

เทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะ Smart Farms Technology

จักรกฤษณ์ หมั่นวิชา^{1*}

Jakkrit Manwicha

Abstract

Smart Farms or Precision Farms are considered as innovative agricultural farms of the digital age. Several information technologies with wireless Internet connections implemented in the farms are the Global Positioning System (GPS), Geographic Information System (GIS), remote-sensing, proximal-sensing, Variable Rate Technology (VRT), the crop model, and the Decision Support System (DSS). Besides transferring software-analyzed data, these information technologies are for data collections, data diagnostics, data analysis, precision field operations, and evaluations. Five operations of the farms were: soil mapping, irrigation and fertilization, pest control, harvesting, cost and profits, and plant planning for the next season. The results showed that the farms had brought about effective use of input factors, productivity and quality improvement, reducing environmental impacts, costs, labor costs, time, and paved the way for sustainable and environmentally friendly agriculture.

Keywords: *smart farms, precision farms*

บทคัดย่อ

ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ (Smart Farm/ Precision Farm) จัดเป็นนวัตกรรมใหม่ของการเกษตรในยุคดิจิทัล มีการนำเอาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศหลายด้านมาใช้ในฟาร์ม เช่น GPS GIS remote-sensing proximal-sensing VRT และ DSS โดยผ่านเครือข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย ในการรับส่งข้อมูล และมีการประมวลผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ฟาร์มอัจฉริยะมีขั้นตอนการดำเนินงาน 5 ขั้นตอน

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาดไทย อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

* ผู้ให้การติดต่อ (Corresponding e-mail: Jakkrit@hu.ac.th)

คือ การเก็บข้อมูล การวินิจฉัยข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การปฏิบัติการตามแผน และการประเมินผล โดยมีการจัดการฟาร์มในทุกขั้นตอน คือ การจัดทำแผนที่สภาพดิน การให้น้ำ การให้ปุ๋ย การกำจัดศัตรูพืช การเก็บเกี่ยว การคำนวณต้นทุน กำไร ตลอดจนการวางแผนการเพาะปลูกในฤดูกาลถัดไป การดำเนินการฟาร์มอัจฉริยะ ส่งผลให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ คุ่มค่าต่อการลงทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุน ลดการจ้างแรงงาน ประหยัดเวลา และนำไปสู่การเกษตรที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ฟาร์มอัจฉริยะ, ฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในทุกสาขาอาชีพ ไม่เว้นแม้แต่อาชีพเกษตรกรรม ซึ่งจัดเป็นอาชีพหลักของประเทศไทย แต่เป็นที่น่าแปลกใจว่า งานวิจัยด้านเทคโนโลยีสารสนเทศส่วนใหญ่กลับไม่ได้เกี่ยวพันต่ออาชีพเกษตร ซึ่งเป็นอาชีพหลักของคนไทยมากนัก อาชีพเกษตรยังคงเป็นอาชีพที่ต้องใช้การจัดการแบบในอดีต คือ ต้องเดินตรวจสอบ ไล่ปุ๋ยตามเวลาที่กำหนด แต่ไม่ได้คำนึงถึงธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินก่อนแล้ว การจัดการโรคแมลงเมื่อเจอปัญหาการระบาด และอาจจะใช้สารเคมีเกินอัตราความจำเป็นที่ต้องใช้ อีกทั้งยังประสบปัญหาด้านราคาผลผลิตตกต่ำ ในขณะที่ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น ปัญหาด้านกระบวนการจัดการ การดูแลรักษา การจัดการโรคแมลง การเก็บเกี่ยวและการจำหน่ายผลผลิต ล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาที่สำคัญในการทำเกษตรทั้งสิ้น รวมไปถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทั้งทรัพยากรที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ดิน น้ำ แสงแดด อากาศ และทรัพยากรที่ต้องเพิ่มเติมเข้าไป เช่น ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช ถือเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการผลิตทางการเกษตร

การผลิตสินค้าเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีปัจจัยการผลิตที่คู่ร่วมกับระบบการจัดการ

ที่ดี การตัดสินใจว่าควรปลูกพืชชนิดใด เลี้ยงสัตว์ชนิดใด และใช้ปัจจัยการผลิตชนิดใดที่เหมาะสมต่อพื้นที่นั้น ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการผลิตทางการเกษตร แต่ในปัจจุบันกลับพบว่างานวิจัยทางการเกษตรของไทยไม่ได้ก้าวตามโลกที่ได้เข้าไปสู่ยุค IT (Information Technology) ซึ่งแตกต่างจากประเทศที่พัฒนาแล้วที่ให้ความสำคัญกับงานวิจัยในศาสตร์ที่จะทำให้การเกษตรกรรมของศตวรรษที่ 21 เป็นอาชีพที่ทันสมัย (ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ, 2550) โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์และผสมผสานกับเทคโนโลยีด้านอื่น ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ไอที สื่อสาร เซ็นเซอร์เทคโนโลยีชีวภาพ ดาวเทียม รวมทั้งนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการฟาร์ม ซึ่งจะส่งผลให้การทำฟาร์มในรูปแบบเดิมก้าวข้ามไปสู่ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) หรือที่ได้รับการขนานนามว่า “ฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ” (Precision Farm) (Soni, Mandloi, & Jain 2011) ดังนั้น การทำฟาร์มอัจฉริยะจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อการทำเกษตร เพื่อให้เกิดการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการใช้เทคโนโลยีด้านอื่น ๆ ไปประยุกต์ใช้เพื่อให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรที่เหมาะสม ปลอดภัย และเพียงพอต่อความต้องการของประชากรที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต อีก

ทั้งยังช่วยส่งเสริมให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การทำการเกษตรแบบยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ฟาร์มอัจฉริยะ หรือฟาร์มที่มีความแม่นยำ

ฟาร์มอัจฉริยะ (Smart Farm) หรือฟาร์มที่มีความแม่นยำ (Precision Farm) เป็นการทำการฟาร์มโดยนำวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้เป็นเครื่องมือ เพื่อให้เกิดความสะดวกและง่ายต่อการจัดการ โดยสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ มีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่าเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ช่วยลดต้นทุนการผลิต มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การแข่งขันในระดับสากลได้ การทำการฟาร์มอัจฉริยะเป็นการทำการเกษตรแบบควบคุมกับนวัตกรรม (Shashwathi, Priyam, & Subas, 2012) ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างมากในต่างประเทศเช่น สหรัฐอเมริกาและออสเตรเลีย และในปัจจุบันเริ่มแพร่หลายไปยังประเทศแถบทวีปยุโรป ญี่ปุ่น มาเลเซีย และอินเดีย เป็นต้น ซึ่งประเทศเหล่านี้เป็นประเทศที่ขึ้นชื่อในเรื่องระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นอย่างมาก โดยมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาปรับใช้กับการทำการเกษตร เพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตที่สูงขึ้น มีการนำเอาเทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจัดการมากขึ้น ทำให้สามารถลดแรงงานด้านการเกษตร ซึ่งในปัจจุบันแรงงานในส่วนของภาคเกษตรก็จะยิ่งลดลงไปเรื่อย ๆ ยิ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วก็จะยังมีแรงงานภาคการเกษตรที่ลดลง แต่ประเทศดังกล่าวหันมาให้ความสนใจภาคการเกษตรมากขึ้น ดังนั้น จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ มาช่วยในการจัดการ ส่งผลให้เกิดการผลิตสินค้าเกษตรที่มีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด ซึ่งประเทศไทยเองจัดเป็น

ประเทศที่มีความเกี่ยวพันกับการเกษตรมาตั้งแต่สมัยโบราณ ประชากรในประเทศประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น ภาครัฐจึงควรหันมาให้ความสำคัญในด้านการทำการเกษตรแบบอัจฉริยะ และควรนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้กับภาคเกษตรให้มากขึ้น นำไปสู่การเกษตรที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคต

การให้ปุ๋ยในฟาร์มอัจฉริยะมีแนวคิดวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูกพืชก่อน จากนั้นจัดทำแผนที่ดิน (Soil Mapping) เพื่อเก็บเป็นข้อมูลเบื้องต้นว่าดินในบริเวณนั้น ๆ มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับใด มีแร่ธาตุอะไรบ้างและมีในปริมาณที่เพียงพอ ขาด หรือเกิน จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่เชื่อมโยงกับแผนที่ดินของฟาร์ม เข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผล และส่งต่อไปยังเครื่องหยอดปุ๋ยบนรถไถที่ติดตั้งระบบ GPS (Global Positioning System) ทำให้การหยอดปุ๋ยสามารถกำหนดได้ว่าจะหยอดปุ๋ยชนิดใด ปริมาณเท่าใด และจะหยอดลงบริเวณตำแหน่งใดในฟาร์ม เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช และช่วยลดอัตราการสูญเสียปุ๋ยหรือลดระดับความเป็นพิษของปุ๋ยที่มีต่อพืชปลูกนั้นด้วย (Maheswari, Ashok, & Prahadeeswaran, 2008)

ความแตกต่างระหว่างฟาร์มอัจฉริยะและฟาร์มทั่วไป

ฟาร์มอัจฉริยะมีการใช้ทรัพยากรอย่างถูกต้องแม่นยำตรงต่อความต้องการของพืช ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากร และยังช่วยลดต้นทุนการผลิต รวมถึงลดการให้ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชในระดับที่เกินความต้องการของพืช หรือการให้ไม่ตรงกับการเกิดโรคและแมลง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะยิ่งส่งผลให้เกิดการตกค้างในดินและเกิดอาการคือยา ทำให้เกิดการแก้ปัญหาที่ไม่มีประสิทธิภาพ นำไปสู่การเกษตรที่ไม่

ยั่งยืนและยังส่งผลให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อมอีกด้วย (ซีรเกียรดี เกิดเจริญ, 2550)

พันธุ์พืชและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่จะส่งผลให้มีผลผลิตที่ได้ต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการบริหารจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสมเพื่อให้มีการสร้างผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพให้ผลผลิตอย่างสม่ำเสมอในแต่ละพื้นที่ เพื่อเป็นการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอัตราการตอบแทนผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าการจัดการแบบฟาร์มธรรมดาทั่วไป ในส่วนนี้จะสามารถตรวจสอบและคำนวณรายได้ต่อพื้นที่ปลูกย่อยของแต่ละพื้นที่และประเมินต้นทุนการผลิต รายได้ และคำนวณเป็นผลกำไรที่ได้จากการผลิตพืชในแต่ละฤดูกาล นำไปสู่การวางแผนการผลิตในฤดูกาลถัดไปได้อย่างแม่นยำและเที่ยงตรง สร้างกำไรให้กับเกษตรกรอย่างคุ้มค่าต่อการลงทุน และมีการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ รักษาสภาพแวดล้อมให้คงอยู่นำไปสู่การผลิตสินค้าเกษตรอย่างยั่งยืน มีคุณภาพและปลอดภัย (ซีรเกียรดี เกิดเจริญ, 2550) สำหรับการทำงานของระบบฟาร์มอัจฉริยะจะมีการกำหนดรูปแบบการทำงานออกเป็นขั้นตอน เพื่อทำหน้าที่ในการจัดการฟาร์ม ทำให้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการและตรวจสอบได้ทุกขั้นตอน

การทำงานของระบบฟาร์มอัจฉริยะ

การทำงานของฟาร์มอัจฉริยะแยกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ (ซีรพงษ์ มังคะวัฒน์, 2554)

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Collection) คือ การเก็บข้อมูลของดิน น้ำ แสง ภูมิอากาศ ผลผลิต เป็นต้น ด้วยวิธีการและเทคโนโลยีต่างๆ เช่น เครื่องถ่ายเซ็นเซอร์ สถานีตรวจวัดอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม เครื่องสแกนสภาพดิน เป็นต้น

2. การวินิจฉัยข้อมูล (Diagnostics) คือ การสร้าง กรอง และเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์เข้าสู่ฐาน

ข้อมูลซึ่งมักจะใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (GIS)

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis) คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การทำนายผลผลิตเชิงพื้นที่ รวมไปถึงการวางแผนจัดการ เช่น เทคโนโลยี Crop Modeling ซึ่งจะนำข้อมูลต่างๆ มาทำโมเดลเพื่อหาความสัมพันธ์กับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้

4. การดำเนินการตามแผนปฏิบัติงาน (Precision Field Operations) คือ การปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้เช่น การหยอดปุ๋ยด้วยรถขับเคลื่อนด้วย GPS การติดตั้งโปรแกรมการให้น้ำ การให้ปุ๋ยหรือยาฆ่าแมลงด้วยแคปซูลนาโน ซึ่งสามารถควบคุมการปลดปล่อยตามเงื่อนไขที่กำหนด เป็นต้น

5. การประเมินผล (Evaluation) คือ การประเมินผลการปฏิบัติงานว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด คำนวณค่าแก่การลงทุนหรือไม่ โดยใช้เทคโนโลยีด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรม

การทำฟาร์มอัจฉริยะ นอกจากต้องมีการกำหนดขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจนและเป็นระบบแล้ว ยังต้องมีการนำเอาเทคโนโลยีในรูปแบบต่างๆ มาเพื่อประยุกต์ใช้กับการทำฟาร์มอัจฉริยะด้วย โดยต้องมีการคัดเลือกเอาเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้ในฟาร์ม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบฟาร์มอัจฉริยะ

ในการทำงานของฟาร์มอัจฉริยะมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องหลายชนิด และหลายระบบ ดังนี้

1. ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System: GPS) เป็นเทคโนโลยีในการระบุพิกัดหรือตำแหน่งบนพื้นผิวโลกโดยใช้ดาวเทียม จำนวน 24 ดวง สำรอง 4 ดวง สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างแม่นยำ 1-3 เมตร เช่น บริษัททรูไถ

ควบคุมด้วย GPS ของบริษัท John Deere ในสหรัฐอเมริกา ทำหน้าที่พรวนดิน หยอดปุ๋ยและเก็บเกี่ยวอัตโนมัติ มีระบบควบคุมการบังคับการเกี่ยวของพวงมาลัยทำให้สามารถวิ่งไปกลับตลอดทั้งแปลงตามแผนที่และคำสั่งที่ระบุ โดยสามารถหยอดปุ๋ยหรือสารกำจัดศัตรูพืชในพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันตามความเหมาะสมของแผนที่สภาพดินที่ได้ทำการเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลและเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลตามความต้องการของพื้นที่ (ธีรพงศ์ มังคะวัฒน์, 2554)

2. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นเทคโนโลยีในการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ แล้วนำมาแสดงผลในรูปแบบต่าง ๆ (วรเดช จันทรศร และสมบัติ อยู่เมือง, 2545) โดยมีความสามารถในการเก็บข้อมูลได้หลากหลายมิติที่มีความเกี่ยวข้องกับพิกัดของพื้นที่ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ผลในอดีตเทคโนโลยี GIS เคยถูกมองว่ามีราคาแพงและยุ่งยากต่อการใช้งาน ทำให้เฉพาะผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ แต่ในปัจจุบันกลับพบว่ามี การเข้าถึงเทคโนโลยี GIS กันมากขึ้น โดยผ่านทางกูเกิ้ลเอิร์ท (Google Earth) ซึ่งถูกมองว่าเป็นเพียงโปรแกรมแสดงผลเท่านั้น (ซัชชัย หนูเจริญ, 2550) หากแต่ยังขาดความสามารถด้านการประมวลผล แต่เชื่อว่าในอนาคตนักพัฒนาโปรแกรมจะสามารถพัฒนาความสามารถด้านการประมวลผลเข้าไปในกูเกิ้ลเอิร์ท ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น ปัจจุบันบริษัทกูเกิ้ลเอง ก็ได้ทำการเพิ่มฟังก์ชันต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานทางด้านวิทยาศาสตร์เข้าไปในโปรแกรม อีกทั้งยังมีแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมให้ทันสมัยเหมาะสมต่อการใช้งานของทุกสาขาอาชีพยิ่งขึ้น

3. การรับรู้จากระยะไกล (Remote

Sensing: RS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลพื้นที่โดยอาศัยคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ (ณรงค์พลีรักษ์, 2556) เช่น เรดาร์ไมโครเวฟ วิทยุ ฯลฯ จัดเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่ขนาดใหญ่ ในอดีตมีการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ในการเกษตร แต่ก็เป็นการใช้ในระดับภาครัฐ ยังไม่มีการนำมาใช้กับบริษัทหรือฟาร์มของเกษตรกร เนื่องจากมีราคาค่อนข้างสูง ทำให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีนี้ได้ยาก แต่ในปัจจุบันกลับพบว่าเทคโนโลยี RS มีราคาถูกลงและสามารถใช้งานได้ง่าย ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลของพื้นที่กว้าง ดังนั้นการนำมาใช้สำหรับพื้นที่ย่อย ๆ ในระดับฟาร์ม จึงต้องมีการแปลผลเพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

4. การรับรู้ระยะใกล้ (Proximal Sensing: PS) เป็นเทคโนโลยีการใช้เซ็นเซอร์วัดข้อมูลต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจอากาศ เซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน (Paul et al., 1998) เซ็นเซอร์ตรวจวัดโรคพืช (Minghua, Zhihao, Xue, & Susan, 2003) เซ็นเซอร์วัดปริมาณผลผลิต (Johnson, Bosch, Williams, & Lobitz, 2001) เป็นต้น เซ็นเซอร์เหล่านี้สามารถทำงานร่วมกับระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Network) โดยนำไปติดตั้งในพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลต่าง ๆ เช่น ความชื้นในดิน อุณหภูมิ ปริมาณแสง การเกิดโรค เป็นต้น (Raghuveer, Eric, Craig, & Joshua, 2011) โดยติดตั้งให้ครอบคลุมพื้นที่ของฟาร์ม จากนั้นเซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลไปยังศูนย์บัญชาการกลางของฟาร์ม เช่น บริษัท Accenture ในประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เซ็นเซอร์ 17 ตัว ติดตั้งในโรงงุ่นพื้นที่ 10 ไร่ ส่งข้อมูลแบบเรียลไทม์ ควบคุมการเปิดปิดวาล์วน้ำอัตโนมัติ เมื่อพืชต้องการน้ำ และให้ในปริมาณที่พืชต้องการ

และสอดคล้องกับข้อมูลอากาศในท้องถิ่นนั้น ๆ ด้วย นอกจากนี้ ยังมีเซ็นเซอร์บางประเภทใช้สำหรับการเฝ้าระวังโรคพืช โดยตรวจจับโมเลกุลตัวบ่งชี้บางชนิดที่สื่อว่าพืชกำลังจะเป็นโรคก่อนที่จะลุกลามทำให้เกิดความเสียหายกับฟาร์ม (Minghua et al., 2003) ซึ่งหน่วยงานราชการที่มีหน้าที่ในการกำกับดูแลและช่วยเหลือเกษตรกรควรหันมาให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีดังกล่าว เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาให้กับเกษตรกรได้อย่างทันท่วงที ไม่ส่งผลกระทบต่อความเสียหายกับผลผลิตได้ (ศิริพงษ์ มังคะวัฒน์, 2554)

5. เทคโนโลยีจัดการพื้นที่ตามความเหมาะสม (Variable Rate Technology: VRT) หรือเทคโนโลยีการให้น้ำ ให้น้ำ สารเคมีควบคุมศัตรูพืช ตามสภาพความแตกต่างของพื้นที่ โดยมักจะใช้ร่วมกับเทคโนโลยี GPS เช่นเดียวกับการใช้รถไถให้ปุ๋ยอัตโนมัติ ทั้งนี้อาจจะใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลเพื่อความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น (ศิริพงษ์ มังคะวัฒน์, 2554)

6. เทคโนโลยีเพื่อการตัดสินใจในระบบการทำฟาร์ม (Crop Models and Decision Support System: DSS) เป็นการบูรณาการ 5 เทคโนโลยีไว้ด้วยกัน เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการปฏิบัติงานในฟาร์ม และยังสามารถช่วยในเรื่องการทำนายผลผลิตที่จะสามารถเก็บเกี่ยวได้โดยทำนายจากข้อมูลผลผลิตในอดีต ควบคู่กับข้อมูลสภาพอากาศ ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักในงานด้านเกษตรกรรม ระบบ DSS จะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากอดีต ร่วมกับข้อมูลแบบเรียลไทม์ และอาจผสมกับข้อมูลจากหน่วยงานภาครัฐ แล้วเสนอให้เจ้าของฟาร์มทำการตัดสินใจว่าจะทำการผลิตสินค้าเกษตรนั้น ๆ อีกหรือไม่ นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการกำหนดเขตพื้นที่ปลูกพืชที่เหมาะสมต่อ

สภาพพื้นที่แต่ละแหล่งเพื่อให้เกิดการใช้พื้นที่เพาะปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันถือว่าการกำหนดเขตพื้นที่ปลูกพืชนับเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นนโยบายที่ทางภาครัฐต้องการให้เกิดขึ้น (Jones & Barnes, 2000) ในขั้นตอนนี้เป็นการประมวลผลจากข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมไว้ในฐานข้อมูล โดยส่งข้อมูลผ่านการใช้ระบบการรับรู้จากระยะไกล แล้วนำผลที่ได้มาประมวลผลแล้วส่งต่อไปยังหน่วยศูนย์กลางหลัก เพื่อเป็นการตัดสินใจในการจัดการฟาร์มให้มีความแม่นยำสูง และเหมาะสมกับความต้องการของพืช ซึ่งในสมัยแรก ๆ มีการทดลองการนำเอาเทคโนโลยีในรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ ซึ่งในบางครั้งก็มีทั้งสำเร็จและล้มเหลว และในปัจจุบันก็ยังคงมีการทดลองต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรและให้ระบบฟาร์มอัจฉริยะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การพัฒนา ระบบฟาร์มอัจฉริยะ

เนื่องจากจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มสูงขึ้น ความต้องการอาหารจึงมากขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกและการทำฟาร์มลดลงภาคอุตสาหกรรมรุกล้ำพื้นที่ทำการเกษตรที่มีอยู่เดิม อีกทั้งเมื่อสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเกิดการแห้งแล้ง พื้นที่เพาะปลูกลดลง การระบาดของโรคแมลงศัตรูเพิ่มขึ้น และมีการใช้ปัจจัยการผลิตมากขึ้น ดังนั้น ประเทศที่พัฒนาแล้วจึงหันมาให้ความสำคัญต่อการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะมากขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้เพียงพอกับความต้องการของประชากรที่เพิ่มขึ้น ลดปัญหาการใช้ทรัพยากรอย่างไม่คุ้มค่า โดยมีการเริ่มดำเนินการวิจัยตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 19 ซึ่งอยู่ในช่วงของการเลือกใช้เทคโนโลยีบางเทคโนโลยีในการจัดการฟาร์ม

Lowenberg (1999) ได้ศึกษาถึงการทำการ

เกษตรโดยใช้ระบบ Remote-sensing ควบคู่ไปกับการใช้ GPS ของฟาร์ม ตั้งแต่ปี 1992-1997 เพื่อแก้ปัญหาผลผลิตตกต่ำ และการใช้ปัจจัยการผลิตที่เกินกว่าความต้องการของพืช ซึ่งพบว่าแนวโน้มการใช้ GPS และ Remote-sensing สำหรับฟาร์มเพื่อมุ่งไปสู่การเป็นฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำนั้นเพิ่มสูงขึ้น

Maheswari et al. (2008) ดำเนินการศึกษาการปลูกมะเขือเทศและมะเขือยาวในพื้นที่เสื่อมโทรม โดยเปรียบเทียบวิธีการใช้เกษตรที่มีความแม่นยำสูงกับวิธีแบบดั้งเดิม ซึ่งมีระบบการให้น้ำพร้อมน้ำแบบอัตโนมัติตามความต้องการของพืช มีระบบการหยอดเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกพบว่าผลผลิตของมะเขือเทศและมะเขือยาวสูงขึ้นร้อยละ 80 และร้อยละ 34 ตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบรายได้สุทธิพบว่า ฟาร์มที่มีการใช้ระบบฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำมีรายได้สุทธิสูงกว่าฟาร์มแบบดั้งเดิม คือ ร้อยละ 39 และร้อยละ 28 ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้ฟาร์มมีการใช้ปัจจัยการผลิตลดลง สามารถลดต้นทุนการผลิตได้ในขณะเดียวกันสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตให้สูงขึ้น ทำให้ฟาร์มมีกำไรเพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้วิธีแบบดั้งเดิม ซึ่งมีการคาดการณ์ว่าฟาร์มในอนาคตจะมีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้อย่างเต็มรูปแบบมากยิ่งขึ้น

เห็นได้ว่าการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำดำเนินการมาแล้วตั้งแต่ปลายศตวรรษที่ 19 แต่ก็ยังพบว่าต้องมีการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยและธุรกิจต่อมาเรื่อย ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม สภาพอากาศ และประชากรที่เปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งในปัจจุบันก็มีระบบสื่อสารไร้สายมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะให้สอดคล้องทันกับยุคดิจิทัลมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่มีการพัฒนา

เครือข่ายสื่อสารไร้สายเคลื่อนที่เข้าสู่ยุค 3G และ 4G ยิ่งหันมาให้ความสำคัญในการพัฒนาระบบฟาร์มมากยิ่งขึ้น เห็นได้จากบริษัททางด้านไอทีและเครื่องใช้ไฟฟ้า ต่างก็หันมาให้ความสนใจในธุรกิจด้านการเกษตรมากยิ่งขึ้น เช่น กูเกิ้ล ฟูจิตตี้ โซนี่ โตชิบา ซาร์ป พานาโซนิค ฮิตาชิ และ เอ็นอีซี (NEC) มีการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการเกษตร อาหาร และโรงเรือน ที่มีการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ ทั้งการให้น้ำ ปุ๋ย สารกำจัดศัตรูพืช เหล่านี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้กับการผลิตภาคเกษตร โดยบริษัทฟูจิตตี้ในประเทศญี่ปุ่น เป็นที่รู้จักกันดีในนามของการผลิตสินค้าไอทีและอิเล็กทรอนิกส์ก็ได้สังเกตเห็นความสำคัญและแนวทางในการพัฒนาระบบการผลิตสินค้าเกษตร เนื่องจากมีความพร้อมในด้านเทคโนโลยีเซ็นเซอร์บันทึกข้อมูล โรงเรือน เมคาทรอนิกส์ หุ่นยนต์ ระบบฐานข้อมูลด้านเกษตร โดยในปี พ.ศ.2557 บริษัทฟูจิตตี้ได้ทำสัญญากับบริษัทเอกชนในประเทศเวียดนาม เพื่อพัฒนาระบบฟาร์มอัจฉริยะ โดยหวังจะให้เป็นโมเดลสำหรับการส่งออกเทคโนโลยีนี้ไปทั่วโลก นอกจากฟูจิตตี้แล้ว บริษัทอื่น ๆ ในญี่ปุ่นยังได้รับการสนับสนุนให้มาลงทุนด้านการเกษตรในเวียดนาม ด้วยการสนับสนุนเงินลงทุนจากธนาคารมิตซูบิชิ (Vietnamnet, 2015) ในขณะที่บริษัทพานาโซนิค ซึ่งประสบปัญหาการแข่งขันทางการตลาดสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ให้กับจีนและเกาหลีได้ได้ปรับเปลี่ยนช่องทางการทำธุรกิจโดยได้ตั้งเห็นช่องทางการทำธุรกิจด้านการเกษตรจึงได้เริ่มต้นพัฒนาการผลิตต้นแบบโรงเรือนอัจฉริยะ (Intelligent Greenhouse Prototype) เพื่อใช้สำหรับผลิตพืชเป็นการค้า โดยเป็นโรงเรือนที่มีการควบคุมและการจัดการอัตโนมัติ มีการพัฒนาโปรแกรมใช้สำหรับการควบคุมแสงวงจร การประมวลผลระบบการให้น้ำ ให้น้ำ ปุ๋ย การระบายอากาศภายในโรงเรือน

เป็นต้น โดยคาดว่าปี 2018 จะสามารถผลิตโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อการค้าได้ (CCTV America, 2014)

แนวโน้มการใช้ระบบฟาร์มอัจฉริยะในประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทย ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ ยังถือเป็นเรื่องใหม่สำหรับเกษตรกรรายย่อย แต่สำหรับเกษตรกร หรือฟาร์มที่มีขนาดใหญ่ หันมาให้ความสนใจในการทำฟาร์มอัจฉริยะกันมากขึ้น เนื่องจากมีการตื่นตัวและการกระตุ้นจากนานาประเทศ แต่ทั้งนี้รัฐบาลหรือหน่วยงานด้านเกษตรหรือด้านไอที อาจจะต้องให้คำแนะนำ การสนับสนุนอุปกรณ์พัฒนาเครือข่ายไร้สาย (3G และ 4G) และความช่วยเหลือแก่เกษตรกรเจ้าของฟาร์ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรรายย่อย ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนมากในประเทศ และเนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีใหม่ การนำไปใช้ประโยชน์หรือการแปลผลข้อมูลยังไม่เป็นที่เข้าใจของเจ้าของฟาร์ม และยังคงมองว่าไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างสูง จึงมักถูกมองว่าไม่คุ้มทุนสำหรับเกษตรกรรายย่อย แต่สำหรับเกษตรกรรายใหญ่ ที่ต้องใช้แรงงานปริมาณมากในการดูแลจัดการสวน การนำเอาเทคโนโลยีเกษตรฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ ถึงแม้ว่าจะทำให้ต้นทุนสำหรับอุปกรณ์สูงขึ้น แต่ก็สามารถลดต้นทุนผันแปร (ปัจจัยการผลิตและแรงงาน) ลงได้ (กรกัญญา อักษรเนียม, สุปรานณี ณ สงขลา, วิสุทธิ์ โลหิตนาวิ, และธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ, 2555)

การนำเอาระบบฟาร์มอัจฉริยะมาใช้กับฟาร์มขนาดใหญ่มีความเป็นไปได้มากกว่าฟาร์มขนาดเล็ก เช่น โรงเรือนกรรณมอเต้ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีและอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ ได้มีการนำเอาระบบฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ เมื่อปี 2551 ในโรงเรือนเพื่อผลิตไวน์

โดยการรวมเอาเทคโนโลยีหลายเทคโนโลยีไว้ด้วยกัน มีการติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

1) สถานีตรวจวัดอากาศ (Weather Station) เพื่อตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม เป็นต้น

2) จมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose) เพื่อตรวจวัด กลิ่น ความหวานและรสชาติขององุ่น

3) เทคโนโลยีตรวจวัดต้นพืช (Machine Vision) เช่น ไรค์ แมลง การเจริญเติบโตของต้นองุ่น การออกดอก ติดผล เป็นต้น

4) เทคโนโลยีเรดาร์ (Radar Technology) เพื่อทำแผนที่สภาพดินและลักษณะการเติบโตของรากพืช และใช้ GPS เพื่อติดตามกิจกรรมต่าง ๆ ในฟาร์ม จากนั้นข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากอุปกรณ์จะถูกส่งมายังศูนย์บัญชาการกลางและส่งต่อไปยังผู้จัดการฟาร์มโดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไร้สายแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน เพื่อประเมินความต้องการใช้น้ำขององุ่น ซึ่งเชื่อมโยงกับเรดาร์ตรวจวัดอากาศ เพื่อประเมินการให้น้ำกับองุ่น ในกรณีที่ประเมินว่าจะมีฝนตก ก็จะไม่สั่งการให้มีการให้น้ำแก่องุ่น เพราะถือว่าเป็นการให้น้ำเกินความจำเป็นของพืช ในขณะที่เดียวกันยังได้มีการติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจวัดความชื้นของใบองุ่น เนื่องจากโรคขององุ่นที่พบบ่อยคือโรคราน้ำค้าง ซึ่งสัมพันธ์กับความชื้นในใบองุ่น หากเซ็นเซอร์ตรวจพบว่าใบองุ่นมีความชื้นสูงเสี่ยงต่อการเกิดโรคราน้ำค้าง ระบบก็จะสั่งการให้มีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดโรคทันที ส่งผลให้การจัดการฟาร์มทำได้ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปัจจัยการผลิตเพิ่มปริมาณผลผลิตที่มีคุณภาพ จากเดิม 20-40 ตัน/ปี เป็น 60-80 ตัน/ปี (พื้นที่ 80 ไร่) ลดแรงงานลงเหลือเพียง 10 คน/พื้นที่ปลูก 80 ไร่ (กรกัญญา อักษรเนียม, สุปรานณี ณ สงขลา, วิสุทธิ์ โลหิตนาวิ, และธีรเกียรติ์

เกิดเจริญ, 2555)

หากประเทศไทยนำเอาเทคโนโลยีฟาร์มอัจฉริยะมาใช้ก็จะสามารถแข่งขันกับประเทศคู่แข่งมากขึ้น ในยุคการค้าเสรีหากประเทศใดมีต้นทุนในการผลิตต่ำกว่าผลผลิตมีคุณภาพมากกว่ามีการผลิตที่แม่นยำมากกว่าก็ย่อมได้เปรียบในการซื้อขายมากกว่า รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรให้การสนับสนุนและการช่วยเหลือเจ้าของฟาร์ม โดยเฉพาะฟาร์มรายย่อยให้มีความรู้ความเข้าใจเพื่อให้ก้าวทันโลกยุคดิจิทัลเพื่อให้ทัดเทียมก่อนานาประเทศ อีกทั้งยังช่วยให้เกษตรกรอยู่ดีกินดีมากขึ้น เนื่องจากมีต้นทุนในการผลิตต่ำ รายได้สูง แต่เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยยังอยู่ระหว่างการดำเนินการปรับเปลี่ยนและพัฒนาาระบบสื่อสารเข้าสู่ระบบดิจิทัลและมีการขยายเครือข่ายสัญญาณอินเทอร์เน็ตไร้สาย ทำให้ระบบสัญญาณยังไม่ดีเท่าที่ควรและยังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ ส่งผลให้ระบบสัญญาณเครือข่ายอินเทอร์เน็ต GPS GIS ยังไม่สามารถใช้งานได้เต็มที่รูปแบบ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการเกษตรซึ่งจำเป็นต้องใช้สัญญาณอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงในการเชื่อมต่อ การส่งผ่านข้อมูล และการประมวลผล ดังนั้น องค์การภาครัฐจึงควรส่งเสริมให้มีการกระจายสัญญาณครอบคลุมพื้นที่ให้มากขึ้น เพื่อให้ประเทศไทยเข้าสู่ยุคฟาร์มอัจฉริยะอย่างเต็มรูปแบบในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- กรกัญญา อักษรนิยม, สุพานี ณ สงขลา, วิสุทธิ์ โลหิตนาวิ, และ ชีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2555). เปลี่ยนเกษตรกรไทยสู่เกษตรกรอัจฉริยะ ตัวอย่างไร่องุ่นกราน-มอนเต้ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารเคหการเกษตร*, 36(7), 82-101.
- ชัชชัย หนูเจริญ. (2550). *การประยุกต์ใช้โปรแกรม GOOGLE EARTH กับการจัดการทรัพยากรน้ำ กรณีศึกษา : สำนักชลประทานที่ 17 สามจังหวัดชายแดนภาคใต้* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรุปผล

ฟาร์มอัจฉริยะหรือฟาร์มที่มีการจัดการอย่างถูกต้องแม่นยำ เป็นการนำเอาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ทันสมัยมาใช้ในระบบฟาร์มเพื่อให้เกิดการใช้ปัจจัยการผลิตที่มีประสิทธิภาพเป็นการเปลี่ยนปัจจัยการผลิต (Input) ไปเป็นผลผลิต (Output) ด้วยต้นทุนต่ำที่สุด (ค่าน้ำ ค่าไฟ ปุ๋ย สารเคมี แรงงาน พลังงาน รวมทั้งสิ่งแวดล้อม) เกิดของเสีย น้อยที่สุด โดยการออกแบบกิจกรรมต่างๆ ให้มีการใช้ทรัพยากรที่มีให้เหมาะสมสำหรับพื้นที่ สามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิต เพิ่มรายได้ ลดต้นทุน ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สะดวกและรวดเร็วสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้า นำไปสู่การเกษตรยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ทั้งนี้เกษตรกรควรมีความสามารถมีความสนใจที่จะเรียนรู้และเข้าถึงข้อมูลข่าวสารในระดับที่เหมาะสมสามารถปรับตัวให้เท่าทันกับความรู้และเทคโนโลยีใหม่ๆ เพื่อให้ทันรุ่นใหม่ๆ สนใจทำการเกษตรมากขึ้น สนับสนุนการรวมกลุ่มของเกษตรกรรายย่อยเพื่อแก้ไขขนาดการถือครองที่ดินที่มีขนาดเล็กไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในการใช้เทคโนโลยี มีการค้นคว้าความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีและสามารถบูรณาการความรู้ให้เป็นประโยชน์และสามารถปฏิบัติได้จริง ภาครัฐหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องให้ความสำคัญกับการวิจัยเทคโนโลยีเพื่อให้เกิดนวัตกรรมทางการเกษตรมากขึ้น

- ณรงค์ พลิรัมย์. (2556). เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: การทบทวนวรรณกรรม. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*, 36(4), 503-515.
- ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2550). ฟาร์มอัจฉริยะ ตอนที่ 1. *วารสารอัทเดท*, 22(241), 93-96
- ธีรพงศ์ มังคะวัฒน์. (2554). การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบการจัดการฟาร์ม. *Journal of Agricultural Extension and Communication*, 7(2), 102-109.
- วรเดช จันทรรพร, และสมบัติ อยู่เมือง. (2545). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการบริหารภาครัฐ GIS in Government. กรุงเทพฯ: ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมของประเทศไทย.
- CCTV America. (2014). *Japanese electronics companies turn to enter agriculture sector*. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=9rMZtACQyrI&feature=youtu.be>
- Jones, D., & Barnes, E. M. (2000). Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. *Agricultural Systems*, 65, 137-158.
- Johnson, L. F., Bosch, D. F., Williams, D. C., & Lobitz., B. M. (2001). Remote sensing of vineyard management zone: implications for wine quality. *Applied Engineering in Agriculture*, 17(4), 557-560.
- Lowenberg-DeBoer, J. (1999). Risk management potential of precision farming technologies. *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 31(2), 275-285.
- Maheswari, R., Ashok, K. R., & Prahadeeswaran, M. (2008). Precision farming technology, adoption decisions and productivity of vegetables in resource-poor environments. *Agricultural Economics Research Review*, 21, 415-424.
- Minghua, Z., Zhihao, Q., Xue, L., & Susan, L. U. (2003). Detection of stress in tomatoes induced by late blight disease in California, USA, using hyperspectral remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 4(4), 295-310.
- Paul, R. H., James, W. S., James, S. F., Hoshin, V. G., Kamran, H. S., & David, C. G. (1998). Integration of soil moisture remote sensing and hydrologic modeling using data assimilation. *Water Resources Research*, 34(12), 405-420.
- Raghuveer, K. V., Eric, F. W., Craig, R. F., & Joshua, B. F. (2011). Global estimates of evapotranspiration for climate studies using multi-sensor remote sensing data: Evaluation of three process-based approaches. *Remote Sensing of Environment*, 115(3), 801-823.
- Soni, S., Mandloi, S., & Jain, J. K. (2011, March). Zig bee based farming using sensor-based wireless mesh networks. *Proceeding of The 5th National Conference; INDIACom - 2011: Computing For Nation Development*. New Delhi: Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applications and Management.
- Shashwathi, N., Priyam B., & Suhas, K. (2012). Smart farming: A step towards techno-savvy agriculture. *International Journal of Computer Applications*, 57(18), 45-48.
- Vietnamnet Bridge. (2015). *Japan plants seeds of hi-tech agriculture*. Retrieved from <http://english.vietnamnet.vn/fms/business/119013/japan-plants-seeds-of-hi-tech-agriculture.html>