

การคาดการณ์ปริมาณฝนรายฤดูกาลในพื้นที่ภูมิภาคเขตร้อนโดยใช้  
แบบจำลองทางสถิติร่วมกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล

Seasonal Rainfall Forecasting in Tropical Region Using Statistical Models and  
Sea Surface Temperatures

เกศวรา สิทธิโชค<sup>1\*</sup>

Ketvara Sittichok<sup>1\*</sup>

ABSTRACT

The main objective of this research was to apply two statistical models for rainfall forecasting 1-18 months in advance using Pacific and Atlantic sea-surface temperatures (SSTs) as predictors. The first model, Statistical Model 1 (SM1), consisted of three steps 1) predictor vector selection 2) predictor vector reduction using principal component analysis (PCA) and 3) non-linear regression. The second model, Statistical Model 2 (SM2) used only one method, non-linear regression. For this model, each grid data was directly forced to the model without initial steps for data management. Three objective functions which were the coefficient of determination ( $R^2$ ), the Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) and hit score ( $H$ ) were used to estimate model performance. Results revealed that the best rainfall forecast was for 12 months in advance using the SM2 model with Pacific SST as predictor ( $R^2$  of 0.62, NSE of 0.62 and  $H$  of 64%). Rainfall forecasts resulted from SM1 with Atlantic SST as predictor showed a moderate skill with 5 months forecast ( $R^2$  of 0.32, NSE of 0.28 and  $H$  of 40%).

Keywords: Rainfall forecasting, Statistical model, Principal component analysis

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 1-18 เดือนโดยใช้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแปซิฟิกและเขตทะเลแอตแลนติกเป็นตัวแปรตั้งต้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง SM1 ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การคัดเลือกชุดข้อมูลผิวน้ำทะเลที่มีประสิทธิภาพในการคาดการณ์ การจัดการข้อมูลโดยวิธีการ Principal component analysis (PCA) และการใช้สมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear regression) เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณฝนคาดการณ์ แบบจำลอง SM2 คือการใช้ชุดข้อมูลผิวน้ำทะเลแต่ละชุดข้อมูลเข้าสู่สมการถดถอยแบบไม่เป็น

<sup>1\*</sup>ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Research Laboratory of Water Resources Computer Modeling and Information System, Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, NakhonPathom 73140, Thailand.

\*Corresponding author: Tel 0-3435-1897#7213, Fax 0345-2053, E-mail address: fengkrs@ku.ac.th

เส้นตรงโดยไม่ผ่านวิธีการในการจัดการข้อมูลเบื้องต้นเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝน โดยการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองได้ใช้วิธีการประเมิน 3 วิธี ได้แก่ the coefficient of determination ( $R^2$ ), the Nash-Sutcliffe efficiency ( $NSE$ ) และ hit score ( $H$ ) ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลอง SM2 สามารถแสดงผลได้ดีที่สุดเมื่อใช้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแปซิฟิกเป็นตัวแปรตั้งต้น โดยมีช่วงเวลาคาดการณ์ล่วงหน้า 12 เดือน ( $R^2=0.62$ ,  $NSE=0.62$  and  $H=64\%$ ) ในขณะที่แบบจำลอง SM1 แสดงค่าความถูกต้องอยู่ในช่วงปานกลาง โดยมีช่วงเวลาคาดการณ์ล่วงหน้า 5 เดือน ( $R^2 =0.32$ ,  $NSE=0.28$  and  $H=40\%$ ).

**คำสำคัญ:** การคาดการณ์ปริมาณฝน แบบจำลองทางสถิติ Principal Component Analysis

### บทนำ

พื้นที่เขตร้อน (Tropical region) เป็นพื้นที่ที่อยู่บริเวณเส้นศูนย์สูตรระหว่าง 23S – 23N ประกอบด้วยภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical wet climates) และภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง (Dry climates) พื้นที่ในเขตร้อนเป็นพื้นที่ที่มีความแปรปรวนทางภูมิอากาศที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแปรปรวนของปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ (Lee *et al.*, 2012) ซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นั้นๆ โดยเฉพาะผู้ที่ทำการเกษตรซึ่งผลผลิตทางการเกษตรจะขึ้นอยู่กับปริมาณฝนเป็นสำคัญ นอกจากนั้นความแปรปรวนของปริมาณฝนยังส่งผลให้การจัดการทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำเป็นไปอย่างยากลำบาก ดังนั้นการพัฒนาความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้าจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้องค์กร หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรน้ำสามารถใช้ประโยชน์จากข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ เพื่อจัดสรรน้ำให้กับประชาชนได้อย่างเพียงพอหากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงหรือภาวะฝนแล้ง และยังสามารถจัดหามาตรการในการป้องกันและแก้ไขปัญหาห้ำหวมในได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การใช้แบบจำลองเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัจจุบัน มีการศึกษาและวิจัยถึงการใชแบบจำลองซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2

ประเภทหลักได้แก่แบบจำลองทางกายภาพ (Physical models) และแบบจำลองทางสถิติ (Statistical models) โดยแบบจำลองนี้ถูกใช้ร่วมกับตัวแปรภูมิอากาศในระดับภูมิภาค เช่น อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Sea surface temperature: SST), ปรากฏการณ์ ENSO (El Nino Southern Oscillation) และความดันอากาศที่ระดับน้ำทะเล (Mean sea level pressure) (Marengo *et al.*, 2003; Gissila *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2015; Chifurira and Chikobvu, 2014) ถึงแม้ว่าการใช้แบบจำลองทางกายภาพจะสามารถแสดงผลการคาดการณ์ปริมาณฝนที่ค่อนข้างแม่นยำ เนื่องจากการวิเคราะห์ถึงลักษณะภูมิอากาศในทางกายภาพที่ส่งผลต่อปริมาณฝนในพื้นที่ แต่ด้วยข้อจำกัดของแบบจำลองที่มีความซับซ้อนในการทำงาน ต้องการการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง รวมถึงความละเอียดของผลที่ได้จากแบบจำลองค่อนข้างต่ำ จึงไม่สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานในพื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่ศึกษาขนาดเล็กได้อย่างทันที หากต้องใช้เทคนิคการย่อส่วน (Downscaling methods) เพิ่มเข้ามาในการศึกษา (Sankarasubramanian *et al.*, 2008) ดังนั้นแบบจำลองทางสถิติจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแบบจำลองทางสถิติสามารถใช้งานได้ง่ายโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์การคำนวณผลที่ซับซ้อน

เช่นเดียวกับแบบจำลองทางกายภาพ และสามารถใช้งานได้กับพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดเล็ก แบบจำลองทางสถิติถูกใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในหลายพื้นที่ของโลก เช่น Mason (1998) ได้ใช้แบบจำลองทางสถิติเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่แอฟริกาใต้ ล่วงหน้า 3-6 เดือน Ward and Folland (1991) ใช้แบบจำลองทางสถิติคาดการณ์ปริมาณฝนในเขตพื้นที่ North Nordest ของประเทศบราซิล พบว่าข้อมูลความแปรปรวนของปริมาณฝนมากกว่า 50% ของข้อมูลทั้งหมดสามารถที่จะคาดการณ์ได้โดยใช้แบบจำลองทางสถิติ และ Luo *et al.* (2007) ใช้แบบจำลองทางสถิติและข้อมูลผิวน้ำทะเลเพื่อคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในลุ่มน้ำ Ohio River basin โดยพบว่าผลที่ได้จากแบบจำลองสถิติมีความแตกต่างเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการใช้แบบจำลองทางกายภาพ

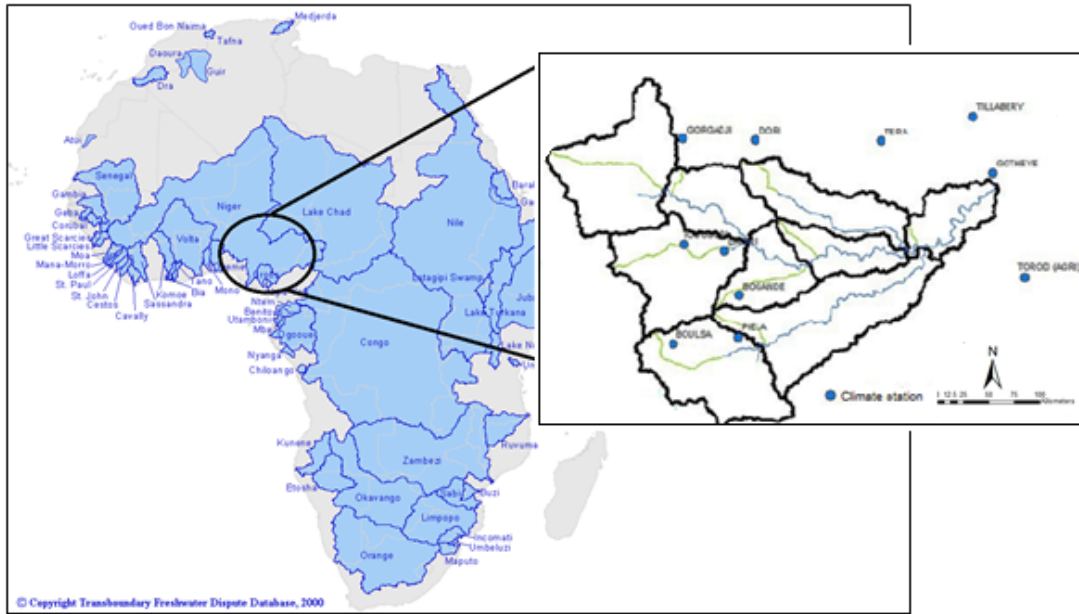
การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติ 2 แบบจำลองในการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 1-18 เดือน โดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตแปซิฟิกและเขตแอตแลนติกเป็นปัจจัยตั้งต้น โดยแบบจำลองที่ 1 (Statistical Model 1: SM1) เป็นแบบจำลองที่มีการประยุกต์วิธีทางสถิติหลายวิธีเข้าด้วยกัน เพื่อช่วยในการคัดเลือกชุดข้อมูลที่สามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และแบบจำลองที่ 2 (Statistical Model 2: SM2) เป็น

การใช้ชุดข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแต่ละชุดข้อมูลโดยตรงเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝน พื้นที่ศึกษารวมถึงรายละเอียดวิธีการของแบบจำลองแต่ละแบบจำลองได้ถูกอธิบายไว้ในหัวข้อที่ 2 จากนั้นหัวข้อที่ 3 และ 4 แสดงรายละเอียดผลของการทดสอบแบบจำลอง รวมถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละแบบจำลองตามลำดับ สุดท้ายหัวข้อที่ 5 เป็นการสรุปผลการศึกษารวมถึงข้อเสนอแนะในการนำแบบจำลองไปใช้งาน และการศึกษาเพื่อพัฒนาความถูกต้องของปริมาณฝนคาดการณ์ต่อไปในอนาคต

## วิธีการศึกษา

### ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำที่ใช้เป็นกรณีศึกษาได้แก่ลุ่มน้ำ Sirba ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่อยู่ระหว่าง 2 ประเทศ ได้แก่ ประเทศ Niger และประเทศ Burkina Faso (Figure 1) โดยขอบเขตลุ่มน้ำอยู่ในช่วงละติจูดที่ 12.2 N – 14.5 N และลองจิจูดที่ 1.4W-1.7 E ลุ่มน้ำ Sirba อยู่ในเขตพื้นที่ Sahel ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางด้านภูมิอากาศ โดยพื้นที่ด้านบนของ Sahel จะเป็นเขตทะเลทรายและพื้นที่ด้านล่างจะเป็นภูมิอากาศแบบ Savannah พื้นที่นี้มีความแปรปรวนของปริมาณฝนที่สูง โดยมีช่วงฤดูฝนอยู่ในช่วงกรกฎาคม – กันยายน และจะประสบปัญหา น้ำท่วมและน้ำแล้งสลับกันไป (Kandji *et al.*, 2006)



**Figure 1** The Sirba River basin

ที่มา: (Transboundary Freshwater Spatial Database, 2000)

## ข้อมูลที่น่าสนใจแบบจำลอง

### 2.2.1 อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Sea surface temperature)

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นปัจจัยหนึ่งในหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับสภาพอากาศท้องถิ่น จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเนื่องกับการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในหลายพื้นที่ทั่วโลกพบว่า อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน และเป็นปัจจัยที่สามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคต (Marego *et al.*, 2003; Giannini *et al.*, 2003; Ward and Folland, 1991) โดยอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตแปซิฟิกจะส่งผลต่อรูปแบบการหมุนเวียนของชั้นบรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลในบริเวณแปซิฟิกเขตร้อนเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลต่อตำแหน่งต่อการจมตัวของบรรยากาศ (Atmospheric subsidence) อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณฝนในพื้นที่เขตแอฟริกาฝั่งตะวันตก (Rowell, 2011; Mohino *et al.*, 2001) ในขณะที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตแอตแลนติกจะส่งผลให้

เกิดการเปลี่ยนแปลงของความดันระดับน้ำทะเล (Sea level pressure gradient) ซึ่งส่งผลต่อเนื่องถึงปริมาณฝนในเขตพื้นที่ Sahel (Zheng *et al.*, 1999) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่จะนำมาใช้เป็นปัจจัยตั้งต้น (Predictor) อาจมาจากพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา หรืออาจมาจากพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไป ซึ่งหากเป็นพื้นที่ที่อยู่ห่างไกลออกไป ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นนั้นจะเรียกว่าเป็นความสัมพันธ์ระยะไกล (Teleconnection) (Hatzaki *et al.*, 2007; Liu and Alexander, 2007)

งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแปซิฟิกและแอตแลนติกเป็นปัจจัยตั้งต้นเพื่อใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษากลุ่มน้ำ Sirba ซึ่งเป็นกลุ่มน้ำหนึ่งในพื้นที่ Sahel จากงานวิจัยของ Rowell (2001); Mohino *et al.* (2011); Zheng *et al.* (1999); Biasutti *et al.* (2004) พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลของทั้งในเขตแปซิฟิกและแอตแลนติกมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝน (กรกฎาคม – กันยายน)

ของพื้นที่ Sahel อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแปซิฟิก (SST<sub>P</sub>) ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ อยู่ในเขตละติจูด 29S – 29N และลองจิจูดที่ 124E – 70W ซึ่งลักษณะของข้อมูลนำมาใช้เป็นข้อมูลรายเดือนในรูปของตารางกริด (2X2) และอยู่ในช่วงปี 1970-2003 โดยหน่วยงานที่จัดเตรียมข้อมูลได้แก่ the Climate Prediction Center of the National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA), National Weather Service (US) สำหรับข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแอตแลนติก (SST<sub>A</sub>) เป็นข้อมูลจาก the International

Research Institute for Climate and Society โดยมีข้อมูลอยู่ในเขตละติจูดที่ 19S – 29N และลองจิจูดที่ 59W-15E และมีลักษณะข้อมูลที่เป็นรายเดือนในรูปของตารางกริดเช่นเดียวกับข้อมูลในเขตทะเลแปซิฟิก ในช่วงปี 1965-2005 Figure 2 แสดงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ยรายเดือนในช่วงเวลาของข้อมูลดังกล่าว พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตแอตแลนติกจะมีค่าต่ำกว่าในเขตแปซิฟิกเล็กน้อยตลอดทั้งปี โดยมีช่วงอุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน – พฤษภาคม

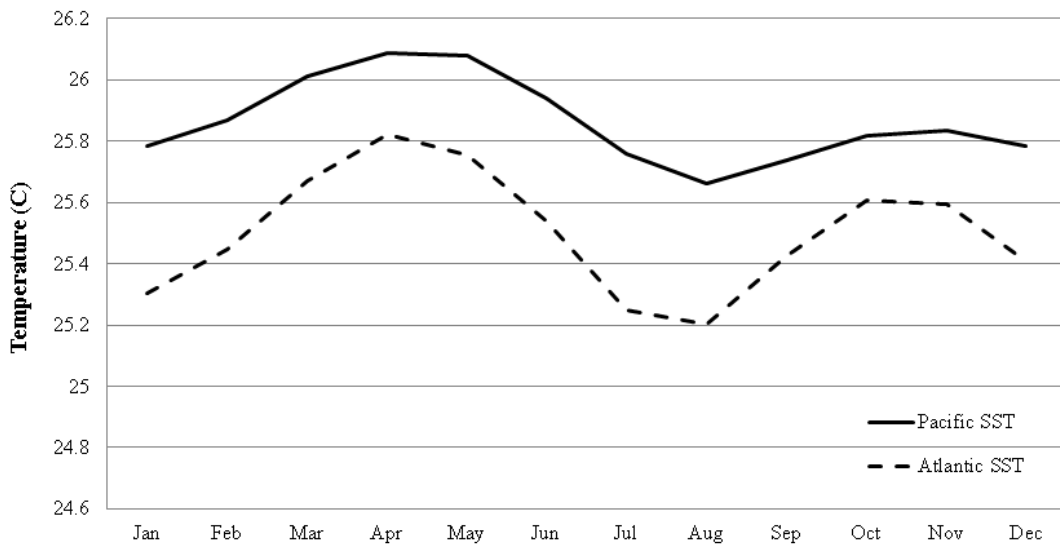


Figure 2 Pacific and Atlantic SST climatology

การศึกษานี้ได้ทำการทดสอบเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนของปีหนึ่งๆ (Y) โดยเป็นการคาดการณ์ปริมาณฝนล่วงหน้า 1-18 เดือน อุณหภูมิผิวน้ำทะเลรายเดือนตั้งแต่เดือนมกราคมของปีก่อนช่วงเวลาที่จะถูกคาดการณ์ (JAN<sub>Y-1</sub>) จนถึงเดือนมิถุนายนในปีเดียวกันกับช่วงเวลาที่ถูกคาดการณ์ (JUN<sub>Y</sub>) จะถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น ซึ่งในแต่ละครั้งของการทดสอบค่าของตัวแปรตั้งต้นจะเปลี่ยนไป โดยอุณหภูมิรายเดือนของเดือนถัดไปจะถูกนำมา

คำนวณกับอุณหภูมิรายเดือนก่อนหน้าเพื่อหาค่าเฉลี่ย เช่นการทดสอบแบบจำลองครั้งแรก (T1) อุณหภูมิเดือนมกราคมปีก่อนช่วงเวลาที่จะถูกคาดการณ์ (JAN<sub>Y-1</sub>) ถูกนำไปใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น การทดสอบครั้งที่ 2 (T2) อุณหภูมิเดือนมกราคมและเดือนกุมภาพันธ์ (JAN-FEB<sub>Y-1</sub>) จะถูกนำมาเฉลี่ยและนำเข้าสู่แบบจำลอง ในการทดสอบแต่ละครั้งข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะถูกเปลี่ยนจนกระทั่งถึงการทดสอบครั้งที่ 18 (T18) อุณหภูมิผิวน้ำทะเลของเดือนมกราคมปีก่อนปีที่ถูกคาดการณ์และเดือนมิถุนายนในช่วงปีเดียวกันที่ถูกคาดการณ์

( $JAN_{Y-1} - JUN_Y$ ) จะถูกใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น จากนั้นในการทดสอบครั้งที่ 19 (T19) อุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์ของปีก่อนหน้าปีที่คาดการณ์ ( $FEB_{Y-1}$ ) จะถูกใช้ในแบบจำลอง การทดสอบครั้งที่ 20 (T20) อุณหภูมิเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมก่อนหน้าปีที่ถูกคาดการณ์จะถูกนำมาเฉลี่ย ( $FEB-MAR_{Y-1}$ ) และ

ใช้เป็นตัวแปรตั้งต้น อุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะถูกเปลี่ยนไปจนกระทั่งครั้งสุดท้าย (T171) ที่อุณหภูมิของเดือนมิถุนายนในปีเดียวกันกับปีที่ถูกคาดการณ์ ( $JUN_Y$ ) ถูกนำมาใช้ในแบบจำลอง Figure 3 แสดงการจัดการตัวแปรตั้งต้น (อุณหภูมิผิวน้ำทะเล) เพื่อใช้ในแบบจำลอง

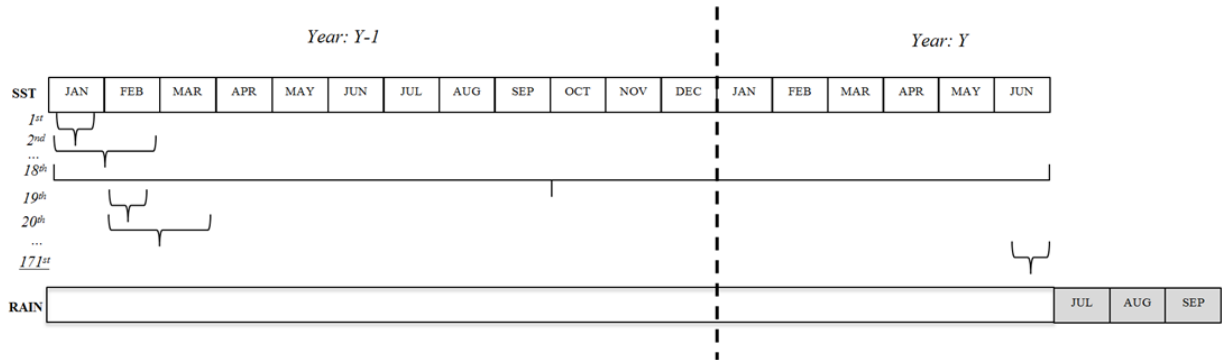


Figure 3 SST averaging period used as predictors

### ปริมาณฝน

การศึกษารังนี้ได้นำข้อมูลปริมาณฝนรายวันจากสถานีตรวจวัด 11 สถานี (Figure 1) ของ Niger and Burkina Faso Meteorological Services ช่วงระหว่างปี 1960-2006 (47 ปี) มาใช้เพื่อทดสอบความถูกต้องของแบบจำลอง โดยจากการตรวจสอบข้อมูลจากทั้ง 11 สถานีพบว่ามีข้อมูลที่ขาดหาย (Missing data) ที่น้อยกว่า 10% จากข้อมูลรายวันทั้งสิ้น 47 ปี ข้อมูลดังกล่าวถูกนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยในช่วงฤดูฝนรายปี (กรกฎาคม-กันยายน) ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนสูงสุด และจากการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนที่มีการศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกันของ Barnston *et al.* (1996); Garric *et al.* (2002); Mo&Thiaw (2002) พบว่าช่วงที่มีปริมาณฝนสูงสุดอยู่ในช่วงเดียวกันกับชุดข้อมูลที่ใช้ในการศึกษารังนี้

แบบจำลองทางสถิติเพื่อใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝน

การศึกษารังนี้ได้ทำการทดสอบแบบจำลองทางสถิติ 2 แบบจำลองเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝน แบบจำลอง SM1 เป็นการนำชุดข้อมูลผิวน้ำทะเลทั้งหมดในการคาดการณ์โดยใช้วิธีการ Principal Component Analysis (PCA) ซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถจัดการกับปัจจัยตั้งต้นได้ในกรณีที่มีปัจจัยตั้งต้นเป็นจำนวนมาก และแบบจำลอง SM2 เป็นการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้ชุดข้อมูลแต่ละชุดข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองโดยตรงโดยไม่ผ่านการจัดการข้อมูล รายละเอียดแต่ละแบบจำลองแสดงดังต่อไปนี้

### การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดย

#### แบบจำลอง SM1

แบบจำลองทางสถิติ SM1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักได้แก่ 1) การเลือกชุดข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่เหมาะสมจะใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นใน

การคาดการณ์ปริมาณฝน โดยใช้ตัวชี้วัดได้แก่ Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) สมการที่ 1 แสดงวิธีการคำนวณ NSE โดยที่  $y_i$  และ  $\hat{y}_i$  คือ ค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดและจากการคาดการณ์ปริมาณฝนตามลำดับในช่วงกรกฎาคม - กันยายนปีที  $i$  จากนั้นชุดข้อมูลทั้งหมดจะถูกนำมาเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยโดยใช้ค่า NSE ที่ได้เป็นเกณฑ์ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกจัดชุดเป็นชุดทั้งสิ้น 20 ชุด ข้อมูลหลัก (D1-D20) โดยภายในชุดข้อมูล D1 จะมีข้อมูลที่มีค่า NSE เรียงจากมากไปหาน้อยทั้งสิ้น 10 ชุดข้อมูลย่อย และชุดข้อมูล D2 จะมีข้อมูลทั้งสิ้น 20 ชุดข้อมูลย่อย โดยเป็นข้อมูลที่เพิ่มมาจากชุดข้อมูล D1 จำนวน 10 ชุดข้อมูล จำนวนข้อมูลจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 ชุดข้อมูล จนถึง 200 ชุดข้อมูล (D20) การจัดการข้อมูลดังกล่าวนี้จะช่วยในการตรวจสอบผลของการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อมูลอุณหภูมิมิวน้ำทะเลต่อการใช้ PCA ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน

จากนั้นในส่วนที่ 2) เป็นการใช่วิธีการ PCA เพื่อจัดชุดข้อมูล โดยในแต่ละครั้งของการทดสอบจะนำเข้าข้อมูลย่อยในแต่ละชุดข้อมูลหลักท้ายสุดจะมีการทดสอบทั้งสิ้น 20 ครั้ง จาก 20 ชุดข้อมูลหลักดังกล่าวข้างต้น จำนวนชุดข้อมูลที่ได้จากการใช้ PCA จะขึ้นอยู่กับจำนวนชุดข้อมูลย่อยเริ่มต้น และสุดท้ายในส่วนที่ 3) ผลที่ได้จาก PCA เฉพาะ Principal Component 1 (PC1) จะถูกใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในสมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear regressions) โดยวิธีการ

Polynomial regression ซึ่งขั้นตอนของแบบจำลองนี้ประยุกต์ใช้จากงานวิจัยของ Sittichok *et al.* (2015) โดยในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการใช้วิธีการ Stepwise regression ในการช่วยคัดเลือกข้อมูล และใช้สมการถดถอยแบบเส้นตรง (Linear regression) ในแบบจำลองทางสถิติ

$$NSE = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \right) \dots \dots \dots (1)$$

วิธีการคำนวณโดยสรุปของ PCA (Wilks, 1995) เริ่มจากการหาค่าผลต่างจากค่าปกติ (Anomaly) ของชุดข้อมูล (X) จากนั้นค่าความแปรปรวน (Variance) (S) และค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) (Cov) จะถูกคำนวณจากชุดข้อมูลที่ได้จากการหาค่าผลต่างจากค่าปกติ (X') ดังสมการที่ 2 และ 3 ค่า Eigenvector ( $e'$ ) และค่า Eigenvalue ( $\lambda'$ ) จะถูกคำนวณจากค่าความแปรปรวนและค่าความแปรปรวนร่วม (Variance-Covariance matrix) ดังสมการที่ 4 และ 5 และสุดท้ายชุดข้อมูล Principal component (PC) ( $u_m$ ) จะถูกคำนวณดังสมการที่ 6 โดยชุดข้อมูลของ PC1 จะมีค่าที่มีความสัมพันธ์กับค่าตั้งต้นมากที่สุด (Highest explained variance) และค่าที่มีความสัมพันธ์กับค่าตั้งต้นก็จะลดลงตามลำดับ จากนั้นผลที่ได้จากการคำนวณ PCA จะถูกนำเข้าสู่สมการ Polynomial regression (แสดงดังสมการที่ 7) เป็นตัวแปรตั้งต้น โดยมีตัวแปรตาม (Predictand) ได้แก่ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดเฉลี่ยในช่วงฤดูฝน

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x'_i - \bar{x}')^2}{(n-1)} \dots \dots \dots (2)$$

$$Cov = \frac{\sum_{i=1}^n (x'_{ik1} - \bar{x}'_{k1})(x'_{ik2} - \bar{x}'_{k2})}{(n-1)} \dots \dots \dots (3)$$

$$[S]e' = \lambda e' \dots \dots \dots (4)$$

$$([S] - \lambda'[I])e' = 0 \dots\dots\dots(5)$$

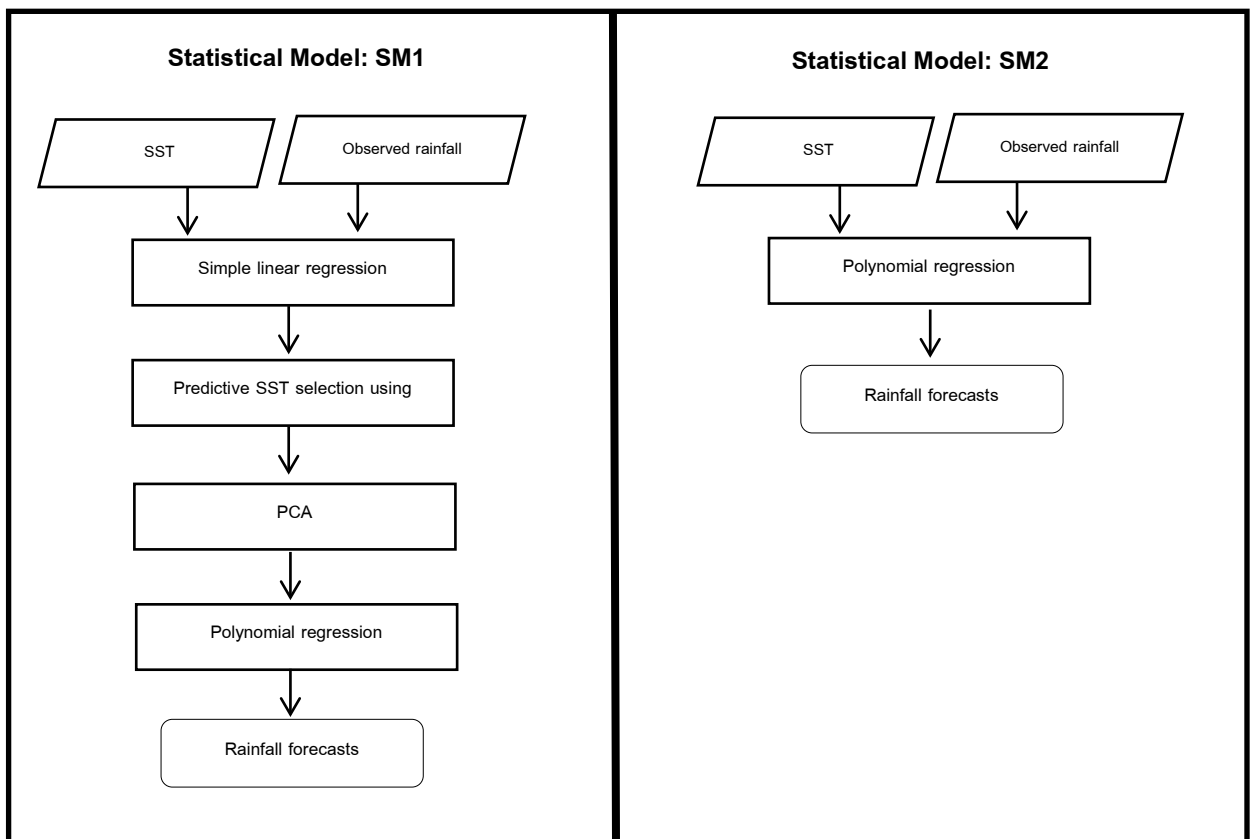
$$u_m = e_m'^T x' = \sum_{k=1}^K e_{k,m}' x_k' \dots\dots\dots(6)$$

$$\hat{y} = a + b_1 x_i + b_2 x_i^2 + b_3 x_i^3 + \dots + b_p x_i^p \dots\dots\dots(7)$$

**การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดย  
แบบจำลอง SM2**

วิธีการที่สองคือการประยุกต์ใช้เฉพาะ  
สมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear  
regression) โดยใช้วิธีการ Polynomial regression  
(แสดงดังสมการที่ 7) ในการคาดการณ์ปริมาณฝน

ชุดข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแต่ละชุดข้อมูลจะถูก  
นำเข้าสู่แบบจำลองครั้งละ 1 ชุด โดยชุดข้อมูลผิวน้ำ  
ทะเลในเขตทะเลแปซิฟิกมีจำนวนทั้งสิ้น 2,520 ชุด  
และในเขตทะเลแอตแลนติกมีชุดข้อมูลทั้งสิ้น 950  
ชุด Figure 4 แสดงผังการใช้แบบจำลองทางสถิติ  
และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในการคาดการณ์ปริมาณ  
ฝนในพื้นที่ศึกษา



**Figure 4** Processes of statistical models SM1 and SM2

**วิธีการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง**

เพื่อป้องกันการใช้ข้อมูลชุดเดิมที่ใช้สร้าง  
สมการในแบบจำลองมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณ  
ฝนซึ่งอาจส่งผลให้การประเมินผลประสิทธิภาพของ  
แบบจำลองมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้นการศึกษา  
ครั้งนี้ จึงได้นำวิธีการ leave-one-out cross  
validation มาใช้ในแบบจำลอง โดยที่ข้อมูลอุณหภูมิ



ผิวน้ำทะเลที่ใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์ปริมาณฝนและข้อมูลฝนของปีที่จะคาดการณ์จะถูกตัดออกก่อนนำชุดข้อมูลเข้าสู่แบบจำลองทางสถิติ Figure 5 แสดงวิธีการ leave-one-out cross validation โดย Testing set คือชุดข้อมูลที่ถูกนำ

ออกไม่ถูกใช้ในแบบจำลอง ดังนั้นในการใช้แบบจำลองทุกครั้งข้อมูลของปัจจัยตั้งต้นในช่วงปีที่ใช้ในการคาดการณ์และข้อมูลปริมาณฝนในช่วงปีที่ถูกคาดการณ์จะไม่ถูกนำไปใช้ในการคำนวณ

1 <sup>st</sup>	Testing set	Training set	Training set	Training set	Training set
2 <sup>nd</sup>	Training set	Testing set	Training set	Training set	Training set
3 <sup>rd</sup>	Training set	Training set	Testing set	Training set	Training set
4 <sup>th</sup>	Training set	Training set	Training set	Testing set	Training set
5 <sup>th</sup>	Training set	Training set	Training set	Training set	Testing set

Figure 5 Leave-one-out cross validation

การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองทั้งสิ้น 3 วิธีได้แก่ the coefficient of determination ( $R^2$ ),  $NSE$  และ Hit Score ( $H$ ) วิธีการคำนวณค่า  $R^2$  แสดงดังสมการที่ 8 โดยที่  $y$  คือค่าตรวจวัด  $p$  คือค่าคาดการณ์ และ  $i$  คือลำดับของข้อมูลจนถึง  $n$  ซึ่งคือข้อมูลทั้งหมด  $R^2$  จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่คาดการณ์และปริมาณฝนที่ตรวจวัดมีค่าสูง  $NSE$  (สมการที่ 1)

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(p_i - \bar{p})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}} \right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

อย่างไรก็ตามการประเมินประสิทธิภาพแบบจำลองทั้งสองวิธีดังกล่าวข้างต้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของชุดข้อมูลที่ได้จากการคาดการณ์ เช่น ความแปรปรวนของข้อมูล (Variance) ค่าความผิดปกติของข้อมูล (Outliers) ซึ่งอาจส่งผลให้การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองไม่ถูกต้องอย่างที่ควรเป็น ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงได้เพิ่มวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอีกหนึ่งวิธี คือ hit score ( $H$ ) ซึ่งเป็นการตรวจสอบโดยการแบ่งข้อมูลที่ต่อเนื่อง (Continuous data) ให้เป็น

เป็นวิธีการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยทางการคาดการณ์ปัจจัยต่างๆ เช่น การคาดการณ์ปริมาณฝนหรือปริมาณน้ำท่า (Ridwansyah *et al.*, 2013; Setegn *et al.*, 2014; Saha *et al.*, 2014) สำหรับ  $NSE$  จะมีค่าอยู่ในช่วง  $-\infty$  จนถึง 1 ซึ่งหากผล  $NSE$  ที่ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดอย่างมาก

ข้อมูลเชิงกลุ่ม (Categorical data) และทำการตรวจสอบข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลพยากรณ์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน (Wilks, 1995) โดยแบ่งกลุ่มข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่อยู่ต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐาน กลุ่มที่อยู่ในช่วงมาตรฐาน และกลุ่มที่มีค่าสูงกว่าช่วงมาตรฐาน โดยค่าที่ได้สุดท้ายจะแสดงในรูปของร้อยละ ซึ่งหากผลที่ได้มีค่าสูงแสดงว่าแบบจำลองสามารถแสดงผลการคาดการณ์ปริมาณฝนได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัด การคำนวณค่า  $H$  แสดงดังสมการที่ 9 และ Figure 6

$$H = \left[ \frac{r+v+z}{n} \right] * 100 \dots\dots\dots(9)$$

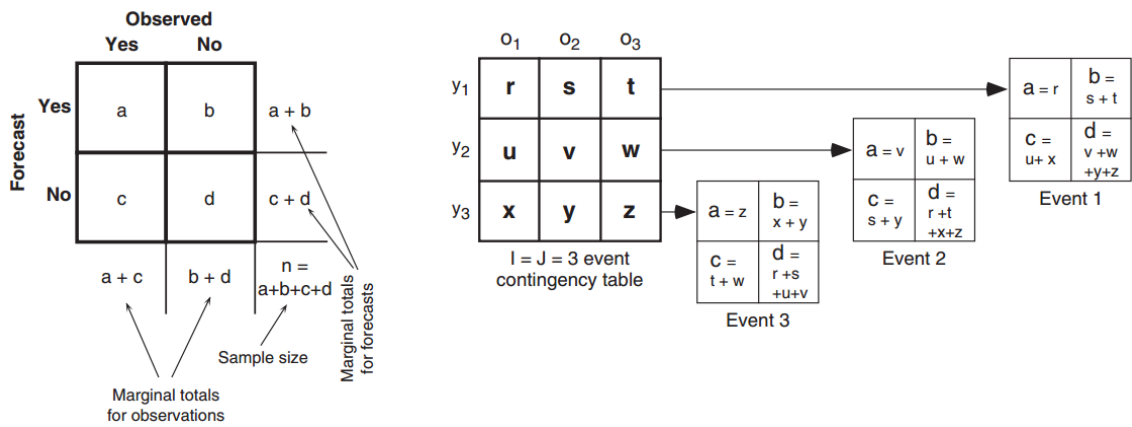


Figure 6 Contingency tables for Hit Score calculation (Wilks, 1995)

**ผลการศึกษา**

ชุดข้อมูลผิวน้ำทะเล 171 ชุดข้อมูลถูกนำเข้าสู่แบบจำลอง SM1 เพื่อทดสอบหาช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์ โดยมีการจำกัดการนำเข้าของข้อมูลในขั้นตอนของการใช้ PCA ทั้งสิ้น 20 ชุดข้อมูลหลัก ดังนั้นจึงมีผลจากการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนทั้งสิ้น 3,420 ชุดข้อมูลจากการใช้อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่ สำหรับการใส่แบบจำลอง SM2 เป็นการนำเข้าไปแต่ละชุดข้อมูลของแต่ละพื้นที่ (จำนวนข้อมูลในเขตทะเลแปซิฟิกเท่ากับ 2,520 ข้อมูล และในเขตทะเลแอตแลนติกเท่ากับ 950 ชุดข้อมูล) และยังคงจัดแบ่งเพื่อหาช่วงเวลาที่เหมาะสมของปัจจัยตั้งต้น (171 ชุดข้อมูล) เช่นเดียวกับแบบจำลอง SM1 เนื่องด้วยปริมาณฝนคาดการณ์ที่ได้จากแบบจำลองมีจำนวนมาก การนำเสนอผลการศึกษาในครั้งนี้จึงนำเสนอเฉพาะผลที่ดีที่สุดที่ได้จากแบบจำลอง

**การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดยแบบจำลองทางสถิติ SM1**

**ผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้**

แบบจำลอง SM1 แสดงดัง Table 1 พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแปซิฟิกเฉลี่ยระหว่างช่วงเดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ในปีเดียวกันกับปีที่คาดการณ์ปริมาณฝนเป็นช่วงเวลาที่ดีที่สุดที่สามารถใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ซึ่งเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้า 4 เดือนก่อนช่วงฤดูฝน โดยเมื่อนำปริมาณฝนที่คาดการณ์ในช่วงเดือนกรกฎาคม – กันยายนเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดในช่วงเดือนเดียวกันระหว่างปี 1970-2002 พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) เท่ากับ 0.22 ค่า NSE เท่ากับ 0.18 และ H เท่ากับ 50% โดยค่าความสัมพันธ์ที่ได้ระหว่างปริมาณฝนคาดการณ์และปริมาณฝนตรวจวัดมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยจาก Figure 7 (A) แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับผลจากการตรวจวัดในช่วงปี 1970-1976 และปี 1987-2001 แต่ในช่วงที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยค่อนข้างสูงเช่นปี 1994 แบบจำลองไม่สามารถแสดงผลที่ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดได้

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบแบบจำลอง SM1 โดยใช้ชุดข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแอตแลนติกเป็นตัวแปรตั้งต้นแทนการใช้ข้อมูลในเขตทะเลแปซิฟิกพบว่า ค่าความสัมพันธ์ของผลการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฝนคาดการณ์กับปริมาณฝนตรวจวัดมีค่าสูงกว่า ( $R^2 = 0.32$ ,  $NSE=0.28$ ,  $H=40\%$ ) โดยช่วงข้อมูลเฉลี่ยระหว่างเดือนกันยายนของปีก่อนหน้าปีที่คาดการณ์จนถึงช่วงเดือนมกราคมในปีเดียวกันกับปีที่คาดการณ์เป็นข้อมูลช่วงที่ดีที่สุดที่ใช้ในการคาดการณ์ ซึ่งเป็น การคาดการณ์ 5 เดือนล่วงหน้าก่อนช่วงฤดูฝน (Figure 7(B)) โดยในช่วงปี 1995-2005 ผลการแบบจำลองมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณฝนจากการตรวจวัด แต่แบบจำลองยังคงไม่สามารถแสดงผลที่ใกล้เคียงกับผลตรวจวัดในช่วงที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยที่สูงเช่นในปี 1993 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ได้มีการควบคุมจำนวนตัวแปรที่นำเข้าสู่วิธีการ PCA เพื่อทดสอบความแปรปรวนของปริมาณฝนที่ได้จากการคาดการณ์เมื่อมีจำนวนตัวแปรตั้งต้นที่แตกต่างกัน

**Table 1** Conclusion of model efficiencies

Model	SST	Period	Lag time	$R^2$	$NSE$	$H$ (%)
SM1	Pacific	Jan(Y)-Feb(Y)	4	0.22	0.18	50
	Atlantic	Sep(Y-1)-Jan(Y)	5	0.32	0.28	40
SM2	Pacific	Jan(Y-1)-Jun(Y-1)	12	0.62	0.62	64
	Atlantic	Aug(Y-1)-Mar(Y)	3	0.52	0.46	55

### การคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดยแบบจำลองทางสถิติ SM2

การคาดปริมาณน้ำฝนโดยแบบจำลองทางสถิติ SM2 เป็นการใช้ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวในแต่ละชุดข้อมูลเป็นปัจจัยตั้งต้น ผลการทดสอบพบว่าอุณหภูมิพื้นผิวเขตแปซิฟิกเฉลี่ยในช่วงเดือน

Table 1 แสดงค่าความสัมพันธ์ของปริมาณฝนคาดการณ์และปริมาณฝนตรวจวัดโดยเป็นผลของการใช้ช่วงเวลาเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดสอบดังกล่าวข้างต้น (ช่วงเวลาเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแสดงดัง Table 1) พบว่าการเปลี่ยนแปลงจำนวนชุดข้อมูลที่นำเข้าสู่ขั้นตอน PCA ส่งผลให้ปริมาณฝนคาดการณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ Figure 8(A) แสดงให้เห็นว่าปริมาณฝนคาดการณ์ที่ดีที่สุดเกิดขึ้นเมื่อนำเข้าข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตแปซิฟิกจำนวน 20 ชุดข้อมูล (D2) เข้าสู่แบบจำลอง จากนั้นเมื่อนำเข้าชุดข้อมูลเพิ่มขึ้นค่าความถูกต้องของปริมาณฝนคาดการณ์มีค่าลดลง

Figure 8(B) แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ชุดข้อมูลผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแอตแลนติกพบว่าเมื่อตรวจสอบจากค่าของ  $R^2$  และ  $NSE$  ผลที่ได้จากการคาดการณ์จะมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มจำนวนชุดของข้อมูล แต่ค่าของ  $H$  จะมีค่าที่แปรปรวนแบบสุ่มเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนชุดข้อมูล

มกราคม – มิถุนายนของปีก่อนหน้าปีที่คาดการณ์ (12 เดือนก่อนหน้า) สามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.62  $NSE$  เท่ากับ 0.62 และ  $H$  เท่ากับ 64% (Table 1) จาก Figure 9 (A) แสดงให้เห็นว่าผลจากแบบจำลองโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มไป

ในทางเดียวกันกับปริมาณฝนตรวจวัด และ ผลจากแบบจำลองสามารถให้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดเมื่อมีปริมาณฝนเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูง เช่นในปี 1994, 1998 และ 2003 ซึ่งแตกต่างจากการใช้แบบจำลอง SM1

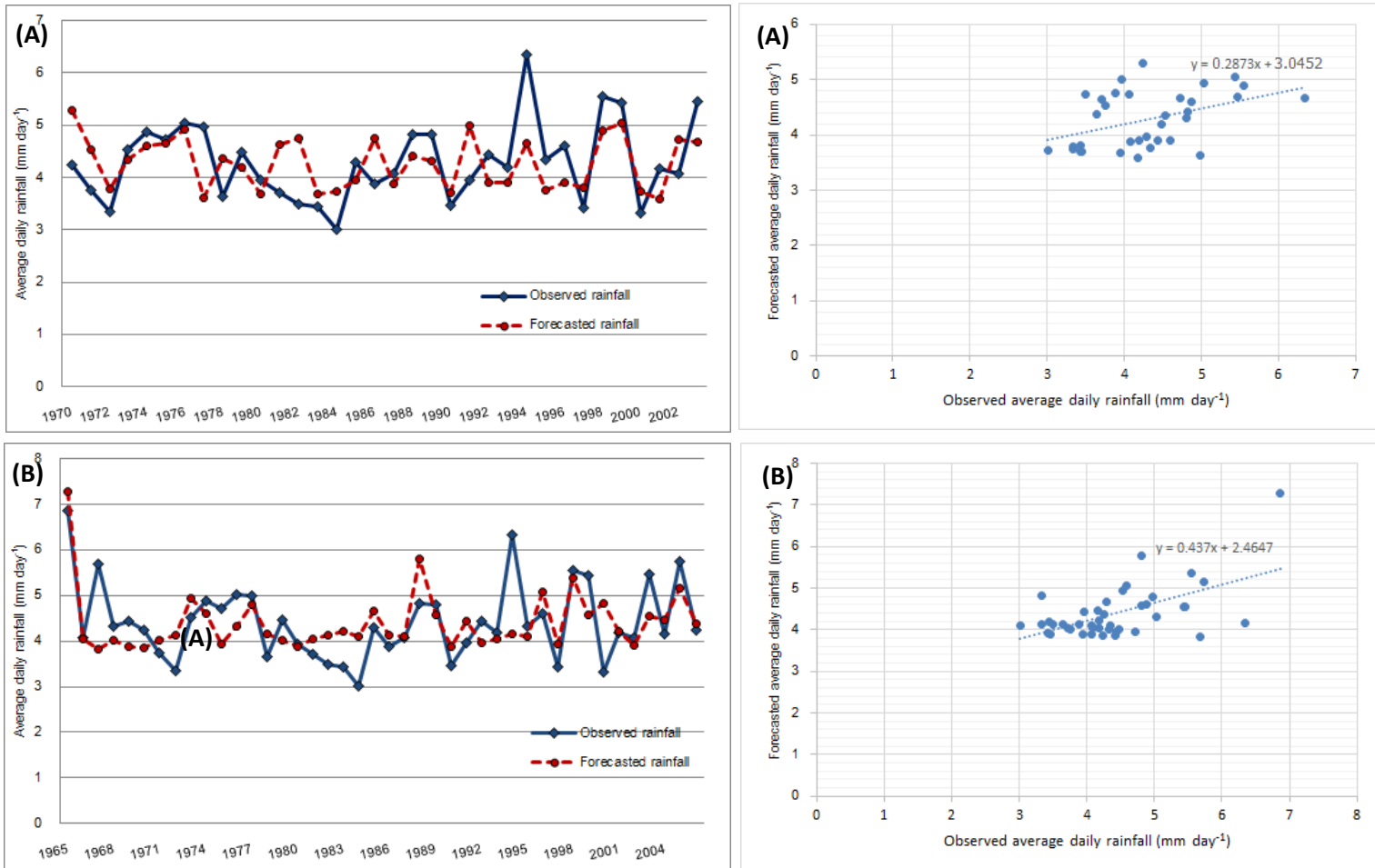
นอกจากนั้นแบบจำลอง SM2 ได้ใช้คาดการณ์ปริมาณน้ำฝนโดยใช้อุณหภูมิพื้นผิวน้ำทะเลในเขตทะเลแอตแลนติกเป็นปัจจัยตั้งต้นพบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนคาดการณ์และปริมาณน้ำฝนตรวจวัดมีค่าต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิในเขตแปซิฟิกเล็กน้อย โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.52  $NSE$  เท่ากับ 0.46 และ  $H$  เท่ากับ 55% (Table 1) โดยช่วงเดือนที่ของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลแอตแลนติกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พยากรณ์ได้แก่ สิงหาคมของปีก่อนหน้าปีที่คาดการณ์จนถึงเดือนมีนาคมในปีเดียวกันกับปีที่คาดการณ์ (3 เดือนก่อนหน้า) และจากFigure 9(B) แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่มีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณฝนตรวจวัด

### วิจารณ์ผลการศึกษา

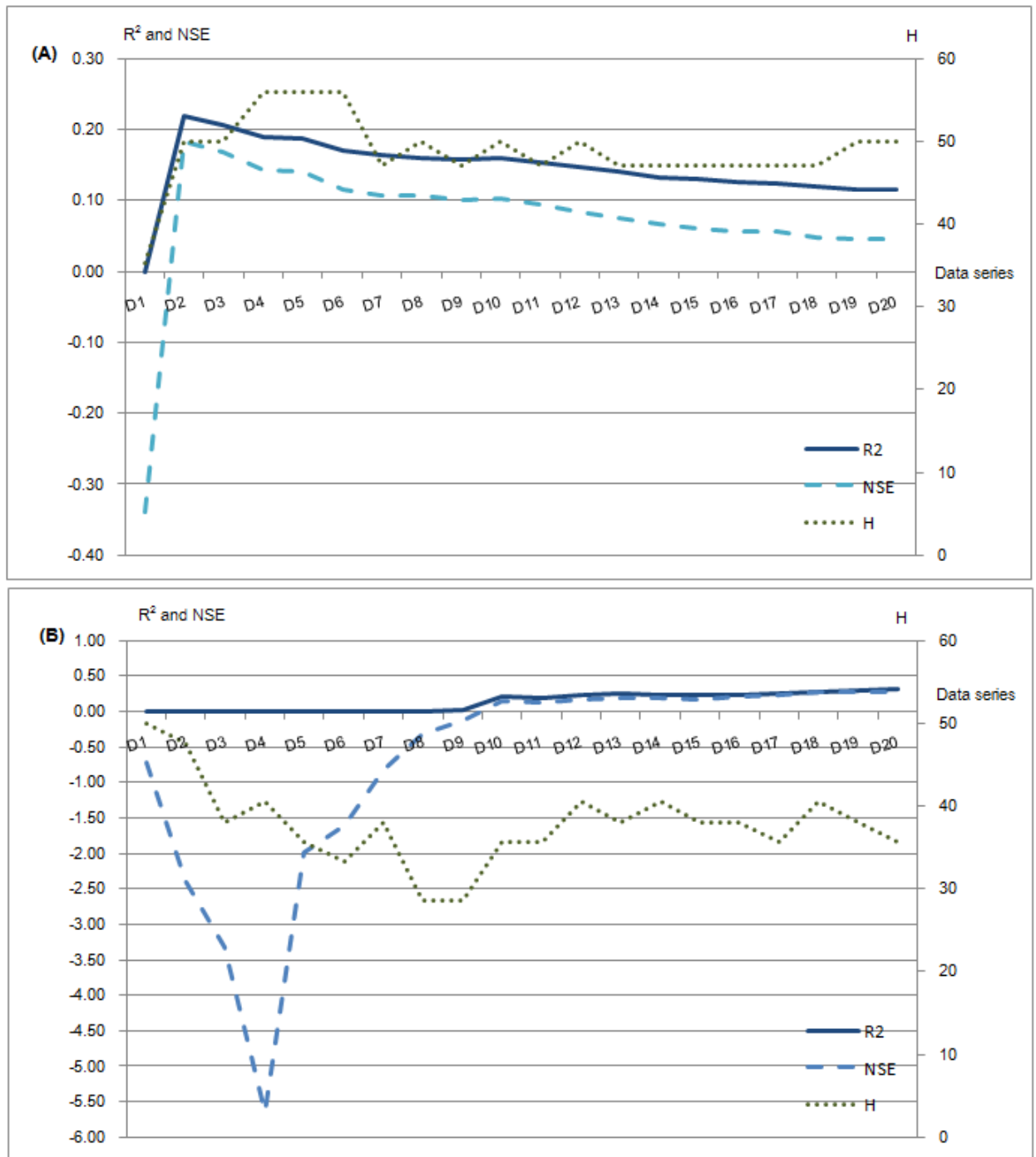
ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลอง (SM2) ซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลผิวน้ำทะเลแต่ละชุดข้อมูลโดยตรงเป็นตัวแปรตั้งต้นในสมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรงสามารถแสดงผลการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้ถูกต้องและมีช่วงเวลาที่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ยาวนานกว่าการใช้แบบจำลอง SM1 อย่างไรก็ตามข้อควรระวังในการใช้แบบจำลอง SM2 คือค่าความไม่แน่นอนของผลที่ได้ (Uncertainty) ซึ่งจะมีค่าที่สูงกว่าการใช้

แบบจำลอง SM1 เนื่องจากแบบจำลอง SM1 ใช้ข้อมูลทั้งชุดข้อมูลของผิวน้ำทะเล และใช้กระบวนการของ PCA ซึ่งเป็นการจัดการข้อมูลใหม่โดยคำนึงถึงค่าความแปรปรวนของชุดข้อมูลจากนั้นจึงนำชุดข้อมูลใหม่มาเป็นตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์ ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงชุดข้อมูลไปจากชุดข้อมูลเดิมเล็กน้อยหรือมีข้อมูลใหม่เพิ่มเติมขึ้น ผลที่ได้จากแบบจำลอง SM2 จะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่าแบบจำลอง SM1 นอกจากนี้การใช้ PCA เป็นเครื่องมือในการจัดการข้อมูลควรคำนึงถึงจำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นสำหรับวิธีการนี้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนของข้อมูลส่งผลโดยตรงต่อการจัดการข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวแปรตั้งต้นในสมการถดถอย

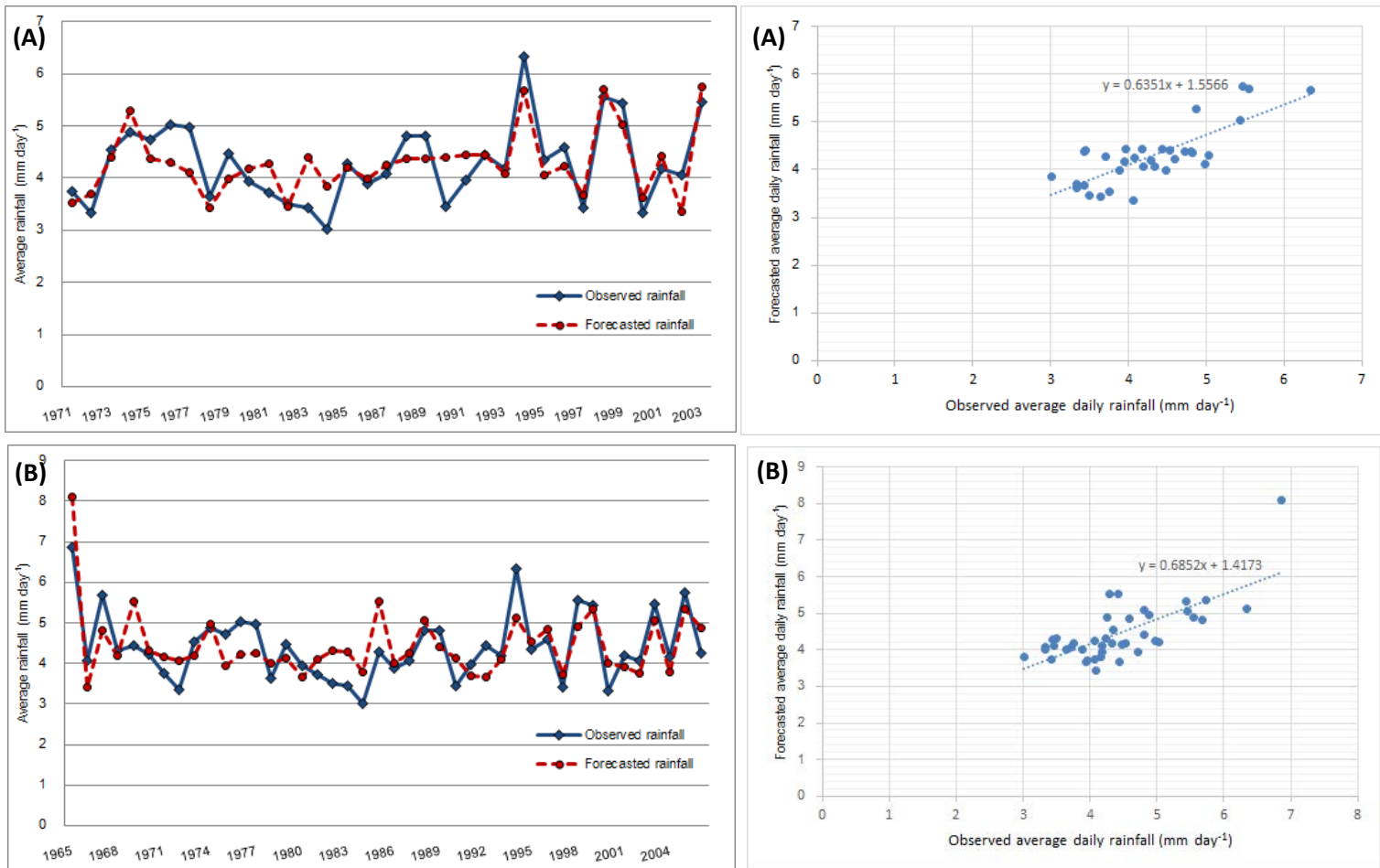
การศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่าการกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเฉลี่ยข้อมูลของตัวแปรตั้งต้นเป็นรายเดือน ราย 3 เดือน หรือราย 6 เดือนก่อนเริ่มการศึกษาวิจัย เพื่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนล่วงหน้าอาจส่งผลให้ผลที่ได้จากแบบจำลองไม่ใช่ค่าที่แม่นยำที่สุดในการคาดการณ์ เนื่องจากการเฉลี่ยข้อมูลโดยการเพิ่มจำนวนข้อมูลในแต่ละเดือนอย่างเช่นวิธีการที่ใช้ในการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จะมีค่าที่แตกต่างกันไปเมื่อช่วงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลตั้งต้นที่นำมาเฉลี่ยต่างกันไป



**Figure 7** Comparison between observed and forecasted rainfalls using the model **SM1** with SSTp (A) and SSTa (B) as predictors



**Figure 8** Model efficiencies with the difference number of input data sets in PCA process (A) for SSTp and (B) for SSTa



**Figure 9** Comparison between observed and forecasted rainfalls using the model SM2 with SSTp (A) and SSTa (B) as predictors

### สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติร่วมกับอุณหภูมิมิวน้ำทะเลเป็นตัวแปรตั้งต้นในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยแบบจำลองทางสถิติ 2 แบบจำลองซึ่งมีกระบวนการที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลอง SM1 มีกระบวนการจัดการข้อมูลโดยการคัดเลือกชุดข้อมูลมิวน้ำทะเลที่สามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณฝนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การจัดการข้อมูลโดยวิธีการ PCA และท้ายสุดคือการใช้สมการถดถอยแบบไม่เป็นเส้นตรงในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน และแบบจำลอง SM2 คือการใช้ชุดข้อมูลมิวน้ำทะเลในแต่ละชุดเป็นตัวแปรตั้งต้นในการถดถอยโดยตรงโดยไม่ผ่านขั้นตอนการ

จัดการข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าการใช้อุณหภูมิมิวน้ำทะเลร่วมกับแบบจำลองทางสถิติสามารถใช้ในการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนได้ โดยมีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางเมื่อใช้แบบจำลอง SM1 และมีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างดีเมื่อใช้แบบจำลอง SM2 โดยสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ 5 เดือน ถึง 12 เดือน ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม แบบจำลองทางสถิติมีความอ่อนไหว (Sensitivity) ต่อข้อมูลที่นำเข้ามาแบบจำลองเป็นอย่างมาก ดังนั้นการใช้งานแบบจำลองควรมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูล และมีการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ในทุกครั้ง

การศึกษาครั้งนี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางสถิติในพื้นที่ลุ่มน้ำ Sirba ประเทศ Niger และ Burkina Faso อย่างไรก็ตามแนวทางการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ วิธีการใช้แบบจำลอง รวมถึงการใช้ตัวแปรตั้งต้นคืออุณหภูมิผิวน้ำทะเลสามารถนำไปปรับใช้ได้กับลุ่มน้ำอื่นได้อย่างง่ายเนื่องจากวิธีการของแบบจำลองที่ไม่มีความซับซ้อน นอกจากนี้ตัวแปรตั้งต้นอื่น เช่น ENSO (El Nino Southern Oscillation) หรือ ความกดดันของลม (Wind stress) รวมถึงพลังงานความร้อน สามารถนำมาใช้ทดสอบร่วมกับอุณหภูมิผิวน้ำทะเล หรือทดสอบแยกแต่ละปัจจัยเพื่อตรวจสอบความสามารถในของตัวแปรดังกล่าวในการใช้เป็นปัจจัยตั้งต้นเพื่อคาดการณ์ปริมาณฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำต่อไป

#### เอกสารอ้างอิง

- Barnston, A.G., W. Thiao and V. Kumar. 1996. Long-lead forecasts of seasonal precipitation in Africa using CCA. *Weather Forecast.* 11:506-520.
- Biasutti, M., D.S. Battisti and E.S. Sarachik. 2004. Mechanism controlling the annual cycle of precipitation in the tropical Atlantic sector in an atmospheric GCM. *J. Climate.* 17:4708-4723.
- Chifurira, R. and D. Chikobvu. 2014. A weighted multiple regression model to predict rainfall patterns: principal component analysis approach. 5:34-42.
- Garric, G., H. Douville and M. Deque. 2002. Prospect for improved seasonal predictions of monsoon precipitation over Sahel. *Int. J. Climatol.* 22:331-345.
- Giannini, A., R. Saravanan and P. Chang. 2003. Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales. *Science.* 302:1027:1030.
- Gissila, T., E. Black, D.I.F. Grimes and J.M. Slingo. 2004. Seasonal forecasting of the Ethiopia summer rains. *Int. J. Climatol.* 24:1345-1358.
- Hatzaki, M., H.A. Flocas, D.N. Asimakopoulos and P. Maheras. 2007. The eastern Mediterranean teleconnection pattern: identification and definition. *Int. J. Climatol.* 27:727-737.
- Kandji, S.T., L. Verchot and J. Mackensen. (2006). Climate change and variability in the Sahel region: impacts and adaptation strategies in the agriculture sector. World Agroforestry Centre and United Nations Environment Program.
- Lee, J.E., B.R. Lintner, J.D. Neelin et al. 2012. Reduction of tropical land region precipitation variability via transpiration. *Geophys. Res. Lett.* 39: L19704 (1-6).
- Liu, Z., and M. Alexande. 2007. Atmospheric bridge, oceanic tunnel, and global climatic teleconnections. *Rev.Geophys.* 45:1-34.



- Luo, L., E.F. Wood and M. Pan. 2007. Bayesian merging of multiple climate model forecasts for seasonal hydrological predictions. *J. Geophys. Res.* 112:D10102.
- Marengo, J.A., I.F.A. Cavalcanti, P. Satyamurty et al. 2003. Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. *Climate Dynam.* 21: 459-475.
- Mason, S.J. 1998. Seasonal forecasting of South Africa rainfall using non-linear discriminant analysis model. *Int. J. Climatol.* 18: 147-164.
- Mo, K.C. and W.M. Thiaw. 2002. Ensemble canonical correlation prediction of precipitation over the Sahel. *Geophys. Res. Lett.* 29:11(1) – 11(4).
- Mohino, E., S. Janicot and J. Bader. 2001. Sahel rainfall and decadal to multi-decadal sea surface temperature variability. *Climate Dynam.* 37:419-440.
- Rowell, D.P. 2001. Teleconnections between the tropical Pacific and the Sahel. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 127:1683-1706.
- Ridwansyah, I., H. Pawintan, N. Sinukaban and Y. Hidayat. 2014. Watershed modeling with ArcSWAT and SUFI2 in Cisadane catchment area: calibration and validation to prediction of river flow. *IJSE.* 6:12-21.
- Saha, P.P., K. Zeleke and M. Hafeez. 2014. Streamflow modeling in a fluctuant climate using SWAT: Yass River catchment in south eastern Australia. *Environ. Earth Sci* 71:5241-5254..
- Sankarasubramanian, A., U. Lall and S. Espinueva. 2008. Role of retrospective forecast of GCMs forced with persisted SST anomalies in operational streamflow forecasts development. *J.Hydrometeor.* 9:212-227.
- Setegn, S.G., A.M. Melesse, A. Haiduk et al. 2014. Modeling hydrological variability of fresh water resources in the Rio Cobre watershed, Jamaica. *Catena.* 120:81-90.
- Sittichok, K., A.D. Gado, O. Seidou et al. 2015. Statistical seasonal rainfall and streamflow forecasting for the Sirba watershed, West Africa, using sea-surface temperatures. *Hydrolog SCI J.* DOI: 10.1080/02626667.2014.944526
- Transboundary Freshwater Spatial Database, 2000. Oregon State University; [www.transboundarywaters.orst.edu](http://www.transboundarywaters.orst.edu)
- Wang, B., B. Xiang, J. Li, P.J. Webster, M. N. Rajeevan, J. Liu and K.J. Ha. 2015. Rethinking Indian monsoon rainfall prediction in the context of recent global warming. *Nat. Commun.* 6:7154.

- Ward, M.N. and C.K. Folland. 1991. Prediction of seasonal rainfall in the North Nordeste of Brazil using eigenvectors of sea-surface temperature. *Int. J. Climatol.* 11:711-743.
- Wilks, D.S. 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences: an introduction.* Academic press. California: A Division of Harcourt Brace & Company.
- Zheng, X., E.A.B. Eltahir and K.A. Emanuel. 1999. A mechanism relating tropical Atlantic spring sea surface temperature and west Africa rainfall. *Q.J.R. Meteorol. Soc.* 125:1129-1163.

**Received 15 July 2016**

**Accepted 26 December 2016**