การใช้โครงข่ายของเบย์สในการกำหนดพารามิเตอร์เชิงพื้นที่ เพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าว

Application of A Bayesian Network in Spatial Parameterization For Rice Yield Estimation

เฉลิมพล สำราญพงษ์[1]

Chalermpol Samranpong[1]

[1]ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตของพืชเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนทั้งในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่แบบจำลองพืชจึงมีความต้องการรายละเอียดของข้อมูลเกี่ยวกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชในการคาดการณ์ผลผลิต ลักษณะของข้อมูลเหล่านี้มักประกอบด้วยความไม่แน่นอน (Uncertainty) ผลของการใช้ข้อมูลป้อนที่ไม่แน่นอนก่อให้เกิดความคาดเคลื่อนของผลการคาดการณ์

โครงข่ายของเบย์ส (Bayesian Networks, BNs) ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวโดยอาศัยหลักการประเมินความเหมาะสมของที่ดินและการปรับปรุงคุณภาพที่ดิน แบบจำลองเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่และที่ไม่ใช่เชิงพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) 0 และความกำกวม (Ambiguity) ข้อมูลภูมิอากาศสมบัติของดิน และการเขตกรรมถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรที่ป้อนเข้าสู่แบบจำลอง ตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองถูกกำหนดไว้ในความสัมพันธ์เชิงเหตุ (Causal Relationship) โครงข่ายของเบย์สมีความสามารถในการคาดการณ์ผลผลิตของพืชโดยใช้เทคนิคในการกำหนดค่าพารามิเตอร์และตัวแปรเชิงพื้นที่ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการสำรวจกับผลผลิตคาดการณ์พบว่า ผลผลิตคาดการณ์มีความแตกต่างจากผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงในช่วง - 0.04 (Under-Estimate) ถึง 0.80 (Over-Estimate) ตันต่อเฮกตาร์ความแตกต่างที่น้อยที่สุดคือ 0.03 ตันต่อเฮกตาร์ แบบจำลองแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเครื่องมือที่ใช้องค์ความรู้และข้อมูลที่มีอยู่ในประเทศไทยเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของข้าวและพืชที่สำคัญอื่นๆ

คำสำคัญ : โครงข่ายของเบย์ส / แบบจำลองข้าว / ระบบภูมิสารสนเทศ / ความไม่แน่นอน / พารามิเตอร์เชิงพื้นที่

ABSTRACT

Crop growth is a complex process both in space and time. Crop modeling requires detailed knowledge on many variables in predicting yield. The nature of these data carries some degree of uncertainty. The uncertain input data can cause uncertainty in the result of the prediction.

Bayesian Networks (BNs) were used for model development to predict rice yield based on land evaluation and land quality improvement approaches. The model was linked to GIS and supported spatial and non-spatial information that are inherently uncertainty and ambiguity. Climate, soil properties, and cultural practices were used as input variables of model. Variables in the model and their relationships were defined in the causal relationship. Bayesian network is capable to predict crop yield using techniques to determine the spatial parameters and variables. A comparison between actual and estimated yields has been made. The estimated yield is different from the actual yield in the range of-0.04

(under-estimate) to 0.80 (over-estimate) ton per hectare. The smallest difference is 0.03 ton per hectare. The model demonstrates the potential toolthat uses the available knowledge and information in Thailand in order to predict the yield of rice and other major crops.

Keywords : Bayesian Networks / Rice Model / GIS / Uncertainty / Spatial Parameterization

บทนำ

แบบจำลองพืชเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร การเจริญเติบโตของพืชเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนทั้งในเชิงเวลาและเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ ตลอดจนการจัดการของเกษตรกร โดยธรรมชาติของปัจจัยเหล่านี้มักประกอบด้วยความไม่แน่นอนซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 กุล่ม (Whitsed R.2012) ได้แก่ ความแปรปรวนทางสิ่งแวดล้อม เชิงพื้นที่และเชิงเวลา ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลและสารสนเทศ และความไม่แน่นอนอันเกิดจากการใช้ผลของแบบจำลอง

ข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองเป็นปัจจัยกำหนดความถูกต้องของการคาดการณ์ โดยทั่วไปข้อมูลที่ให้แก่แบบจำลองมีความไม่แน่นอนหรือกำกวมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ หรือเป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงสถิติหรือจำลองด้วยแบบจำลอง นอกจากนี้ เมื่อแบบจำลองต้องทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ ความแปรปรวนเชิงพื้นที่จะมีผลต่อผลการจำลองอีกด้วย

องค์ความรู้ในการปลูกพืชของไทยได้รับการสะสมมาเป็นระยะเวลายาวนาน ทั้งจากการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์เกษตรและความรู้ที่เกษตรกรเรียนรู้จากการปฏิบัติ องค์ความรู้เหล่านี้เป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยให้การพัฒนาระบบการผลิตทางเกษตรและการคาดการณ์ผลผลิตพืชของไทย

แบบจำลองเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าวเชิงประจักษ์ถูกพัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักการโครงข่ายของเบย์ส (Bayesian Networks) และการบูรณาการองค์ความรู้ด้านการเกษตรจากแหล่งข้อมูลต่างๆ โครงข่ายของเบย์สถูกนำมาใช้เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อผลผลิต

วัตถุประสงค์

บทความนี้นำเสนอหลักการโครงข่ายของเบย์สที่เชื่อมโยงกับระบบภูมิสารสนเทศเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโดยอาศัยหลักการประเมินคุณภาพที่ดินเพื่อการปลูกพืชและการจัดการเพื่อปรับปรุงคุณภาพที่ดิน ระบบภูมิสารสนเทศทำหน้าที่จัดหาข้อมูลป้อนให้แก่แบบจำลอง จัดเก็บผลลัพธ์ของแบบจำลอง และแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบแผนที่ วิธีการกำหนดค่าตัวแปรเชิงพื้นที่ที่มีความไม่แน่นอนและความกำกวมได้รับการนำเสนอ ผลการจำลองด้วยแบบจำลองได้รับการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้รับการสำรวจในพื้นที่ นอกจากนี้บทความยังได้เสนอแนะโอกาสและข้อจำกัดของแบบจำลองเพื่อการปรับปรุงและพัฒนาวิธีการคาดการณ์ผลผลิตพืชด้วยหลักการโครงข่ายของเบย์สในอนาคต

วิธีการศึกษา

ลุ่มน้ำแม่ทาซึ่งครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดลำพูนและเชียงใหม่ถูกเลือกใช้เป็นพื้นที่ศึกษา ลุ่มน้ำแม่ทามีเนื้อที่ประมาณ 948.2 ตร.กม. ร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมดถูกใช้ในการปลูกข้าว (ถาวร อ่อนประไพ. 2552) พันธุ์ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ กข6 และมีข้าวเหนียวสันป่าตองบ้างในบางพื้นที่ กข6 เป็นพันธุ์ข้าวไวแสง ทนแล้ง ให้ผลผลิตสูงประมาณ 666 กก.ต่อไร่ (4.16 ตันต่อเฮคแตร์) (กรมการข้าว. 2555)

โครงข่ายของเบย์ส (Bayesian networks)

โครงข่ายของเบย์สเป็นแบบจำลองความน่าจะเป็นเชิงกราฟิกที่แสดงเซตของตัวแปรและค่าความน่าจะเป็นอิสระของตัวแปร (Pollino C.A. 2007) โครงข่ายของเบย์สสามารถบูรณาการองค์ความรู้และสารสนเทศจากแหล่งต่างๆ เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองที่รับมือกับความไม่แน่นอนและความซับซ้อนของระบบโดยใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นของเบย์สผ่านการสื่อสารเชิงกราฟิก (Uusitalo L. 2007) Iizumi และคณะ (2009) ใช้หลักการความน่าจะเป็นของเบย์สในการพัฒนาแบบจำลอง

ข้าวโดยใช้ความสัมพันธ์เชิงเหตุระหว่างข้อมูลภูมิอากาศ ความยาววัน พันธุ์ข้าว และการพัฒนาชีพลักษณ์ของข้าว และนำไปสู่การคาดการณ์ผลผลิต Gambelli และ Bruschi (Gambelli D. 2010) แสดงให้เห็นประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของโครงข่ายของเบย์สในการใช้ข้อมูลเชิงตัวเลขและเชิงพรรณนา

โครงข่ายของเบย์สประกอบด้วย 3 องค์ประกอบสำคัญ (Cain J. 2001) ได้แก่ (1) เซตของโหนดที่แสดงถึงตัวแปรของระบบ (2) เซตของเส้นเชื่อมความสัมพันธ์เชิงเหตุ (Causal Relationship) ระหว่างตัวแปร และ (3) เซตของค่าความน่าจะเป็นที่จำเพาะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร แต่ละโหนดในโครงข่ายประกอบด้วยเซตของสถานะ (State) ซึ่งเป็นช่วงค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปรความน่าจะเป็นของตัวแปรในสถานะต่างๆ ของแต่ละโหนดถูกจัดเก็บไว้ในตารางความน่าจะเป็นเชิงเงื่อนไข (Conditional Probability Table, CPT) ความน่าจะเป็นของแต่ละสถานะของโหนดลูกเกิดจากเงื่อนไขสถานะของตัวแปรในโหนดแม่ และสามารถคำนวณได้ตามทฤษฎีความน่าจะเป็นของเบย์ส (Bayes' theorem) การกำหนดเงื่อนไขความน่าจะเป็นของสถานะต่างๆ ในแต่ละโหนดทำได้โดยการรวบรวมข้อมูล องค์ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ หรือผลของการจำลองด้วยแบบจำลอง (Castelletti A. 2007)

การสร้างโครงข่ายของเบย์สในแบบจำลองข้าว

การสร้างโครงข่ายของเบย์สในแบบจำลองผลผลิตข้าวนี้อาศัยหลักการประเมินความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการปลูกพืชของ FAO (FAO. 2007) ซึ่งแบ่งความเหมาะสมของที่ดินและคุณภาพที่ดินเป็น 4 สถานะได้แก่ (1) เหมาะสมมาก (2) เหมาะสมปานกลาง (3) ไม่ค่อยเหมาะสม และ (4) ไม่เหมาะสม ความเหมาะสมของที่ดินสามารถประเมินได้จากคุณภาพที่ดินที่สัมพันธ์กับความต้องการของที่ดิน เพื่อการใช้ประโยชน์เฉพาะอย่าง คุณภาพที่ดินแต่ละชนิดสามารถประเมินได้จากคุณสมบัติที่ดินที่เป็นคู่พิจารณา การคาดการณ์ผลผลิตพืชจากสถานะความเหมาะสมของที่ดินทำได้โดยการกำหนดระดับผลผลิตที่ควรได้ให้แก่สถานะความเหมาะสมแต่ละชั้นจากความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ (Rossiter D.G. 1997) การปรับปรุงคุณสมบัติดินส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพที่ดิน ความเหมาะสมของที่ดิน รวมถึงผลผลิตที่เกษตรกรจะได้รับในการศึกษานี้ การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับการปลูกพืชของกรมพัฒนาที่ดิน (พันธ์ ขำเกลี้ยง. 2547) และปริมาณน้ำที่ข้าวต้องการของกรมชลประทาน (กรมชลประทาน. 2553) และคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามสถานะของดินของนักวิชาการเกษตร (วลัยพร แสนวงษ์. 2551) ถูกดัดแปลงและใช้ในการพัฒนาแบบจำลองข้าวด้วยโครงข่ายของเบย์ส

รูปที่ 1 แสดงโครงข่ายของเบย์สในแบบจำลองข้าว ระบบภูมิสารสนเทศทำหน้าที่ป้อนข้อมูลเข้าสู่แบบจำลอง โครงข่ายของเบย์สสามารถรองรับตัวแปรทั้งที่มีลักษณะเป็นค่าแบบต่อเนื่องซึ่งต้องถูกแบ่งค่าเป็นช่วงค่า และค่าแบบช่วงชั้นซึ่งช่วงค่าและช่วงชั้นของตัวแปรจะแสดงถึงสถานะของตัวแปรนั้น โหนด "ผลผลิตคาดการณ์" ถูกกำหนดเพื่อการคาดการณ์ผลผลิตข้าวโดยอาศัยหลักการเปรียบเทียบความความเหมาะสมของที่ดินกับระดับผลผลิตที่ควรได้ (Optimum Yield) (บัณฑิต ตันศิริ. 2535)

การกำหนดพารามิเตอร์เชิงพื้นที่ให้แก่โครงข่าย

หน่วยแผนที่ดินเพื่อการจำลองถูกสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์เชิงซ้อนทับของข้อมูลเชิงพื้นที่ของชุดดิน ภูมิอากาศ เขตชลประทาน และการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยระบบภูมิสารสนเทศ หน่วยแผนที่เพื่อการจำลองแต่ละหน่วยมีรหัสที่สามารถอ้างอิงและสืบค้นคุณสมบัติของหน่วยที่ดินที่เกิดจากการทับซ้อน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิเป็นข้อมูลในรูปแบบกริด โดยแต่ละกริดบรรจุค่าปริมาณน้ำฝนรวมและอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูปลูกที่แตกต่างกัน เมื่อข้อมูลถูกวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่กับหน่วยแผนที่เพื่อการจำลองเพื่อหาค่าสถิติปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิตัวแทนของแผนที่แต่ละหน่วย ค่าที่ได้จะนำพาความไม่แน่นอนเชิงพื้นที่เข้าสู่แบบจำลอง โครงข่ายของเบย์สสามารถรองรับความไม่แน่นอนดังกล่าวด้วยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้

ความกำกวมของข้อมูลป้อนเกิดจากการใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพหรือเชิงพรรณนาในการจำลอง ให้พิจารณาตัวอย่างคุณสมบัติที่ดิน "ชั้นมาตรฐานปฏิกิริยาดิน" ของหน่วยแผนที่ดินหนึ่งซึ่งนำพาความกำกวมของข้อมูลตามความลึกของชั้นดิน เมื่อกำหนดระดับความลึกของดินที่เป็นประโยชน์ต่อรากข้าวที่ 50 เซนติเมตร ความน่าจะเป็นของสถานะของชั้นมาตรฐานปฏิกิริยาดินของหน่วยแผนที่ดินนี้สามารถแสดงได้ในคอลัมน์สุดท้ายในตารางที่ 1

เมื่อตัวแปรป้อนทั้งหมดในโครงข่ายของเบย์สได้รับการกำหนดความน่าจะเป็น ตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์เชิงเหตุกับตัวแปรป้อน รวมถึง “ผลผลิตคาดการณ์” ซึ่งเป็นตัวแปรผลจะถูกคำนวณความน่าจะเป็นด้วยฟังก์ชั่นความน่าจะเป็นร่วม (Joint Probability Function) โดยโปรแกรม Netica (NORSYS. 2012)

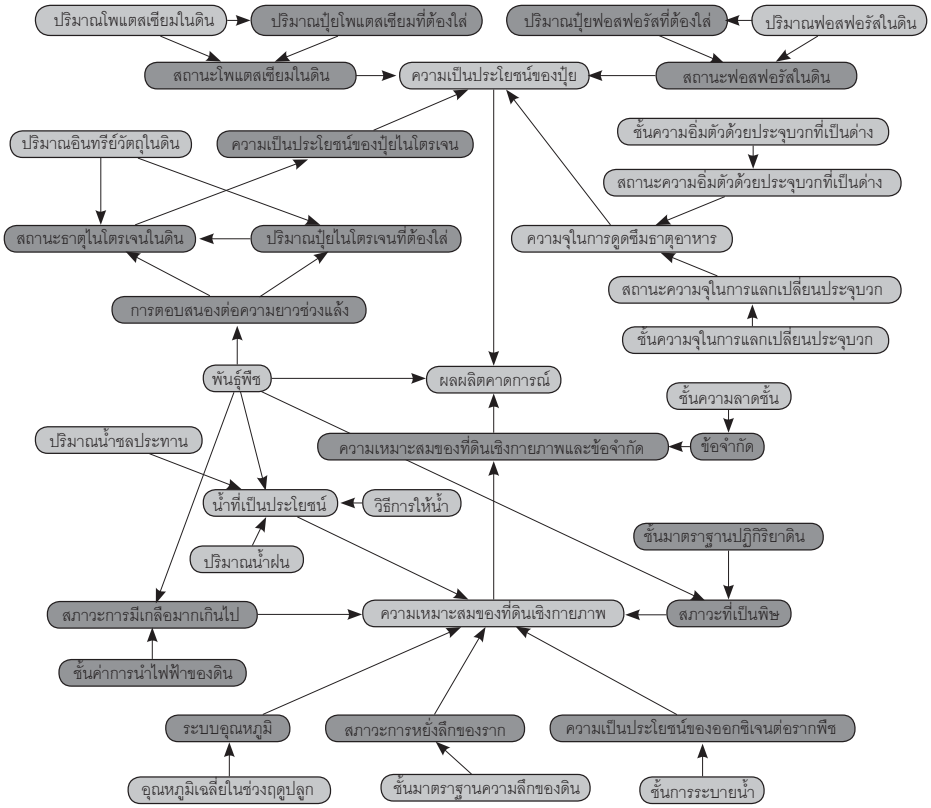
ผลการศึกษา

พื้นที่และผลผลิตข้าวในปี 2551 จำนวน 6 ตำบลของ จ.ลำพูน (สำนักงานเกษตรจังหวัดลำพูน. 2551) ถูกใช้เป็นค่าเปรียบเทียบผลการจำลองข้าวพันธุ์ กข6 ที่อาศัยหลักการโครงข่ายของเบย์ส (ตารางที่ 2) เนื่องจากขนาดพื้นที่เพาะปลูกตามการสำรวจแตกต่างจากขนาดพื้นที่ที่วิเคราะห์ได้จากแผนที่การใช้ที่ดินที่ใช้สร้างหน่วยแผนที่เพื่อการจำลอง การศึกษาครั้งนี้จึงทำการคัดเลือกกลุ่มของหน่วยแผนที่ชุดที่มีผลรวมขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกับขนาดพื้นที่ตามการสำรวจมากที่สุดเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากการคาดการณ์โดยแบบจำลองกับผลผลิตที่ได้จากการสำรวจของสำนักงานเกษตรจังหวัด

ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข6 ถูกจำลองโดยกำหนดให้วันที่ 1 กรกฎาคม 2551 เป็นวันเริ่มปลูก มีความยาวช่วงฤดูปลูก 110 วัน ในช่วงดังกล่าวมีปริมาณน้ำฝนรวมประมาณ 735.1 มม. จากรายงาน พบว่า ต.ทาสบเส้า มีผลผลิตข้าวเฉลี่ย 3.26 ตันต่อเฮคแตร์ เมื่อทำการปรับลดพื้นที่ให้ใกล้เคียงกันแล้ว ผลผลิตคาดการณ์มีค่า 4.06 ตันต่อเฮคแตร์ และมีค่าจากการคาดการณ์มากกว่าค่าจากผลผลิตจริง 0.80 ตันต่อเฮคแตร์ ซึ่งเป็นค่าความแตกต่างที่มากที่สุดเมื่อเทียบกับตำบลอื่น ในทางกลับกัน ต.ทาขุมเงิน และ ต.ทาทุ่งหลวง มีผลผลิตข้าวเฉลี่ยตามการสำรวจ 4.05 และ 3.79 ตันต่อเฮคแตร์ ทั้งสองตำบลมีผลผลิตคาดการณ์ที่ใกล้เคียงกับผลผลิตจริงมากที่สุด ที่ - 0.03 และ 0.03 ตันต่อเฮคแตร์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และรูปที่ 2) โดยตำบลที่มีผลผลิตแตกต่างเป็นค่า + แสดงให้เห็นว่าผลผลิตคาดการณ์มีค่ามากกว่าผลผลิตจริง (Over-Estimate) ส่วนผลผลิตแตกต่างที่เป็นค่า–แสดงว่าผลผลิตคาดการณ์มีค่าน้อยกว่าผลผลิตจริง (Under-Estimate)

ความไม่แน่นอนของข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลองยังเป็นข้อจำกัดของแบบจำลองข้าวที่ถูกพัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ในพื้นที่ศึกษานี้มีบางพื้นที่ที่เกษตรกรปลูกข้าวพันธุ์เหนียวสันป่าตองที่มีผลผลิตแตกต่างจากพันธุ์ กข6 ปะปนอยู่ และในรายงานของสำนักงานเกษตรจังหวัดลำพูนไม่ได้แจกแจงและรายงานขนาดพื้นที่และผลผลิตของข้าวแต่ละพันธุ์ ทำให้การเปรียบเทียบผลผลิตคาดการณ์กับผลผลิตที่ได้จากการสำรวจอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง การพัฒนาแบบจำลองในระยะต่อไปควรใช้ข้อมูลการปลูกพืชเชิงพื้นที่รายพันธุ์เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง นอกจากนี้ การใช้แผนที่การใช้ที่ดินเพื่อเปรียบเทียบขนาดพื้นที่ที่ใช้ในการจำลองกับพื้นที่ปลูกจริงก็มีส่วนสำคัญในการทดสอบแบบจำลอง

Samranpong และ Pollino (2009) เปรียบเทียบความสามารถการคาดการณ์ผลผลิตด้วยหลักการโครงข่ายของเบย์สกับการคาดการณ์ผลผลิตด้วยหลักการฟัซซี่ (Samranpong., et al. 2009) พบว่าแบบจำลองพืชที่อาศัยโครงข่ายของเบย์สมีความถูกต้องในการคาดการณ์ผลผลิตรายตำบลมากกว่าแบบจำลองที่อาศัยหลักการฟัซซี่ อย่างไรก็ตาม ผู้แต่งได้ชี้ให้เห็นความสำคัญของการเก็บข้อมูลภาคสนามและการประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อรวบรวมข้อมูลความหลากหลายของการเขตกรรมที่ดำเนินการ โดยเกษตรกรและใช้ข้อมูลดังกล่าวในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการคาดการณ์ผลผลิตข้าวและพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น



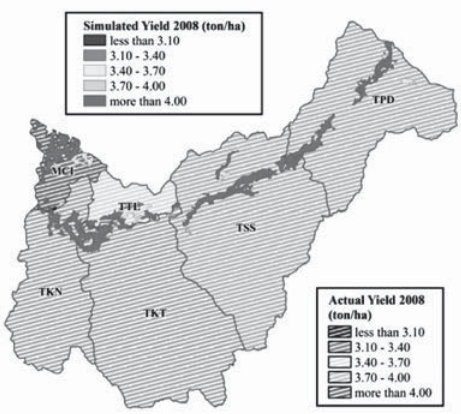
รูปที่ 1 โครงข่ายของเบย์สในแบบจำลองข้าวที่สร้างด้วยโปรแกรม Netica โดยอาศัยหลักการประเมินคุณภาพที่ดินของ FAO และองค์ความรู้ด้านการปลูกพืชของไทย

ตารางที่ 1 คุณสมบัติด้านปฏิกิริยาดินและความน่าจะเป็นแต่ละสถานะของดินตามชั้นความลึกของดิน

ชั้นดินที่	ความลึกของชั้นดิน (ซม)	ปฏิกิริยาดิน	ชั้นมาตรฐานปฏิกิริยาดิน	ความน่าจะเป็น (%)
1	14	pH4	Strong acid	28.0
2	13	pH5	Medium acid	26.0
3	20	pH4	Strong acid	40.0
4	13	pH6	Slightly acid	6.0
5	22	pH6	Slightly acid	0.0

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผลผลิตจริงกับผลผลิตที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลองของ 6 ตำบลใน จ.ลำพูน

ตำบล	ผลผลิตจริง		ผลผลิตคาดการณ์ตามหน่วยแผนที่ที่ได้รับการปรับค่าแล้ว		
	พื้นที่ (ha)	ผลผลิต (ton/ha)	พื้นที่ (ha)	ผลผลิต (ton/ha)	ผลผลิตแตกต่าง (ton/ha)
เหมืองจี้ (MCI)	270.4	3.01	267.7	3.53	0.52
ทาปลาดุก (TPD)	369.8	3.31	379.8	4.02	0.71
ทาสบเส้า (TSS)	860.6	3.26	796.8	4.06	0.80
ทากาศ (TKT)	558.6	4.06	557.5	4.02	-0.04
ทาขุมเงิน (TKN)	269.1	4.05	269.1	4.02	-0.03
ทาทุ่งหลวง (TTL)	306.9	3.79	302.6	3.82	0.03



รูปที่ 2 แผนที่เปรียบเทียบผลผลิตจริง (Actual Yield 2008) กับผลผลิตที่ได้จากการจำลอง (Simulated Yield. 2008)

การศึกษานี้แสดงให้เห็นความเป็นไปได้ที่จะใช้หลักการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ผลผลิตของข้าว กรมพัฒนาที่ดินได้จัดทำคู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจซึ่งครอบคลุม 37 ชนิดพืช ครอบคลุมทั้งพืชล้มลุกและพืชยืนต้น (บัณฑิต ตันศิริ. 2535) นอกจากนี้ การจำแนกระดับความต้องการปัจจัยสำหรับพืชเศรษฐกิจสำคัญ 11 ชนิด จำนวนกว่าร้อยสายพันธุ์ ถูกพัฒนาขึ้น (พันธ์ ขำเกลี้ยง. 2547) โครงสร้างและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลองที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในการศึกษานี้จึงสามารถใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ผลผลิตพืชชนิดอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พืชในกลุ่มไม้ผลและไม้ยืนต้น อย่างไรก็ตามการจัดการแปลงที่มีผลต่อผลผลิตของพืชในแต่ละชนิดควรได้รับการจัดหาและบรรจุไว้ในแบบจำลอง

องค์ความรู้ของนักวิชาการเกษตรได้รับการศึกษาและทดสอบในแปลงทดลองอย่างต่อเนื่อง แบบจำลองที่อาศัยโครงข่ายของเบย์สที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสามารถในการรองรับองค์ความรู้ด้านการจัดการพืชด้านอื่นได้โดยการเพิ่มโหนดของตัวแปรเข้าในโครงข่าย และใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบควบคุมและแบบไม่ควบคุมของหลักการโครงข่ายของเบย์สจะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ผลลัพธ์ของแบบจำลองเมื่อมีองค์ความรู้ที่มีมากขึ้น (Heckerman D. 1997)

Rossiter และ Van Wambeke (Rossiter D.G. 1997) ได้ชี้ให้เห็นความสำคัญของการประเมินผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืช โครงข่ายของเบย์สยังมีโหนดอีกสองประเภท ได้แก่ โหนดเพื่อการตัดสินใจ (Decision Node) และโหนดอรรถประโยชน์ (Utility Node) ด้วยโหนดทั้งสองแบบช่วยให้โครงข่ายของเบย์สมีความสามารถในการรองรับการคาดการณ์ผลตอบแทนเชิงเศรษฐกิจซึ่งยังไม่ได้นำเสนอไว้ในบทความนี้

เนื่องจากแบบจำลองนี้อาศัยค่าสถิติในการคาดการณ์ผลของความสัมพันธ์เชิงเหตุระหว่างปัจจัย Iizumi และคณะ (Iizumi T., et al. 2009) พบว่าเมื่อใช้ข้อมูลจากแบบจำลองสภาพอากาศในระดับที่มีอุณหภูมิสูงอย่างที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ผลผลิตข้าวที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยหลักการโครงข่ายของเบย์สมีความไม่แน่นอนค่อนข้างสูงอันเนื่องมาจากแบบจำลองไม่สามารถสร้างความสัมพันธ์เชิงเหตุจากสถานะของสภาพอากาศที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนได้ ข้อจำกัดดังกล่าวจึงเป็นสิ่งที่ควรได้รับการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

สรุปผล

โครงข่ายของเบย์สถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข6 โดยอาศัยหลักการประเมินความเหมาะสมของที่ดินและการปรับปรุงคุณภาพที่ดิน แบบจำลองเชื่อมโยงกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และใช้ข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดจากข้อมูลเชิงพื้นที่และความกำกวม (Ambiguity) ที่เกิดจากข้อมูลอรรถาธิบายที่เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบภูมิสารสนเทศ ข้อมูลภูมิอากาศสมบัติของดิน และการเขตกรรมถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรที่ป้อนเข้าสู่แบบจำลอง ตัวแปรและความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองถูกกำหนดไว้ในโหนดของโครงข่ายของเบย์สด้วยความสัมพันธ์เชิงเหตุ (Causal Relationship) โครงข่ายของเบย์สมีความสามารถในการคาดการณ์ผลผลิตของพืชโดยใช้เทคนิคในการกำหนดค่าพารามิเตอร์และตัวแปรเชิงพื้นที่ แบบจำลองสามารถคาดการณ์ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข6 ที่ปลูกในพื้นที่ศึกษาได้เป็นอย่างดี ด้วยการใช้ หลักการประเมินคุณภาพที่ดินและการปรับปรุงคุณภาพที่ดินร่วมกับโครงข่ายของเบย์สทำให้แบบจำลองพืชถูกพัฒนาได้ง่ายขึ้นจากโครงสร้างของหลักการประเมินคุณภาพที่ดิน สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการคาดการณ์ผลผลิตพืชชนิดอื่นได้หากมีการศึกษาและวิจัยเพิ่มในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยระดับปริญญาเอกวิทยานิพนธ์เรื่อง “An Integrated Assessmentof Environmental Issuesin Northern Thailand Mae Tha catchment.” มหาวิทยาลัยแห่งชาติออสเตรเลีย

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. (2555). **องค์ความรู้เรื่องข้าว - พันธุ์ข้าว กข6.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php-file=content.php&id=11.htm.

กรมชลประทาน. (2553). **ข้อมูลการใช้น้ำของพืชในภาคเหนือ.** [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ET/et_north.pdf [2 สิงหาคม 2553].

ถาวร อ่อนประไพ, เมธี เอกะสิงห์, เบญจพรรณ เอกะสิงห์, ชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์, วรวีรุกรณ์ วีระจิตต์ และเทวินทร์ แก้วเมืองมูล. (2552). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย “ระบบวิเคราะห์ทางเลือกสำหรับการประกอบอาชีพเกษตรกรรมตามฐานทรัพยากรในลุ่มน้ำ” ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) มิถุนายน 2552.

บัณฑิต ตันศิริ และคำรณ ไทรฟัก. (2535). **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ.** เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 2/2535, กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

พันธ์ ขำเกลี้ยง. (2547). **คู่มือการจำแนกระดับความต้องการปัจจัยสำหรับพืชเศรษฐกิจรายพันธุ์.** สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 48 หน้า.

วลัยพร แสนวงษ์, พรรณี จิตตา, บุญดิษฐ์ วรินทรักษ์, ชิษณุชา บุดดาบุญ และกิ่งแก้ว คุณเขต. (2551). “การจัดเขตศักยภาพการผลิตข้าวจังหวัดแพร่และน่าน,” **วารสารวิชาการข้าว.** 2(2) : 5-17.

สำนักงานเกษตรจังหวัดลำพูน. (2551). รายงานภาวะการผลิตพืชเพื่อจัดทำตัวชี้วัดภาวะเศรษฐกิจการคลังรายเดือนประจำปี 2551. [ออนไลน์], เข้าถึงได้จาก : http://www.lamphun.doae.go.th/ror_or51.xls.2553.

Cain J. (2001). **Planning improvements in natural resources management: Guidelines for using Bayesian networks to support the planning and management of development programmes in the water sector and beyond Centre for Ecology & Hydrology.** Oxon, UK.

Castelletti A. andSoncini-Sessa R. (2007). “Bayesian Networks and participatory modelling in water resource management,” **Environmental Modelling & Software.** 22 : 1075-1088.

FAO. (2007). **Land evaluation–towards a revised framework.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 108 p.

Gambelli D. andBruschi V. (2010). “A Bayesian network to predict the probability of organic farms’ exit from the sector: A case study from Marche, Italy,” **Computers and Electronics in Agriculture.** 71 : 22-31.

Heckerman D. (1997). “Bayesian Networks for Data Mining,” **Data Mining and Knowledge Discovery.** 1 : 79-119.

Iizumi T., Yokozawa M. andNishimori M. (2009). “Parameter estimation and uncertainty analysis of a large-scale crop model for paddy rice: Application of a Bayesian approach,” **Agricultural and Forest Meteorology.** 149 : 333-348.

NORSYS. (2012). **Netica Help.** [Online], Available : http://www.norsys.com/WebHelp/NETICA.htm.

Pollino C.A., White A.K. and Hart B.T. (2007).“Examination of conflicts and improved strategies for the management of an endangered Eucalypt species using Bayesian networks,” **Ecological Modelling.** 201 : 37-59. j. ecolmodel. 2006.07.032.

Rossiter D.G. and van Wambeke A.R. (1997). **Automated Land Evaluation System. ALES Version 4.5. User Manual. Cornell University, Departement of Soil Crop & Atmospheric Sciences.** SCAS. Teaching Series No. 193-2. Revision 4. Ithaca, NY,USA.

Samranpong C., Ekasingh B. and Ekasingh M. (2009). “Economic land evaluation for agricultural resource management in Northern Thailand,” **Environmental Modelling& Software.** 24 : 1381-1390.

Samranpong C.and Pollino C.A. (2009). **Comparison of two modelling approaches for an integrated crop economic model.** in : R. S. Anderssen, et al. (Eds.), 18 th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia.

Uusitalo L. (2007). “Advantages and challenges of Bayesian networks in environmental modeling,” **Ecological Modelling.** 203 : 312-318.

Whitsed R., Corner R.and Cook S. (2012). “A model to predict ordinal suitability using sparse and uncertain data,” **Applied Geography**. 32 : 401-408.