

การใช้ข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบ TRY กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE

The Use of Meteorological Data in TRY Format with Computer Program DOE

สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ เขมชาติ มังกรศักดิ์สิทธิ์ สุสิทธิ์ ทองจันทร์พย์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถ.พญาไท กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

การใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า Test Reference Year (TRY) ซึ่งในส่วนของข้อมูลแสงอาทิตย์จะมีแต่ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมกับข้อมูลเมฆเป็นข้อมูลขาเข้าของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำนายการใช้พลังงานของอาคาร DOE2.1E ก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องความไม่แม่นยำของข้อมูลภูมิอากาศที่อ่านเข้าโดยเฉพาะในส่วนของรังสีแสงอาทิตย์ การวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม DOE2.1E จะละทิ้งข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่ป้อนเข้าไป แต่จะสร้างรังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบต่างๆ กันจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นใหม่ และใช้ข้อมูลเมฆที่ป้อนเข้าไปนำไปปรับแก้ค่ารังสีแสงอาทิตย์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นค่าที่นำไปใช้จริง จากความไม่แม่นยำในข้อมูลเมฆที่มีการตรวจวัดมักจะทำได้ค่ารังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบต่างๆ ไม่ตรงกับค่าที่ทำการตรวจวัดจริง ซึ่งจะส่งผลให้มีปัญหาความแม่นยำของการทำนายการใช้พลังงานของอาคารโดยโปรแกรม DOE2.1E ในกรณีที่ผู้ใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบ TRY นอกจากนั้นได้มีการวิเคราะห์ถึงผลของการใช้ข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบของ Typical Meteorological Year (TMY) เป็นข้อมูลขาเข้าให้กับโปรแกรม DOE2.1E ด้วย พบว่าค่าข้อมูลภูมิอากาศที่โปรแกรมนำไปใช้นั้นใกล้เคียงกับข้อมูลภูมิอากาศจริงที่ป้อนเข้าไปมาก

Abstract

The use of meteorological data in the Test Reference Year (TRY) format, which the solar radiation

part shall consists of global solar radiation and cloud data, as the input for energy simulation computer program DOE2.1E causes the question in term of the accuracy of the input meteorological data read in especially in the solar radiation part. The analysis shows that DOE2.1E neglects the global solar radiation values put in and creates its own solar radiation data in different components from its mathematical model. Then the program uses the cloud data as the adjusting factor applied to the calculated result to fit the real data. The inaccurate collected cloud data causes the predicted meteorological data generated from the mathematical model to be used for calculation in the program not the same as the user input values. Therefore the accuracy of DOE2.1E predicted values are in doubt when using the meteorological data in TRY format as input. The use of meteorological data in Typical Meteorological Year (TMY) format as input for DOE2.1E is also analyzed. The results show that the meteorological data processed by the program are quite similar to real meteorological input data.

1. บทนำ

จากการที่ประเทศไทยได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และพระราชกฤษฎีกาเกี่ยวกับอาคารควบคุม และกฎกระทรวงมาบังคับใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 แล้วนั้น ทำให้การอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุมเป็นสิ่งที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมาย ได้มี

การกำหนดมาตรการหลายอย่างในกฎกระทรวงที่บังคับให้เจ้าของอาคารต้องปฏิบัติ แต่หากต้องการให้การอนุรักษ์พลังงานในอาคารมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าที่กำหนดในกฎหมาย การวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์น่าจะเป็นมาตรการเสริมเพิ่มเติมที่ควรให้มีการปฏิบัติ ในปัจจุบันโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับทำนายการใช้พลังงานของอาคารสามารถแบ่งตามลักษณะของการพัฒนาออกเป็น 2 ลักษณะ[1] คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เป็น Public domain ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นโดยหน่วยงานของรัฐ และสถาบันทางการศึกษา ที่มุ่งหวังให้คนทั่วไปสามารถนำโปรแกรมดังกล่าวไปใช้ได้ ตัวโปรแกรม และรายละเอียด Source Code มักเปิดเผยต่อสาธารณชนหมด โปรแกรมในลักษณะนี้ที่เป็นที่นิยมและเป็นที่ยอมรับในวงการวิชาการได้แก่ โปรแกรม DOE2.1E และ โปรแกรม BLAST เป็นต้น ส่วนโปรแกรมอีกลักษณะ คือโปรแกรมที่ถือลิขสิทธิ์โดยบริษัทเอกชน อาทิเช่น โปรแกรม HAP (Carrier E-20) และโปรแกรม TRACE600 เป็นต้น โปรแกรมทั้งสองลักษณะนี้จะมีข้อเด่นข้อด้อยแตกต่างกันไป ซึ่งได้มีการศึกษาเปรียบเทียบข้อเด่นและข้อด้อยของตัวอย่างโปรแกรมทั้งสองลักษณะในเอกสารอ้างอิง[2] การเลือกใช้จึงขึ้นกับจุดมุ่งหมายของผลลัพธ์ที่จะนำไปใช้

ในบทความนี้จะกล่าวถึงโปรแกรม DOE2.1E เป็นหลัก และจะพิจารณาถึงผลกระทบของการป้อนข้อมูลภูมิอากาศเข้าในลักษณะจำเพาะให้แก่โปรแกรม DOE2.1E ที่มีต่อผลการทำนายการใช้พลังงานของอาคาร

2. โปรแกรม DOE2.1E

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE2.1E เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาจากหน่วยงานของรัฐ โดยที่โปรแกรม DOE ถูกพัฒนาในตอนต้นโดย Argonne National Laboratory, Los Alamos Scientific Laboratory และ Lawrence Berkeley Laboratory ด้วยทุนสนับสนุนจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา แต่ต่อมาทุนสนับสนุนสำหรับห้องปฏิบัติการวิจัย 2 แห่งแรกก็สิ้นสุดลง จึงคงเหลือแต่ที่ Lawrence Berkeley Laboratory เพียงแห่งเดียว โปรแกรม DOE2.1E เป็นโปรแกรมขนาดใหญ่มีความสามารถสูง โครงสร้างของโปรแกรม DOE2.1E สามารถแบ่งออกเป็น 5 ส่วน[3] คือ 1.โปรแกรมย่อย BDL-Building Description Language processor 2.โปรแกรมย่อย Loads 3.โปรแกรมย่อย Systems 4.โปรแกรมย่อย Plants 5.

โปรแกรมย่อย Economics นอกเหนือจากโปรแกรมย่อยทั้ง 5 ส่วน ซึ่งจะไม่อธิบายในรายละเอียดในที่นี้แล้ว ยังมีเพิ่มข้อมูลเข้าที่ประกอบด้วย ข้อมูลภูมิอากาศเข้า ข้อมูลเข้าของโปรแกรมย่อย BDL ข้อมูลเข้าของโปรแกรมย่อย Loads ข้อมูลเข้าของโปรแกรมย่อย Systems ข้อมูลเข้าของโปรแกรมย่อย Plants และข้อมูลเข้าของโปรแกรมย่อย Economics

ในบทความนี้จะเน้นที่ข้อมูลเข้าที่เป็นข้อมูลภูมิอากาศเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศที่อยู่ในรูปแบบที่โปรแกรม DOE2.1E สามารถอ่านได้นั้น จะสามารถเขียนอยู่ในรูปแบบ Typical Meteorological Year (TMY) ในรูปแบบ Test Reference Year (TRY) ในรูปแบบ 1440 และในรูปแบบ 1440-3 แต่ที่นิยมใช้กับการทำนายการใช้พลังงานของอาคารตลอดปีจะเป็นรูปแบบของ TRY และ TMY ซึ่งต้องการข้อมูลภูมิอากาศรายชั่วโมงตลอดปี (8760 ชั่วโมง)

3. การจัดรูปแบบเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศแบบ TRY และ TMY

เพิ่มข้อมูลภูมิอากาศที่มีการจัดรูปแบบ TRY และ TMY ที่โปรแกรม DOE2.1E ยอมรับนั้นจะมีรูปแบบโดยเฉพาะในการกำหนดค่าข้อมูลแต่ละตัวให้อยู่ในตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจง รายละเอียดของการจัดตำแหน่งของข้อมูลจะถูกแสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นรายละเอียดที่ระบุจากคู่มือการใช้โปรแกรมของ DOE2.1E ในเพิ่มข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 และ 2 นั้น ในแถวแรกในแนวดิ่งจะเป็นจำนวนข้อมูล แถวที่สองในแนวดิ่งเป็นตำแหน่งของการใส่ข้อมูล แถวที่สามในแนวดิ่งจะเป็นคำบรรยายถึงชนิดของข้อมูลที่ใส่ในแต่ละช่อง และแถวสุดท้ายจะเป็นข้อสังเกต (Remarks) ซึ่งจะเป็นคำอธิบายลักษณะข้อมูลที่ต้องป้อนในแต่ละฟิลด์ที่กำหนดโดยตัวโปรแกรม จะเห็นได้ว่าเพิ่มข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบ TRY นั้นในข้อมูลภูมิอากาศหนึ่งชั่วโมงต้องมีส่วนเติมข้อมูลอยู่ 80 ช่อง ในขณะที่เพิ่มข้อมูลแบบ TMY ในข้อมูลหนึ่งชั่วโมงต้องมีส่วนที่เติมข้อมูลอยู่ 122 ช่อง ในส่วนของ Remarks นั้นนอกเหนือจากคำอธิบายที่กำหนดโดยตัวโปรแกรมแล้วนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมจาก Source Code และผลที่โปรแกรมทำการประมวลผลข้อมูลเข้าแต่ละตัว และพบว่าข้อมูลเข้าในหลายฟิลด์ที่กำหนดไว้นั้นโปรแกรมไม่ได้นำไปใช้ แต่จะให้ใส่เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของข้อมูลในแง่การตรวจสอบโดยผู้ใช้นั่นเอง ตัว

อย่างเช่น รายละเอียดของข้อมูลเมฆใน Field Number ที่ 10 ถึง 23 นั้นจำเป็นต้องใส่ข้อมูลเฉพาะในส่วนของ Field number ที่ 11 เท่านั้น และโปรแกรมจะทำการประมวลข้อมูลเมฆจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรมเองเป็นต้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้กำหนดเพิ่มเติมไว้ด้วยคำว่า Not used in simulation และ Not used by program นั้นหมายความว่า จะใส่หรือไม่ใส่ข้อมูลที่โปรแกรมไม่ใช้เหล่านี้ โปรแกรมก็สามารถทำงานได้ แต่ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดชัดเจนของการจัดข้อมูลในรูปแบบ 2 รูปแบบในส่วนข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ก็คือ ในรูปแบบ TRY มีการกำหนดให้ผู้ใช้ใส่ข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม (Global Solar Radiation) กับข้อมูลเมฆ ในขณะที่ในรูปแบบของ TMY ผู้ใช้ต้องใส่ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ครบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ ข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม (Global Solar Radiation) ข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉาก (Direct Normal Solar Radiation) และข้อมูลค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย (Diffuse Solar Radiation)

ในขณะที่ข้อมูลภูมิอากาศของจังหวัดต่างๆในประเทศไทยยกเว้นกรุงเทพมหานครนั้นมักไม่สมบูรณ์ หรือบางทีก็ขาดค่าข้อมูลภูมิอากาศบางตัวที่จำเป็นต้องใช้เป็นข้อมูลนำเข้าของโปรแกรม DOE2.1E จะมีก็เพียงที่กรุงเทพมหานครที่มีข้อมูลภูมิอากาศค่อนข้างสมบูรณ์โดยเฉพาะข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ที่มีการตรวจวัดมายาวนานพอสมควร หน่วยงานของรัฐที่ทำการตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศอย่างเป็นทางการคือ กรมอุตุนิยมวิทยา ในส่วนของรังสีแสงอาทิตย์นั้น กรมอุตุนิยมวิทยาได้จัดเก็บข้อมูลเฉพาะรังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบของรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมเท่านั้น และมีการบันทึกข้อมูลเมฆไว้ด้วย การจัดเก็บรังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบอื่น อาทิเช่น ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย และค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากนั้น มักกระทำโดยสถาบันการศึกษาเพื่องานวิจัย อาทิเช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นต้น ดังนั้น ในขณะที่โปรแกรมสามารถอ่านข้อมูลได้ทั้งสองรูปแบบ (TRY และ TMY) และข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดเก็บโดยกรมอุตุนิยมวิทยานั้นมีฐานข้อมูลที่มากและอ้างอิงได้ง่ายกว่า ทำให้การใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่จัดเก็บจากกรมอุตุนิยมวิทยามาจัดอยู่ในรูปแบบ TRY จึงเป็นที่นิยม ตัวอย่างของการจัดเก็บข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานครในแฟ้มรูปแบบ TRY และ

TMY ที่โปรแกรม DOE2.1E พร้อมอ่านได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 1 และ 2

4. การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดในรูปแบบ TRY

การวิเคราะห์กระทำโดยนำโปรแกรม DOE2.1E (FTI/DOE) ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC มาทำนายการใช้พลังงานของอาคาร และใช้ข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครที่ถูกตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2527 ซึ่งถูกจัดอยู่ในรูปแบบ TRY เป็นข้อมูลนำเข้า ในรูปแบบดังกล่าวข้อมูลภูมิอากาศในส่วนข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์จะถูกจัดให้มีค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมรายชั่วโมงที่ได้ตรวจวัดมา และข้อมูลเมฆที่ได้บันทึกไว้อยู่ ข้อมูลจะถูกโปรแกรม DOE ทำการ Pack และจัดรูปแบบในลักษณะที่ตัวโปรแกรมสามารถอ่านได้ แล้วโปรแกรมก็จะนำข้อมูลส่วนอื่นมาประกอบและทำการประมวลผลต่อไป การศึกษาผลกระทบของลักษณะข้อมูลภูมิอากาศเข้ากระทำโดยตัดตอนนำเอาผลที่โปรแกรม DOE ทำการประมวลค่าข้อมูลภูมิอากาศนำเข้า และกำลังจะนำค่าที่ประมวลแล้วนำไปใช้ในขั้นตอนการคำนวณค่าการใช้พลังงานของอาคารมาทำการวิเคราะห์ ค่าของข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกประมวลจะสามารถตรวจสอบได้จากการเลือกในแฟ้มข้อมูลที่แสดงค่า Total horizontal solar ค่า Direct normal solar และ ค่า Diffuse horizontal solar จากแฟ้ม Weather file ที่โปรแกรมสร้างขึ้น (เป็นส่วนที่ต้องเรียกให้แสดงผลโดยเฉพาะจะไม่อยู่ในส่วนของการแสดงผลโดยปกติของ output report ทั่วไปของโปรแกรม DOE2.1E) การเปรียบเทียบข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมรายชั่วโมงที่โปรแกรมสร้างขึ้นกับค่าที่ป้อนเข้าไปในวันที่เลือกเป็นตัวอย่างจำนวน 3 วันในเดือนมิถุนายนถูกแสดงไว้ในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่ามีข้อแตกต่างอย่างมากระหว่างข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่โปรแกรมกับค่าข้อมูลที่โปรแกรมประมวลเตรียมนำไปใช้ในการคำนวณ(ค่าข้อมูลที่โปรแกรมเห็น)อย่างชัดเจน

การวิเคราะห์กระทำต่อโดยเปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบอื่นเทียบกับค่ารังสีในองค์ประกอบเดียวกันที่โปรแกรมสร้างขึ้น ค่ารังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบของรังสีแบบกระจาย และรังสีแบบตรงตั้งฉากของภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครสามารถหาได้จากค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมโดยใช้ความสัมพันธ์ที่ สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ และคณะ [4] พัฒนาไว้ โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นความ

สัมพันธ์ที่ใช้กับช่วงเดือนมิถุนายน(ช่วงฤดูฝน)ซึ่งสามารถเขียนได้เป็น

$$k_d = 0.9239 \quad ; \quad K_A < 0.130$$

$$k_d = 5.8611K_A^4 - 10.3730K_A^3 + 4.5404K_A^2 - 0.7061K_A + 0.9601$$

$$; \quad 0.130 \leq K_A \leq 0.955$$

$$k_d = 0.2672 \quad ; \quad K_A > 0.955$$

โดยที่ k_d เป็นอัตราส่วนของค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม

K_A เป็นอัตราส่วนของค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมต่อค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมตกกระทบบนพื้นผิวระดับในเงื่อนไขวันฟ้าโปร่งตามแบบจำลองคณิตศาสตร์ของ ASHRAE (หรือเรียกว่า ค่า Modified Clearness Index)

และความสัมพันธ์ของค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงและแบบตรงตั้งฉากนั้นสามารถหาได้จากความสัมพันธ์

$$I_D = I_G - I_d$$

$$I_D = I_{DN} \cos(\theta)$$

โดยที่ I_D คือค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรง

I_{DN} คือค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉาก

I_G คือค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม

I_d คือค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย

θ คือค่ามุมตกกระทบ (Incident angle)

จากนั้นนำเอาความสัมพันธ์ดังกล่าวไปทำการคำนวณค่ารังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบของรังสีแบบตรง แบบตรงตั้งฉากและแบบกระจายจากข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่ป้อนเข้าในช่วงวันที่นำมาพิจารณาเป็นตัวอย่าง ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่โปรแกรมประมวลเตรียมไปใช้ในการคำนวณจริง ซึ่งถูกแสดงไว้ในรูปที่ 4 และ 5

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าข้อมูลภูมิอากาศที่ป้อนเข้าไปกับข้อมูลภูมิอากาศที่ตัวโปรแกรมประมวลเตรียมนำไปใช้ในการคำนวณนั้นไม่เหมือนกัน ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายที่โปรแกรมประมวลค่าไว้(หรือมองเห็น) จะมีค่าสูงกว่าค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายที่ควรเป็นตามภูมิอากาศที่ตรวจวัดจริง ในขณะที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากที่โปรแกรมประมวลผลไว้ก็มีรูปแบบที่แตกต่างกับค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากที่ควรเป็นอย่างชัดเจน ซึ่งจากการตรวจสอบย้อนกลับไปที่ Source code ของโปรแกรม และพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบที่แสดงไว้จะสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

ในกรณีที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดรูปแบบเป็นแบบ TRY โปรแกรมจะละทิ้งค่าข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมทั้งหมดที่ป้อนเข้าไปจริง และโปรแกรมจะดำเนินการคำนวณค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมขึ้นใหม่จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (ของโปรแกรม DOE เอง) จากนั้นโปรแกรมจะนำข้อมูลเมฆไปปรับแก้เพื่อให้ได้ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมตัวใหม่ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนจากรูปที่ 3 ว่าต่างกับข้อมูลที่ป้อนเข้าจริง และจากนั้นจากข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่โปรแกรมประมวลไว้จะทำการคำนวณต่อเพื่อให้ได้ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย และแบบตรงตั้งฉาก ซึ่งในรูปที่ 4 และ 5 จะเห็นได้ว่าค่าที่ควรเป็นกับค่าที่โปรแกรมนำไปใช้จริงนั้นแตกต่างกัน

เนื่องจากข้อมูลเมฆที่ได้ทำการตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยากลายเป็นตัวแปรสำคัญต่อการประมวลค่ารังสีแสงอาทิตย์ และการตรวจวัดเมฆมักมีข้อสงสัยในความแม่นยำ ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้จึงพิจารณาถึงการใส่ค่าข้อมูลเมฆเป็นศูนย์ (คือวันที่มีฟ้าโปร่ง) เพื่อดูผลกระทบดังกล่าวด้วย ผลของข้อมูลแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างโดยโปรแกรม DOE 2.1E ในกรณีไม่มีเมฆถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงซึ่งมีเมฆอยู่ โดยแสดงไว้ในรูปที่ 6 7 และ 8 จะเห็นว่าในกรณีของวันฟ้าโปร่งไม่มีเมฆ ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณได้โดยโปรแกรม DOE นั้นจะมีค่าสูงกว่าในกรณีที่ตรวจวัดจริงซึ่งมีเมฆอยู่ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6 และจะพบว่าในกรณีที่มีเมฆค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายจะมีค่าสูงดังแสดงไว้ในรูปที่ 7 และในทางตรงกันข้ามในกรณีที่ไม่มีเมฆนอกจากค่ารังสีแบบกระจายจะต่ำ รังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากจะมีค่าสูงมากดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 8 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าหากในกรณีที่ใช้ข้อมูลที่ไม่มีเมฆ โปรแกรมให้ค่ารังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบเป็นไปตามทฤษฎีในเงื่อนไขวันฟ้าโปร่ง แต่อาจไม่ตรงกับข้อมูลจริงของประเทศไทยที่ส่วนใหญ่จะมีเมฆเกือบทั้งปี อีกทั้งการที่ประเทศไทยอยู่ในเขตที่มีลมมรสุมจึงมีโอกาสดังที่ค่ารังสีแสงอาทิตย์ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่คำนวณในทวีปอเมริกาเหนือแน่นอนอาจไม่สอดคล้องกับค่าที่เกิดขึ้นจริงในประเทศเขตร้อน

ผลจากรูปที่ 3 ถึง 8 จะแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบ TRY (ป้อนค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม และข้อมูลเมฆ) เป็นข้อมูล

ขาเข้า จะทำให้ขั้นตอนแรกของการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE2.1E มีปัญหาทันที สิ่งที่โปรแกรมนำไปใช้เพื่อคำนวณค่าการใช้พลังงานของอาคารไม่ใช่ข้อมูลที่ป้อนเข้าไป ดังนั้นผลการคำนวณของการใช้พลังงานของอาคารเริ่มไม่แม่นยำตั้งแต่ขั้นตอนแรก ในการหาผลเฉลยของโปรแกรมนั้น นอกจากข้อมูลภูมิอากาศยังมีปัจจัยอีกมากมายที่จะมีผลต่อความแม่นยำของผลการทำนายของโปรแกรม

5. การวิเคราะห์ผลกระทบการใช้ข้อมูลภูมิอากาศในรูปแบบ TMY

โปรแกรม DOE ยังสามารถรับข้อมูลภูมิอากาศขาเข้าในอีกรูปแบบคือ รูปแบบ TMY ซึ่งต้องการค่ารังสีแสงอาทิตย์ในองค์ประกอบทั้ง 3 องค์ประกอบ คือ รังสีแสงอาทิตย์แบบรวม รังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย และรังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉาก เมื่อนำข้อมูลภูมิอากาศมาจัดอยู่ในรูปแบบ TMY ซึ่งต้องมีค่ารังสีแสงอาทิตย์ทั้ง 3 องค์ประกอบ และทำการป้อนเข้าสู่โปรแกรม DOE และดึงแฟ้มที่บรรจุข้อมูลภูมิอากาศที่ตัวโปรแกรมทำการประมวลเพื่อเตรียมนำไปใช้ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานในช่วงเวลา 3 วันเดียวกันมาเป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบกับข้อมูลภูมิอากาศในส่วนค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม และแบบตรงตั้งฉากที่ป้อนเข้าจริงจะเห็นได้ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 9 และ 10 ว่ามีความคล้ายคลึงกันมาก แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่จัดอยู่ในรูปแบบ TMY กับโปรแกรม DOE2.1E เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาข้อผิดพลาดของการใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่โปรแกรมประมวลขึ้นเองแทนข้อมูลจริงที่ป้อนเข้าไป

6. สรุป

จากการศึกษานี้พบว่าการใช้ข้อมูลภูมิอากาศป้อนเข้าสำหรับโปรแกรม DOE2.1E ที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบ TRY นั้น โปรแกรมจะละทิ้งข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ที่ป้อนเข้าทั้งหมดและทำการคำนวณค่ารังสีแสงอาทิตย์ใหม่ทั้งหมดจากแบบ

จำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลเมฆประกอบ ดังนั้นความแม่นยำของผลเฉลยของโปรแกรม DOE2.1E ในกรณีที่ใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่อยู่ในรูปแบบ TRY ที่มีข้อมูลเมฆที่ไม่แม่นยำจึงเป็นปัญหา หากต้องการให้โปรแกรม DOE2.1E สามารถทำงานโดยไม่ต้องพะวงถึงปัญหาของข้อมูลภูมิอากาศขาเข้า จำเป็นต้องใช้ข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดอยู่ในรูปแบบ TMY ซึ่งต้องการข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ใน 3 องค์ประกอบ คือ ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวม ค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจาย และค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉาก

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณในการสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Ayres, J.M. and Stamper, E. Historical Development of Building Energy Calculations, ASHRAE Journal, February 1995.
- [2] Somsak Chaiyapinunt, Tatchai Sumitra, and Khemmachat Mangkornsaksit , Assessment Matrix for Fti/DOE and TRACE600 , Journal of energy, Heat and Mass Transfer, Vol 21, 1999.
- [3] FTI/DOE Basics, 1993
- [4] สมศักดิ์ ไชยะภินันท์ เขมชาติ มังกรศักดิ์สิทธิ์ และ สุรสิทธิ์ ทองจันทร์พย์ รายงานฉบับสมบูรณ์ ข้อมูลภูมิอากาศมาตรฐานสำหรับใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำนายการใช้พลังงานของอาคาร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้สัญญาเลขที่ RDG5/0002/42 ธันวาคม พ.ศ. 2542

ตารางที่ 1 รายละเอียดแต่ละฟิลด์ของแฟ้มมาตรฐานแบบ TRY

FIELD NUMBER	TAPE POSITION	FIELD DESCRIPTIONS	REMARKS
001	01 - 05	STATION NUMBER	<i>Not used by program.</i>
002	06 - 08	DRY BULB TEMPERATURE	000 - 140 = 0° - +140 ° F , -01 - -80 = -1° - -80°F , 999 = Missing
003	09 - 11	WET BULB TEMPERATURE	000 - 140 = 0° - +140 ° F , -01 - -80 = -1° - -80°F , 999 = Missing
004	12 - 14	DEW POINT TEMPERATURE	<i>Not used by program.</i>
005	15 - 17	WIND DIRECTION	Direction from which the wind is blowing in whole degrees (clockwise from north). 000 = Calm , 001 - 360 = 1 - 360 degrees , 999 = Missing
006	18 - 20	WIND SPEED	Wind speed in whole knots. 000 = Calm , 001 - 230 = 1 - 230 knots , 999 = Missing
007	21 - 24	STATION PRESSURE	Pressure at station in inches and hundredths of Hg. 1900 - 3999 = 19.00 - 39.99 in. Hg , 9999 = Missing
008	25	WEATHER	<i>Not used in simulation.</i>
009	26 - 27	TOTAL SKY COVER	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths. 00 - 10 = 0 - 10 tenths , 99 = Missing
010	28 - 29	AMOUNT OF LOWEST CLOUD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
011	30	TYPE OF LOWEST CLOUD OR OBSCURING PHENOMENA	Generic cloud type or obscuring phenomena. 0 = Cirrus (Cirrus / Cirrostratus or Cirrocumulus / Unknown of the amount of cloud) 1 = Stratus (Stratus or Fractus Stratus) 2 = halfway between Cirrus and Stratus (Clear / Fog or other obscuring phenomena / Stratocumulus / Cumulus or Cumulus Fractus / Cumulonimbus or Mammatus / Altostratus or Nimbostratus / Altocumulus)
012	31 - 33	HEIGHT OF BASE OF LOWEST LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
013	34 - 35	AMOUNT OF SECOND CLOUD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
014	36	TYPE OF CLOUD - SECOND LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
015	37 - 39	HEIGHT OF BASE OF SECOND LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
016	40 - 41	SUMMATION OF FIRST TWO LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
017	42 - 43	AMOUNT OF THIRD CLOUD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
018	44	TYPE OF CLOUD - THIRD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
019	45 - 47	HEIGHT OF BASE OF THIRD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
020	48 - 49	SUMMATION OF FIRST THREE LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
021	50 - 51	AMOUNT OF FOURTH CLOUD LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
022	52	TYPE OF CLOUD - FOURTH LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
023	53 - 55	HEIGHT OF BASE OF FOURTH LAYER	<i>Not used in simulation.</i>
024	56 - 59	SOLAR RADIATION	Total solar radiation in Langleys to tenths. 0000-1999 = 0-199.9 Langleys 9999 = Missing <i>Not used in simulation.</i>

025	60 - 69	BLANK	Blank field – reserved for future use.
026	70 - 73	YEAR	
027	74 - 75	MONTH	Month of year. Such as 01 = Jan , 02 = Feb etc.
028	76 - 77	DAY	Day of month.
029	78 - 79	HOUR	Hour of observation in Local Standard Time. 00 - 23 = 0000 – 2300 LST
030	80	BLANK	Blank field – reserved for future use.

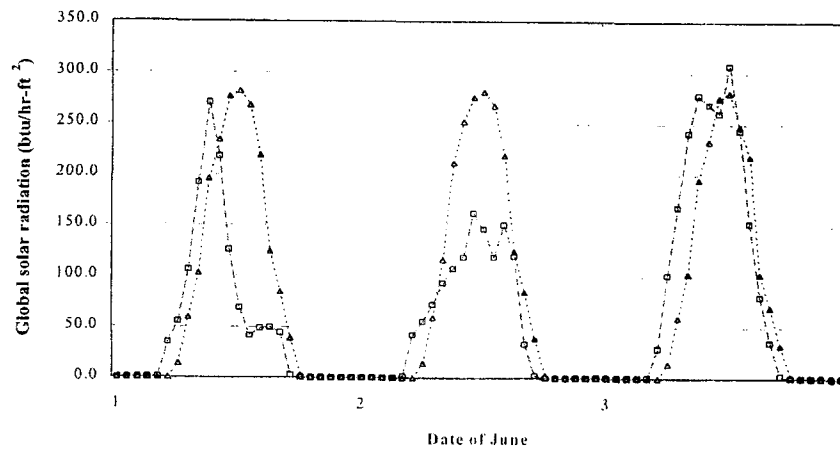
ตารางที่ 2 แสดงรายละเอียดของแฟ้มมาตรฐาน TMY

FIELD NUMBER	TAPE POSITION	FIELD DESCRIPTIONS	REMARKS
001	001 - 005	STATION NUMBER	<i>Not used by program.</i>
002	006 - 015	SOLAR TIME (Yr, Mo, Day, Hour, Minute)	<i>Not used by program.</i>
003	016 - 019	LOCAL STANDARD TIME (Hr, Minute)	<i>Not used by program.</i>
101	020 - 023	EXTRATERRESTRIAL RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
102	024 - 028	DIRECT RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
103	029 - 033	DIFFUSE RADIATION	KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
104	034 - 038	NET RADIATION	<i>Not used by program.</i>
105	039 - 043	TILT RADIATION	<i>Not used by program.</i>
106	044 - 048	OBSERVED RADIATION	<i>Not used by program.</i>
107	049 - 053	ENGINEERING CORRECTED RADIATION	<i>Not used by program.</i>
108	054 - 058	STANDARD YEAR CORRECTED RADIATION	GLOBAL RADIATION, KJ/(m ² -hr) , 9999 = Missing
109,110	059 - 068	ADDITIONAL RADIATION (A, B)	<i>Not used by program.</i>
111	069 - 070	MINUTE OF SUNSHINE	<i>Not used by program.</i>
201	071 - 072	TIME OF SURFACE OBSERVATION	Hour of observation in Local Standard Time. 00 - 23 = 0000 - 2300 LST
202	073 - 076	CEILING HEIGHT	<i>Not used by program.</i>
203	077 - 081	SKY CONDITION	<i>Not used by program.</i>
204	082 - 085	VISIBILITY	<i>Not used by program.</i>
205	086 - 093	WEATHER	<i>Not used by program.</i>
206	094 - 103	PRESSURE	Pressure at station in Pascal/10. 00000 - 10132 = 000000 - 101320 Pascal
207	104 - 107	DRY BULB TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
208	108 - 111	DEW POINT TEMPERATURE	x10 Degree Celsius, 9999 = Missing
209	112 - 114	WIND DIRECTION	Direction from which the wind is blowing in whole degrees (clockwise from north) 000 = Calm, 001-360 = 1-360 degrees, 999 = Missing
210	115 - 118	WIND SPEED	Wind speed in x10 m/s, 9999 = Missing
211	119 - 120	TOTAL CLOUD AMOUNT	Amount of the celestial dome covered by cloud or obscuring phenomena in tenths. 00 - 10 = 0 - 10 tenths, 99 = Missing
222	121 - 122	TOTAL OPAQUE	<i>Not used by program.</i>

45520	72	70	69	40	630090	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	0
45520	71	69	68	41	530070	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	1
45520	71	69	67	41	430060	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	2
45520	70	68	67	40	330040	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	3
45520	70	68	67	39	330040	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	4
45520	70	68	67	41	330050	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	5
45520	70	68	67	50	330070	9	98888	00888	9	00777	9	00777	1	1995	1	1	6
45520	70	68	67	68	330100	9	98888	00888	9	00777	9	00777	4	1995	1	1	7
45520	71	68	67	86	330130	9	98888	00888	9	00777	9	00777	5	1995	1	1	8
45520	73	69	67	90	330140	9	98888	00888	9	00777	9	00777	7	1995	1	1	9
45520	75	70	67	74	430130	9	98888	00888	9	00777	9	00777	7	1995	1	1	10
45520	77	71	68	51	530100	9	98888	00888	9	00777	9	00777	10	1995	1	1	11
45520	79	72	68	40	630070	9	98888	00888	9	00777	9	00777	8	1995	1	1	12
45520	80	72	69	53	630040	9	98888	00888	9	00777	9	00777	8	1995	1	1	13
45520	80	72	68	76	530010	9	98888	00888	9	00777	9	00777	4	1995	1	1	14
45520	80	72	68	90	430000	9	98888	00888	9	00777	9	00777	3	1995	1	1	15
45520	79	72	68	82	530000	9	98888	00888	9	00777	9	00777	1	1995	1	1	16
45520	79	72	69	60	530010	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	17
45520	78	72	69	40	630020	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	18
45520	77	71	68	33	630040	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	19
45520	75	70	68	35	530050	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	20
45520	74	69	67	40	330060	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	21
45520	73	69	67	40	330070	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	22
45520	72	68	65	29	030070	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	23
45520	72	68	65	0	030050	9	98888	00888	9	00777	9	00777	0	1995	1	1	24
45520	71	67	65	0	030040	8	88888	00888	8	00777	8	00777	0	1995	1	1	25
45520	70	67	64	0	030020	6	68888	00888	6	00777	6	00777	0	1995	1	1	26
45520	69	66	64	0	030010	6	68888	00888	6	00777	6	00777	0	1995	1	1	27
45520	68	66	64	2	030020	7	78888	00888	7	00777	7	00777	0	1995	1	1	28
45520	68	66	64	3	030040	8	88888	00888	8	00777	8	00777	0	1995	1	1	29
45520	69	66	65	0	030060	9	98888	00888	9	00777	9	00777	1	1995	1	1	30
45520	71	67	65	0	030090	9	98888	00888	9	00777	9	00777	4	1995	1	1	31
45520	74	69	66	0	030100	9	98888	00888	9	00777	9	00777	6	1995	1	1	32
45520	77	70	67	0	030110	9	98888	00888	9	00777	9	00777	9	1995	1	1	33
45520	80	72	68	27	230090	9	98888	00888	9	00777	9	00777	8	1995	1	1	34

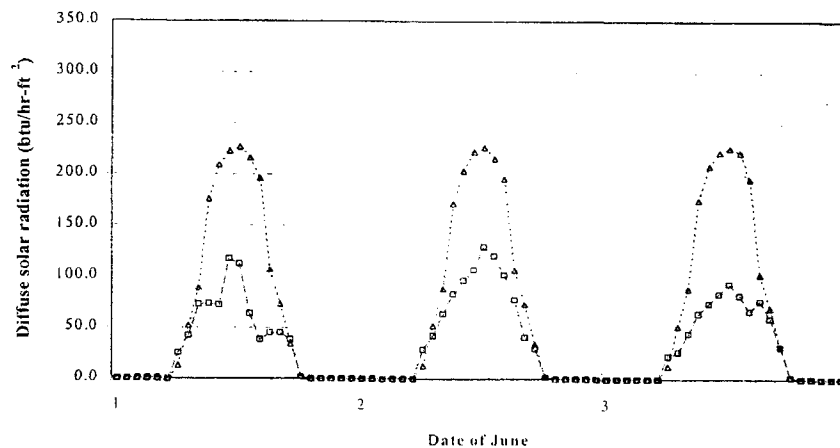
รูปที่ 1 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2538 ที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบ TRY

4552084	1	1	1	0	1	05106	0	09999999999999999999	09999999999999999999	0	1	999	999	999	0	10162	220	206	40	31	9
4552084	1	1	2	0	2	05106	0	09999999999999999999	09999999999999999999	0	2	999	999	999	0	10156	217	202	41	25	9
4552084	1	1	3	0	3	05106	0	09999999999999999999	09999999999999999999	0	3	999	999	999	0	10150	214	197	41	20	9
4552084	1	1	4	0	4	05106	0	09999999999999999999	09999999999999999999	0	4	999	999	999	0	10147	211	194	40	15	9
4552084	1	1	5	0	5	05106	0	09999999999999999999	09999999999999999999	0	5	999	999	999	0	10146	210	193	39	14	9
4552084	1	1	6	0	6	05106	22	99999999999999999999	10999999999999999999	0	6	999	999	999	0	10149	210	193	41	15	9
4552084	1	1	7	0	7	05106	950	1389999999999999999999	20899999999999999999	0	7	999	999	999	0	10156	211	194	50	15	9
4552084	1	1	8	0	8	05106	3217	307999999999999999999999	10289999999999999999	0	8	999	999	999	0	10166	213	194	68	14	9
4552084	1	1	9	0	9	05106	2431	667999999999999999999999	13409999999999999999	0	9	999	999	999	0	10175	218	194	86	14	9
4552084	1	1	10	0	10	05106	2278	793999999999999999999999	1870999999999999999999	0	10	999	999	999	0	10179	225	195	90	15	9
4552084	1	1	11	0	11	05106	1176	103899999999999999999999	1780999999999999999999	0	11	999	999	999	0	10176	239	197	74	21	9
4552084	1	1	12	0	12	05106	2400	744999999999999999999999	2520999999999999999999	0	12	999	999	999	0	10166	252	200	51	28	9
4552084	1	1	13	0	13	05106	1364	931999999999999999999999	2010999999999999999999	0	13	999	999	999	0	10155	263	202	40	31	9
4552084	1	1	14	0	14	05106	1497	718999999999999999999999	1890999999999999999999	0	14	999	999	999	0	10144	268	203	53	28	9
4552084	1	1	15	0	15	05106	427	675999999999999999999999	9809999999999999999999	0	15	999	999	999	0	10136	267	202	76	24	9
4552084	1	1	16	0	16	05106	427	388999999999999999999999	6409999999999999999999	0	16	999	999	999	0	10132	265	202	90	21	9
4552084	1	1	17	0	17	05106	162	112999999999999999999999	1809999999999999999999	0	17	999	999	999	0	10131	263	202	82	23	9
4552084	1	1	18	0	18	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	18	999	999	999	0	10134	260	203	60	28	9
4552084	1	1	19	0	19	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	19	999	999	999	0	10138	255	203	40	31	9
4552084	1	1	20	0	20	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	20	999	999	999	0	10144	248	202	33	29	9
4552084	1	1	21	0	21	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	21	999	999	999	0	10149	241	199	35	23	9
4552084	1	1	22	0	22	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	22	999	999	999	0	10153	233	196	40	15	9
4552084	1	1	23	0	23	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	23	999	999	999	0	10156	227	192	40	8	9
4552084	1	1	24	0	24	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	24	999	999	999	0	10155	223	189	29	2	9
4552084	1	1	25	0	25	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	25	999	999	999	0	10150	224	185	0	0	9
4552084	1	1	26	0	26	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	26	999	999	999	0	10144	219	182	0	0	8
4552084	1	1	27	0	27	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	27	999	999	999	0	10139	213	180	0	0	6
4552084	1	1	28	0	28	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	28	999	999	999	0	10136	207	179	0	0	6
4552084	1	1	29	0	29	05106	0	099999999999999999999999	0999999999999999999999	0	29	999	999	999	0	10139	202	178	2	1	7
4552084	1	1	30	0	30	05106	22	999999999999999999999999	1899999999999999999999	0	30	999	999	999	0	10144	201	179	3	1	8
4552084	1	1	31	0	31	05106	953	131999999999999999999999	2409999999999999999999	0	31	999	999	999	0	10152	205	181	0	0	9
4552084	1	1	32	0	32	05106	3219	329999999999999999999999	3869999999999999999999	0	32	999	999	999	0	10161	216	185	0	0	9
4552084	1	1	33	0	33	05106	3717	542999999999999999999999	1570999999999999999999	0	33	999	999	999	0	10167	232	191	0	0	9
4552084	1	1	34	0	34	05106	3193	630999999999999999999999	2140999999999999999999	0	34	999	999	999	0	10168	250	196	0	0	9
4552084	1	1																			



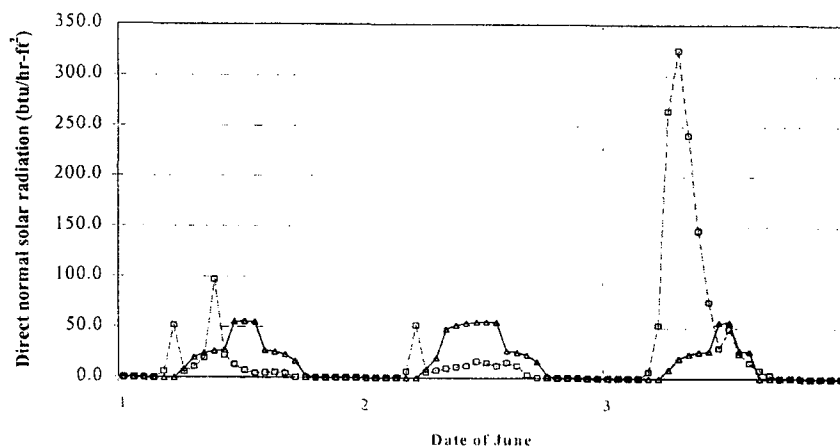
---□--- ค่าที่ถูกป้อนเข้าไปเป็นข้อมูลขาเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่บรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ถูก จัดเก็บในรูปแบบ TRY กับค่ารังสีรวมที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่



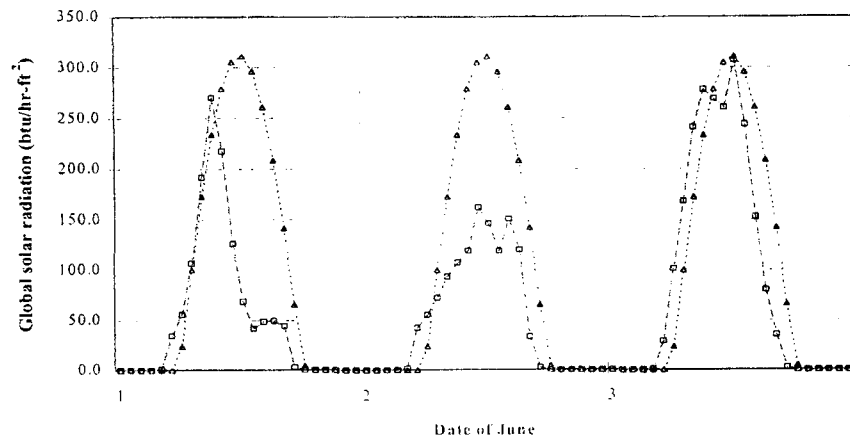
---□--- ค่าที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่ป้อนเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบกระจายที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่บรรจุในแฟ้มข้อมูล กับค่ารังสีกระจายที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่



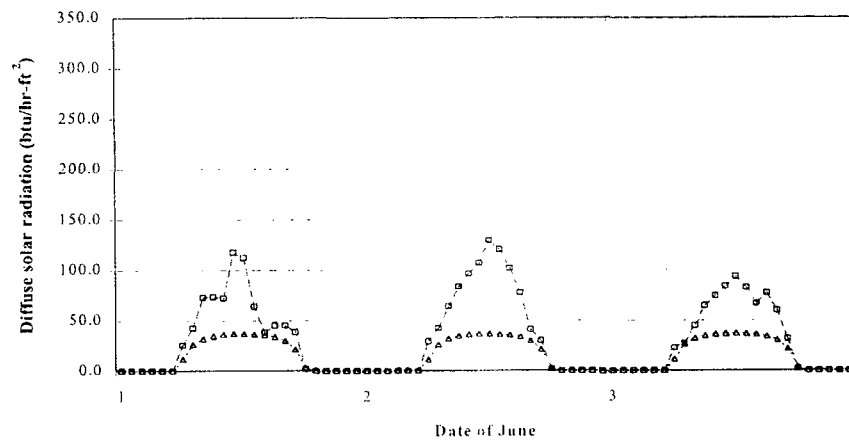
---□--- ค่าที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่ป้อนเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 5 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่บรรจุในแฟ้มข้อมูล กับค่ารังสีตรงตั้งฉากที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่



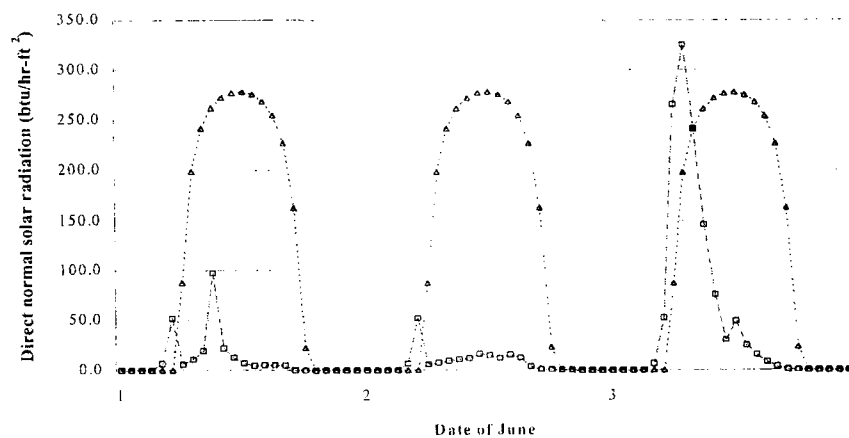
---□--- ค่าที่ถูกป้อนเข้าไปเป็นข้อมูลขาเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 6 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่บรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ถูก จัดเก็บในรูปแบบ TRY กับค่ารังสีรวมที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่สำหรับวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear day)



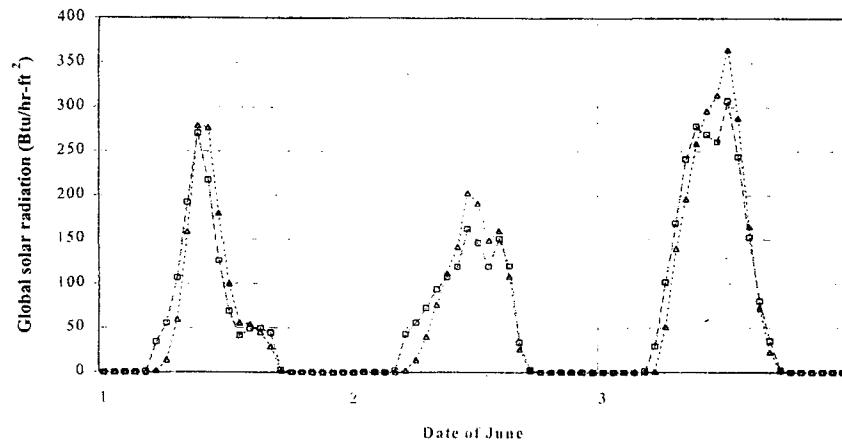
---□--- ค่าที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่ป้อนเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 7 เปรียบเทียบค่ารังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่บรรจุในแฟ้มข้อมูล กับ ค่ารังสีกระจายที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่สำหรับวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear day)



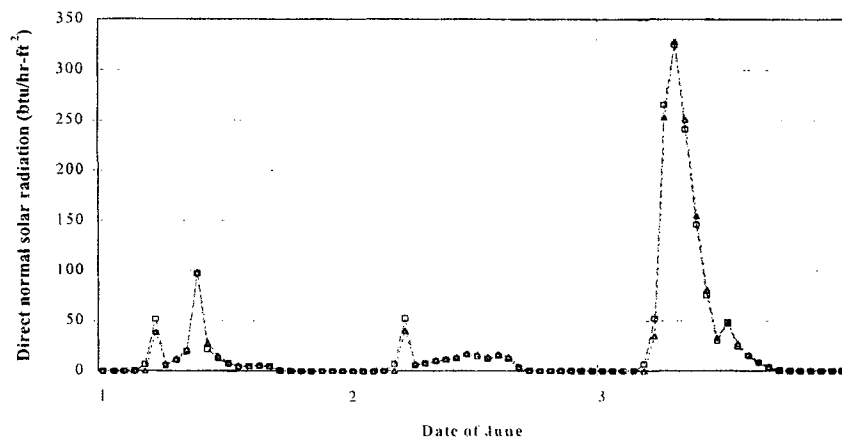
---□--- ค่าที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่ป้อนเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 8. เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากที่สอดคล้องกับค่ารังสีรวมที่บรรจุในแฟ้มข้อมูล กับ ค่ารังสีตรงตั้งฉากที่โปรแกรม DOE 2.1E คำนวณขึ้นใหม่สำหรับวันที่ท้องฟ้าโปร่ง (Clear day)



---□--- ค่าที่ถูกป้อนเข้าไปเป็นข้อมูลขาเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 9 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบรวมที่บรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบ TMY กับค่ารังสีรวมที่โปรแกรม DOE 2.1E อ่านจริง



---□--- ค่าที่ถูกป้อนเข้าไปเป็นข้อมูลขาเข้า ---△--- ค่าที่โปรแกรม DOE 2.1E เห็น

รูปที่ 10 เปรียบเทียบค่ารังสีแสงอาทิตย์แบบตรงตั้งฉากที่บรรจุอยู่ในแฟ้มข้อมูลภูมิอากาศที่ถูกจัดเก็บในรูปแบบ TMY กับค่ารังสีตรงตั้งฉากที่โปรแกรม DOE 2.1E อ่านจริง