

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์น้ำยางพาราในเชิงคุณภาพและปริมาณ

ผลการศึกษารูปแบบผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซต่อน้ำยางพาราจากแหล่งต่างๆ ในหัวข้อที่ 4.3.3 พบว่าน้ำยางพาราที่ได้จากแหล่งที่แตกต่างกันมีรูปแบบของผลตอบสนองแตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้นี้เป็นประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการนำข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อแยกแยะแหล่งที่มาของน้ำยางพารา อันจะนำไปสู่การระบุคุณภาพของน้ำยางและจะได้กล่าวถึงการศึกษาค่าความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณต่อไป

#### 5.1 การวิเคราะห์น้ำยางพาราเชิงคุณภาพ

##### 5.1.1 วิเคราะห์น้ำยางพาราจากแหล่งที่แตกต่างกัน 2 แหล่ง

คุณภาพของน้ำยางพาราขึ้นอยู่กับปริมาณเนื้อยางแห้งที่มีอยู่ในน้ำยาง บัจฉัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้มีปริมาณเนื้อยางแห้งแตกต่างกันคือ แหล่งที่ปลูกยาง ดังนั้นในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดลองวัดน้ำยางพาราจาก 2 แหล่งได้แก่ น้ำยางพาราจากกระยองและน้ำยางพาราจากภูเก็ต จากนั้นจะนำข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อแยกแยะแหล่งที่มาของน้ำยางพาราด้วยระบบโครงข่ายประสาท อันจะนำไปสู่การระบุคุณภาพของน้ำยางพาราต่อไป

เนื่องจากระบบวัดสามารถวัดสารตัวอย่างได้พร้อมกัน 5 ชนิด ดังนั้นจึงได้ออกแบบการทดลองให้วัดสารตัวอย่างดังนี้

1. น้ำยางพาราจากกระยอง : (R)
2. น้ำ DI : (H)
3. น้ำยางพาราจากภูเก็ต : (P)
4. สารละลายแอมโมเนีย 0.5% : (N1)
5. สารละลายแอมโมเนีย 1.0% : (N2)

สาเหตุที่วัดสารละลายแอมโมเนียพร้อมไปด้วยก็เนื่องจากว่า ในน้ำยางพารามีการเติมสารละลายแอมโมเนียลงไปเพื่อช่วยรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้จับตัวเป็นก้อน ลำดับขั้นการทดลองในแต่ละรอบกำหนดให้เป็นอย่างนี้ (R)-(H)-(P)-(H)-(N1)-(H)-(N2)-(H) การวัดน้ำสลับกับสารตัวอย่างทุกครั้งก็เพื่อเป็นการล้างระบบไม่ให้ไอของน้ำยางพาราจากทั้งสองแหล่งและไอของสารละลายแอมโมเนียมีผลกระทบต่อกัน อีกทั้งเป็นการปรับเทียบระบบไปตลอดช่วงเวลาในการวัด ได้

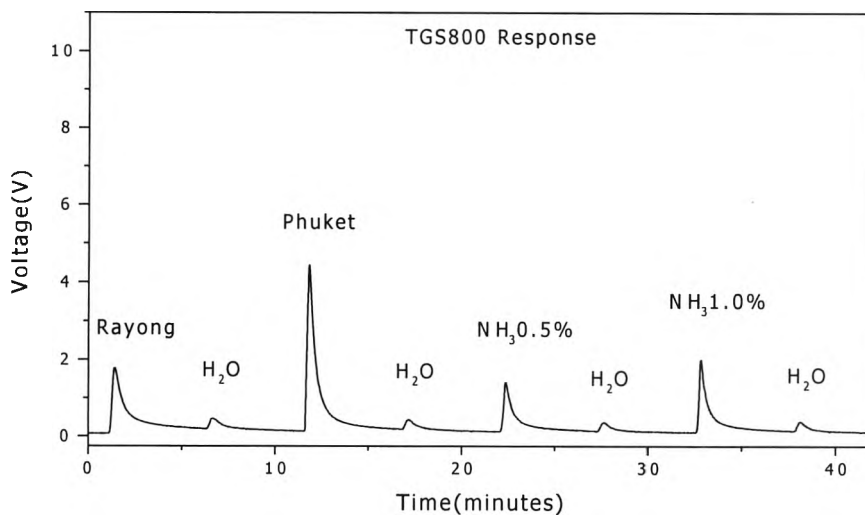
ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 15 รอบเพื่อเก็บข้อมูลให้ได้มากที่สุด จากผลการทดลองนี้เราจะได้อัตราส่วนของตัวอย่างน้ำยางพาราจากแต่ละแหล่ง แหล่งละ 15 ชุด

รูปที่ 5.1 แสดงผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อสารตัวอย่างทั้ง 5 ชนิดที่นำมาทดสอบ ลักษณะของผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่วัดได้นี้เป็นลักษณะของผลตอบสนองที่มีต่อไอผสมของสารทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในน้ำยางพาราที่นำมาทดสอบ จากรูปแสดงผลการทดลองจะเห็นว่าระดับผลตอบสนองสูงสุดระหว่างน้ำยางพาราจากระยอง (ยอดที่ 1 ในแต่ละรอบการทดลอง) และภูเก็ต (ยอดที่ 3 ในแต่ละรอบการทดลอง) แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้มีแนวโน้มว่าจะสามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราได้ด้วยระบบโครงข่ายประสาท และเมื่อเปรียบเทียบระดับผลตอบสนองของน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตกับระดับผลตอบสนองต่อสารละลายแอมโมเนีย จะเห็นว่าผลตอบสนองต่อน้ำยางพาราจากทั้งสองแหล่งสูงกว่าผลตอบสนองต่อสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 1% จากข้อมูลนี้อาจกล่าวได้ว่าน้ำยางพาราจากทั้งสองแหล่งน่าจะมีแอมโมเนียที่เติมมาจากแหล่งผลิตมากกว่า 1%

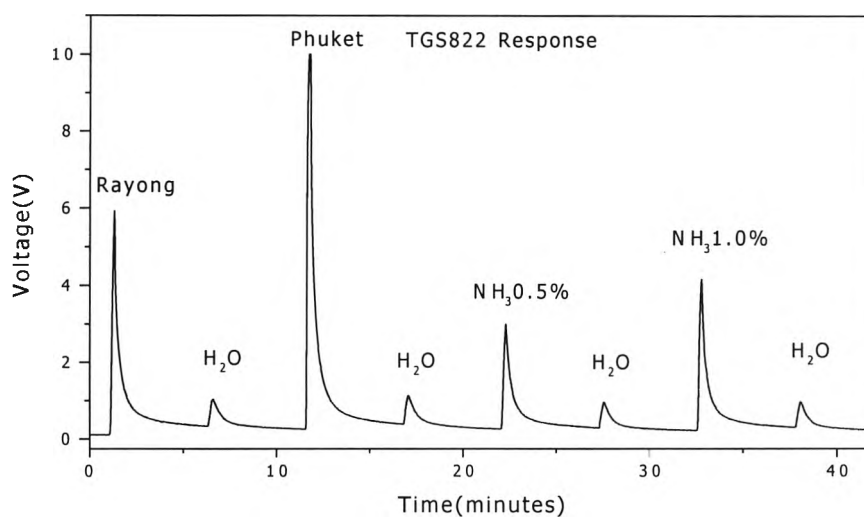
การวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท ระบบโครงข่ายประสาทประกอบด้วย 3 layer คือ (1) input layer (2) hidden layer และ (3) output layer การทดลองได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ใช้วิธีการเรียนรู้ 2 แบบได้แก่ วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis โดยกำหนดให้มีโหนดอินพุตจำนวน 4 โหนดเท่ากับจำนวนหัวตรวจวัดก๊าซ และกำหนดให้มีโหนดเอาต์พุตจำนวน 2 โหนด โดยกำหนดให้ค่าเอาต์พุตของน้ำยางพาราจากระยองเป็น 0 0 และน้ำยางพาราจากภูเก็ตเป็น 1 1 จำนวน hidden node เท่ากับ 15 โหนด ข้อมูลผลตอบสนองสูงสุดที่มีทั้งหมด 15 ชุดของน้ำยางพาราจากแต่ละแหล่งจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 คือข้อมูลอินพุตที่ใช้สอนให้ระบบโครงข่ายประสาทเรียนรู้ เป็นค่าของผลตอบสนองสูงสุดจำนวน 10 ชุด แบ่งเป็นผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตอย่างละ 5 ชุด (ผลจาก 5 รอบแรกของการทดลอง) ส่วนที่ 2 คือข้อมูลที่ใช้ทดสอบระบบโครงข่ายประสาท เป็นค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตอย่างละ 10 ชุด (ผลจาก 10 รอบหลังของการทดลอง) รวมข้อมูลของน้ำยางพาราทั้งสองชนิดที่นำมาเป็นชุดทดสอบทั้งหมดเป็น 20 ชุด ส่วนค่าตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดให้กับวิธีการเรียนรู้แบบ backpropagation แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ค่าของตัวแปรต่างๆ ที่กำหนดให้กับวิธีการเรียนรู้แบบ backpropagation

ตัวแปร	ค่าที่กำหนด
Hidden node	15
Sum-squared error goal	0.001
Maximum number of epochs	8000



(ก) TGS800



(ข) TGS822

รูปที่ 5.1 ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อ (1) น้ำยางพาราจากกระยอง  
 (2) น้ำปราศจากอิออน (3) น้ำยางพาราจากภูเก็ต  
 (4) สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.5% โดยปริมาตร  
 และ (5) สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1.0% โดยปริมาตร

ผลการทดสอบข้อมูล 10 ชุดหลังของการทดลองด้วยระบบโครงข่ายประสาทที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยาพาราจากระยองและภูเก็ต 5 ชุดแรกของการทดลองแสดงในตารางที่ 5.2 ถ้ากำหนดให้ค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าที่ตั้งไว้น้อยกว่า 0.05 จากผลการทดสอบจะเห็นว่า วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation สามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยาพาราจากทั้งสองแหล่งได้อย่างถูกต้อง 100% ส่วนวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis สามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยาพาราจากระยองได้ถูกต้อง 90% และน้ำยาพาราจากภูเก็ตได้ถูกต้อง 100% แต่ถ้านำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวาดกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าวิธีการเรียนรู้ทั้งแบบ Backpropagation และ Radial Basis สามารถแยกกลุ่มของน้ำยาพาราจากทั้ง 2 แหล่งได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 5.2 (ก) ผลการวิเคราะห์น้ำยาพาราจากระยองและภูเก็ตเมื่อทดสอบด้วยข้อมูล 10 ชุดหลัง ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation

Test set (BP) : Rayong (0 0)									
0.012473	0.011771	0.011356	0.012787	0.008042	0.009197	0.009074	0.024532	0.039395	0.040967
0.016127	0.015429	0.015562	0.014100	0.019580	0.019088	0.018826	0.022389	0.024075	0.036379
Test set (BP) : Phuket (1 1)									
0.975157	0.973250	0.974134	0.974605	0.977844	0.980141	0.982865	0.990728	0.994914	0.994714
0.980983	0.981963	0.982048	0.982832	0.980336	0.977105	0.976566	0.969049	0.961280	0.969620

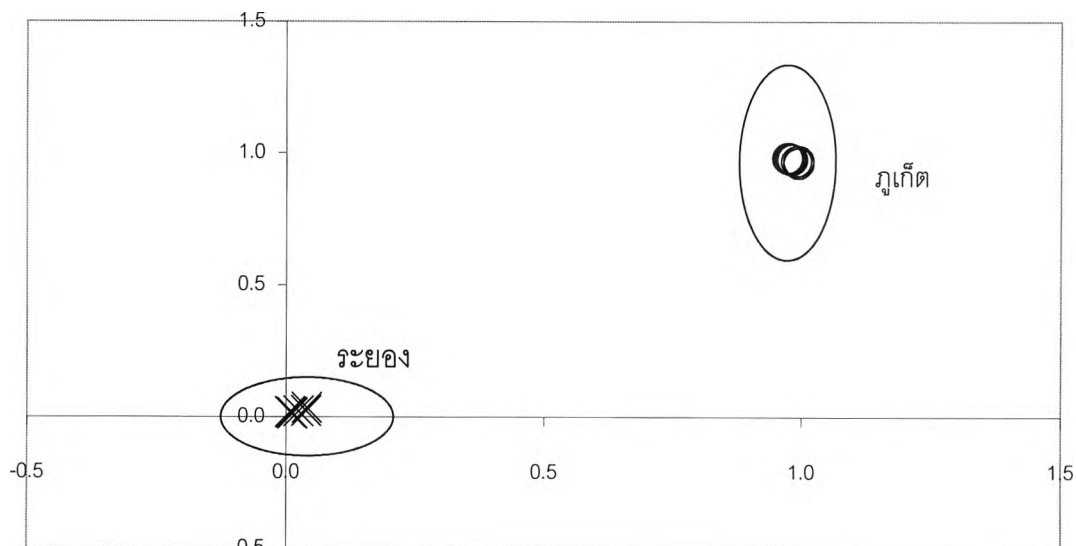
ตารางที่ 5.2 (ข) ผลการวิเคราะห์น้ำยาพาราจากระยองและภูเก็ตเมื่อทดสอบด้วยข้อมูล 10 ชุดหลัง ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis

Test set (RB) : Rayong (0 0)									
-0.007955	0.000083	-0.002588	-0.011685	-0.019031	-0.016059	-0.014168	-0.009153	0.026297	<u>0.125624</u>
-0.007955	0.000083	-0.002588	-0.011685	-0.019031	-0.016059	-0.014168	-0.009153	0.026297	<u>0.125624</u>
Test set (RB) : Phuket (1 1)									
0.988814	0.960234	0.973295	0.960734	0.991164	1.003857	0.991613	1.018684	1.040731	0.997386
0.988814	0.960234	0.973295	0.960734	0.991164	1.003857	0.991613	1.018684	1.040731	0.997386

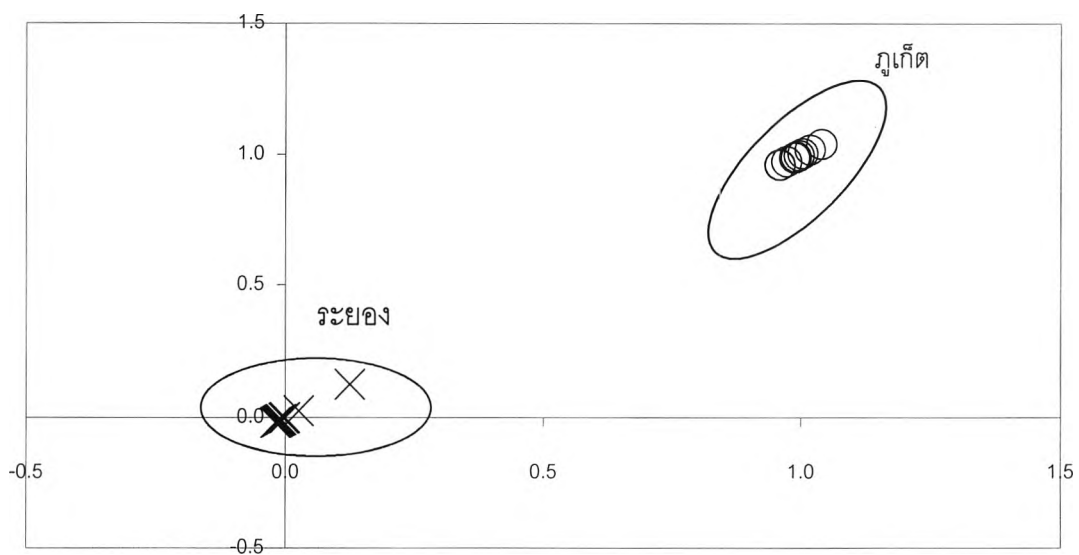
หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดจากค่าที่กำหนดเกินกว่า 0.05

### 5.1.2 วิเคราะห์น้ำยาพาราจากแหล่งที่แตกต่างกัน 3 แหล่ง

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดลองวัดน้ำยาพาราจาก 3 แหล่งได้แก่ น้ำยาพารา ยี่ห้อ JUKI น้ำยาพาราจากระยองและน้ำยาพาราจากภูเก็ต จากนั้นจะนำข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อแยกแหล่งที่มาของน้ำยาพาราจากทั้งสามแหล่ง โดยได้ทดลองวัดสารตัวอย่าง 5 ชนิดดังนี้



(ก) วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation



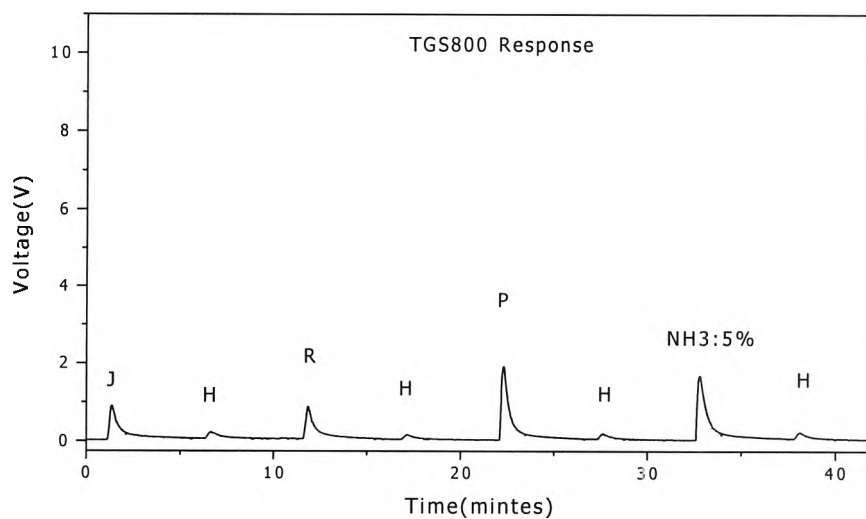
(ข) วิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis

รูปที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อแยกแหล่งที่มาของน้ำยาจพาราจากระยองและภูเก็ต

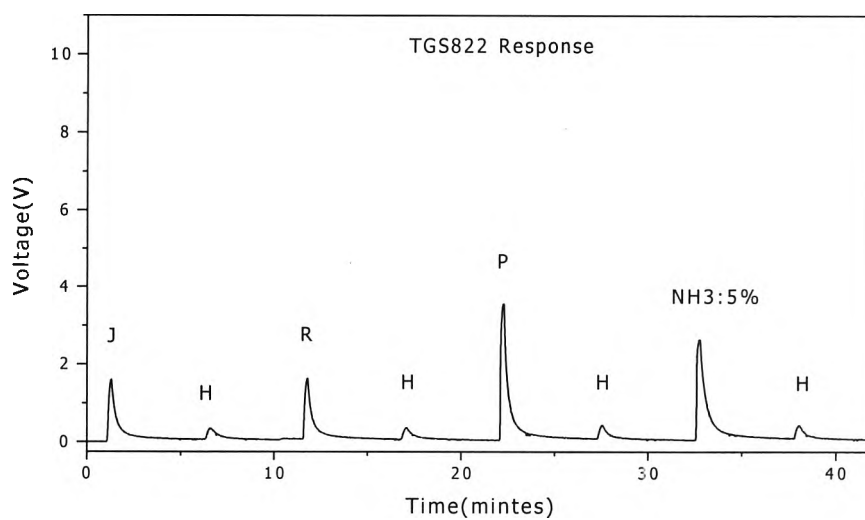
1. น้ำยางยี่ห้อ JUKI : (J)
2. น้ำยาง DI : (H)
3. น้ำยางพาราพาราจากระยอง : (R)
4. น้ำยางพาราจากภูเก็ต : (P)
5. สารละลายแอมโมเนีย 5.0% : (N)

ลำดับขั้นการทดลองในแต่ละรอบกำหนดให้เป็นดังนี้ (J)-(H)-(R)-(H)-(P)-(H)-(N)-(H) ได้ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 15 รอบ ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้จากการทดลองแสดงในรูปที่ 5.3 จากรูปแสดงผลการทดลองจะเห็นว่าระดับผลตอบสนองสูงสุดของน้ำยางพาราจากภูเก็ตแตกต่างจากระดับผลตอบสนองสูงสุดของน้ำยางพาราอีกสองชนิด ซึ่งการที่ระดับผลตอบสนองสูงสุดของน้ำยางพารายี่ห้อ Juki ใกล้เคียงกับระดับผลตอบสนองสูงสุดของน้ำยางพาราจากระยองนี้ อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทมีความผิดพลาดสูง เนื่องจากข้อมูลที่นำมาทดสอบเป็นข้อมูลของผลตอบสนองสูงสุดเพียงจุดเดียวเท่านั้น

การวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทและค่าตัวแปรต่างๆ กำหนดเหมือนกับหัวข้อ 5.1.1 คือ ชุดอินพุตสำหรับให้ระบบโครงข่ายประสาทได้เรียนรู้เป็นข้อมูลผลตอบสนองสูงสุดจาก 5 รอบแรกของการทดลองของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่ง (รวมทั้งหมด 15 ชุด) และชุดทดสอบเป็นข้อมูลผลตอบสนองสูงสุดจาก 10 รอบหลังของการทดลองของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่ง (รวมทั้งหมด 30 ชุด) ค่าเอาต์พุตของน้ำยางพาราจากระยองกำหนดให้เป็น 0 0 น้ำยางพาราจากภูเก็ตเป็น 1 1 และน้ำยางพารายี่ห้อ Juki เป็น 0 1 ซึ่งผลการทดสอบข้อมูลด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งด้วยวิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และ Radial Basis แสดงในตารางที่ 5.3 ซึ่งถ้ากำหนดให้ค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าที่ตั้งไว้น้อยกว่า 0.05 จากผลการทดสอบที่แสดงในตารางจะเห็นว่า วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation สามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตได้อย่างถูกต้อง 100% แต่การวิเคราะห์น้ำยางพารายี่ห้อ Juki สามารถวิเคราะห์ได้โดยมีความถูกต้องรวม 80% ซึ่งบิตแรกสามารถคำนวณได้ถูกต้องทั้งหมด บิตหลังมีความผิดพลาดคิดเป็นร้อยละ 40 แต่หากถ้ากำหนดให้ค่าที่คำนวณได้มีความผิดพลาดจากค่าที่ตั้งไว้น้อยกว่า 0.5 วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation สามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งได้อย่างถูกต้อง 100% ส่วนวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis หากความผิดพลาดจากค่าที่ตั้งไว้น้อยกว่า 0.05 ระบบสามารถคำนวณค่าบิตแรกของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งได้ถูกต้องทั้งหมด แต่ค่าของบิตหลังระบบคำนวณได้ถูกต้อง 0% แต่ถ้าความผิดพลาดจากค่าที่ตั้งไว้น้อยกว่า 0.5 ระบบสามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพารายี่ห้อ Juki ได้ถูกต้อง 40% น้ำยางพาราจากระยองได้ถูกต้อง 100% และน้ำยางพาราจากภูเก็ตได้ถูกต้อง 50%



(ก) TGS800



(ข) TGS822

รูปที่ 5.3 ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อ (1) น้ำยางพาราหยี่ห้อ JUKI  
 (2) น้ำปราศจากกลิ่น (3) น้ำยางพาราจากกระยอง  
 (4) น้ำยางพาราจากภูเก็ต  
 และ (5) สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 5.0% โดยปริมาตร

และเมื่อนำค่าที่ได้จากการทดสอบมาวาดกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าวิธีการเรียนรู้ทั้งแบบ Backpropagation และ Radial Basis สามารถแยกกลุ่มของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งได้อย่างชัดเจน

ตารางที่ 5.3 (ก) ผลการวิเคราะห์น้ำยางพารายี่ห้อ Juki น้ำยางพาราจากระยอง และน้ำยางพาราจากภูเก็ต เมื่อทดสอบด้วยข้อมูล 10 ชุดหลัง ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation

Test set (BP) : Juki (0 1)									
0.004610	0.004593	0.003660	0.003200	0.002506	0.001752	0.001800	0.001516	0.000944	0.000834
0.995335	0.995170	0.991787	0.979013	0.962137	<b>0.919870</b>	0.951303	<b>0.918267</b>	<b>0.629399</b>	<b>0.629480</b>
Test set (BP) : Rayong (0 0)									
0.000210	0.000251	0.000195	0.000150	0.000167	0.000159	0.000143	0.000108	0.000122	0.000099
0.003289	0.037962	0.030206	0.006071	0.011399	0.008755	0.006243	0.003229	0.004406	0.003122
Test set (BP) : Phuket (1 1)									
0.989911	0.989467	0.990077	0.989760	0.989191	0.989356	0.988857	0.988945	0.988846	0.988661
0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997	0.999997

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดจากค่าที่กำหนดเกินกว่า 0.05

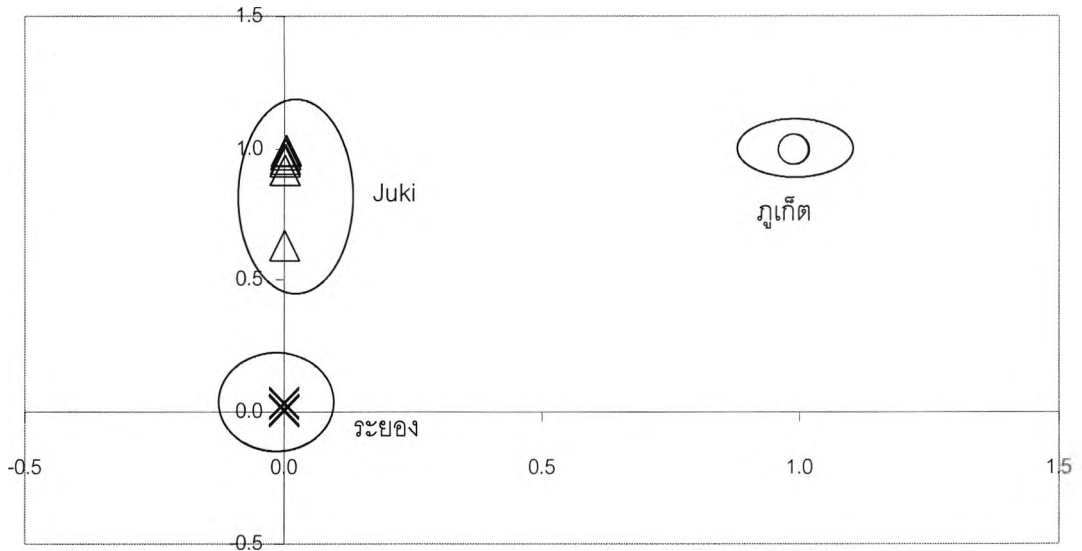
ตารางที่ 5.3 (ข) ผลการวิเคราะห์น้ำยางพารายี่ห้อ Juki น้ำยางพาราจากระยอง และน้ำยางพาราจากภูเก็ต เมื่อทดสอบด้วยข้อมูล 10 ชุดหลัง ด้วยวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis

Test set (RB) : Juki (0 1)									
-0.002357	-0.004037	-0.009158	-0.007512	-0.007933	-0.009480	-0.012067	-0.009342	-0.009344	-0.009648
<b>0.622613</b>	<b>0.624608</b>	<b>0.685620</b>	<b>0.302247</b>	<b>0.509653</b>	<b>0.280476</b>	<b>0.182889</b>	<b>0.236977</b>	<b>0.196105</b>	<b>0.211173</b>
Test set (RB) : Rayong (0 0)									
-0.000797	-0.002504	-0.002715	-0.002974	-0.004912	-0.002959	-0.003631	-0.003170	-0.003416	-0.001280
<b>-0.263862</b>	<b>-0.082849</b>	<b>-0.170450</b>	<b>-0.165995</b>	<b>-0.319958</b>	<b>-0.243597</b>	<b>-0.407416</b>	<b>-0.372952</b>	<b>-0.391681</b>	<b>-0.293674</b>
Test set (RB) : Phuket (1 1)									
1.000436	0.997653	0.996786	0.996881	0.994812	0.994413	0.992963	0.990915	0.994180	0.989673
<b>1.100477</b>	<b>0.946965</b>	<b>0.878511</b>	<b>0.841025</b>	<b>0.551066</b>	<b>0.630206</b>	<b>0.304079</b>	<b>0.361074</b>	<b>0.444256</b>	<b>0.457453</b>

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดจากค่าที่กำหนดเกินกว่า 0.05

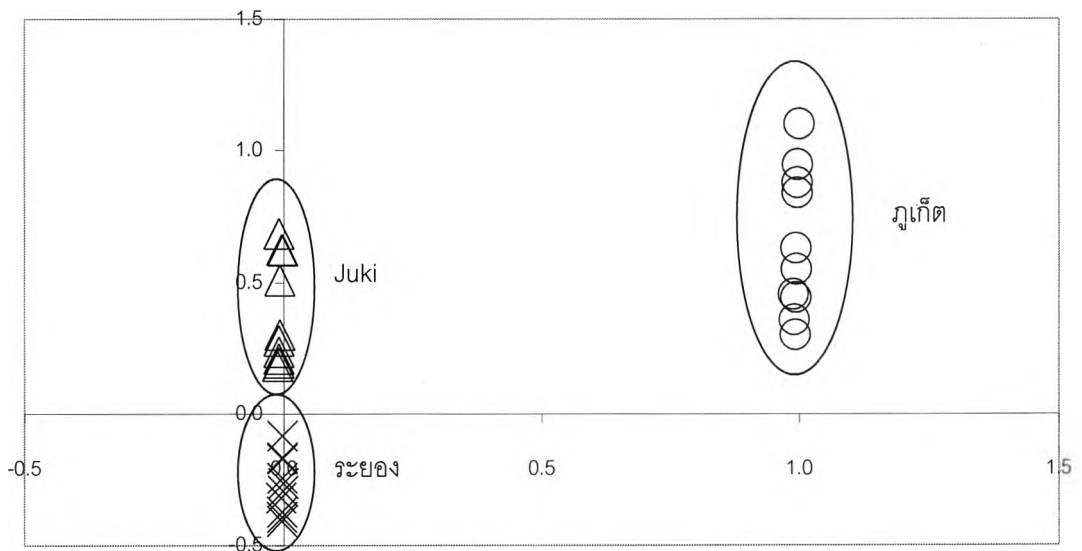
ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราด้วยระบบโครงข่ายประสาทเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และ Radial Basis ภายใต้การกำหนดเงื่อนไขเดียวกันพบว่าวิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis และถ้าพิจารณาในแง่ของตัวเลขของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์





△ Test set (BP) : Juki (0 1) × Test set (BP) : Rayong (0 0) ○ Test set (BP) : Phuket (1 1)

(ก) วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation



△ Test set (RB) : Juki (0 1) × Test set (RB) : Rayong (0 0) ○ Test set (RB) : Phuket (1 1)

(ข) วิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis

รูปที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อแยกแหล่งที่มาของ  
น้ำยางพาราชนิด Juki น้ำยางพาราจากระยอง และน้ำยางพาราจากภูเก็ต

ด้วยระบบโครงข่ายประสาท การใช้ข้อมูลผลตอบสนองสูงสุดเพียงจุดเดียวเพื่อเป็นตัวแทนของผลตอบสนองทั้งหมดทำให้เกิดความผิดพลาดในวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพารา อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในแง่ของการแยกกลุ่มของค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ พบว่าระบบโครงข่ายประสาทสามารถแยกกลุ่มของน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งได้อย่างชัดเจนทั้งแบบที่ใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และ Radial Basis

### 5.1.3 การทดสอบความเสถียรภาพของระบบด้วยการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท

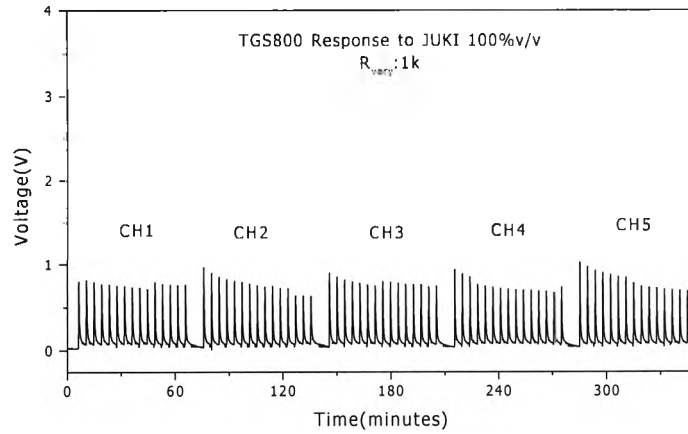
การทดสอบความเสถียรภาพของระบบด้วยการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองคือทดลองวัดน้ำยางพาราจาก 3 แหล่งได้แก่ น้ำยางพารายี่ห้อ Juki น้ำยางพาราจากกระยองและน้ำยางพาราจากภูเก็ต การทดลองแต่ละครั้งได้ทดลองวัดน้ำยางพาราจากแหล่งเดียวกันทั้ง 5 ช่องแต่ละช่องวัดซ้ำกัน 15 รอบ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปวิเคราะห์ให้มากที่สุด ซึ่งจะมีข้อมูลของน้ำยางพาราจากแต่ละแหล่งทั้งหมด 75 ชุด ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากทั้งสามแหล่งแสดงในรูปที่ 5.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ด้วยระบบโครงข่ายประสาทจะใช้ข้อมูล 3 ค่าเพื่อเป็นตัวแทนของผลตอบสนองหนึ่งชุดคือ

1. ค่าผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่วินาทีที่ 10 (Rise time)
2. ค่าผลตอบสนองสูงสุด (Peak)
3. ค่าผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่วินาทีที่ 150 (Fall time)

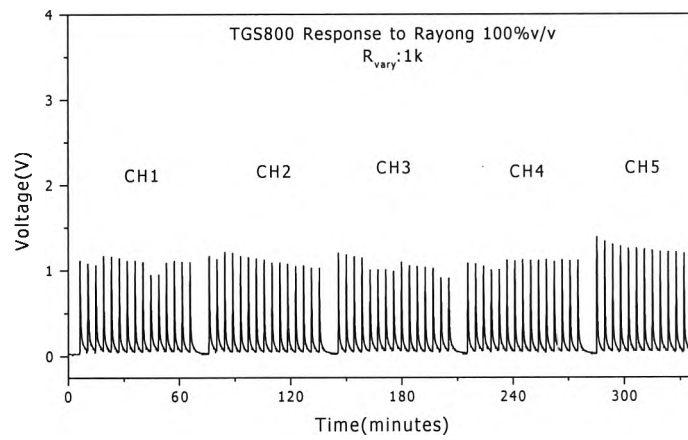
การเลือกใช้ข้อมูล 3 ค่านี้เพื่อเป็นตัวแทนของผลตอบสนองหนึ่งชุดก็เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากที่สุด และเมื่อพิจารณารูปแบบผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซทั้งสี่หัว ณ จุดทั้งสามที่เลือกมา (แสดงดังรูปที่ 5.6-5.8) จะเห็นว่าน้ำยางพาราจากแหล่งที่ต่างกันมีรูปแบบของผลตอบสนองแตกต่างกัน

การทดสอบความเสถียรภาพของระบบได้ทดลองเปรียบเทียบการวิเคราะห์ 2 ลักษณะดังนี้

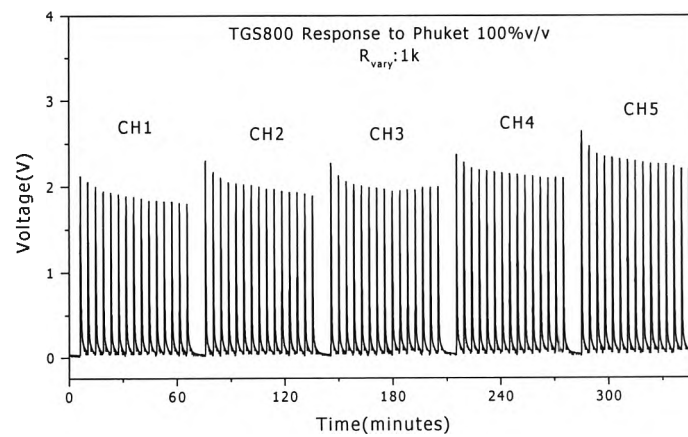
1. ใช้ข้อมูล 30 ชุดแรก (ข้อมูลของช่องที่ 1-2) เป็นชุดอินพุตสำหรับให้ระบบเรียนรู้ และทดสอบระบบด้วยข้อมูล 45 ชุดหลัง (ข้อมูลของช่องที่ 3-5) ซึ่งเป็นการทดสอบเสถียรภาพของระบบแบบ External
2. ใช้ข้อมูล 5 ชุดแรกของการวัดแต่ละช่องเป็นชุดอินพุตสำหรับให้ระบบเรียนรู้ และทดสอบระบบด้วยข้อมูล 10 ชุดหลังของการวัดแต่ละช่อง ซึ่งเป็นการทดสอบเสถียรภาพของระบบแบบ Internal



(ก) น้ํายางพาราจี้ห้อ JUKI

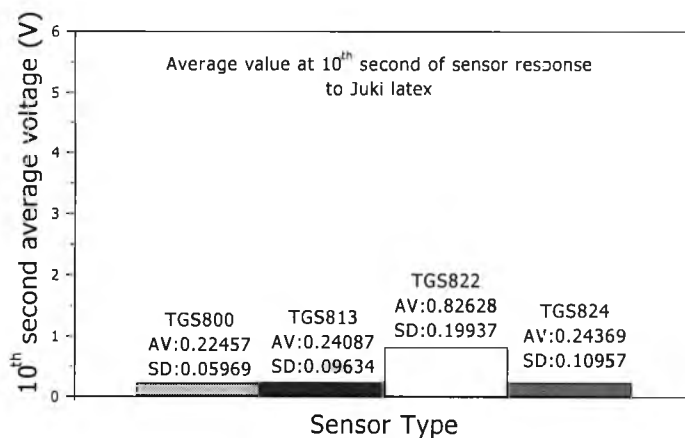


(ข) น้ํายางพาราจากระยอง

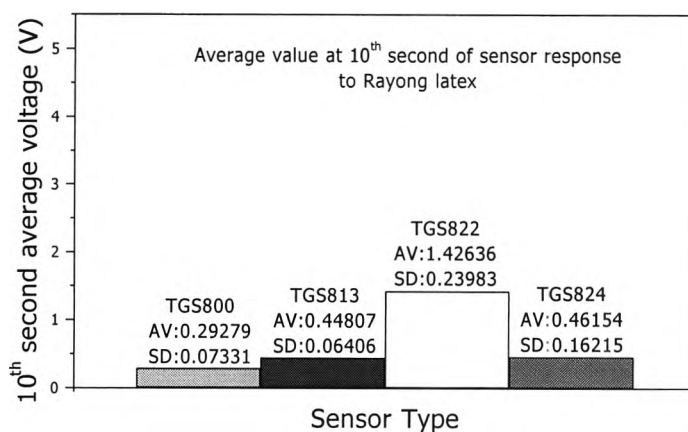


(ค) น้ํายางพาราจากภูเก็ต

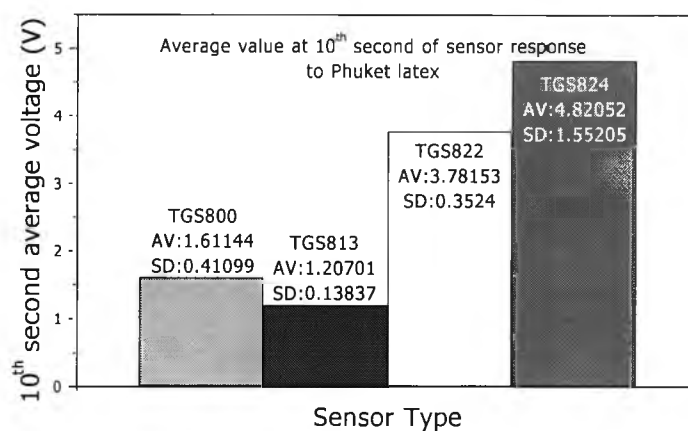
รูปที่ 5.5 ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซ TGS800 ต่อน้ํายางพาราแหล่งต่างๆ



(ก) น้ํายางพาราอีห้จูกิ

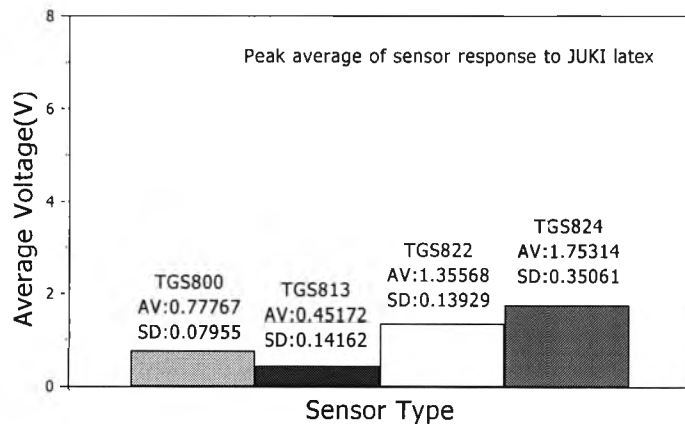


(ข) น้ํายางพาราจากระยอง

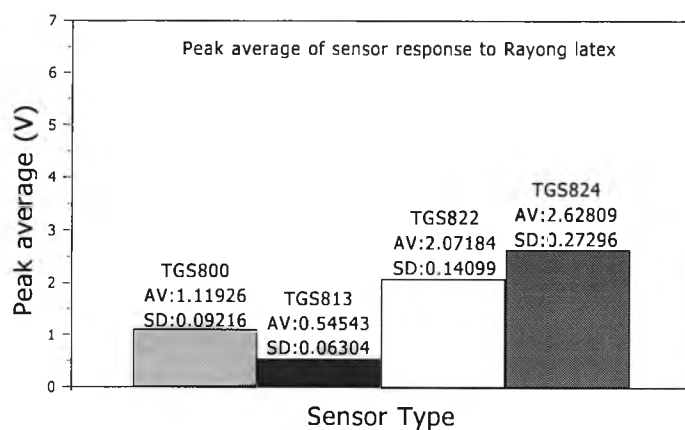


(ค) น้ํายางพาราจากภูเก็ต

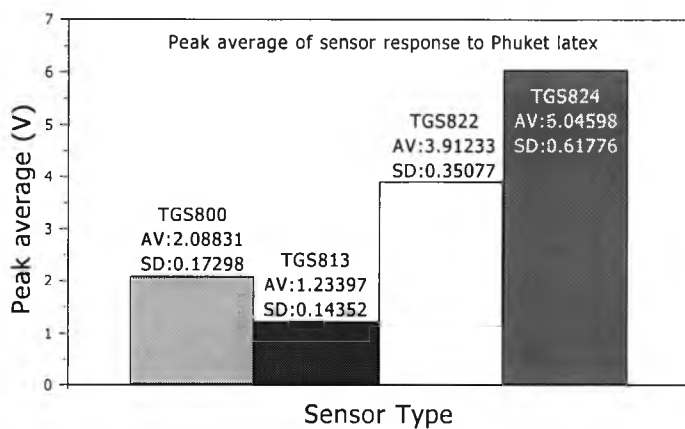
รูปที่ 5.6 รูปแบบผลตอบสนองต่อน้ํายางพาราจากสามแหล่ง ณ วินาทีที่ 10 (Rise time)



(ก) น้ํายางพาราอีหื้อ Juki

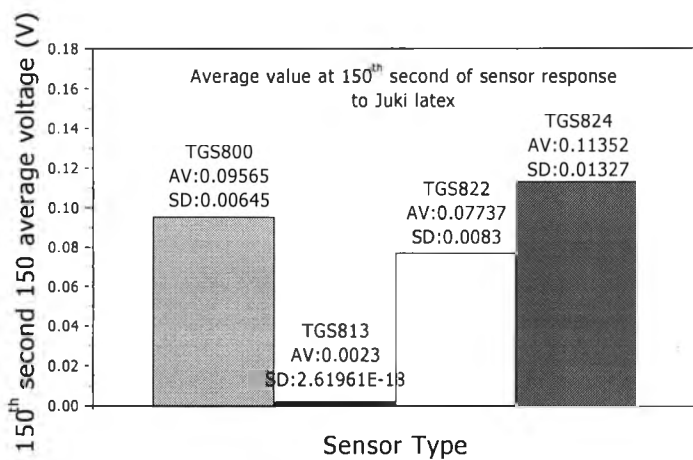


(ข) น้ํายางพาราจากระยอง

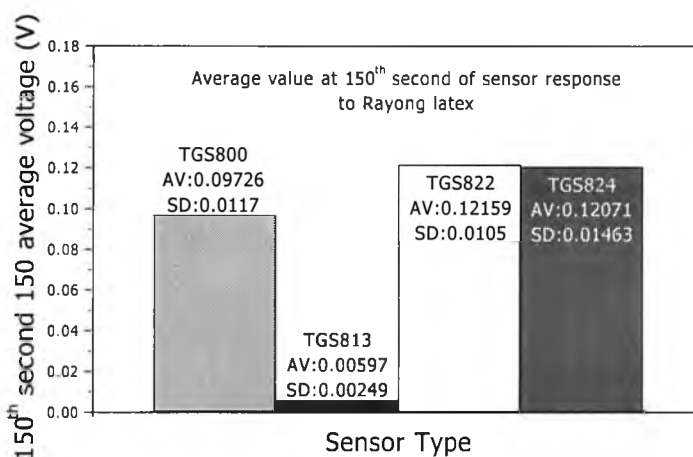


(ค) น้ํายางพาราจากภูเก็ต

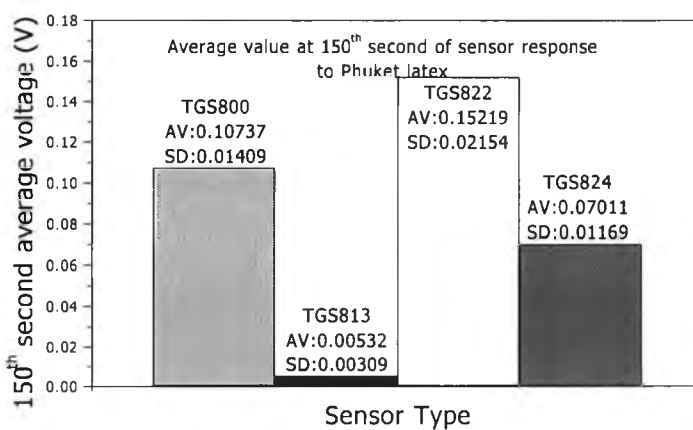
รูปที่ 5.7 รูปแบบผลตอบสนองต่อน้ํายางพาราจากสามแหล่งที่ค่าผลตอบสนองสูงสุด



(ก) น้ำยางพาราฮีท้อ Juki



(ข) น้ำยางพาราจากระยอง



(ค) น้ำยางพาราจากภูเก็ต

รูปที่ 5.8 รูปแบบผลตอบสนองต่อน้ำยางพาราจากสามแหล่ง ณ วินาทีที่ 150 (Fall time)

ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากสามแหล่งด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อทดสอบความมีเสถียรภาพของระบบสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากสามแหล่งด้วยระบบโครงข่ายประสาทเพื่อทดสอบความมีเสถียรภาพของระบบ

ลักษณะการทดสอบ	วิธีการเรียนรู้	เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง			
		ระยอง	ภูเก็ต	Juki	รวม
External	Backpropagation	98.89	90	95.56	94.81
	Radial Basis	72.2	24.4	67.78	54.81
Internal	Backpropagation	98	88	100	95.33
	Radial Basis	62	44	70	58.67

จากตารางที่ 5.4 สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบข้อมูลผลตอบสนองในลักษณะ Internal ให้ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราได้ถูกต้องมากกว่าการทดสอบลักษณะ External
2. วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation ให้ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราได้ถูกต้องมากกว่าวิธีการเรียนรู้แบบ Radial Basis
3. การทดสอบระบบในลักษณะ External ระบบโครงข่ายประสาทสามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากระยองได้ถูกต้องมากที่สุด
4. การทดสอบระบบในลักษณะ Internal ระบบโครงข่ายประสาทสามารถวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพารายี่ห้อ Juki ได้ถูกต้องมากที่สุด
5. ผลการวิเคราะห์แยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราจากภูเก็ตมีความผิดพลาดมากที่สุด

## 5.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์น้ำยางพาราเชิงปริมาณ

การศึกษความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีในน้ำยางพารากับลักษณะของผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซ พบว่าผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราเป็นผลของน้ำและสารละลายแอมโมเนียที่มีอยู่ในน้ำยาง และจากการทดลองวัดน้ำยางพาราที่กำหนดให้มีปริมาณของแอมโมเนียคงที่ ผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้เปลี่ยนแปลงตามปริมาณน้ำที่มีอยู่ในน้ำยาง คือน้ำยางที่ผสมน้ำน้อยให้ผลตอบสนองที่ตกว่าน้ำยางที่ผสมน้ำมาก ทำให้มีแนวโน้มที่จะบอกสัดส่วนของเนื้อยางแห้งที่มีอยู่ในน้ำยางได้ อันจะนำไปสู่การ

ระบุคุณภาพของน้ำยางพาราในที่สุด อย่างไรก็ตามการผลการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมดเราสามารถบอกความแตกต่างของน้ำยางพาราได้ในเชิงคุณภาพเท่านั้น กล่าวคือเราสามารถบอกได้ว่าน้ำยางพาราที่นำมาทดสอบมีน้ำผสมอยู่มากหรือน้อย แต่ไม่สามารถบอกได้ว่ามีน้ำผสมอยู่เป็นปริมาณเท่าใด ดังนั้นในหัวข้อนี้จะได้กล่าวถึงการศึกษาความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีอยู่ในน้ำยางพารา

ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการศึกษาเรื่องนี้ได้แก่ระบบสมการเชิงเส้น ระบบสมการเชิงเส้น  $m$  สมการที่ประกอบด้วยตัวแปรไม่ทราบค่า  $n$  ตัวแปร เขียนได้ในรูปดังนี้

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ \vdots & \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m \end{aligned} \quad (5.1)$$

เมตริกซ์  $A$  ขนาด  $m \times n$

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

เรียกว่าเมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของระบบสมการเชิงเส้น (Coefficient matrix) และถ้ากำหนดให้

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad \text{และ} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

ดังนั้นระบบสมการเชิงเส้น (5.1) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์เพียงสมการเดียวได้ดังนี้

$$AX=B \quad (5.2)$$

เนื่องจากเมตริกซ์  $A$  ไม่ใช่เมตริกซ์จัตุรัส (Square matrix) การแก้สมการเพื่อหาค่าเมตริกซ์ตัวแปร  $X$  ทำได้ตามสมการ (5.3)

$$X=(A^T A)^{-1} A^T B \quad (5.3)$$



จากการศึกษาลักษณะผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราที่กำหนดให้มีปริมาณแอมโมเนียคงที่ในหัวข้อ 4.3.6 ข้อมูลที่ได้พบว่าลักษณะผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในน้ำยางพารา ซึ่งกล่าวได้แต่เพียงว่าน้ำยางพาราที่ผสมน้ำน้อยให้ผลตอบสนองที่ดีกว่าน้ำยางพาราที่ผสมน้ำมาก แต่ไม่สามารถที่จะระบุลงไปได้อย่างชัดเจนว่าปริมาณน้ำที่ผสมอยู่ในน้ำยางพารานั้นมีปริมาณเท่าใด ดังนั้นจึงได้นำข้อมูลผลตอบสนองที่ได้นี้มาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีอยู่ในน้ำยางพารา โดยใช้ทฤษฎีของระบบสมการเชิงเส้นตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

การวิเคราะห์หาปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีในน้ำยางพาราที่กำหนดให้มีปริมาณแอมโมเนียคงที่ที่ 5% โดยใช้ข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่วัดได้จากหัวข้อ 4.3.6 ระบบสมการเชิงเส้นสำหรับผลการทดลองที่ได้เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} a_{10} + a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 &= b_1 \\ a_{20} + a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 &= b_2 \\ a_{30} + a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 &= b_3 \\ a_{40} + a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 &= b_4 \end{aligned} \quad (5.4)$$

เมื่อ

$x_1$  : เปอร์เซนต์เนื้อยางแห้ง (%DRC)

$x_2$  : เปอร์เซนต์แอมโมเนีย (%NH<sub>3</sub>)

$x_3$  : เปอร์เซนต์น้ำ (%H<sub>2</sub>O)

$b_i$  : ผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่  $i$  (โวลท์)

ขั้นตอนในการวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีในน้ำยางพารามีดังนี้

1. หาเมตริกซ์สัมประสิทธิ์  $A$  โดยใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยผลตอบสนองสูงสุดของน้ำยางพาราที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยความเข้มข้นต่างๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีในน้ำยางพาราจากผลตอบสนองสูงสุดที่วัดได้ในแต่ละครั้ง
2. แทนค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซต่อน้ำยางพาราที่มีน้ำผสมอยู่ด้วยความเข้มข้นต่างๆ ที่วัดได้ในแต่ละครั้ง เพื่อคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบทั้งสามชนิดในน้ำยางพารา

ผลจากการคำนวณสามารถหาเมตริกซ์  $A$  ได้ดังนี้

$$A = 1 \times 10^5 \begin{bmatrix} 0.076577 & 0.0011777 & -0.025638 & 0.00054348 \\ 0.10687 & -0.0031081 & 0.0058874 & -0.0014347 \\ 0.052914 & 0.0026436 & -0.033755 & 0.0012198 \\ 1.4650 & 0.0076240 & -0.35985 & 0.0035193 \end{bmatrix}$$

เมื่อนำเมตริกซ์  $A$  มาแทนค่าในระบบสมการเชิงเส้นสามารถคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยางพาราได้ดังแสดงในตารางที่ 5.5(ก) จากตารางแสดงผลการทดลอง ถ้ากำหนดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วง 20% ของปริมาณส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีอยู่ในน้ำยางพารา จะเห็นว่าค่าที่คำนวณได้มีความถูกต้องถึงร้อยละ 93.6 อย่างไรก็ตามผลการคำนวณนี้เกิดจากการนำค่าเมตริกซ์  $A$  ไปทดสอบข้อมูลของการทดลองชุดเดียวกันจึงทำให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องสูง และเพื่อทำการศึกษาว่าผลการทดลองในครั้งหนึ่งจะสามารถนำไปใช้กับตัวอย่างอื่นๆ ที่ไม่เคยทดสอบมาก่อนได้หรือไม่ ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองเช่นเดียวกันนี้ซ้ำอีกสองการทดลองโดยเตรียมน้ำยางพาราใหม่ทุกครั้ง จากนั้นนำค่าเมตริกซ์  $A$  ที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 1 ( $A_1$ ) มาทดสอบข้อมูลผลตอบสนองที่ได้จากการทดลองสองครั้งหลัง ซึ่งผลการทดสอบที่ได้แสดงในตารางที่ 5.5(ข) และ 5.5(ค) จากตารางจะเห็นว่า การทดสอบข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่ได้จากการทดลองครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ด้วยค่าเมตริกซ์  $A$  ที่คำนวณได้จากการทดลองครั้งที่ 1 ( $A_1$ ) ให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 69.6 และ 72.8 ตามลำดับ แต่หากคำนวณหาค่าเมตริกซ์  $A_2$  และ  $A_3$  ด้วยข้อมูลค่าเฉลี่ยผลตอบสนองสูงสุดของการทดลองครั้งที่ 2 และ 3 แล้วนำข้อมูลผลตอบสนองของครั้งเดียวกันมาทดสอบจะให้ผลการคำนวณที่มีความถูกต้องสูงขึ้น คิดเป็นร้อยละ 83.2 เท่ากันทั้งสองการทดลอง

การศึกษาค่าความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของส่วนประกอบทางทฤษฎีที่มีในน้ำยางพาราจากผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่วัดได้โดยใช้ทฤษฎีของระบบสมการเชิงเส้น ผลการคำนวณจะมีความถูกต้องมากกว่าหากทดสอบค่าผลตอบสนองที่ได้ด้วยเมตริกซ์  $A$  ที่คำนวณได้จากการทดลองครั้งเดียวกัน

ตารางที่ 5.5(ก) ผลการคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยางพารา เมื่อนำค่าเมตริกซ์  $A_1$  ไปทดสอบข้อมูลของการทดลองชุดเดียวกัน

		ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5
		DRC:6.92%	DRC:5.38%	DRC:3.85%	DRC:2.31%	DRC:0.77%
		NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%
		H <sub>2</sub> O:50%	H <sub>2</sub> O:60%	H <sub>2</sub> O:70%	H <sub>2</sub> O:80%	H <sub>2</sub> O:90%
ยอดที่ 1	ค่าคงที่	0.983893	0.920705	0.943765	0.960547	0.976250
	%DRC	22.081147	<u>19.804270</u>	<u>14.118188</u>	<u>9.314266</u>	<u>4.645047</u>
	%NH <sub>3</sub>	4.919470	4.603536	4.718889	4.802821	4.881304
	%H <sub>2</sub> O	45.624002	<u>44.557052</u>	59.068499	71.070942	82.678063
ยอดที่ 2	ค่าคงที่	0.944358	0.998681	1.001890	0.984430	1.003936
	%DRC	22.384474	17.094207	11.903633	7.941439	2.172140
	%NH <sub>3</sub>	4.721778	4.993462	5.009545	4.922256	5.019754
	%H <sub>2</sub> O	41.212839	57.837539	69.389105	76.314755	90.666502
ยอดที่ 3	ค่าคงที่	1.029964	1.008758	1.016994	1.006832	1.015705
	%DRC	19.751081	16.077688	11.035508	6.870079	<u>1.342895</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.149870	5.043866	5.085079	5.034279	5.078617
	%H <sub>2</sub> O	55.052504	60.997858	72.705186	80.764474	93.581654
ยอดที่ 4	ค่าคงที่	1.036699	1.023757	1.029912	1.009583	1.014582
	%DRC	19.104304	15.110262	10.244725	6.368146	<u>0.889546</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.183557	5.118872	5.149677	5.048042	5.073010
	%H <sub>2</sub> O	57.094198	64.519167	75.645912	82.113580	94.457570
ยอดที่ 5	ค่าคงที่	1.032086	1.023674	1.008452	1.013886	1.015923
	%DRC	18.601281	14.510958	10.345219	5.951256	<u>0.566307</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.160502	5.118466	5.042375	5.069567	5.079721
	%H <sub>2</sub> O	57.746344	65.810039	73.389609	83.425853	95.285543

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดเกินกว่าช่วง 20% ของค่าจริง

ตารางที่ 5.5(ข) ผลการคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยางพารา เมื่อนำค่าเมตริกซ์  $A_1$  ไปทดสอบข้อมูลของการทดลองชุดที่ 2

		ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5
		DRC:6.92%	DRC:5.38%	DRC:3.85%	DRC:2.31%	DRC:0.77%
		NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%
		H <sub>2</sub> O:50%	H <sub>2</sub> O:60%	H <sub>2</sub> O:70%	H <sub>2</sub> O:80%	H <sub>2</sub> O:90%
ยอดที่ 1	ค่าคงที่	0.992104	0.997726	1.253904	1.154531	1.163880
	%DRC	<u>31.167035</u>	<u>23.522813</u>	<u>14.918682</u>	<u>9.961775</u>	<u>4.729255</u>
	%NH <sub>3</sub>	4.960420	4.988595	<u>6.269610</u>	5.772735	5.819540
	%H <sub>2</sub> O	<u>26.711907</u>	<u>43.814315</u>	<u>86.795252</u>	88.095457	100.320653
ยอดที่ 2	ค่าคงที่	1.142268	1.100125	1.326040	1.168935	1.207739
	%DRC	<u>26.425118</u>	<u>20.973430</u>	12.037220	<u>8.731411</u>	<u>2.998598</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.711335	5.500646	<u>6.630335</u>	5.844770	<u>6.038843</u>
	%H <sub>2</sub> O	51.256564	59.067420	<u>99.892640</u>	92.130242	<u>108.237290</u>
ยอดที่ 3	ค่าคงที่	1.159636	1.096972	1.315240	1.186349	1.157096
	%DRC	24.355881	<u>20.038007</u>	11.034586	7.615960	<u>4.282246</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.798201	5.484890	<u>6.576342</u>	5.931853	5.785630
	%H <sub>2</sub> O	57.391310	60.795275	<u>101.039574</u>	<u>96.201747</u>	100.645037
ยอดที่ 4	ค่าคงที่	1.148947	1.299563	1.280727	1.162671	1.206987
	%DRC	23.422563	14.260422	10.727242	7.430048	2.315786
	%NH <sub>3</sub>	5.744763	<u>6.497944</u>	<u>6.403766</u>	5.813460	<u>6.035094</u>
	%H <sub>2</sub> O	58.399034	<u>92.561196</u>	<u>98.426934</u>	94.355434	<u>109.645746</u>
ยอดที่ 5	ค่าคงที่	1.130495	1.263689	1.239430	1.153790	1.215169
	%DRC	22.022115	13.702453	10.337936	8.034661	<u>1.793609</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.652510	6.318564	<u>6.197272</u>	<u>5.769089</u>	<u>6.076012</u>
	%H <sub>2</sub> O	59.681029	90.362288	<u>95.347410</u>	<u>92.202298</u>	<u>111.554570</u>

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดเกินกว่าช่วง 20% ของค่าจริง

ตารางที่ 5.5(ค) ผลการคำนวณหาปริมาณของส่วนประกอบในน้ำยางพารา เมื่อนำค่าเมตริกซ์  $A_1$  ไปทดสอบข้อมูลของการทดลองชุดที่ 3

		ช่องที่ 1	ช่องที่ 2	ช่องที่ 3	ช่องที่ 4	ช่องที่ 5
		DRC:6.92%	DRC:5.38%	DRC:3.85%	DRC:2.31%	DRC:0.77%
		NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%	NH <sub>3</sub> :5%
		H <sub>2</sub> O:50%	H <sub>2</sub> O:60%	H <sub>2</sub> O:70%	H <sub>2</sub> O:80%	H <sub>2</sub> O:90%
ยอดที่ 1	ค่าคงที่	0.855090	1.130519	0.921278	1.107139	0.964323
	%DRC	<u>10.508846</u>	<u>5.947451</u>	<u>8.199992</u>	<u>3.151590</u>	<u>3.569635</u>
	%NH <sub>3</sub>	4.275465	5.652729	4.606442	5.535828	4.821687
	%H <sub>2</sub> O	58.465934	<u>94.516952</u>	69.757481	<u>98.353134</u>	83.878323
ยอดที่ 2	ค่าคงที่	0.902597	1.148036	0.981089	1.163417	0.993196
	%DRC	<u>9.458181</u>	<u>4.229219</u>	<u>6.158867</u>	<u>1.103168</u>	2.143367
	%NH <sub>3</sub>	4.513029	5.740333	4.905536	5.817247	4.966066
	%H <sub>2</sub> O	<u>65.256650</u>	<u>99.904497</u>	79.862565	<u>108.138352</u>	89.711766
ยอดที่ 3	ค่าคงที่	0.991412	1.027936	1.003843	1.016254	0.999459
	%DRC	<u>7.026410</u>	<u>6.177183</u>	<u>5.357858</u>	<u>3.985677</u>	<u>1.609788</u>
	%NH <sub>3</sub>	4.957168	5.139804	5.019321	5.081379	4.997388
	%H <sub>2</sub> O	<u>78.963915</u>	<u>84.274071</u>	83.759955	87.911827	91.463011
ยอดที่ 4	ค่าคงที่	1.017120	1.033762	1.011130	1.024816	0.991070
	%DRC	<u>6.026776</u>	<u>5.792194</u>	<u>4.938215</u>	<u>3.493981</u>	<u>1.507620</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.085734	5.168941	5.055767	5.124198	4.955441
	%H <sub>2</sub> O	<u>83.572455</u>	<u>85.661858</u>	<u>85.361652</u>	89.790754	90.887463
ยอดที่ 5	ค่าคงที่	1.025598	1.020894	1.020581	1.032902	1.114267
	%DRC	<u>5.377828</u>	<u>5.701287</u>	<u>4.533101</u>	<u>3.118415</u>	<u>-1.394841</u>
	%NH <sub>3</sub>	5.128139	5.104600	5.103027	5.164637	5.571477
	%H <sub>2</sub> O	<u>85.784211</u>	<u>84.636419</u>	<u>87.137344</u>	91.372792	<u>108.880473</u>

หมายเหตุ ค่าที่ขีดเส้นใต้คือค่าที่ผิดพลาดเกินกว่าช่วง 20% ของค่าจริง

### 5.3 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการนำข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราแบบต่างๆ มาวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ คือ วิเคราะห์เพื่อแยกแหล่งที่มาของน้ำยางพารา เนื่องจากแหล่งที่มาของน้ำยางพาราสามารถบ่งบอกถึงปริมาณของเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางพาราได้ ซึ่งปริมาณเนื้อยางแห้งที่มีในน้ำยางพาราเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ใช้บอกคุณภาพของน้ำยางพารานั้นเอง การวิเคราะห์น้ำยางพาราในเชิงคุณภาพนี้ได้นำเอาหลักการของระบบโครงข่ายประสาทมาเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ รวมทั้งยังได้นำข้อมูลผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซมาวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ คือ วิเคราะห์หาปริมาณทางทฤษฎีของส่วนประกอบที่มีในน้ำยางพาราที่นำมาทดสอบ ได้แก่ ปริมาณเนื้อยางแห้ง ปริมาณแอมโมเนีย และ ปริมาณน้ำ โดยใช้ทฤษฎีระบบสมการเชิงเส้นเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ จากผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์น้ำยางพาราในเชิงคุณภาพโดยใช้ระบบโครงข่ายประสาท พบว่าระบบสามารถแยกกลุ่มของน้ำยางพาราจากอย่างน้อย 3 แหล่งได้อย่างชัดเจน โดยวิธีการเรียนรู้แบบ backpropagation ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องมากกว่าวิธีการเรียนรู้แบบ radial basis
2. การวิเคราะห์น้ำยางพาราในเชิงปริมาณโดยใช้ทฤษฎีระบบสมการเชิงเส้น ผลการทดสอบเบื้องต้นพบว่าสามารถบอกปริมาณส่วนประกอบทางทฤษฎีในน้ำยางพาราได้ถูกต้องประมาณ 70% เมื่อกำหนดความผิดพลาดไม่เกิน 20% ของปริมาณที่มีอยู่จริง