Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 38-41 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 38-41 (2549)

# การพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

# Quality Prediction of Tangerine *cv. Sai Nam Pung* after Truck Transportation Using Artificial Neural Network

ธัญนันท์ ฤทธิ์มณี[1] กัมปนาท บำรุงกิจ[2] ธนะชัย พันธ์เกษมสุข[3] และ พิชญา บุญประสม[4]
Thanyanun Rithmanee[1], Gumpanart Bumroonggit[2], Tanachai Pankasemsuk[3] and Pichaya Boonprasom[4]

## Abstract

This work was aimed at studying and investigating postharvest quality and losses of Tangerine *cv. Sai Nam Pung* after transported by truck from the packinghouse in Chiangmai to the wholesale market in Bangkok. The statistic treatment structure for the experiment was a $3^2$ factorial design in RCBD with three replications (trips). Temperature and relative humidity of the fruits were taken into the model as covariates. Artificial Neural Network (ANN) was used as a tool to predict postharvest quality and losses, then compared the results with those using Multiple Linear Regression (MLR). From the 27 data records, 22 data records were used for training set and 5 data records for testing set to predict mechanical damage percentage, weight loss percentage, and decay percentage. Artificial Neural Network (ANN) showed its potential and ability to predict Tangerine *cv. Sai Nam Pung* after Truck Transportation quite accurately. The Mean Absolute Percentage Error's (MAPE's) of the prediction by several ANN models ranged between 2% to 5%, approximately, and Maximum Absolute Percentage Error was 30.17%. Multiple Linear Regression (MLR) has Mean Absolute Percentage Error's (MAPE's) between 26% to 75%, approximately, and Maximum Absolute Percentage Error was 712.17%.

**Key words:** Tangerine *cv. Sai Nam Pung* , Artificial Neural Network, Multiple Linear Regression

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพ และการสูญเสียหลังการเก็บเกี่ยวของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งโดยรถบรรทุกจากโรงคัดบรรจุจังหวัดเชียงใหม่ไปยังตลาดกลางค้าส่งกรุงเทพมหานคร วางแผนการทดลองโดยใช้ $3^2$ factorial และทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (เที่ยวของการขนส่ง) โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) ได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์คุณภาพและการสูญเสียของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่ง และนำมาเปรียบเทียบกับการพยากรณ์โดยใช้สมการทำนายคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression, MLR) จากการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบพบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียมจากข้อมูลทั้งหมด 27 ชุด โดยจัดเตรียมกระบวนการเรียนรู้ (training set) จำนวน 22 ชุด และกระบวนการทดสอบ (testing set) จำนวน 5 ชุด เพื่อพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย พบว่าสามารถนำมาพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกได้และยังมีความแม่นยำกว่า ซึ่งค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมนั้นมีค่าอยู่ที่ระหว่าง 2% ถึง 5% และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 30.17% ส่วนการใช้สมการทำนายคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปรนั้น มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของสมการทำนายอยู่ที่ 26% ถึง 75% และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงสุดอยู่ที่ 712.17 %

**คำสำคัญ** ส้มสายน้ำผึ้ง โครงข่ายประสาทเทียม รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร

[1]สถานวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1] Postharvest Technology Institute, Chiangmai University, Chiangmai 50200
[2]บริษัทผลิตไฟฟ้า จำกัด (มหาชน) กรุงเทพฯ
[2] Electricity Generating Public Company Limited (EGCO) Bangkok
[3]ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiangmai University, Chiangmai 50200
[4] ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[4] Department of Food Engineering, Faculty of Agro-Industry, Chiangmai University, Chiangmai 50200

## คำนำ

โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network หรือ ANN) เป็นรูปแบบหนึ่งของกระบวนการประมวลผลข้อมูลที่มีแนวคิดพื้นฐานมาจากการพยายามเลียนแบบการทำงานของระบบประสาททางชีววิทยาของมนุษย์ มีคุณลักษณะที่สำคัญคือมีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวได้ จุดสำคัญของกระบวนการประมวลผลข้อมูลโดยโครงข่ายประสาทเทียมคือโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายเชื่อมต่อถึงกันอย่างทั่วถึงระหว่างหน่วยประมวลผล ซึ่งเป็นการจำลองแบบโครงสร้างระบบประสาทของมนุษย์ที่มีเซลล์ประสาทเชื่อมต่อถึงกันอย่างทั่วถึงดังกล่าว ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมมีความสามารถที่จะเรียนรู้และตอบปัญหาที่ยุ่งยากซับซ้อน สามารถค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สลับซับซ้อนมากๆ หรือสร้างแบบจำลอง (model) ทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนได้ดี ดังนั้นจึงได้มีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยต่างๆอย่างหลากหลาย เช่น การเรียนรู้รูปแบบ(pattern recognition) การแยกประเภท (classification) การพยากรณ์ (forecasting) หรือการทำ optimization เป็นต้น (พิชญา, 2548) เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมมีคุณลักษณะที่สามารถจัดการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อนได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจากงานวิจัยการพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกได้เคยใช้วิธีการทางสถิติมาแล้ว แต่ให้ผลได้ไม่ดีพอ (อนุชา, 2547) ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของโครงข่ายประสาทเทียมในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีความซับซ้อน โครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นเครื่องมือที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้สร้างแบบจำลองทางด้านคุณภาพ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาข้อมูลทางคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุก และเพื่อสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

## อุปกรณ์และวิธีการ

ส้มสายพันธุ์สายน้ำผึ้ง เบอร์ 5 เกรดเอ ปลูกในเขต อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ จำนวน 1 สวน ผ่านการเคลือบไขและคัดเกรดที่โรงคัดบรรจุบรรจุลงชนิดภาชนะบรรจุ 3 ชนิด คือ กล่องบรรจุแบบสวม กล่องบรรจุแบบเปิดปิด และ ตะกร้าพลาสติก การวางตำแหน่งของภาชนะบรรจุในระหว่างการขนส่ง 3 ตำแหน่ง คือ ส่วนหน้า กลางและท้ายรถบรรทุก โดยมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ขนส่งจาก อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ไปยังตลาดกลางค้าส่งสี่แยกมหานาค กรุงเทพมหานคร จากนั้นนำมาวัดผลด้านคุณภาพทันที ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล, เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด,เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย, ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Digital Refractometer รุ่น paz-1, Atago, Japan, ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ตามวิธี A.O.A.C (2000), ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำคั้น (pH) โดยใช้เครื่อง pH meter รุ่น HI 221, Hanna, Japan, การเปลี่ยนแปลงสีผิว โดยใช้เครื่องวัดสี (Minolta color reader, รุ่น CR-10, Japan), และปริมาณวิตามินซี ตามวิธี A.O.A.C (2000) จากนั้นโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) แบบ Multilayer-Layered Feedforward Neural Network ซึ่งเป็นการเรียนรู้โดยใช้วิธี Backpropagation Algorithm ประกอบไปด้วย 3 layers ได้แก่ input layer, hidden layer และ output layer แต่ละแบบจำลองจะมี input ที่แตกต่างกันไป โครงข่ายประสาทเทียมโปรแกรม Qnet v2000 package โดย Vesta Servicesได้ถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์คุณภาพและการสูญเสียของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งจากข้อมูลทั้งหมด 27 ชุด โดยจัดเตรียมกระบวนการเรียนรู้ (training set) จำนวน 22 ชุด และกระบวนการทดสอบ (testing set) จำนวน 5 ชุด เพื่อพยากรณ์เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด และเปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย แล้วนำมาเปรียบเทียบสมการทำนายคุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งโดยวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression, MLR) โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Absolute Percentage Error, APE) และค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) มาทำการเปรียบเทียบ โดยมีสมการดังนี้

$$APE = \left( \left| t_i - y_i \right| / t_i \right) * 100$$

$$MAPE = (1/N_T) \sum APE$$

เมื่อ $t_i$ คือ ค่าที่ได้จากการทดลองจริง

$Y_i$ คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

$N_T$ คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

## ผลและวิจารณ์

1. แบบจำลองการพยากรณ์ความเสียหายทางกลของส้ม

   แบบจำลองมี input layer 4 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

   Input : ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

   Output : ความเสียหายทางกลของส้ม

2. แบบจำลองการพยากรณ์การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

   แบบจำลองมี input layer 3 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

   Input : เที่ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ และตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ

   Output : การสูญเสียน้ำหนักสดของส้ม

3. แบบจำลองการพยากรณ์การเน่าเสียของส้ม

   แบบจำลองมี input layer 5 neurons, hidden layer 2 neurons และ output layer 1 neuron

   Input : เที่ยวของการขนส่ง ชนิดของภาชนะบรรจุ ตำแหน่งที่วางภาชนะบรรจุ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์

   Output : การเน่าเสียของส้ม

การเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปรและแบบจำลองการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1. เปอร์เซ็นต์ความเสียหายทางกล

| | รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร | โครงข่ายประสาทเทียม |
|---|---|---|
| MAPE (%) | 74.456 | 2.703 |
| Average Error (%) | 2.240 | 0.117 |
| Maximum APE (%) | 712.167 | 28.229 |
| Maximum Error (%) | 5.892 | 1.008 |

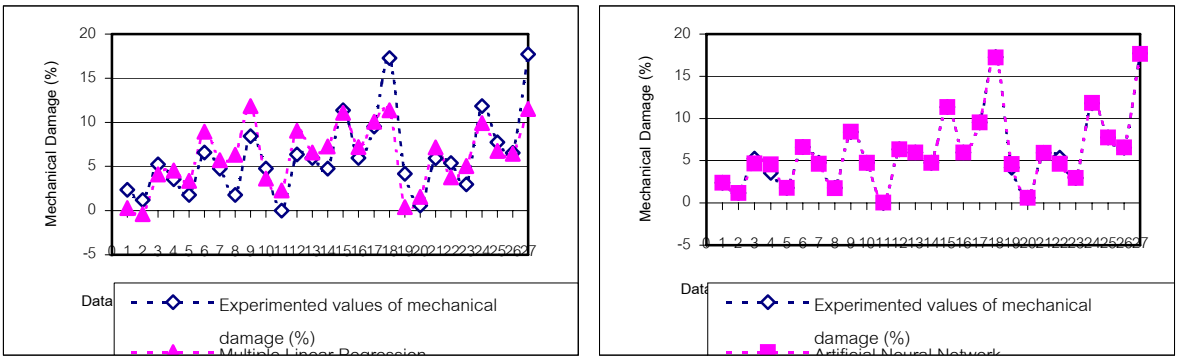


Figure 1 Experimented values versus predicted values of mechanical damage percentage using MLR and ANN

2. เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักสด

| | รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร | โครงข่ายประสาทเทียม |
|---|---|---|
| MAPE (%) | 36.301 | 1.687 |
| Average Error (%) | 0.215 | 0.016 |
| Maximum APE (%) | 148 | 16.558 |
| Maximum Error (%) | 0.732 | 0.192 |

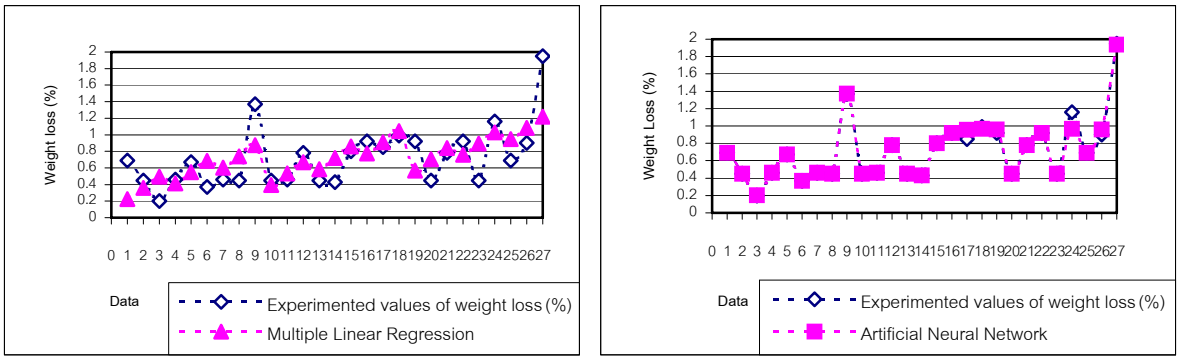


Figure2 Experimented values versus predicted values of weight loss percentage using MLR and ANN

3. เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย

| | รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร | โครงข่ายประสาทเทียม |
|---|---|---|
| MAPE (%) | 25.852 | 4.231 |
| Average Error (%) | 0.233 | 0.033 |
| Maximum APE (%) | 190 | 31.683 |
| Maximum Error (%) | 0.552 | 0.333 |

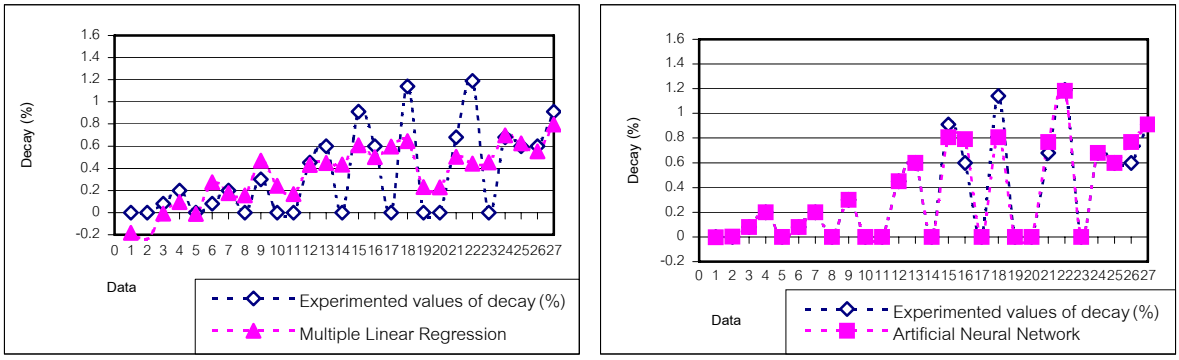


Figure 3 Experimented values versus predicted values of decay percentage using MLR and ANN

จากผลการทดลองพบว่า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีค่า MAPE, Average Error, Maximum APE และ Maximum Error ต่ำกว่าวิธีวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร และเส้นกราฟที่ได้จากค่าการพยากรณ์โดยโครงข่ายประสาทเทียมทั้ง 3 Figure มีค่าใกล้เคียงกับเส้นกราฟที่ได้จากค่าจากการทดลองมากกว่าเส้นกราฟที่ได้จากวิธีวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร

## สรุป

จากการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบระหว่างการพยากรณ์โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network, ANN) และการวิเคราะห์รีเกรสชันเส้นตรงแบบหลายตัวแปร (Multiple Linear Regression, MLR) พบว่าการใช้โครงข่ายประสาทเทียม สามารถนำมาพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกได้และยังมีความแม่นยำกว่า

## เอกสารอ้างอิง

พิชญา บุญประสม. 2548. โครงข่ายประสาทเทียม. หน้า 199-218. ใน: นิธิยา รัตนาปนนท์, (ผู้รวบรวม), เทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.บริษัท TRIO Advertising and Media จำกัด, เชียงใหม่.

อนุชา พันธุเวช. 2547. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพส้มสายน้ำผึ้งในระหว่างการขนส่งทางรถบรรทุก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 113 หน้า.

*Official Methods of AOAC International* (2000) 17 th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 942.15.

*Official Methods of AOAC International* (2000) 17 th Ed., AOAC International, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 967.21.