

แบบจำลองการอบแห้งปลาไหลด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า  
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

The Hot Air in Combination with Electric Field Drying Model of Tilapia Drying  
Using Artificial Neural Network

ปฐวิวัต วรามิตร<sup>1</sup>, บัณฑิต กฤตาคม<sup>1</sup>,  
นนท์วัฒน์ วีระยุทธ<sup>2</sup> และ อำไพศักดิ์ ทีบุญญา<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน 744 ถ.สุนทรารายณ์ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000  
<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190  
\*ติดต่อ: E-mail: pathiwat.wa@rmuti.ac.th โทร. 044-233073 ต่อ 3410

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีผลผลิตภักณ์ต์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบ คือ ปลาไหล ภายใต้เงื่อนไขการอบแห้งคืออุณหภูมิอบแห้ง 50-70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5-1.5 เมตรต่อวินาที และความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5-1.5 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ผลจากการศึกษาพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้าซึ่งมีกระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับของเลเวนเบิร์ก-มาควาร์ดท์สามารถทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งปลาไหลด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าได้ โดยมีค่า  $r^2$  เท่ากับ 0.99989 และมีค่า RMSE เท่ากับ 0.00424

**คำหลัก:** การอบแห้ง ลมร้อน สนามไฟฟ้า แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม อัตราส่วนความชื้น

**Abstract**

The objective of this research was to predict drying moisture ratio of hot air combines with electric field drying using an artificial neural network model (ANNM). Tilapia was dried under drying temperatures of 50-70 °C, air velocities of 0.5-1.5 m/s and 0.5-1.5 kV/cm of electric field. Subsequently, ANNM was applied to describe the drying moisture ratio of the product. Furthermore, prediction result of ANNM was compared with the experimental data. In this research, it was obviously found that Multilayer feed forward Levenberg-Marquardt's back-propagation ANNM can describe the drying moisture ratio effectively with  $r^2=0.99989$  and RMSE=0.00424

**Keywords:** Drying Hot air Electric field Artificial neural network Moisture ratio

## ETM-80

### 1. บทนำ

ปลานิลเป็นปลาน้ำจืดสปีชีส์นิโลติคัส (O. Niloticus) จัดอยู่ในวงศ์ Cichlidae พบมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัด บุรีรัมย์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ปลานิลนั้นมีลักษณะเด่นคือสามารถเพาะเลี้ยงได้ในทุกเกือบภูมิภาคของโลก เจริญเติบโตเร็วและมีปัญหาเรื่องโรคน้อย ปัจจุบันความต้องการบริโภคปลานิลในตลาดโลก โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้วมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่วนหนึ่งนั้นเนื่องมาจากปลานิลเป็นปลาเนื้อขาว จึงเป็นที่ต้องการในกลุ่มของผู้บริโภคที่ใส่ใจในสุขภาพ ประกอบกับเนื้อปลานิลมีรสชาติดี สามารถดัดแปลงไปเป็นวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารของหลายๆชาติ และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับปลาเนื้อขาวชนิดอื่นๆ จึงเหมาะต่อการนำมาเป็นวัตถุดิบและนำมาแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม [1] ด้วยเหตุนี้จึงมีการแปรรูปปลานิลในรูปแบบต่างๆ เพื่อการเก็บรักษาที่ยาวนานขึ้นและสะดวกต่อการใช้งาน โดยการทำให้ปลานิลเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการแปรรูปปลานิลเช่นกัน

การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับคามนิยมเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีต้นทุนในการสร้างเครื่องที่ต่ำเมื่อเทียบกับวิธีอื่นๆ [2] เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนสามารถใช้แหล่งความร้อนได้หลายแหล่งที่หาได้ง่ายเช่น ขดลวดความร้อน น้ำมันเชื้อเพลิง แอลพีจี (LPG) พลังงานแสงอาทิตย์ หรือความร้อนทิ้งจากกระบวนการต่างๆในโรงงาน สำหรับแหล่งความร้อนที่นิยมประยุกต์ใช้กับเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนมากที่สุดก็คือขดลวดความร้อน แต่เนื่องจากเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนต้องอาศัยการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนผ่านขดลวดความร้อน ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้ามากในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ ทำให้มีต้นทุนสูง และใช้เวลามากในการอบแห้ง ในการพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนให้มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น โดยใช้สนามไฟฟ้าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการอบแห้งซึ่งสนามไฟฟ้าที่ใช้จะต้องได้มาจากแหล่งกำเนิดที่มี

ต้นทุนการผลิตสนามไฟฟ้าต่ำ ผลของสนามไฟฟ้าต่อผลิตภัณฑ์ แบ่งออกได้เป็น 2 ทาง คือ ผลทางความร้อน (Thermal Effect) และผลทางด้านอื่นที่ไม่ใช่ทางความร้อน (Athermal Effect) [3] ซึ่งผลของสนามไฟฟ้าสามารถจะเข้าถึงเนื้อภายในผลิตภัณฑ์ได้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และกำลังของสนามไฟฟ้าที่แผ่ออกมา สนามไฟฟ้าจะมีประจุไฟฟ้า 2 ชนิด คือ ประจุบวก และประจุลบ เมื่อโมเลกุลของน้ำภายในผลิตภัณฑ์มีการแตกตัวจากการได้รับประจุไฟฟ้า ทำให้ส่วนที่เป็นอิเล็กตรอนจะวิ่งเข้าหาขั้วบวก และส่วนที่เป็นโปรตอนจะวิ่งเข้าหาขั้วลบ เมื่อเกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน และโปรตอนจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นเป็นผลให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์สูงขึ้น น้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เมื่อได้รับความร้อนก็จะระเหยเป็นไอน้ำออกไป จึงสามารถลดการใช้พลังงานความร้อนจากเครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนลงได้ และใช้เวลาในการอบแห้ง (Drying time) ที่สั้นลง เป็นผลให้อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะต่ำ ในการพัฒนาเครื่องอบแห้งลมร้อนให้มีสมรรถนะเพิ่มขึ้น โดยใช้สนามไฟฟ้าเป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดต้นทุนการอบแห้ง แต่ถ้าหากสามารถทราบการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งหรือสามารถทำนายได้อย่างแม่นยำ ก็จะเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบจำลองกระบวนการอบแห้งให้มีความเหมาะสม [4] ดังนั้นโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural networks) จึงได้ถูกนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาทางชีววิทยาและวิศวกรรมเคมี [5] โดยโครงข่ายประสาทเทียมนี้ถูกใช้เพื่ออธิบายพฤติกรรมกรรมการอบแห้งของวัสดุธรรมชาติที่แตกต่างกัน เช่น *Echinacea angustifolia* [6] มันสำปะหลังและมะม่วง [7] แครอท [8, 9] โสม [10] ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า

### 2. รายการสัญลักษณ์

## ETM-80

$MR$	อัตราส่วนความชื้น
$M_t$	ปริมาณความชื้นที่เวลาใดๆ (% dry basis)
$M_e$	ปริมาณความชื้นสมดุล (% dry basis)
$M_i$	ปริมาณความชื้นเริ่มต้น (%dry basis)
$MR_{pre,i}$	อัตราส่วนความชื้นที่ทำนายด้วยแบบจำลอง โครงข่ายประสาทเทียม
$MR_{exp,i}$	อัตราส่วนความชื้นจากข้อมูลการทดลอง
$N$	จำนวนของข้อมูล
$s$	ผลรวมที่ได้จากฟังก์ชันผลรวม
$x_i$	ค่าข้อมูลเข้าตัวที่ $i$
$w_i$	ค่าน้ำหนักของนิวรอนตัวที่ $i$
$\Delta w_{ji}$	ค่าปรับแก้ค่าถ่วงน้ำหนักที่โหนด $i$ และ $j$
$\eta$	อัตราการเรียนรู้
$\delta_j$	ค่าผลต่างระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการ คำนวณในรูปอนุพันธ์ของ Transfer function ที่โหนด $j$
$\alpha$	ค่าโมเมนตัม
$y_j$	คือค่าผลลัพธ์ของแบบจำลองที่โหนด $j$
$n$	รอบการปรับแก้
$z$	จำนวนนิวรอนชั้นข้อมูลเข้า
$b$	ค่าความโน้มเอียง
$f$	Transfer function

### 3. ระเบียบวิธีวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำข้อมูลการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองโดยเป็นการวัดค่าทุกๆ 5 นาที มาคำนวณหาอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งดังสมการที่ 1

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (1)$$

จากนั้นทำนายและเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีผลลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบคือ ปลายิน ภายใต้อุณหภูมิการอบแห้งคือ อุณหภูมิอบแห้ง 50, 60 และ 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s และความชื้น

สนามไฟฟ้า 0.5, 1.0 และ 1.5 กิโลโวลต์ต่อเซนติเมตร  
ดังแสดงไว้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขของการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า

อุณหภูมิอบแห้ง (°C)	ความเร็วลมอบแห้ง (m/s)	ความเข้มสนามไฟฟ้าอบแห้ง (kv/cm)
50	0.5	0.5
		1.0
		1.5
	1.0	0.5
		1.0
		1.5
	1.5	0.5
		1.0
		1.5
60	0.5	0.5
		1.0
		1.5
	1.0	0.5
		1.0
		1.5
	1.5	0.5
		1.0
		1.5
70	0.5	0.5
		1.0
		1.5
	1.0	0.5
		1.0
		1.5
	1.5	0.5
		1.0
		1.5

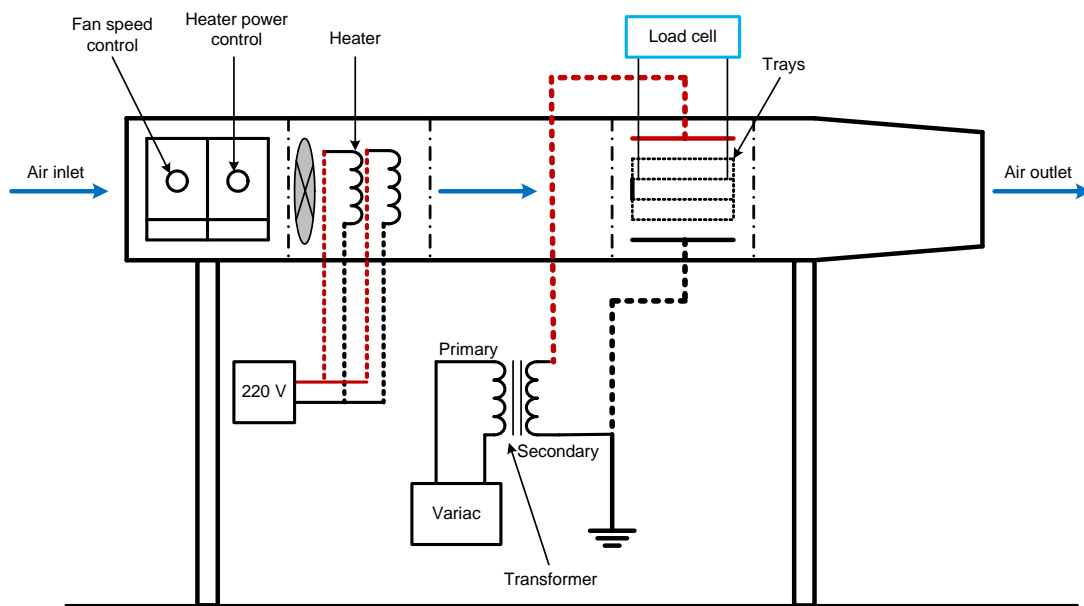
อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิและความเร็วลมคือ Thermo couple Type-K รุ่น NR-81530 ช่วงการวัดอุณหภูมิ -50 ถึง 500 องศาเซลเซียส และ Anemometer Vane Type บันทึกข้อมูลด้วย SD Card รุ่น AM-4217SD ช่วงการวัดความเร็วลม 0.3 - 35 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ การอบแห้งทำการบันทึกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงทุกๆ 5 นาที

## ETM-80

จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ จากนั้นคำนวณหาอัตราส่วนความชื้น โดยการวัดค่าน้ำหนักที่ลดลงของผลิตภัณฑ์จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า โหลดเซลล์ (Load cell) ยี่ห้อ TRANSCELL รุ่น FAD-5 (rate capacity 10 กิโลกรัม.) ที่ติดตั้งไว้กับถาด (Tray) วางผลิตภัณฑ์เพื่อวัดค่าน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงในทันทีโดยไม่ต้องนำออกมาชั่งเพื่อลดความความคลื่อนจากการวัด เมื่อผลิตภัณฑ์ถูกลมร้อนพัดผ่านจะเกิดการระเหยของน้ำทำให้น้ำหนักของผลิตภัณฑ์ลดลง และโหลดเซลล์จะทำการวัดค่าและส่งค่ามาที่ Data logger ยี่ห้อ

GRAPHTEC รุ่น GL800 (setting accuracy  $\pm 0.2\%$  of full scale) ในรูปของแรงดันไฟฟ้าในหน่วยมิลลิโวลต์ (mV) จากนั้นจึงทำการปรับเทียบค่าแรงดันไฟฟ้านั้นเป็นน้ำหนักในหน่วยกรัม (g)

ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำผลิตภัณฑ์ที่อบจนน้ำหนักคงที่แล้วไปอบในตู้อบหาความชื้นที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อหาความชื้นสุดท้าย เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าได้แสดงไว้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เครื่องอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้า [11]

### 3.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม

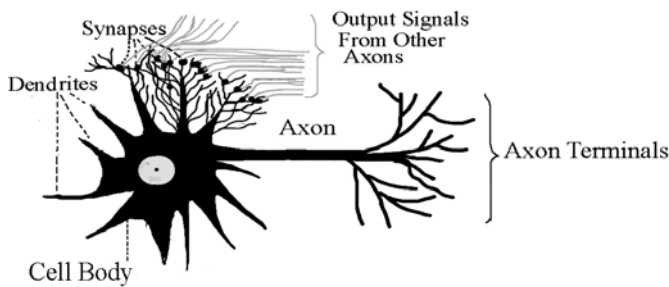
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (artificial neural network) คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ □ ด้วยวัตถุประสงค์ □ ที่จะสร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ การจดจำรูปแบบ (pattern recognition) และการอุปมาความรู □ (knowledge deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิด

เริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (bioelectric network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ "นิวรอน" (neurons) และ จุดประสานประสาท (synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาทเรียกว่า "เดนไดรต์" (dendrite) ซึ่งเป็น input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า "แอกซอน" (axon) ซึ่งเป็นเหมือน output ของเซลล์ โดยที่เซลล์เหล่านี้จะทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าภายนอกหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่

## ETM-80

นิวเคลียสซึ่งเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมัน ตามหลักการนี้ขบวนการประสาทจึงเกิดการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกันดังแสดงในรูปที่ 2

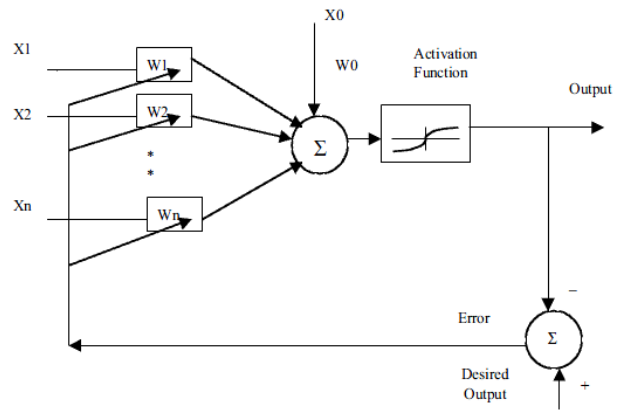
แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถเลียนแบบพฤติกรรมที่มีความซับซ้อนสูงและมีความสามารถในการทำนายพฤติกรรมที่มีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น (non-linear) ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ในการทำนายอัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าของปลาบิล ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนทางจลนพลศาสตร์



รูปที่ 2 แบบจำลองเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้นป้อนไปข้างหน้า (multilayer feed forward neural network) และใช้กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับของเลเวนเบิร์ก-มาควาดท์ (Levenberg-Maquardt's Back-Propagation) ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงสร้างของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่นิยมใช้ที่สุด [12] เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและใช้เวลาไม่นานในการฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียม [13] Back-Propagation ยังเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมวิธีหนึ่งที่นิยมใช้เพื่อปรับค่าน้ำหนักในเส้น

เชื่อมต่อระหว่างนิวรอนให้เหมาะสม โดยการปรับค่าน้ำหนักกับความแตกต่างของค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้กับค่าเอาต์พุตที่ต้องการดังแสดงไว้ในสมการที่ 2 ชุดข้อมูลที่ฝึกหัดโครงข่ายประสาทเทียมจะมีคำตอบไว้คอยตรวจสอบว่าโครงข่ายประสาทเทียมให้คำตอบที่ถูกต้องหรือไม่ ถ้าคำตอบไม่ถูก วงจรข่ายก็จะปรับตัวเองเพื่อให้ได้คำตอบที่ดียิ่งขึ้นดังแสดงในรูปที่ 3

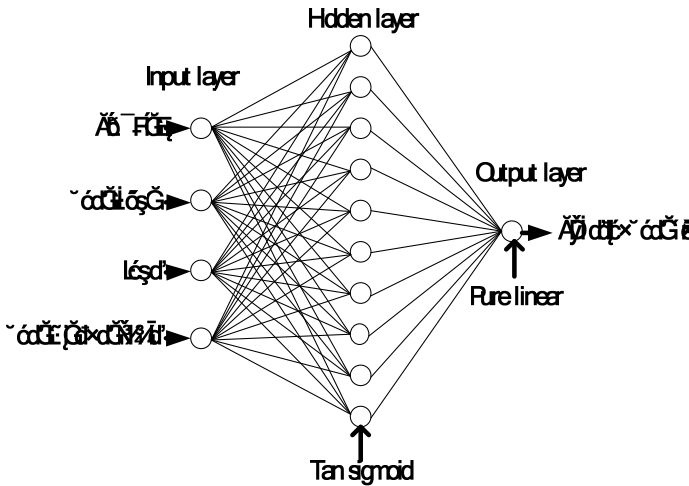


รูปที่ 3 กระบวนการเรียนรู้แบบแพร่กระจายย้อนกลับ

$$\Delta w_{\mu}(n+1) = \eta \delta(n) \cdot y_{\mu}(n) + \alpha \Delta w_{\mu}(n) \quad (2)$$

งานวิจัยนี้ได้ใช้งานแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมผ่านกล่องเครื่องมือโครงข่ายประสาทเทียม (neural network toolbox) โดยที่ข้อมูลอินพุต (input) ของโครงข่ายประสาทเทียมประกอบด้วย อุณหภูมิ, ความเร็วลม เวลา และความเข้มสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง ข้อมูลเอาต์พุต (output) ของโครงข่ายประสาทเทียมคืออัตราส่วนความชื้นของการอบแห้ง และมีจำนวนชั้นซ่อน (hidden layer) ของโครงข่ายประสาทเทียมหนึ่งชั้นซ่อนมีจำนวนนิวรอนในชั้นซ่อน 10 นิวรอน และใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน (transfer function) ของโครงข่ายประสาทเทียมคือ tan sigmoid function และ pure linear function ในชั้นซ่อนและชั้น output ตามลำดับ [14] ดังแสดงในรูปที่ 4

ETM-80



$$y_j = f\left(\sum_{i=1}^j x_i' w_i'\right) \quad (4)$$

รูปที่ 4 โครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้สำหรับทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง

ซึ่งในงานวิจัยนี้ร้อยละ 75 ของข้อมูลการอบแห้งถูกใช้เพื่อฝึกหัดและอีกร้อยละ 25 ของข้อมูลการอบแห้งใช้เพื่อทดสอบการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม จากนั้นเปรียบเทียบผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งระหว่างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมกับอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งจากการทดลองโดยใช้ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยของผลรวมของความคลาดเคลื่อนทั้งหมด (RMSE) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $r^2$ ) เป็นดัชนีชี้วัดในการเปรียบเทียบ RMSE คำนวณได้จากสมการที่ 5

ข้อมูลจากการอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าจะนำมาใช้ฝึกหัดและทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งการอบแห้ง จากข้อมูลทั้งสิ้น 946 ชุด ข้อมูลจากการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าทั้ง 27 เงื่อนไข โดยที่ชุดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้เพื่อการฝึกหัดแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมจำนวน 20 เงื่อนไขการทดลองและส่วนที่เหลืออีก 6 เงื่อนไขการทดลองใช้เพื่อทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้ง การเรียนรู้ของนิวรอลเน็ตเวิร์คทำได้โดยการส่งข้อมูล เข้ามายังส่วนที่เรียกว่าเพอร์เซ็ปตรอน (Perceptron) ซึ่งสามารถเทียบได้กับเซลล์สมองของมนุษย์ โดยที่เพอร์เซ็ปตรอนทำการรับข้อมูลที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์ซึ่งเป็นตัวเลขเข้ามาคำนวณสำหรับฟังก์ชันผลรวม (Summation Function) มีการทำงานดังสมการที่ 3

$$RMSE = \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{pre,i} - MR_{exp,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

4. ผลการทดลองและวิจารณ์

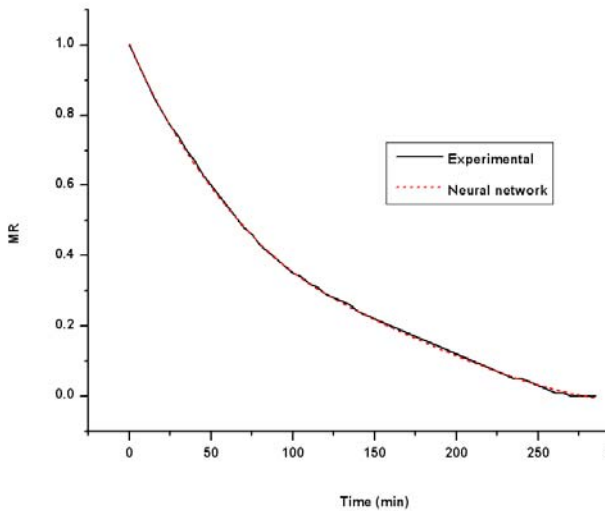
ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้นการอบแห้งปลานิลด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าโดยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง โดยใช้ค่า  $r^2$  และค่า RMSE เป็นดัชนีชี้วัด โดยมีค่า  $r^2$  เท่ากับ 0.99989 และมีค่า RMSE เท่ากับ 0.00424 โดยที่ผลการเปรียบเทียบการทำนายด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมเทียบกับการทดลองได้แสดงให้เห็นด้วยกัน 3 เงื่อนไขจากเงื่อนไขการทดลอง 6 เงื่อนไขที่ใช้ทดสอบไว้ดังในรูปที่ 5, 6 และ 7

$$s = \sum_{i=1}^z x_i w_i + b \quad (3)$$

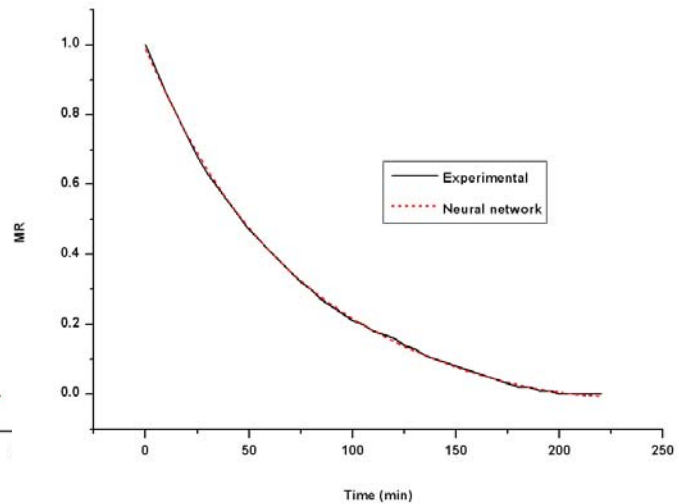
และค่าเอาท์พุทของแต่ละโหนดสามารถหาได้จากสมการที่ 4



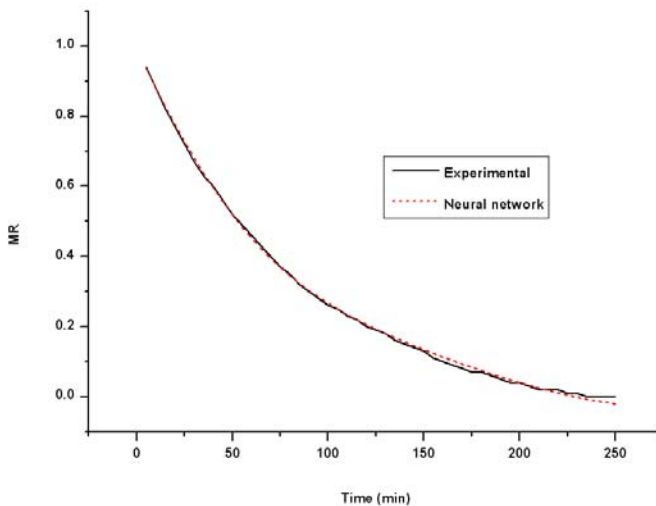
## ETM-80



รูปที่ 5 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น  
ที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 0.5 m/s  
และความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 kV/cm



รูปที่ 7 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น  
ที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.5 m/s  
และความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 kV/cm



รูปที่ 6 ผลการทำนายอัตราส่วนความชื้น  
ที่อุณหภูมิ 60 °C ความเร็วลม 1.0 m/s  
และความเข้มสนามไฟฟ้า 0.5 kV/cm

จากรูปที่ 5 ถึง 7 พบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำนายพฤติกรรมการอบแห้งปลาแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าได้ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำนายพฤติกรรมการอบแห้งโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีจุดเด่นในการเรียนรู้ สังเคราะห์ ทำนายผลลัพธ์ของปัจจัยแบบมีความสัมพันธ์ซับซ้อนและไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี และโครงข่ายประสาทเทียมยังสามารถปรับแต่งความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายในเครือข่ายที่มีการต่อเชื่อมโยงกันอย่างหนาแน่นด้วยฟังก์ชันถ่ายโอนในชั้นซ่อนและชั้นเอาต์พุต มีการส่งผ่านข้อมูลที่ประมวลผลจากอินพุตไปยังเอาต์พุต ดังนั้นการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นไปอย่างแม่นยำและรวดเร็ว

## 5. บทสรุป

ผลจากการทำนายพฤติกรรมการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าโดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสามารถทำนายพฤติกรรมการอบแห้งได้แม่นยำ โดยมีค่า  $r^2$  เท่ากับ 0.99989 และมีค่า RMSE เท่ากับ

## ETM-80

0.00424 นอกจากนี้ยังพบว่าแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมมีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้ทำนายพฤติกรรมกรอบแห้งผลิตภัณฑ์ในทุกเงื่อนไขของการอบแห้ง ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการอบแห้งผลิตภัณฑ์

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

### 7. เอกสารอ้างอิง

[1] ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้า. 2552. “ปลานิลดาวรุ่งดวงใหม่สินค้าประมงส่งออกของไทย”, [บทความออนไลน์]. สืบค้นได้จาก [www.ryt9.com](http://www.ryt9.com) (วันที่ค้นข้อมูล 13 มีนาคม 2556).

[2] Chu, K.J. and Chou, S.K. Low-cost Drying Methods for Developing Countries. Trends in Food Science & Technology 2003; 14: 519-528.

[3] IEEE Engineering in Medicine and Biology. Possible Health Hazards Form Exposure to Power Frequency Electric and Magnetic Field. A COMAR Technical Information Statement, 19:131-137, 2000

[4] Senadeera, W., Bhandari, B.R., Young, G., Wijesinghe, B. 2003. Influence of shapes of selected vegetable materials on drying kinetics during fluidized bed drying. Journal of Food Engineering, 58: 277–283.

[5] Baughman, D.R. and Liu, Y.A. 1995. Neural Networks in Bio-Processing and Chemical Engineering. Academic Press, New York, USA.

[6] Erenturk, K., Erenturk, S., and Tabil, L.G. 2004. A comparative study for the estimation of dynamical drying behavior of Echinacea angustifolia : regression analysis and neural

network. Computers and Electronic in Agriculture, 45: 71–90.

[7] Hernandez-Perez, J.A., Garcia-Alvarado, M.A., Trystram, G., and Heyd, B. 2004. Neural networks for the heat and mass transfer prediction during drying of cassava and mango. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 5: 57-64.

[8] Kerr, W.L., Kerdpiroon, S., Devahastin, S. 2006. Neural network prediction of physical property changes of dried carrot as a function of fractal dimension and moisture content. Food Research International, 39: 1110–1118.

[9] Erenturk, S. and Erenturk, K. 2007. Comparison of genetic algorithm and neural network approaches for the drying process of carrot. Journal of Food Engineering, 78: 905-912.

[10] Martynenko, A.I. and Yang, S.X. 2006. Biologically inspired neural computation for Ginseng Drying rate. Biosystems Engineering, 95 (3):385–396.

[11] ปฏิวัติ วรามิตร, โสภณ สิ้นสร้าง, อิทธิพล วรพันธ์ และ บัณฑิต กฤดาคม. แบบจำลองการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 : 8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. Paper No. EN-102

[12] Movagharnejad, K. and Nikzad, M. (2007). Modeling of tomato drying using artificial neural network, *Computers and electronics in agriculture*, vol. 59, pp. 78-85.

[13] Hagan, M.T., Demuth, H.B., and Beals, M. (1996). *Neural Network Design*, PWS Publishing Company, USA

[14] นันทวัฒน์ วีระยุทธ, ปฏิวัติ วรามิตร และ อำไพ ศักดิ์ ที่บุญมา. สถาปัตยกรรมโครงสร้างที่เหมาะสม



## ETM-80

ของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับทำนาย  
อัตราส่วนความชื้นของการอบแห้งด้วยลมร้อน. การ  
ประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่ง  
ประเทศไทย ครั้งที่ 24. : 20-22 ตุลาคม 2553 จังหวัด  
อุบลราชธานี. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.Paper No.  
CST 009.