

การวิเคราะห์ความเข้มของสีใบข้าวด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการถดถอย เพื่อลดต้นทุนในการผลิต

เอกลักษณ์ สุมณพันธุ์^{1,*} และ ประมูล บัวน้อย²

บทคัดย่อ

เกษตรกรนิยมปลูกข้าวพันธุ์ผสมไม่ไวต่อช่วงแสง โดยเลือกใส่ปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิต แต่เนื่องจากปุ๋ยในโตรเจน(ยูเรีย) เป็นปุ๋ยที่สูญเสียง่ายในสภาพน้ำขัง ดังนั้นเพื่อให้การใช้ปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าว ที่มีสภาพน้ำขังตลอดปีมีประสิทธิภาพคุ้มค่างกับปริมาณปุ๋ยที่ใช้ จึงมีการแนะนำเกษตรกรแบ่งใส่ปุ๋ยในโตรเจนให้ตรงกับ ความต้องการของข้าว โดยใช้แผ่นเทียบสีในการวัดสีใบข้าวเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจใส่ปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าว ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นเกษตรกรจำเป็นต้องเลือกใบข้าวอย่างน้อย 10 ใบสุ่มทั่วแปลงข้าว นำมาวัดเทียบกับแผ่นเทียบสีที่สามารถวัดได้เพียงครั้งละ 1 ใบ จึงเกิดความไม่สะดวกและการวัดสีใบข้าวกลางแจ้ง สีใบข้าวอาจเปลี่ยนไปได้เนื่องจากการสะท้อนของแสงแดดเข้าสู่สายตาผู้วัด นอกจากนี้กรณีที่ทำการวัดได้ค่าสีก็ยังคงกลางระหว่างแถบสีก็เป็นการยากที่จะบอกได้ว่าสีใบข้าวมีความเข้มของสีอยู่ในช่วงใด งานวิจัยชิ้นนี้เสนอเทคนิคด้านการประมวลผลภาพในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยนำแผ่นเทียบสีใบข้าวที่มี 4 แถบสี จำนวน 2 แผ่นมาทำการสแกนเก็บเป็นไฟล์ข้อมูล จากนั้นนำไปทำการคัดแยกสีใบข้าวด้วยพีซีซีมีน จากกลุ่มสีใบข้าวนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยสีเก็บเป็นลักษณะเด่นที่ใช้กับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการถดถอย เพื่อประมาณค่าสีใบข้าว เป็นการเพิ่มความแม่นยำในการกำหนดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ต้องใส่เพิ่มในนาข้าว จากผลการทดลองได้นำค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยมาเป็นเกณฑ์วัดความถูกต้องของระบบ จากผลการทดลองพบว่าวิธีการของซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการถดถอยให้ผลรวมค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยและผลรวมเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยน้อยที่สุดในการทดสอบข้อมูลแบบบอด เมื่อเทียบกับการอ่านค่าสีใบข้าวจากแผ่นเทียบสีของผู้เชี่ยวชาญ

คำสำคัญ: แผ่นเทียบสีใบข้าว, ปุ๋ยในโตรเจน, พีซีซีมีน, ซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์สำหรับการถดถอย

(การประชุมวิชาการ การวิจัยภาคปฏิบัติและการพัฒนา ครั้งที่ 1 เชียงใหม่)

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก

² สาขาวิชาวิศวกรรมโลหะ, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดาก

* ผู้ติดต่อ, อีเมล: Ekkalak@rmutl.ac.th รับเมื่อ 1 สิงหาคม 2554 ตอบรับเมื่อ 7 ธันวาคม 2554

An Analysis of the Rice Leaves Color Intensity with Support Vector Regression to Reduce Production Costs

Ekkalak Sumonphan^{1,*} and Pramool Buanoi²

Abstract

Farmers extensively plant the rice hybrids which are not sensitive to the light by selecting to fertilize the Nitrogen fertilizer in the paddy fields to increase the productivity. Nevertheless, the Nitrogen fertilizer (Urea) is easily lost in the flooding conditions. Thus, the using of the Nitrogen fertilizer in the paddy fields where are in the flooding condition for the whole year has the efficiency worth with its amount. Fertilizing the Nitrogen fertilizer directly with the rice's demand was recommended to farmers by applying the colorimetric plate of rice leaves as a tool for determining the fertilizer requirements of the paddy fields. The problem was the farmers need to choose the sample rice leaves at least 10 leaves throughout the paddy fields comparing with the Leaf Color Chart (LCC) that could measure only one leaf at a time. Moreover, the color of the rice leaves might change owing to the reflection of sunlight to the eyesight the observers. Furthermore, if the leave color obtained was ambiguous between two color bands it would be difficult to decide the right crop nutrient requirements. As a consequence, an image processing-based technique was developed to solve these problems. Two colorimetric plates of rice leaves which had four highlight colors were scanned as image files. After that, the rice leaves were extracted from the image by segmentation using Fuzzy C-mean. The average RGB colors of the extracted rice leaves were then used as features for the SVR which determines the amount of Nitrogen fertilizer added in the paddy fields. From the experimental result, the average absolute error and mean absolute percentage were used as a criterion of the accuracy of the system. It also found that the method of Support Vector Regression yielded the sum of average absolute error and the percentage for the lowest average absolute error in the blind data compared with reading the rice color leaves from the LCC of the experts.

Keywords : Leaf Color Chart (LCC), Nitrogen fertilizer, Fuzzy C-Mean, Support vector regression

(selected from 1st Symposium on Hands-on Research and Development, Chiang Mai)

¹ Department of Computer Engineering, Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak.

² Department of Metal Engineering, Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna Tak.

*Corresponding author, E-mail: Ekkalak@rmutl.ac.th Received 1 August 2011; Accepted 7 December 2011

1. บทนำ

ภาคอุตสาหกรรมการเกษตรที่มีการเพาะปลูกข้าวในเขตพื้นที่ภาคกลาง มีการแนะนำให้เกษตรกรปลูกพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 [1] เพราะมีความทนทานต่อโรคและแมลงหลายชนิด ธาตุอาหารที่จำเป็นคือธาตุไนโตรเจน [2] ซึ่งเป็นธาตุอาหารที่พบว่าขาดในนาข้าวทั่วไป โดยเฉพาะในนาดินทรายที่มีระดับอินทรีย์วัตถุต่ำ ซึ่งข้าวที่ขาดไนโตรเจนที่มีใบแก่หรือบางครั้งใบทั้งหมดเป็นสีเขียวอ่อน ปลายใบเหลือง ถ้าขาดรุนแรงใบแก่จะตายเหลืองเพียงใบอ่อน ใบแคบ สั้นและตั้งตรง มีสีเขียวปนเหลือง การขาดไนโตรเจนมักเกิดในระยะข้าวแตกกอและระยะก้านิดช่อดอก ซึ่งเป็นระยะที่ข้าวมีความต้องการไนโตรเจนสูง การขาดไนโตรเจนส่งผลให้การแตกกอลดลง ต้นข้าวแคระแกรน แตกกอน้อย มีเมล็ดคืดอรวงลดลงทำให้ผลผลิตข้าวลดลง สาเหตุของการขาดไนโตรเจนในข้าวเกิดจากดินนามีระดับไนโตรเจนต่ำ การใส่ปุ๋ยไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ดินขาดน้ำ การใส่ปุ๋ยด้วยวิธีการและเวลาที่ไม่เหมาะสม การสูญเสียไนโตรเจนไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยว รวมทั้งการที่ดินมีการสูญเสียไนโตรเจนจากขบวนการต่างๆ การป้องกันและแก้ไขการขาดไนโตรเจนในข้าวสามารถทำได้โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ข้าว เป็นวิธีการที่รวดเร็วที่สุดโดยข้าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่โดยทำให้ใบข้าวเขียวขึ้น มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นหลังจากใส่ปุ๋ย 2-3 วัน อย่างไรก็ตาม การตอบสนองนี้จะขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ชนิดดิน สภาพภูมิอากาศ ชนิดและปริมาณของปุ๋ยที่ใช้ รวมทั้งเวลาและวิธีการที่ใส่ สำหรับปุ๋ยไนโตรเจนนั้นเป็นปุ๋ยที่สูญเสียได้ง่ายในสภาพน้ำขัง ดังนั้นเพื่อให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวมีประสิทธิภาพคุ้มค่างกับราคาปุ๋ยที่มีราคาค่อนข้างแพง จึงได้กำหนดสัดส่วนของปุ๋ยไนโตรเจนให้ตรงกับความต้องการชนิดของข้าว จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ช่วยในการตัดสินใจเพื่อให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนได้ตรงช่วงเวลาความต้องการของข้าวที่ข้าวจะสามารถดูดใช้ปุ๋ยได้มากที่สุด ซึ่งสามารถประหยัดปุ๋ยลงได้มากกว่า 30 % ตามคำแนะนำของศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าว [3]

งานวิจัย [4] ได้พัฒนารูปแบบของแผ่นเทียบสีใบ (LCC: Leaf Color Chart) เพื่อใช้ในการเทียบสีใบข้าวในแถบเอเชียสำหรับจัดการปุ๋ยไนโตรเจน เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ผลจาก

การทดสอบประสิทธิภาพการใช้แผ่นเทียบสีใบ [5] โดยการสังเกตความเข้มของสีใบข้าวเทียบกับแผ่นเทียบสีที่มี 4 แถบสีเพื่อกำหนดปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่จะใส่ในนาข้าว โดยเลือกใบข้าวสำหรับวัดแผ่นเทียบสี จำนวนอย่างน้อย 10 ใบตามจุดต่างๆ กระจายทั่วแปลงซึ่งเลือกใบจากใบบนที่สมบูรณ์และแผ่นใบแก่เต็มที่ซึ่งเป็นใบที่โตเต็มวัย จากนั้นทำการวางใบข้าวที่ตรวจสอบ โดยให้แผ่นใบทาบตามแนวตั้งของใบลงบนแผ่นเทียบสี พบว่ามีการลดต้นทุนการใส่ปุ๋ยปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนลง ในขณะที่ผลผลิตของเกษตรกรยังคงเหมือนเดิม แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อเกษตรกรเทียบสีของใบข้าวกลางแจ้งกับแผ่นเทียบสี อาจทำให้การตรวจสอบสีคลาดเคลื่อนไปได้ เพราะแสงแดดจะสะท้อนเข้าสู่สายตาคู่วัด หรือสีของใบข้าวที่ได้เมื่อนำไปทดสอบสีมีค่ากึ่งกลางระหว่างแผ่นเทียบสีที่ทดสอบ นอกจากนี้ถ้าเกษตรกรตาบอดสีก็จะไม่สามารถใช้วิธีการดังกล่าวได้ จากเหตุผลต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ที่จะใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องจักร (machine learning) [6] เพื่อช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจในการตรวจสอบความเข้มของสีใบข้าวเมื่อเทียบกับแผ่นเทียบสีงานวิจัย [7] นำเสนอการประมาณค่าความเข้มของสี โดยใช้การประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANNs) เพื่อวัดค่าความเข้มสีจากแผ่นตรวจวัด (IC strip test) ปริมาณการทานยาต้านไวรัสเอดส์ โดยใช้อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับ (Back propagation) [8] เนื่องจากมีความยุ่งยากในการเลือกพารามิเตอร์ไม่ว่าจะเป็น จำนวนโหนดภายใน (hidden node) หรืออัตราการเรียนรู้ (learning rate) โดยไม่สามารถระบุค่าที่ดีที่สุดได้ ซึ่งซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM) [9] ใช้หลักการเรียนรู้ทางสถิติเพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูล และมีการพัฒนาไปใช้ในงานเกี่ยวกับการประมาณค่าของการถดถอย (regression) [10-11] เหมาะในการนำไปแก้ปัญหาของการประมาณค่าฟังก์ชันแบบไม่เป็นเชิงเส้น [12-14] โดยใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน (Kernel Function) ในการแปลงกลุ่มข้อมูลไปสู่ปริภูมิที่สูงขึ้น เพื่อให้สามารถทำการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบเชิงเส้นได้ ประสิทธิภาพของการแบ่งกลุ่มข้อมูลระหว่างโครงข่ายประสาทเทียมเทียบกับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ตามรายละเอียดในงานวิจัย [15]

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยศึกษาการนำซอฟต์แวร์สำหรับการถดถอย (Support Vector Regression: SVR) มาประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่เพาะปลูกอยู่ในศูนย์วิจัยพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี โดยใช้ชุดข้อมูลฝึกสอนจากแผ่นเทียบสีใบข้าวที่มีระดับความเข้มสีจากแถบสีทั้งหมด 4 แถบสี และศึกษาวิธีการประมวลผลภาพ คัดแยกเฉพาะบริเวณที่เป็นสีใบข้าวด้วยฟัซซีซีมีน (fuzzy c-mean) [16, 17] เพื่อเก็บคุณลักษณะเด่น (features) ของสีใบข้าวจากแผ่นเทียบสี เก็บเป็นอินพุตของซอฟต์แวร์สำหรับการถดถอย ที่ใช้หลักการเรียนรู้ของเครื่องจักร ทดสอบแถบสีใบข้าวที่ทำการเลือกเป็นชุดข้อมูลฝึกสอนด้วยวิธี 10% ครอสแวลดิเคชัน (cross validation) [18] ผลลัพธ์จะเป็นการแปลผลจากความเข้มของสีใบข้าวเป็นปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อไร่ และสามารถช่วยให้การบอกระดับความเข้มของสีใบข้าวให้มีความแม่นยำมากขึ้น ช่วยให้เกษตรกรใส่ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนตรงตามความต้องการของต้นข้าว เป็นการประหยัดงบประมาณในการซื้อปุ๋ย ต้นข้าวโตสมบูรณ์เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยที่ถูกต้อง เป็นการเพิ่มผลผลิตให้เพิ่มขึ้น

2. วิธีการวิจัย

2.1 ภาพรวมของระบบ

งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องสแกน ยี่ห้อแคนนอนรุ่น N 640Pex ที่มีความละเอียด 400 จุดต่อตารางนิ้ว ที่ระดับโหมดสี 24 บิต เพื่อใช้ในการสแกนสีใบข้าวเก็บเป็นไฟล์ข้อมูลภาพ จากนั้นทำการคัดแยกเฉพาะส่วนที่เป็นแถบสีใบข้าวเก็บเป็นข้อมูลอินพุตส่งให้กับซอฟต์แวร์สำหรับการถดถอยเพื่อใช้ในการประมาณสีความเข้มของใบข้าวเพื่อการตัดสินใจในการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในนาข้าว

2.2 ลักษณะของแผ่นเทียบสีใบข้าว

แผ่นเทียบสีใบข้าว [5] ที่ใช้ในงานวิจัยมีจำนวน 4 แถบสี มีลักษณะดังรูปที่ 1 (เริ่มจากแถบที่ 2 ด้านซ้ายมือ จนถึงแถบสีที่ 5 ด้านขวามือ)

การอ่านค่าแผ่นเทียบสีสำหรับข้าวสุพรรณบุรี 1 ถ้าค่าสีอยู่ในแถบที่ 2 ให้เริ่มใส่ปุ๋ย 4 กก.ต่อไร่ ถ้าค่าเฉลี่ยสีอยู่ในแถบที่ 3 ให้เริ่มใส่ปุ๋ย 6 กก.ต่อไร่ ถ้าอยู่ในแถบที่ 4 ไม่จำเป็นต้องใส่

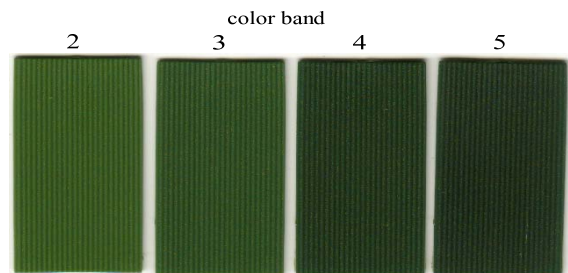
ปุ๋ย และกรณีที่ค่าเฉลี่ยสีอยู่ในแถบที่ 5 หมายถึงการเสี่ยงต่อการติดโรค และทุกครั้งที่ทำกรวดแสงต้องใช้เงาบัง (ตัวบังแดด) โดยหลังจากการวัดครั้งที่ 1 (30 วัน) เมื่อต้องการควบคุมการเจริญเติบโตของต้นข้าวจำเป็นต้องทำการตรวจสอบสีทุก 7 วัน



รูปที่ 1 แผ่นเทียบสีใบข้าวที่ใช้ในงานวิจัย

2.3 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างและชุดฝึกสอนระบบ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองกับใบข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จัดอยู่ในประเภทข้าวไม่ไวแสง ที่มีระยะการเติบโตได้ 30 วัน เลือกบริเวณช่วงกลางใบเพื่อนำมาทดสอบระบบ โดยในแต่ละครั้งทำการสุ่มใบข้าวจำนวน 10 ใบแล้วแปลงข้าวเพื่อใช้ในการทดสอบระบบ สำหรับชุดฝึกสอนระบบได้นำแผ่นเทียบสีใบข้าวจำนวน 2 แผ่นมาทำการสแกนเพื่อเก็บเป็นชุดฝึกสอนระบบให้รู้จำความแตกต่างของแถบสีที่มีความเข้มต่างๆ จำนวน 180 ภาพ ดังรูปที่ 2



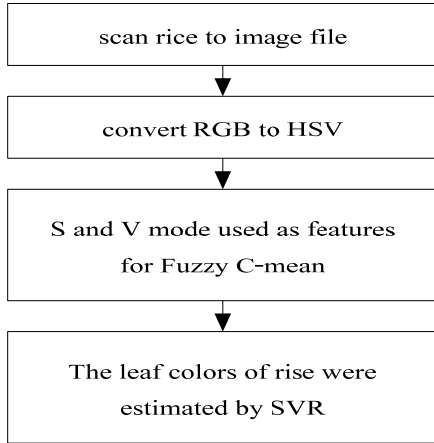
รูปที่ 2 ไฟล์ภาพแถบสีใบข้าวที่ใช้เป็นชุดข้อมูลฝึกสอนระบบ

จากรูปที่ 2 ไฟล์ภาพแถบสีที่ 2 ถึง 5 แถบสีละ 45 ไฟล์ภาพ

2.4 การแบ่งส่วนรูปภาพและการคัดแยกลักษณะเด่น

ภาพสีที่ได้จากเครื่องสแกนใช้โหมดสี (Red Green Blue หรือ RGB) ซึ่งมีแสงรวมอยู่กับแม่สีหลัก จึงจำเป็นต้องแปลง

โมเมนต์ RGB เป็นโมเมนต์ (Hue Saturation Value หรือ HSV) [19] โดยกำหนดใช้ย่านสี S และ V เท่านั้น (ซึ่งเกิดจากขั้นตอนของการทดลองพบว่าสามารถใช้แยกข้อมูลสีใบข้าวได้ดีที่สุด) เพื่อเป็นอินพุตป้อนให้กับฟัซซีซีมีนเพื่อใช้ในการคัดแยกเฉพาะบริเวณที่เป็นแถบสีใบข้าว สามารถแสดงขั้นตอนการทำงานดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังการคัดแยกสีใบข้าว

ให้ $x = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ เป็นเซตของกลุ่มข้อมูลพิกเซลสีย่าน S และ V ทั้งหมดของรูปภาพที่แต่ละกลุ่มข้อมูลค่าความเป็นสมาชิกเมตริกซ์ u ขนาด 2 มิติ การปรับปรุงค่าของฟัซซีซีมีนเป็นไปตามสมการที่ 1 และ 2

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N (u_{ij})^m x_i}{\sum_{i=1}^N (u_{ij})^m} \quad (1)$$

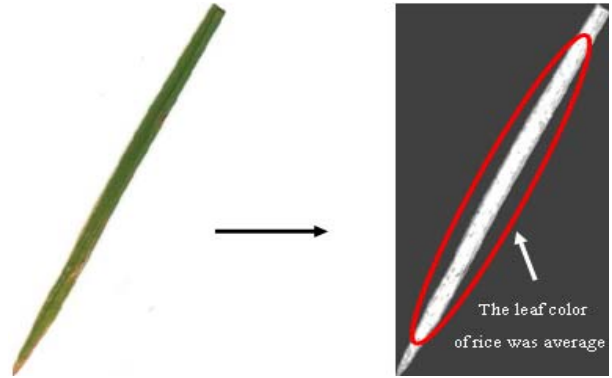
$$u_{ij} = 1 / \sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{2/m-1} \quad (2)$$

จากสมการด้านบน u_{ij} เป็นค่าความเป็นสมาชิกของ x_i ในกลุ่มที่ j , c_i เป็นจุดศูนย์กลางของกลุ่มที่ i และ $m \in [1, \infty)$ เป็นฟัซซีพารามิเตอร์ ขั้นตอนการทำงานของฟัซซีซีมีนดังนี้

- i. กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ต้องการแบ่ง C
- ii. กำหนดค่าของฟัซซีพารามิเตอร์ m
- iii. กำหนดค่าเริ่มต้นของค่าความเป็นสมาชิก
- iv. วนรอบปรับปรุงค่าของจุดศูนย์กลางและค่าความเป็นสมาชิกตามสมการที่ (1) และ (2) จนกระทั่งจุด

ศูนย์กลางของกลุ่มข้อมูลคงที่ (วัดความแตกต่างของจุดศูนย์กลางด้วยยูคลิดีเนียน)

ฟัซซีพารามิเตอร์เป็นจำนวนจริงที่แทนด้วยระดับของการทับซ้อน (Overlap) ของกลุ่มข้อมูล โดยค่า m ควรมีค่าน้อย [17] ในการทดลองกำหนดให้ m เท่ากับ 2 ซึ่งเป็นค่าที่นิยมใช้ในฟัซซีซีมีน และกำหนดค่า C เท่ากับ 3 เนื่องจากต้องการแบ่งกลุ่มของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มของพิกเซลภาพพื้นหลัง กลุ่มของพิกเซลขอบและเงาของใบข้าวจากการฉายแสงของเครื่องสแกน และกลุ่มพิกเซลของใบข้าว อินพุตที่เป็นค่าของคุณลักษณะเด่นกำหนดจากย่านสี S และ V ของแต่ละพิกเซล จากกระบวนการของฟัซซีซีมีนทำให้ได้กลุ่มข้อมูลของสีใบข้าวที่มีค่าใกล้เคียงกับสีเขียว ตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การคัดแยกส่วนที่ต้องการนำมาหาค่าเฉลี่ยสี

จากรูปที่ 4 นำเฉพาะพิกเซลสีขาว ซึ่งเป็นบริเวณสีใบข้าวมาหาค่าเฉลี่ยในโมเมนต์ RGB, ค่าเฉลี่ยเฉพาะย่านสี G และผลต่างของค่าทั้ง 2 เพื่อเก็บเป็น 3 ค่าคุณลักษณะเด่นป้อนให้กับซัพพอร์ตเวกเตอร์สำหรับการถดถอย [10 - 11] เพื่อใช้ในการประมาณค่าความเข้มสีใบข้าว (LeafColor) ตามสมการที่ (3)

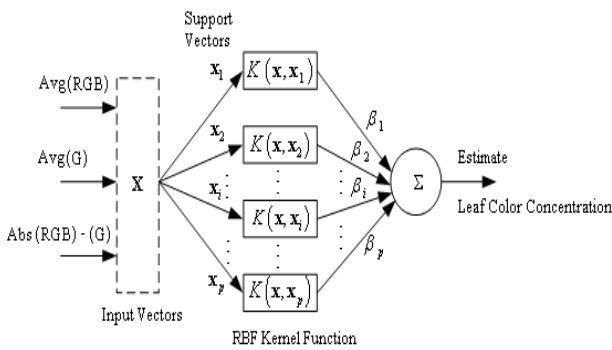
$$Leafcolor = \sum_{i=1}^p \beta_i \cdot K(x, x_i) + b \quad (3)$$

ค่า $Leafcolor$ คือค่าที่ได้จากการประมาณค่าแถบสีมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 5 ค่า x_i เป็นซัพพอร์ตเวกเตอร์ $K(x, x_i)$ เป็นเคอร์เนลฟังก์ชัน β_i เป็นเวกเตอร์น้ำหนัก และ b เป็นค่าไบอัสจากการทดลองพบค่าฟังก์ชันการสูญเสีย (Loss Function) มีค่า

$\mathcal{E} = 10^{-2}$ และเลือกฟังก์ชันเคอร์เนลเป็นเรเดียลเบสฟังก์ชัน (Radial Basis Function) ตามสมการที่ (4)

$$K(x, x_i) = \exp(-\|x - x_i\|^2 / 2\sigma^2) \quad (4)$$

โดยค่าของ σ กำหนดค่าเท่ากับ 2.2 โดยเลือกจากรูปแบบของการทดลอง 10% ครอสเวลิเดชัน นำมาประมาณค่าของชุดข้อมูลฝึกสอนระบบ ซึ่งพบว่าให้ค่าผิดพลาดเฉลี่ยจากการประมาณค่าที่น้อยที่สุด สำหรับรูปแบบการประมวลผลในการประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าวแสดงในรูปที่ 5

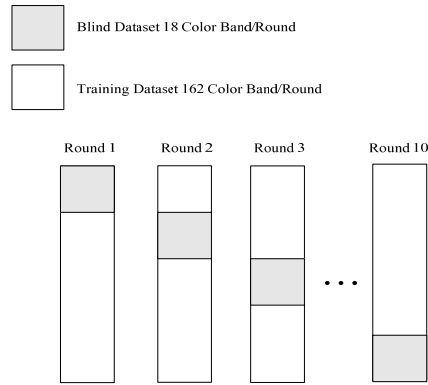


รูปที่ 5 สถาปัตยกรรมของซัพพอร์ตเวกเตอร์สำหรับการทดลองในการประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าว

2.5 รูปแบบการวัดประสิทธิภาพจากชุดข้อมูลฝึกสอนระบบ

สำหรับประสิทธิภาพการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของซัพพอร์ตเวกเตอร์สำหรับการทดลองของชุดข้อมูลฝึกสอนระบบที่ได้จากข้อมูลไฟล์ภาพจากแผ่นเทียบสีใบข้าวจำนวน 4 แถบสี (จากจำนวน 45 ไฟล์ภาพ) พบว่าสีใบข้าวแถบสีที่ 2 ถึงแถบที่ 5 จากจำนวนแถบสีทั้งหมด 180 ไฟล์ภาพแถบสี โดยใช้หลักการทำ 10% ครอสเวลิเดชัน เพื่อทดสอบความแม่นยำของการประมาณค่าจากชุดฝึกสอน จากไฟล์ภาพแถบสีทั้งหมด 180 ภาพ ถูกแบ่ง 10% ตามรูปที่ 6 (สุ่มจำนวนไฟล์ภาพแถบสีทั้งหมดแล้วทำการแบ่ง) เพื่อเก็บเป็นชุดข้อมูลแบบบอด (blind data) 18 ภาพแถบสี เก็บเป็นชุดข้อมูลแยกแต่ละชุดแต่ละรอบการทดลอง เพื่อทำการทดสอบระบบโดยทำทั้งหมด 10 รอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณค่าในแต่ละ

แถบสี ถูกนำไปเทียบกับค่าแถบสีจริง โดยวัดค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย



รูปที่ 6 การแบ่งชุดข้อมูลต่อรอบการทดลอง

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการทดลองจากชุดข้อมูลฝึกสอนระบบ

งานวิจัยนี้ได้นำดินข้าวสุพรรณบุรี 1 และแผ่นเทียบสีใบข้าว จากศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี เพื่อนำมาทดสอบระบบ โดยสแกนแผ่นเทียบสีข้าวที่ความละเอียด 150 จุดต่อตารางนิ้ว เป็นรูปแบบไฟล์ภาพ BMP สำหรับการทดสอบความแม่นยำของระบบได้เลือกวิธีการหาค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error :MAE) และผลรวมเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Percentage Error :MAPE) มาใช้ในการทดสอบความแม่นยำของระบบที่ประมาณค่าของใบข้าวเทียบกับการอ่านค่าสีจากผู้เชี่ยวชาญ ตามสมการที่ (5) และ (6)

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |actual_i - value_i| \quad (5)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{actual_i - value_i}{actual_i} \right| \times 100 \quad (6)$$

โดยที่ค่าของ *actual* คือค่าจริงที่ได้จากแถบสีของแผ่นเทียบสี ค่า *value* เป็นค่าที่ได้จากการประมาณค่าช่วงแถบสีด้วยโปรแกรมที่ทำการพัฒนาขึ้น เมื่อนำไฟล์ภาพแผ่นเทียบสีมาทำการอ่านค่าเฉลี่ยสี RGB จากแถบสีต่างๆ เพื่อใช้เก็บเป็นชุดฝึกสอนระบบ ค่าต่างๆแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยสี RGB ของแผ่นเทียบสีใบข้าวที่ระดับต่างๆ

Color Band of Rice Leaf	Average	
	RGB	G
Band 2	57.5611	86.8416
Band 3	49.7279	75.0981
Band 4	36.1959	54.7939
Band 5	32.0874	48.6312

จากตารางที่ 1 พบว่าค่าที่ได้ในแถบสีที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสี RGB และค่าเฉลี่ยย่านสี G สูงสุด และแถบสีลำดับถัดไปมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากแถบสีที่ 2 มีค่าความสว่างของเฉดสีมากที่สุด ทำให้ย่านสี RGB มีค่ามากที่สุด ทำให้ค่าเฉลี่ยของสีโดยรวมสูงสุด จากนั้นชุดข้อมูลฝึกสอนที่ได้ ข้อมูลแบบบอดูกวนสลับเปลี่ยนตำแหน่งจากชุดข้อมูลทั้งหมด ผลการทดลองจาก 10% ครอสแวลิดชันสามารถแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบค่า ผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยของแถบสีที่ประมาณค่าได้

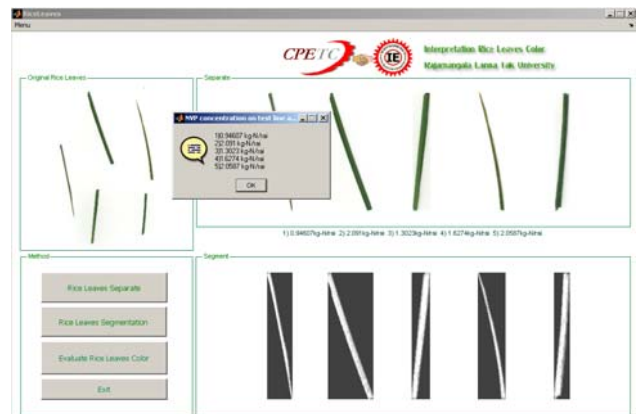
(18 Color Band Image / Dataset)	MAE from SVR
Dataset 1	0.0028
Dataset 2	7.4033 e-004
Dataset 3	0.0045
Dataset 4	0.0015
Dataset 5	0.0026
Dataset 6	0.0138
Dataset 7	3.6966 e-004
Dataset 8	6.0237 e-004
Dataset 9	0.0248
Dataset 10	0.0666
Average Error	0.00914

จากชุดข้อมูลฝึกสอนที่ทำการทดสอบระบบทั้งหมดพบว่าค่าผิดพลาดเฉลี่ยรวมในแต่ละรอบการทดลองมีค่าน้อยมาก ซึ่งเกิดจากการทดลองในการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของซอฟต์แวร์เวกเตอร์ ทำให้สามารถนำชุดข้อมูลฝึกสอนระบบทั้งหมด 180 ไฟล์ภาพแถบสี ไปทำการประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าวจริงได้

3.2 ผลการทดลองจากชุดข้อมูลทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบงานเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไฟล์ภาพใบข้าวจากเครื่องสแกน (10 ใบข้าว / การสแกน 1 ครั้ง) ส่งเข้าสู่ส่วนของการประมาณค่าความเข้มสีใบข้าว หน้าจอการทำงานแสดงตามรูปที่ 7

จากชุดข้อมูลฝึกสอนระบบทั้งหมดที่ได้เมื่อนำไปทดสอบกับใบข้าวจริงจำนวน 10 ใบที่สุ่มทั่วแปลงข้าวที่โตได้ 30 วันกับโปรแกรมที่ทำการพัฒนา เพื่อทำการทดสอบระบบเทียบผลที่ได้จากการอ่านค่าสีใบข้าวของผู้เชี่ยวชาญ ผลที่ได้แสดงดังตารางที่ 3



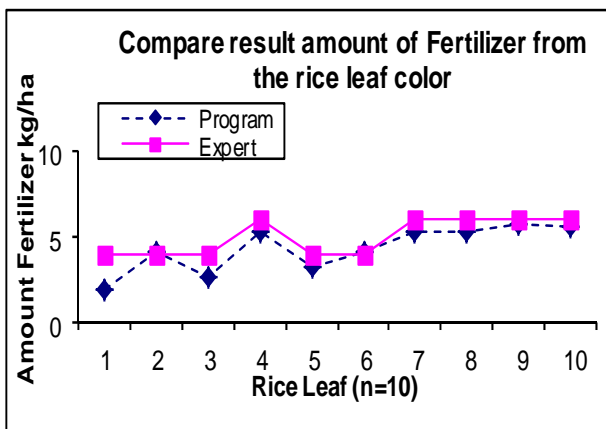
รูปที่ 7 โปรแกรมการประมาณค่าความเข้มสีใบข้าว

ตารางที่ 3 ผลการประมาณค่าสีใบข้าว 10 ใบเพื่อกำหนดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ต้องใส่ในนาข้าว

Sequence Rice Leaf	Output from Program		Output from Expert	
	Color Band	Add Fertilizer	Color Band	Add Fertilizer
	1	0.9460	1.8921	2
2	2.091	4.1820	2	4
3	1.3023	2.6046	2	4
4	2.6963	5.3926	3	6
5	1.6274	3.2548	2	4
6	2.0587	4.1174	2	4
7	2.7001	5.4002	3	6
8	2.6299	5.2598	3	6
9	2.8779	5.7558	3	6
10	2.7905	5.5810	3	6
Amount Fertilizer kg/ha	4.34403		5	

จากผลการทดลองที่ได้ในตารางที่ 3 พบว่าปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่ในนาข้าว (การแปลผลจากความเข้มสีใบข้าวเป็นปริมาณปุ๋ย ทำได้โดยการประมาณค่าเทียบจากอัตราส่วนของการเติมปริมาณปุ๋ยจากสีใบข้าวที่อ่านจากแผ่นเทียบสีตามหัวข้อที่ 2.2) มีปริมาณเท่ากับ 4.3 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่เมื่อใช้แผ่นเทียบสีอ่านค่าเท่ากับ 5 กก./ไร่ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าช่วงของการประมาณค่าแถบสีจากซอฟต์แวร์สำหรับการถอดรอยมีช่วงของข้อมูลที่มีมากกว่าการอ่านแถบสีที่มีช่วงข้อมูลเพียง 4 แถบสี เมื่อใช้ค่าวัดความถูกต้องเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยเทียบกับการอ่านจากแผ่นเทียบสีมีค่าเท่ากับ 15.7205% นอกจากนี้แล้วภายในตารางที่ 3 ยังพบว่าค่าที่ประมาณได้จากใบข้าวที่ 2 และใบข้าวที่ 6 ผลลัพธ์การประมาณค่าแถบสีจากโปรแกรมมีค่ามากกว่าค่าแถบสีที่อ่านได้จากผู้เชี่ยวชาญ แต่เมื่อรวมผลเฉลี่ยแถบสีแปลผลเป็นปริมาณปุ๋ยที่ต้องเติมแล้วมีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ

จากผลที่ได้ทำให้สามารถประมาณค่าได้ว่าเมื่อนำระบบดังกล่าวไปใช้ในการประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าวสามารถช่วยเกษตรกรตัดสินใจการกำหนดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ต้องใส่ในนาข้าว ให้มีความแม่นยำขึ้นพร้อมกับปริมาณปุ๋ยที่มีความใกล้เคียงกับการอ่านค่าความเข้มสีใบข้าวเทียบกับแผ่นเทียบสี เป็นการประหยัดต้นทุนปุ๋ยที่ต้องใส่ในนาข้าว โดยสามารถแสดงผลความสัมพันธ์ของการกำหนดปริมาณปุ๋ยในรูปแบบของกราฟ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 อัตราการกำหนดปริมาณปุ๋ย

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการของซอฟต์แวร์สำหรับการถอดรอยมาประยุกต์ใช้ในการประมาณค่าความเข้มของสีใบข้าว โดยใช้ไฟล์แถบสีของแผ่นเทียบสีจำนวน 180 ไฟล์ภาพเป็นชุดฝึกสอนระบบ เพื่อช่วยเพิ่มความแม่นยำของเกษตรกรในการกำหนดปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ต้องใส่ในนาข้าว โดยการทดลองได้เลือกใบข้าวสุพรรณบุรี 1 ที่มีช่วงระยะเจริญเติบโต 30 วัน จำนวน 10 ใบมาทำการทดสอบประมาณค่าความเข้มสีใบข้าว จากระบบที่ออกแบบเทียบกับการอ่านค่าจากแผ่นเทียบสีของผู้เชี่ยวชาญ จากการทดลองพบว่าปริมาณปุ๋ยแตกต่างกันระหว่างระบบที่ออกแบบและการอ่านค่าแถบสีจากผู้เชี่ยวชาญประมาณ 15.7% ซึ่งสัดส่วนปริมาณปุ๋ยที่ได้จากโปรแกรมมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวอย่างไรเป็นสิ่งที่ต้องทำการวิจัยต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยสนับสนุนงบประมาณวิจัย 2553 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี และ ข้อมูลสำหรับงานวิจัยตัวอย่างพันธุ์ข้าวสุพรรณบุรี 1 และแผ่นเทียบสีใบข้าวได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจาก คุณเฉลิมชาติ ฤไชยคาม เจ้าหน้าที่ศูนย์งานวิจัยระดับ 5 ประจำศูนย์วิจัยข้าวสุพรรณบุรี.เมือง จ.สุพรรณบุรี 72000 โทรศัพท์: 0-3555-5340 โทรสาร: 0-3555-5276-5

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Sanit, "Growth and seed quality of five rice varieties", 33rd Congress on Science and Technology of Thailand (in Thai)
- [2] C. Indira, "Effect of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality of hybrid rice", Central European Agriculture journal 4, 2005, pp. 611-618.
- [3] K. Orapin and P. Phongphun, "Effect of Urea and Ammonium Sulfate on Growth Rate, Net Assimilation Rate and Leaf Area Index of Aromatic Rice cv.

- Pathumtani 1”, *KMUTT Research and Development Journal*, 3, 2545, pp. 233-243.
- [4] C. Witt, JMCA. Pasuquin, R. Mutters and R. J. Buresh, “New leaf color chart for effective nitrogen management in rice”, *Better Crops* 89, 2005, pp. 36–39.
- [5] M.M. Alam, J.K. Ladha, S.K. Rahman, Foyjunnessa. Harun-ur-Rashid, A.H. Khan and R.J. Buresh, “Leaf color chart for managing nitrogen fertilizer in lowland rice in Bangladesh”, *American Society of Agronomy*, 2005, pp. 949–959.
- [6] T.M. Michell, “Machine Learning”, WCB/McGraw-Hill, 1997.
- [7] C.S. Lin, C.Y. Wu, H.C. Hsu, K.M.C. Li and L. Lin, “Rapid bio test strips reader with image processing technology”, *Optik* 115 No. 8, 2004, pp. 363-369.
- [8] L. Chuang, J. Y. Hwang, H. C. Chang, I. C. Jou and S. -B. Jong, “Quantitative Computer Image Analysis of Serum α -fetoprotein Rapid Gold Immunochromatographic Dipstick Assay”, *IEEE Symposium on Bioinformatics and Bioengineering*, 2004.
- [9] V. Vapnik, “An Overview of Statistical Learning Theory”, *IEEE Trans. on Neural Networks*, Vol.10, No. 5, 1999, pp. 988-999.
- [10] A.J. Smola and B. Scholkopf, “A tutorial on support vector regression”, Technical report. NC2-TR-1998-030, ESPRIT Working Group in Neural and Computational Learning, October 1998.
- [11] S. Gunn, “Support vector machines for classification and regression”, *ISIS Technical Report ISIS-1-98*, Image Speech & Intelligent Systems Research Group. University of Southampton, 1998.
- [12] M. Hasegawa and W. Gang “Applications of nonlinear prediction methods to the internet traffic”, *IEEE Intl. Symp. on Circuits and Systems*, 2001, pp. 169-172.
- [13] S. Mukherjee, E. Osuna, and F. Girosi, “Nonlinear prediction of chaotic time series using support vector machines”, *Proc. of the IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing VII*, 1997, pp. 511-520.
- [14] I. Nancovska, “Support vector regression for voltage reference elements monitoring”, *IEEE Intl. Workshop on Virtual and Intelligent Measurement Systems*, 2001, pp. 45-50.
- [15] E. Zheng, P. Li and Z. Song, “Performance Analysis and Comparison of Neural Networks and Support Vector Machine Classifier”, In *Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hangzhou, China, 2004, pp. 4232-4235.
- [16] M.R. Rezaee and J.H. C. Reiber, “A multiresolution image segmentation technique based on pyramidal segmentation and fuzzy clustering. *IEEE Transactions on image processing*”, 9, 2000, pp. 1238-1248.
- [17] K.S. Hyeong, K.H. Joo, H.H. Chang and C.S. Pao, “Pattern classification of typhoon tracks using the fuzzy c-means clustering method”, *Journal of Climate*, American Meteorological Society, 2010.
- [18] S. Cullen, “Selecting a Classification Method by Cross-Validation”, *Kluwer Academic Publishers*, Boston. Manufactured in The Netherlands, 1993, pp. 135-143.
- [19] Cheni, W. Shii, Y.Q. and G. Xuan, “Identifying computer graphics using HSV color model and statistical moments of characteristic functions”, *IEEE International Conference on Multimedia and Expro*, 2007, pp. 1123-1126.