสอน	ประกอบไปด้วยเงื่อนไขของรายวิชาเรียน ห้องเรียน อาจารย์ผู้ที่ทำการสอน นักเรียน และช่วงเวลาที่มีความเหมาะสมแบ่งเป็นเงื่อนไขหลักและเงื่อนไขรอง	ฮิวริสติก อัลกอริทึม	Willemen & Robertus (1996)
	ได้โปรแกรมซึ่งเขียนด้วยภาษาซีโดยต้องการให้สามารถใช้โปรแกรมนี้ได้ง่ายด้วยผลการจัดตารางที่ยอมรับได้จากทุกฝ่าย	กำหนดเงื่อนไขรองให้การเรียนของนักศึกษาควรหลีกเลี่ยงการเรียนที่มีช่วงเวลาว่างระหว่างวิชา การระบุห้องเรียนสำหรับบางรายวิชา การหลีกเลี่ยงไม่จัดรายวิชาลงในช่วงเย็นหรือค่ำ	เจนเนติก อัลกอรีทึม	Erben & Kepler (1996)
	เพื่อทำการลดปัญหาในการใช้ห้องเรียน การใช้เวลาเรียนหรือสอนที่เกิดการซ้อนทับกันของนักศึกษา อาจารย์และห้องเรียน	ปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอบและปัญหาการจัดตารางการใช้ห้องเรียน ปัญหาการจัดกลุ่มการเรียนและปัญหาการจัดสรรช่วง เวลาเรียนเป็นรูปแบบ NP-Complete	ฮิวริสติก อัลกอริทึม	Carter & Tovey (1998)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางเรียนตารางสอน	เพื่อต้องการแก้ไขปัญหาให้ได้ผลเฉลยใกล้เคียงกับปัญหาที่เป็นโพลิโนเมียลมากที่สุด	ปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอนเป็นปัญหาที่ไม่เป็นแบบโพลิโนเมียลอย่างสมบูรณ์ จึงใช้วิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมในการแก้ไขปัญหาซึ่งพิจารณาเงื่อนไขทั้งหมดที่จำเป็นของตารางเรียนตารางสอน	ฮิวริสติก อัลกอริทึม	Schmidt & Strohlein (1998)
	เพื่อต้องการแก้ ไขปัญหาให้ได้ผลเฉลยใกล้เคียงกับปัญหาที่เป็นโพลิโนเมียลมากที่สุด	ปัญหาที่เป็นนอนโพลิโนเมียลนั้นหากจะทำการแก้ไขปัญหาให้ได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด ปัญหานี้เราควรทำการพิจารณาปัญหาย่อยของแต่ละปัญหาโดยหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัญหาย่อย	เจนเนติก อัลกอริทึม ทาบูเสิร์ช	Chu & Fang (1999)
	เพื่อต้องการทำการลดต้นทุนของสถานศึกษาในการจัดตารางเรียนตารางสอน	ทำการแก้ไขปัญหาโดยใช้ชิมมูเลท แอนเนลริ่ง ด้วยการจำลองสถานการณ์ 3 สถานการณ์ เพื่อหาผลเฉลยที่เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด	ชิมมูเลท แอนเนลริ่ง	Elmohamed et al. (1997)
	เพื่อเฉลี่ยชั่วโมงการสอนของอาจารย์แต่ละท่านและชั่วโมงในการใช้ห้องเรียนให้เกิดความเท่าเทียมกัน	มีข้อจำกัดด้านห้องเรียนและช่วงเวลาที่ทำการเรียนการสอน อาศัยหลักการแยก (Split) พิจารณารายวิชาเรียนแล้วจึงทำการรวม (Combine) พิจารณาอาจารย์ และนักเรียนสำหรับรายวิชานั้น ๆ ส่วนช่วงเวลาที่จะทำการเรียนการสอนจะทำการพิจารณาภายหลัง โดยวิธีการสุ่มเลือกเมื่อได้ตารางเรียนแล้วจึงทำการเลือกใช้ห้องเรียนโดย	ฮิวริสติก อัลกอริทึม	Kwok et al. (1997)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางเรียนตารางสอน		ทำการพิจารณาเลือกห้องเรียนที่ว่างในช่วงเวลานั้นซึ่งแต่ละห้องเรียนมีความจุเท่ากัน		
	เพื่อจัดสรรรายวิชาให้กับห้องเรียนโดยสอดคล้องกับเงื่อนไขจากทั้งอาจารย์และนักศึกษา	การตรวจสอบแบบย้อนกลับ (Backtracking) เป็นวิธีที่ไม่ได้ทำให้ผลเฉลยดีขึ้นในขั้นตอนของการทำซ้ำได้เพิ่มเงื่อนไขในอัลกอริทึมทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีกว่า	ฮิวริสติกอัลกอริทึม	Banks & Beek (1998)
	การจัดสรรนักศึกษาให้กับรายวิชาต่างๆ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขหลักทั่วไปของการจัดตารางเรียนตารางสอน เพื่อการพัฒนาผลเฉลยเบื้องต้นให้ได้ผลเฉลยที่ดีขึ้น	แบ่งเป็นสองขั้นตอน โดย 1) หาผลเฉลยเบื้องต้นโดยทำการจัดสรรนักศึกษาลงกลุ่มการเรียน 2) นำ Evolution Algorithm มาใช้ในการสับเปลี่ยนลำดับการเลือกรายวิชาและการจัดกลุ่ม โดยพิจารณาเงื่อนไขในส่วนของความจุของห้องที่ใช้จะพิจารณาเพียงเงื่อนไขในส่วนของความจุของห้องที่สามารถรองรับกับจำนวนนักศึกษาเท่านั้น	ฮิวริสติกอัลกอริทึม อีโวลูชั่นอัลกอริทึม	Ricardo et al. (2005)
	สร้างความสมดุลให้ กับจำนวนรายวิชาตามอาจารย์ผู้สอน จำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนรวม ทั้งอัตราการใช้ห้องเรียน	พิจารณาเงื่อนไขทั้งหมดโดยให้ค่าน้ำหนักของแต่ละเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ต้องการให้เกิดการเรียนในช่วงเวลาเย็นให้น้อยที่สุดเนื่อง จากจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น	ฮิวริสติกอัลกอริทึม	Head & Shaban (2005)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางเรียนตารางสอน		การสร้างตารางโดยอาศัยข้อมูลรายวิชาที่เปิดให้ลงทะเบียนในภาคการศึกษาก่อนหน้าแล้วพิจารณาร่วมกับรายวิชาที่จะทำการเปิดในภาคการศึกษาหน้าเพื่อทำการจัดสรรอาจารย์และห้องเรียนต่อไป		
	พัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ในการจัดตารางเรียนตารางสอนที่ชื่อว่า HORASIS	1) ค้นหาผลเฉลยโดยสอดคล้องเงื่อนไขของการจัดตารางเรียนตารางสอน ซึ่งขั้นตอนแรกจะทำการการจัดตารางเรียน ด้วยอินทิเจอโปรแกรมมิ่ง 2) พัฒนาผลเฉลยด้วยวิธีทาบูเสิร์ชแบบชิงเกิล มูฟ สแวปและมัลติสแวป	อินทิเจอโปรแกรม-มิ่ง ทาบูเสิร์ช	Valdes et al. (2002)
	เพื่อพัฒนาโปรแกรม OpenTs ในการจัดตารางเรียนตารางสอนเพื่อเป็นการพัฒนาผลเฉลยเริ่มต้น	การจัดรายวิชาลงเมตริกซ์ของช่วงเวลาที่ว่าง อัลกอริทึมที่ใช้จะทำการเปลี่ยนแปลงทาบูลิสต์ได้เพื่อที่จะทำการสับเปลี่ยนระหว่างเนเบอะฮูดที่แตกต่างกัน	ทาบูเสิร์ช	Adviaen et al. (2006)
	เพื่อพัฒนาผลเฉลยเบื้องต้นให้มีค่าใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมให้มากสุด	ใช้วิธีชิมเปิล มูฟ โดยทำการสุ่มสำหรับการเปลี่ยนรายวิชาที่เลือกจัดหรือช่วงเวลาที่เลือกจัด ใช้วิธีสแวป สำหรับการสับเปลี่ยนรายวิชาเรียน 2 รายวิชาในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน	ทาบูเสิร์ช	Aladag & Hocaoglu (2007)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางเรียนตารางสอน	เพื่อพัฒนาผลเฉลยเบื้องต้นให้มีค่าใกล้เคียงค่าที่เหมาะสมให้มากสุด	พยายามลดรายวิชาในการทำการพิจารณาโดยพิจารณาถึงเงื่อนไข ซึ่งเลือกรายวิชาที่มีความสำคัญมากที่สุดมาทำการจัดก่อน พัฒนาผลเฉลยที่ได้ด้วยทาบูเสิร์ช โดยทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการสแวปช่วงเวลาเรียนหรือห้องเรียน และการสแวปทั้งห้องเรียนและช่วงเวลาเรียน	ทาบูเสิร์ช	Causmaecker et al. (2008)
	ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทาบูเสิร์ชกับเจนเนติก อัลกอริทึม และ ซิมมูเลท แอนเนลริ่ง เพื่อให้เกิดต้นทุนในการจัดตารางเรียนตาราง สอนที่ต่ำลง	อัลกอริทึมของทาบูเสิร์ชสร้างแนวทางในการแก้ไขออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีทาบูเสิร์ชที่มีเงื่อนไขที่ปกติ และทาบูเสิร์ชโดยมีการผ่อนปรนเงื่อนไข	ฮิวริสติก อัลกอริทึม ทาบูเสิร์ช	Colorni et al. (1998)
การจัดตารางสอบ	เพื่อหาวิธีที่ดีที่สุดของฮิวริสติก อัลกอริทึมทั้งหมด และรวบรวมวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมหลาย ๆ วิธีเพื่อให้เกิดผลเฉลยที่ดีที่สุด	รวบรวมขั้นตอนและแนวความคิดต่าง ๆ และทำการปรับเปลี่ยนแต่ละวิธีของฮิวริสติก อัลกอริทึมที่ได้ไปพร้อมกันประกอบด้วยวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึมทั้งสิ้น 5 วิธีคือ 1) การเลือกรายวิชาที่เกิดการขัดแย้งมากที่สุด (LD)	ระบบไฮเปอร์ฮิวริสติก	Pillay (2008)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางสอบ		2) การเลือกรายวิชาที่มีจำนวนนักศึกษาสอบมากที่สุด (LE) 3) การเลือกรายวิชาที่เกิดการขัดแย้งของนักศึกษามากที่สุด (LWD) 4) จำนวนช่วงเวลาที่เหลืออยู่ที่ไม่เกิดข้อขัดแย้งมากที่สุด (SD) 5) การเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุด (HC)		
	ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึมกับวิธีระบบประสาท(Neural)	พิจารณาระยะเวลาในการค้นหาผลเฉลยและคุณภาพของของคำตอบที่ได้	ฮิวริติกอัลกอริทึม	Mausser & Magazine (1995)
	ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีฮิวริสติกอัลกอริทึมกับวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม และวิธีชิมมูเลทแอนเนลริ่ง	รายวิชาเรียนจะสุ่มเลือกกลุ่มรายวิชาที่มีจำนวนนักศึกษามากที่สุดก่อนเพื่อให้นักศึกษามีคาบเรียนที่ติดกันเพื่อไม่ให้เกิดชั่วโมงรอคอยที่จะต้องทำการเรียนในอีกรายวิชา	ฮิวริติกอัลกอริทึม	Burke (1998)
	ให้เกิดการกระจายตัวของรายวิชาที่นักศึกษาแต่ละคนต้องทำการสอบ	เลือกปัญหาหรือรายวิชาที่เกิดความขัดแย้งมากที่สุดมาทำการจัดสรรก่อนแล้วเปลี่ยนช่วงเวลา (Single Move) ของรายวิชาต่างๆ จะทำให้ได้ผลเฉลยที่ดีที่สุด	ฮิวริสติกอัลกอริทึมทาบูเสิร์ช	Valdes et al. (1997)

ตารางที่ 2.1 สรุปวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องปัญหาการจัดสรรห้องเรียน (ต่อ)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	วัตถุประสงค์	สมมติฐาน	วิธีการแก้ปัญหา	เอกสารอ้างอิง
การจัดตารางสอบ	ทำการกำหนดความสำคัญของเงื่อนไขที่มีน้ำหนักที่แตกต่างกันเพื่อให้เกิดผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุด	ตรวจสอบหาผลเฉลยที่ดีที่สุด แล้วนำไปจัดสรรให้กับห้องเรียน โดยเลือกห้องเรียนตามปริมาณของนักศึกษาตามลำดับรายวิชาที่เลือกจัดสรรห้องเรียนให้	ฮิวริสติก อัลกอริทึม เจนเนติก อัลกอริทึม	Burke & Petrovic (2002)

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางเรียนตารางสอน ตารางการสอบและตารางการใช้ห้องเรียน ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าวิธีฮิวริสติก อัลกอริทึม เป็นวิธีที่มีความเหมาะสมกับปัญหาการจัดสรรห้องเรียนเพื่อให้เกิดดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด เนื่องจากมีเงื่อนไขที่ต้องทำการพิจารณาหลายส่วนที่สอดคล้องกับปัญหาการจัดตารางเรียนตารางสอนและในส่วนของการพัฒนาผลเฉลยเริ่มต้น วิธีทาบูเสิร์ชก็เป็นวิธีที่สามารถพัฒนาผลเฉลยเริ่มต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับวิธีอื่น ๆ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น