บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของประชากรเป็นวงกว้างและได้ทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อาศัยสภาพดินฟ้าอากาศเพื่อการเพาะปลูกเป็นหลัก จากการศึกษาในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา พบว่า ประเทศไทยได้ประสบปัญหาที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาทิ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางอุตุนิยมวิทยา รวมถึงปัญหาน้ำท่วมและน้ำแล้งที่เกิดขึ้นในหลายพื้นที่ ซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดี (Taniguchi *et al*., 2007; RC, 2009; Taniguchi *et al*., 2009; Pillai *et al*., 2010; Limsakul, 2013)

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (International Panel of Climate Change: IPCC) ได้กล่าวถึงปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในรอบ 30 ปีที่ผ่านมาของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ว่ามีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งในรูปแบบการตกของฝนและความแห้งแล้งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะมรสุม (IPCC 2013) โดยภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้รวมถึงประเทศไทยมีระดับอุณหภูมิสูงเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 1 °C และมีเหตุการณ์รุนแรงเนื่องจากภัยธรรมชาติที่เกิดจากน้ำท่วมฉับพลันและความแห้งแล้งกระจายอยู่ทั่วไป (IPCC 2013) ซึ่ง Limsakul (2013) ประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่บริเวณชายฝั่งของไทย พบว่า ฝนที่ตกมีปริมาณโดยรวมรายปีเพิ่มมากขึ้นทางฝั่งทะเลอันดามันและจะลดลงทางฝั่งอ่าวไทย อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ปริมาณน้ำฝนโดยรวมทางฝั่งอ่าวไทยจะลดลง แต่ปริมาณฝนที่ตกในแต่ละครั้งมีปริมาณสูงขึ้นหรือต่ำลงมาก ดังนั้น ปัญหาน้ำป่าไหลหลาก การชะล้างหน้าดิน และความแห้งแล้งจึงมีโอกาสเกิดได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ กิจกรรมของมนุษย์ในภาคการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินยังส่งผลเพิ่มเติมให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน และเกิดน้ำท่วมรุนแรงในพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยเช่นเดียวกัน (Thanapakpawin et al. 2007, Turkelboom et al. 2008)

ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศที่กล่าวมาข้างต้น จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรทั้งทางตรงและทางอ้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นไปในแต่ละช่วงเวลา เพื่อใช้คาดการณ์ความเสี่ยงหรือโอกาสในการเกิดภัยพิบัติที่อาจจะส่งผลกระทบต่อการวางแผนในการทำการเกษตรทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ทั้งนี้ การศึกษาลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยอย่างละเอียดยังมีไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาในพื้นที่สูงยังคงขาดข้อมูลสนับสนุนอยู่มาก เนื่องจากมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างจากพื้นที่ราบ และมีความแตกต่างในด้าน microclimate ค่อนข้างชัดเจนในแต่ละพื้นที่ ฉะนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในพื้นที่สูงอย่างละเอียดมากขึ้น ซึ่งการศึกษาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สูงในเขตร้อนบริเวณอื่นชี้บ่งว่า พื้นที่สูงเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างรวดเร็ว (Nyssen *et al*., 2008) และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นที่สูงมักจะเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าบนพื้นที่ราบ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในพื้นที่สูงของประเทศไทยในเชิงลึกให้ละเอียดมากขึ้นเพื่อเป็นการวางแผนรับสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคต ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ที่จะเน้นการศึกษาและปรับปรุงแบบจำลองสำหรับพัฒนาระบบพยากรณ์

สภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ให้สามารถใช้งานร่วมกับฐานข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ได้

การศึกษาในครั้งนี้จะมีการรวบรวมและประเมินข้อมูลสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทยอย่างละเอียดจากฐานข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จากนั้นทำการพยากรณ์เพื่อประมวลข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์และพยากรณ์สภาพอากาศพื้นที่สูงในอนาคตให้มีความถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งการรวบรวมข้อมูลนี้จะประกอบด้วยตัวแปรทางภูมิอากาศในพื้นที่สูง ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล อุณหภูมิ (สูงสุด ต่ำสุด เฉลี่ย) ปริมาณน้ำฝน ระยะทางลม และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น จากนั้นคณะทำงานจะประเมินคุณภาพของข้อมูลทางอุตุนิยมและวิเคราะห์ในเชิงสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ และหารูปแบบการเปลี่ยนแปลง เพื่อใช้ในการพยากรณ์สภาพอากาศในพื้นที่สูงให้ชัดเจนมากขึ้น นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยร่วมกับสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) จะสร้างฐานข้อมูลที่รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเหล่านี้ โดยมีระบบการบันทึกนำเข้าข้อมูลและเชื่อมต่อกับเว็บไซต์ของสถาบันฯ เพื่อให้เป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญในการสืบค้นและการรายงานผลข้อมูล รวมถึงการพยากรณ์เชิงพื้นที่และเวลา เพื่อให้สถาบันฯ นักวิจัย เกษตรกร และผู้ที่สนใจ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ได้ ทั้งนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาอื่นๆ เพื่อให้ข้อมูลเบื้องต้น ดังนี้

2.1 การศึกษาสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย

การประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (International Panel of Climate Change: IPCC 2013) ได้รายงานการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงว่า ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในประเทศไทยจะเพิ่มสูงขึ้น 1.5–2.0 °C ภายใน 40-50 ปีข้างหน้า และระดับอุณหภูมิสูงสุดในตอนกลางวันอาจจะเพิ่มสูงขึ้น 3.0-4.0 °C นอกจากนี้ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (SEA START RC) ได้ใช้ฐานจำลองสภาพภูมิอากาศ ECHAM4 ร่วมกับ PRECISE ตรวจสอบผลจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในประเทศไทยโดยละเอียด พบว่า ช่วงเวลาของการเกิดอากาศร้อนจะยาวนานและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ภาคกลางในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา (Chinvanno *et al*., 2009)

จากการศึกษาของ Chinvanno *et al*., (2009) Singhrattna *et al*., (2012) และ IPCC (2013) ได้บ่งชี้ว่าระบบมรสุมและปริมาณน้ำฝนอาจจะเปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณน้ำฝนในฤดูมรสุมจะมีความแปรปรวน รวมถึงการเกิดน้ำท่วมและน้ำแล้งอาจจะมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้การศึกษาในหลายพื้นที่ของประเทศไทยได้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ โดย Limsakul (2013) ได้ประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ชายฝั่งของไทย พบว่า ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามัน และลดลงทางฝั่งอ่าวไทย แต่ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละครั้งกลับมีค่าเพิ่มสูงขึ้นหรือลดต่ำลงมาก ซึ่งแบบจำลองของ SEA START RC พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปีจะมีความผันผวนในช่วงต้นศตวรรษ แล้วจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่กลางทศวรรษเป็นต้นไป ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลให้มีปัญหาน้ำป่าไหลหลากอย่างรวดเร็ว และเกิดความแห้งแล้งรุนแรงมากขึ้น (Chinvanno *et al*. 2009) นอกจากนี้ ได้มีการสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนในฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง พบว่า พื้นที่ดังกล่าวจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดฝนตกหนักและการเกิดน้ำท่วมมากขึ้น (Phusakulkajorn, 2009; Phusakulkajorn *et al*., 2009) ซึ่งจะส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำป่าไหลหลาก การชะล้างหน้าดิน และการเกิดความแห้งแล้งได้มากขึ้น นอกจากนี้ กิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ส่งผลให้มีการชะล้างพังทลาย

ของดิน และทำให้เกิดน้ำท่วมรุนแรงในประเทศไทยได้ (Thanapakpawin *et al*., 2007; Turkelboom *et al*., 2008) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดสภาพอากาศรุนแรงเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการเกษตรและทำให้วางแผนจัดการได้ยากมากขึ้น

2.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและการศึกษาดัชนีสภาพภูมิอากาศระยะยาวในประเทศไทย

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศหรือข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย มักจะมีการเก็บบันทึกไว้จริง (instrumental records) และสืบค้นย้อนหลังไปได้มากที่สุดไม่เกิน 100 ปี (Auynirundronkool *et al*., 2012; TMD, 2012; Gale and Saunders, 2013; Muangsong *et al*., 2013) โดยข้อมูลส่วนใหญ่มักจะเป็นข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำท่า และตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอื่นๆ ที่สามารถย้อนหลังไปได้ประมาณ 60 ปี หรืออาจจะสั้นกว่านั้นมาก (TMD, 2012) ในกรณีที่มีข้อมูลสภาพภูมิอากาศไม่ยาวมากนักอาจจะทำให้ไม่เพียงพอต่อการนำมาวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง หรือระบุความเสี่ยงของพื้นที่ต่อสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงรุนแรง (Wang and Ding, 2006) การสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ข้อมูลพยากรณ์ระดับพื้นที่อย่างสมบูรณ์นั้น นักวิจัยจะต้องมีการบูรณาการข้อมูลในหลายด้าน ทั้งข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอดีตจากชุดตัวแทนอื่น (paleoclimate proxies) เช่น จากวงปีไม้หรือหินงอกหินย้อยในพื้นที่สูงของประเทศไทย ข้อมูลเหล่านี้จะบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของการเติบโตของต้นไม้หรือการสะสมของชั้นหินงอกหินย้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ที่จะช่วยให้นักวิจัยสามารถสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ในระยะเวลานานหลายร้อยปี (Buckley *et al*., 2007; Cai *et al*., 2010; Pumijumnong and Eckstein, 2011; Muangsong *et al*, In press)

จากการศึกษาข้อมูลสภาพอากาศในปัจจุบันและอดีต ได้ชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยกับข้อมูลจาก ocean-atmosphere climatic coupling หลากหลายรูปแบบ เช่น ปรากฏการณ์ El Nino-Southern Oscillation (ENSO) Indian Ocean Dipole (IOD) และ Pacific Decadal Oscillation (PDO) เป็นต้น ซึ่งการศึกษาของ Singhratina (2005) พบว่า ปริมาณน้ำฝนในช่วงมรสุมของประเทศไทยขึ้นอยู่กับการเกิดปรากฏการณ์ ENSO เป็นอย่างมาก และอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะการหมุนเวียนอากาศ Walker Circulation ที่ทำให้เกิดฝนตกและความแห้งแล้งที่มีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน นอกจากนี้ Uengsawat and Jintrawet (2013) พบว่า ปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำปิงที่จะไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยามีความเกี่ยวข้องกับการเกิดปรากฏการณ์ ENSO และอาจจะสามารถใช้ Southern Oscillation Index หรือ Nino3.4SST เพื่อช่วยในการพยากรณ์ปริมาณน้ำได้

Muangsong *et al*. (in press) ศึกษาออกซิเจนไอโซโทปในหินงอกหินย้อยจากถ้ำในจังหวัดแม่ฮ่องสอนเพื่อบ่งบอกถึงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่สูงของแม่ฮ่องสอนในช่วงเวลา 387 ปีก่อน พบว่า พื้นที่ศึกษาได้เกิดฝนตกหนักและมีความรุนแรงในช่วงที่มีปรากฏการณ์ IOD และ ENSO เกิดขึ้น ในขณะที่ Cai *et al*. (2010) ศึกษาหินงอกหินย้อยอายุ 105 ปี ในพื้นที่แม่ฮ่องสอนเช่นเดียวกัน พบว่า ปริมาณน้ำฝนอาจจะเกี่ยวข้องและได้รับผลกระทบจาก Western Pacific Warm Pool (WPWP) นอกจากนี้ การศึกษาวงปีไม้บนพื้นที่สูงของประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้าน สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายปีได้เช่นเดียวกัน (Cook *et al*, 2010) การศึกษาวงปีไม้ทางตอนเหนือประเทศไทย (Buckley *et al*., 2007; Sano *et al*., 2009; Cook *et al*., 2010) จะพบรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของต้นไม้กับ ENSO เช่นเดียวกับ Buckley *et al*. (2007) ที่ศึกษาวงปีไม้สักในภาคเหนือของไทยจากปัจจุบันย้อนกลับไปในอดีตได้

ถึง 448 ปี พบว่า ความแห้งแล้งในพื้นที่สูงทางเหนือมีความเกี่ยวข้องกับ ENSO และ Walker Circulation change (Buckley *et al*., 2007) เช่นเดียวกับ Pumijumnong และ Eckstein (2011) ที่ได้ศึกษาวงปีไม้สนสองชนิด (Pinus merkusii และ Pinus kesiya) ในภาคเหนือฝั่งตะวันตก ซึ่งได้ข้อมูลย้อนหลังไป 314 ปี และจากการศึกษา พบว่า ผลกระทบจากลักษณะของภูมิอากาศก่อนหน้ามรสุมเป็นตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ IOD เนื่องจากข้อมูลระยะยาวเหล่านี้บ่งบอกว่า ocean-atmosphere climatic coupling มีผลต่อลักษณะอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการบูรณาการข้อมูลจากการตรวจวัดข้อมูลภูมิอากาศจริงด้วยเครื่องมือจากอดีตถึงปัจจุบัน ร่วมกับการใช้ข้อมูลดัชนีสภาพภูมิอากาศในอดีตจากวงปีไม้ หินงอก หินย้อย หรือข้อมูลอื่น เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในแต่ละพื้นที่

2.3 มนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อม

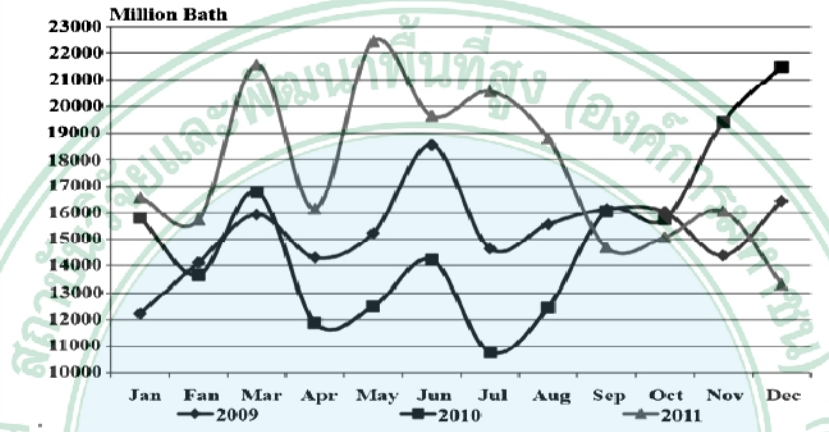
การขยายเขตเมืองและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างไร้ทิศทางของมนุษย์ ได้ส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และอาจจะส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง Thi *et al*. (2012) ได้ศึกษาการใช้ที่ดินในประเทศไทยจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า ประเทศไทยมีการขยายพื้นที่ในเขตเมืองเพิ่มมากขึ้นถึง 141% จากปี พ.ศ. 2533 ถึง พ.ศ. 2548 ทั้งนี้ 69% ของพื้นที่ป่าได้ถูกทำลายไป และ Hara *et al*. (2005) คาดการณ์ว่าการตั้งที่อยู่อาศัยได้ไปแทนที่พื้นที่การเกษตรในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างด้วย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและอุทกวิทยา โดยมีโอกาสทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน และการเกิดน้ำท่วมฉับพลันเพิ่มมากขึ้น Thanapakpawin *et al*. (2007) แสดงให้เห็นว่าการทำลายป่าไม้เพื่อการเกษตรและการสร้างบ้านตั้งถิ่นฐานได้ทำให้มีพื้นที่เกิดน้ำท่วม น้ำแห้งแล้ง รวมถึงปัญหาน้ำป่าไหลหลากรุนแรงเพิ่มขึ้น และมีการพังทลายของดินและตะกอนมากขึ้นในลุ่มน้ำแม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ จึงต้องมีการนำข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ที่ดินและการจัดการน้ำในแต่ลุ่มน้ำมาใช้ร่วมกับการศึกษาสภาพปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน เพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

2.4 ผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงและสภาพอากาศรุนแรงต่อภาคเกษตรกรรม

ปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำ หรือการกัดเซาะชายฝั่ง ได้ส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมเป็นอย่างมากทั้งทางตรงและทางอ้อม การเกิดน้ำท่วมและแห้งแล้งอย่างรุนแรงสามารถสร้างความเสียหายอย่างเฉียบพลัน เช่น การเกิดน้ำท่วมครั้งรุนแรงในปี พ.ศ. 2554 ที่มีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์ La Nina ที่ทำให้เกิดฝนตกหนักภายหลังความแห้งแล้ง ประกอบกับการจัดการน้ำที่ไม่ดี (Ziegler *et al*., 2012) ทำให้ประเทศไทยได้รับความเสียหายทางการเกษตรมากถึง 1.3 ล้านเหรียญสหรัฐ หรือเกินกว่า 42 ล้านบาท (WorldBank, 2011) ปริมาณการผลิตข้าวของไทยได้ลดลงอย่างมาก มูลค่าการผลิตข้าวในปีนั้นลดลงไปถึง 37% จากปีก่อนหน้าดังภาพที่ 1 (Nara *et al*., 2014) ซึ่ง Son *et al*. (2013) ได้ทำการศึกษาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบโดยการใช้ภาพถ่ายดาวเทียม MODIS และพบว่า น้ำท่วมในปี พ.ศ. 2554 สร้างความเสียหายต่อพื้นที่ปลูกข้าวถึง 16.8% เทียบกับความเสียหาย 4.9% ในปี พ.ศ. 2551 Phuphak and Bouman (2008) ได้สร้างแบบจำลองเพื่อตรวจสอบผลผลิตข้าวในลุ่มน้ำลำโดมใหญ่ พบว่า ความเสี่ยงจากความเสียหายของผลผลิตข้าวจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนมากกว่าพื้นที่ตั้งและลักษณะพื้นที่

นอกจากนี้ สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงโดยเฉพาะระดับอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนก็จะมีผลกระทบโดยตรงต่อไม้ผลที่ต้องการอุณหภูมิต่ำๆ เช่น ลิ้นจี่ เนื่องจากไม้ผลเหล่านี้ต้องการระยะพักตัวจากความเย็นให้

พอเพียง และต้องไม่หนาวเกินไปหรือหนาวนานเกินไปที่จะทำให้เกิดความเสียหาย หากอุณหภูมิสูงขึ้นมากจนทำให้ผลไม้ไม่มีระยะพักตัวจากความเย็นเพียงพอ ก็อาจจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรลดต่ำลง เช่น ไม้ผลไม่ออกดอก สร้างผลน้อย หรือสุกไม่พร้อมเพรียง (Campoy *et al*., 2011; Darbyshire *et al*., 2011; Luedeling, 2012) ซึ่งหลายพื้นที่ทั่วโลกก็ได้ประสบปัญหาลักษณะเดียวกันนี้ เช่น จากการประเมินข้อมูลในประเทศ South Africa ในช่วง 37 ปีที่ผ่านมา พบว่า ไม้ตระกูลแอปเปิ้ลและลูกแพร์มีการออกดอกก่อนฤดูกาลปกติเนื่องจากมีระดับอุณหภูมิที่สูงขึ้น (Grab and Craparo, 2011) อุณหภูมิกลางคืนที่สูงขึ้นเร็วกว่าการเปลี่ยนแปลงในเวลากลางวัน ก็มีผลกระทบต่อผลไม้เมืองหนาวสำคัญ เช่น สตรอเบอรี่ (Sønsteby and Heide, 2008) เนื่องจากพืชแต่ละชนิดพันธุ์ก็จะมีปัจจัยที่ควบคุมทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมต่างกันออกไป



ภาพที่ 2-1 มูลค่าผลผลิตข้าวของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2552–2554 โดยน้ำท่วมในฤดูฝนในปี พ.ศ. 2554 (ค.ศ. 2011) ได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก (ปรับปรุงจาก Nara, 2014)

อย่างไรก็ตาม ได้มีงานวิจัยที่พยายามจะหาความสัมพันธ์ของปัจจัยสภาพอากาศที่เป็น ocean-atmosphere coupling กับผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทย โดย Jinatrana (2011) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของการเกิดปรากฏการณ์ ENSO ที่ผิดปกติ และปริมาณผลผลิตข้าวจากลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบนในช่วงฤดูฝน ในปี พ.ศ. 2523–2546 พบว่า ถึงแม้ปรากฏการณ์ ENSO จะทำให้ปริมาณฝนลดลงในปีที่มี El Nino แต่ก็ไม่ส่งผลต่อผลผลิตข้าวชัดเพียงพอถึงแม้ว่าพื้นที่นาส่วนใหญ่ (65%) ของประเทศไทยจะใช้น้ำฝนจากธรรมชาติ ทั้งนี้งานวิจัยในรูปแบบเดียวกันสำหรับพื้นที่อื่นได้แสดงให้เห็นว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ ENSO มีผลต่อการส่งออกข้าวไปยังประเทศต่างๆ และบางครั้งการเปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่ของประเทศเดียวกันก็อาจจะมีความแตกต่างกันมาก เช่น Zubair (2002) ศึกษาพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศศรีลังกา พบว่า ในปีที่เกิดปรากฏการณ์ La Nina จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตข้าวในช่วงฤดูแล้งเพิ่มมากขึ้น แต่ผลผลิตกลับลดลงในฤดูฝนของปีนั้น ทั้งนี้เนื่องจากปรากฏการณ์ ENSO มีผลต่อทั้งปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิหลายรูปแบบตลอดทั้งปี

การศึกษาเหล่านี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับภูมิอากาศในเชิงเกษตรกรรม โดยใช้การวิเคราะห์ตัวแปรหลากหลายตัวแปรร่วมกันและการประเมิน Cross-correlation ของการเกษตรร่วมกับปัจจัยสภาพภูมิอากาศ (เช่น ดัชนี Nino3.4SST ที่บ่งบอกถึงสถานะของ ENSO) โดยเฉพาะในช่วงที่มีสภาพอากาศรุนแรง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการประเมินผลกระทบของสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงที่อาจจะส่งผลต่อเนื่องถึงผลผลิตนอกช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม จะต้องมีการศึกษาลักษณะ

การเปลี่ยนแปลงของ ocean-atmosphere climate forcing ร่วมด้วยในบริบทของความเสี่ยงต่อความรุนแรงของสภาพอากาศและฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปต่อผลกระทบต่อเกษตรกรรม ทำให้เกิดการวางแผนการปลูกพืชและการทำการเกษตรที่เหมาะสมต่อไปในอนาคต

2.5 การพยากรณ์ข้อมูลภูมิอากาศ

2.5.1 โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ (Back propagation artificial neural network)

โครงข่ายประสาทเทียม คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับคำนวณเพื่ออธิบายกระบวนการแบบไม่เชิงเส้นที่ซับซ้อน โดยเทคนิควิธีการนี้ได้มาจากการเลียนแบบโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมองของมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) และจุดประสานประสาท (synapses) ดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียมจึงมีการทำงานโดยเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาทจนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกัน

โครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วยเซตของบัพ (node) ซึ่งอาจจะถูกกำหนดให้เป็นบัพอินพุต (input nodes) บัพเอาต์พุต (output nodes) หรือ บัพอยู่ระหว่างกลางซึ่งเรียกว่า บัพซ่อนตัว (hidden nodes) และมีการเชื่อมต่อระหว่างบัพ (หรือนิวรอน) โดยกำหนดค่าน้ำหนัก (weight) กำกับอยู่ที่เส้นเชื่อมทุกเส้นที่ต่อระหว่างบัพ เมื่อข่ายงานเริ่มทำงาน จะมีการกำหนดค่าให้แก่บัพอินพุต จากนั้นบัพอินพุตจะส่งค่าที่ได้รับไปตามเส้นเชื่อมขาออก โดยค่าที่ส่งออกไปจะถูกคูณกับค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมเพื่อเป็นค่าที่รับเข้ามาสำหรับบัพในชั้นถัดไปซึ่งเป็นผลรวมจากบัพต่างๆแล้วจึงคำนวณผลออกมาเป็นเอาท์พุต

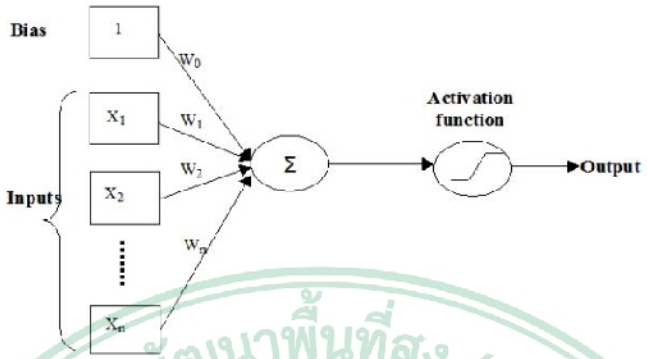
โครงข่ายประสาทเทียมชนิดแพร่กลับ (Backpropagation) เป็นการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ โดยข้อมูลจะผ่านเข้าโครงข่ายประสาทเทียมที่ชั้นข้อมูลเข้าและจะส่งผ่านจากอีกชั้นหนึ่งไปสู่อีกชั้นหนึ่งจนกระทั่งถึงชั้นข้อมูลออก แต่หากเกิดผลต่างของผลตอบที่แท้จริง (Actual Response) กับผลตอบเป้าหมาย (Target Response) โครงข่ายประสาทเทียมก็จะส่งสัญญาณผิดพลาด (Error Signal) ย้อนกลับเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียมในทิศทางตรงกันข้ามกับการเชื่อมต่อ และค่าน้ำหนักของการเชื่อมต่อจะถูกปรับจนกระทั่งผลตอบที่แท้จริงเข้าใกล้ผลตอบเป้าหมาย

โดยทั่วไปโครงข่ายประสาทเทียม (ภาพที่ 2-2) ประกอบไปด้วยสามส่วนหลักใหญ่ๆ ดังนี้

1. Input layer
2. Hidden layer
3. Output layer

ในแต่ละเลเยอร์จะประกอบไปด้วยบัพซึ่งมีจำนวนที่ต่างไปขึ้นอยู่กับลักษณะงานดังแสดงในรูปที่ 1 และโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งๆอาจประกอบไปด้วยชั้นซ่อนตัวมากกว่า 1 ชั้นได้ และในแต่ละชั้นของชั้นซ่อนตัว (Hidden Layer) จะมีฟังก์ชันสำหรับคำนวณเมื่อได้รับสัญญาณจากโหนดในชั้นก่อนหน้านี้ ฟังก์ชันที่ใช้ในการรวมค่านี้เรียกว่า Activation Function โดยในแต่ละชั้นไม่จำเป็นต้องเป็นฟังก์ชันเดียวกันก็ได้ ชั้นซ่อนตัวนั้นมีหน้าที่สำคัญคือจะต้องพยายามแปลงข้อมูลที่เข้ามาในชั้น (Layer) นั้นๆให้สามารถแยกแยะความแตกต่างโดยใช้เส้นตรงเส้นเดียว (Linearly Separable) และก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งไปถึงชั้นข้อมูลออก (Output

Layer) ในบางครั้งอาจจำเป็นต้องใช้ชั้นซ่อนตัวมากกว่า 1 ชั้นในการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป Linearly Separable



ภาพที่2-2 โครงข่ายประสาทเทียมแบบชั้นซ่อนตัวเดียว

2.5.2 Wavelet decomposition

การแปลงแบบ Wavelet เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายโครงสร้างของระบบสัญญาณที่ประกอบด้วยสัญญาณเฉพาะหลายๆสัญญาณมารวมกัน โดยมีหลักการคือแปลงสัญญาณจาก Time Domain ไปเป็น Frequency Domain การแปลง wavelet แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ

1. การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วย หรือ DWT (Discrete wavelet transform)
2. การแปลงเวฟเลตแบบต่อเนื่อง หรือ CWT (Continuous wavelet transform)

ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การแปลงเวฟเลตแบบเต็มหน่วยในการพิจารณาร่วมกับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อใช้ในการพยากรณ์สภาพภูมิอากาศ การแปลง wavelet ของสัญญาณจะแสดงในรูปของผลรวมสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) และองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) ในระดับต่างๆ โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์ wavelet ทำหน้าที่เป็นค่าน้ำหนักขององค์ประกอบความถี่แต่ละระดับ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่ต่ำและความถี่สูงสามารถหาได้จากการใช้ตัวกรองประเภท low-pass และ high-pass ตามลำดับ ด้วยการแปลง wavelet แบบ A` trous (A` trous wavelet transformation) ที่มีคุณสมบัติที่ให้ค่าสัญญาณที่มีความยาวเท่าเดิมซึ่งต่างจากการแปลง wavelet ในแบบอื่นๆที่มักจะตัดความยาวเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของสัญญาณเดิม เราจะได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ขององค์ประกอบความถี่ต่ำและความถี่สูงสามารถหาได้ดังนี้

หากมีสัญญาณที่ขึ้นกับเวลา x(t) สัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) ที่ค่า resolution ระดับ j ณ ตำแหน่ง k (นั่นคือ $C_j(k)$) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$C_j(k) = \sum_{l=0}^{N} h(l) C_{j-1}\left(k + 2^j l\right) \quad \text{.....(1)}$$

โดย *h(l)* คือ low-pass filter

ส่วนสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) ที่ค่า resolution ระดับ j ณ ตำแหน่ง k (นั่นคือ $w_j(k)$) สามารถคำนวณได้จากผลต่างระหว่างสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) สองระดับที่อยู่ติดกันดังสมการที่ 2

$$W_j(k) = C_{j-1}(k) - C_j(k) \quad \text{.....(2)}$$

ดังนั้น สัญญาณ x(k) ที่ต้องการสามารถสร้างได้จากสัญญาณองค์ประกอบความถี่สูง (Detailed Version) และสัญญาณองค์ประกอบความถี่ต่ำ (Approximated Version) ดังสมการที่ 3

$$x(k) = C_N(k) + \sum_{j=1}^{N} W_j(k) \quad \text{.....(3)}$$

โดย N คือค่าระดับ resolution