รายการอ้างอิง

1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 100 ปียางพาราไทย. ฐานเศรษฐกิจ. ปีที่19 ฉบับที่1436 18-20 พ.ย. 2542 : หน้าพิเศษ 2.
2. นุชนาฏ ณ ระนอง. ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติ. วารสารยางพารา. ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 (มกราคม-เมษายน2541) : 49-68.
3. วราภรณ์ ขจรไชยกูล. อุตสาหกรรมการผลิตยางดิบ. ใน เอกสารวิชาการเรื่องยาง : หน้า 111-142.
4. Natale,C.Di., Macagnano, A., Paolesse, R., Tarizzo, E., D'Amico, A., Davide, F. and others. A Comparison between an electronic nose and human olfaction in a selected case study. Solid State Sensors and Actuators, 1997. TRANSDUCERS '97 Chicago., 1997 International Conference. 1997: 1335 –1338.
5. Roppel, T., Dunman, K., Padgett, M., Wilson, D. and Lindblad, T. Feature-level signal processing for odor sensor arrays. Industrial Electronics, Control and Instrumentation IECON 97. 23rd International Conference 1. 1997: 218 –221.
6. Hines, E.L., Gardner, J.W. and Stansfield, R.N. A standalone neural network based electronic nose. Digital Signal Processing in Instrumentation, IEE Colloquium 009. 1992:10/1 -10/4.
7. Nakamoto, T. and Moriizumi, T. Odor sensor using quartz-resonator array and neural-network pattern recognition. Ultrasonics Symposium Proceedings, IEEE 1. 1988: 613 –616.
8. Sriyudthsak, M., Lertnimitthen, N. and Nakpeerayut, S. Novel technique using response characteristic to identify volatile organic compounds. Int. Conf. Or Solid State Sensors and Actuator, Digest of Chemical paper 2. 1977: 3c3.09p.
9. Sriyudthsak, M., Teeramongkonrasmee, A. and Moriizumi, T. Radial basis neural networks for identification of volatile organic compounds. Technical digest of seventh international meeting on chemical sensors. 1998: 154-156.
10. Russell, A., Thiel, D. and Mackay-Sim, A. Sensing odour trails for mobile robot navigation. Robotics and Automation Proceedings, IEEE International Conference 3. 1994: 2672 –2677.
11. สมพงศ์ สุขมาก. พันธุ์ยางสงขลา 36. ใน เอกสารวิชาการเรื่องยาง. (สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์) : หน้า 37-56.

บรรณานุกรม

Friedberg, S.H., Insel,A.J., and Spence, L.E. Linear algebra. 2nd ed. Singapore: Prentice-Hall, 1992.

Hagan, M.T., Demuth, H.B., and Beale, M. Neural network design. United State of America: PWS publishing, 1996.

Ihokura, K., and Watson, L. The stannic oxide gas sensor principles and applications. United State of America: CRC Press, 1994.

Kupriyanov, L.Yu. Handbook of sensors and actuators: Semiconductor sensors in phisico-chemical studies. Vol.4 Netherlands: Elsevier, 1996.

Ross, M.S. Introduction to proability and statistics for engineers and scientists. United State of America: John Wiley & Sons, 1987.

รายชื่อการเผยแพร่ผลงานวิจัย

ประทุมพร หินเธาว์ และ มานะ ศรียุทธศักดิ์. ระบบวัดน้ำยางพาราแบบอัตโนมัติโดยใช้หัวตรวจวัดก๊าซและระบบโครงข่ายประสาท. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ (7 กุมภาพันธ์ 2544) : วศ.37/o81

ภาคผนวก

เอกสารที่เผยแพร่ในงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39
ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ (7 กุมภาพันธ์ 2544) : วศ.37/o81

ระบบวัดน้ำยางพาราแบบอัตโนมัติโดยใช้หัวตรวจวัดก๊าซและระบบโครงข่ายประสาท

Latex auto-measuring system using gas sensors and neural networks

ประทุมพร หินเธาว์[1] และมานะ ศรียุทธศักดิ์

Pratoomporn Hinthao and Mana Sriyudthsak

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ทำการสร้างระบบวัดก๊าซแบบอัตโนมัติที่ควบคุมการทำงานโดยคอมพิวเตอร์ และนำระบบดังกล่าวมาใช้ทดสอบน้ำยางพาราว่าเป็นน้ำยางพาราที่มาจากแหล่งใด ระบบวัดประกอบด้วยหัวตรวจวัดก๊าซชนิดสารกึ่งตัวนำดีบุกออกไซด์ (SnO_2) จำนวน 4 ตัวและสามารถเลือกวัดสารตัวอย่างได้ 5 ชนิดในการทดลองครั้งเดียวกัน ในบทความฉบับนี้ ได้ทำการทดลองวัดน้ำยางพาราที่มาจาก 2 แหล่งคือน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ต ในการวิเคราะห์จะนำค่าผลตอบสนองสูงสุดที่ได้จากหัวตรวจวัดก๊าซทั้งสี่ที่มีต่อน้ำยางพาราทั้งสองชนิดมาวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท (Neural networks) โดยใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และ Radial Basis ที่มีอินพุตจำนวน 4 โหนด และกำหนดเอาท์พุตจำนวน 3 โหนด ระบบโครงข่ายประสาทได้รับการสอนด้วยข้อมูล 10 ชุด และทำการทดสอบด้วยข้อมูลอีก 20 ชุดที่ไม่เคยเรียนรู้มาก่อน ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถแยกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราทั้งสองแหล่งได้ถูกต้องโดยรวมคิดเป็นร้อยละ 95

ABSTRACT

The objectives of this research are to construct an automatic gas measuring system, which is controlled by computer. The system consists of 4 semiconductor (SnO_2) TAGUSHI gas sensors could measure 5 samples in one experiment and use it to test rubber latex for identifying their source. In this paper, two types of rubber latex from RAYONG and PHUKET have been distinguished. Peak value of the responses to two types of rubber latex from 4 gas sensors are used to analyze by artificial neural networks, with 4 input nodes and set 3 output nodes, using Backpropagation and Radial Basis algorithms. The neural networks is trained with 10 data sets and then tested with 20 unknown data sets. The results show that the system could identify the source of latex with total accuracy about 95%.

คำนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการนำเทคโนโลยีของหัวตรวจวัดก๊าซและการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำหอม(Roppel และคณะ, 1997) การผลิตยาเวชภัณฑ์ การตรวจหาวัตถุระเบิด(Hines และคณะ, 1992) การตรวจสอบชนิดของสุรา(Nakamoto และ Moriizumi, 1988) การแยกประเภทสารระเหยอินทรีย์(Sriyudthsak และคณะ, 1997 และ 1998) แม้กระทั่งการประดิษฐ์หุ่นยนต์ติดตามกลิ่นเพื่อป้องกันการหลงทาง(Russel และ

[1] ห้องปฏิบัติการวิจัยไบโออิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Bioelectronic Research Laboratory, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineer, Chulalongkorn University.

คณะ, 1994) เป็นต้น ระบบวัดน้ำยางพาราที่ได้ออกแบบขึ้นสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีของหัวตรวจวัดก๊าซและระบบโครงข่ายประสาทมาใช้เพื่อระบุแหล่งที่มาของน้ำยางพาราที่นำมาทดสอบ สำหรับเหตุผลที่ต้องบอกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราก็เนื่องจากว่าต้นยางพาราที่ปลูกในแต่ละภาคของประเทศไทยเป็นพันธุ์ที่มีคุณลักษณะแตกต่างกันตามสภาพภูมิประเทศเพื่อให้ต้นยางผลิตน้ำยางที่ดีที่สุดออกมา คุณลักษณะที่แตกต่างกันของต้นยางพาราในแต่ละพื้นที่นี้ทำให้ได้ผลผลิตของน้ำยางพาราที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นการสร้างระบบวัดที่สามารถระบุแหล่งที่มาของน้ำยางพาราได้จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการคัดเลือกน้ำยางพาราก่อนนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างชนิดกันก็ต้องการยางพาราวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปเพื่อให้ตรงกับความต้องการในการใช้งาน

อุปกรณ์และวิธีการ

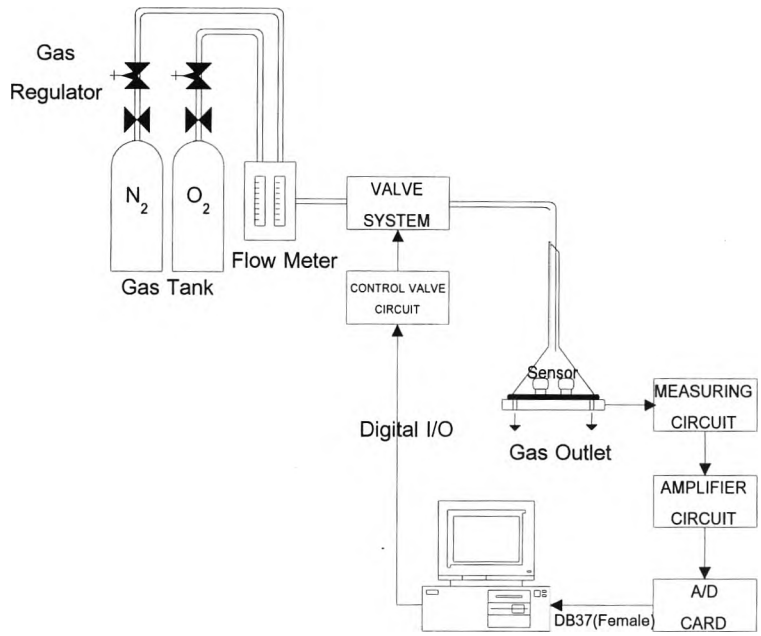


Figure 1 Automatic gas measuring system

ระบบวัด

ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบวัดน้ำยางพาราแสดงในรูปที่ 1 ระบบวัดที่ประดิษฐ์ขึ้นในงานวิจัยนี้เป็นระบบวัดก๊าซแบบไอไหลผ่านอัตโนมัติ ที่พัฒนามาจากระบบวัดแบบฉีด (Injection) สามารถวัดสารตัวอย่างได้ 5 ชนิดในการทดลองแต่ละครั้ง ในระบบวัดประกอบด้วยชุดของหัวตรวจวัดก๊าซชนิดสารกึ่งตัวนำจำนวน 4 ตัว คือ TGS800, TGS813, TGS822 และ TGS824 การเลือกใช้หัวตรวจวัดก๊าซในระบบถึง 4 ตัว ก็เพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์มากที่สุด โดยได้นำระบบโครงข่ายประสาทมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ เนื่องจากเราต้องการวัดไอของน้ำยางพาราซึ่งเป็นไอผสมของสารหลายชนิดที่มีอยู่ในน้ำยาง ได้แก่ (1) กลิ่นของน้ำยางพาราจริงๆ (2) ไอน้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบในน้ำยาง และ (3) ไอของแอมโมเนียซึ่งเป็นสารรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้จับตัวเป็นก้อน หัวตรวจวัดก๊าซแต่ละตัวที่มีความจำเพาะ (Selectivity) และความไว (Sensitivity) ต่อไอของสารแต่ละชนิดที่ผสมอยู่ในน้ำยางจะทำให้ได้รูปแบบผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซแต่ละตัวแตกต่างกันไปซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำข้อมูลเหล่านี้ไปวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท ในการทดลอง ให้นำขวดสารตัวอย่างที่เตรียมไว้มาต่อเข้ากับระบบวัด ป้อนข้อมูลที่จำเป็นในการทดลองเช่น เวลาในการวัด (เวลาในการเปิดปิดวาล์ว) จำนวนครั้งในการวัดสารตัวอย่างแต่ละชนิด เป็นต้น ระบบซึ่งควบคุมโดยโปรแกรม

คอมพิวเตอร์ที่เขียนด้วย LABVIEW จะทำงานและเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดให้โดยอัตโนมัติ ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากก๊าซพาห์จากถังจะไหลผ่านระบบวาล์ว ผ่านขวดสารตัวอย่าง นำเอาไอของสารตัวอย่างที่ต้องการทดสอบมายังหัวตรวจวัดก๊าซในเซลล์วัด เมื่อหัวตรวจวัดก๊าซดูดซับไอของสารตัวอย่าง ความต้านทานของหัวตรวจวัดก๊าซจะเปลี่ยนแปลง ทำการวัดความเปลี่ยนแปลงนี้ในรูปของสัญญาณแรงดันโดยใช้วงจรวัดและเพิ่มขนาดสัญญาณแรงดันโดยใช้วงจรขยาย สัญญาณที่ขยายขนาดแล้วจะส่งเข้า A/D Card ขนาด 12 bit เพื่อแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณแบบดิจิตอล ก่อนส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ให้แสดงผลที่หน้าจอพร้อมกัน ในทุกๆ 1 วินาที และเก็บผลที่ได้ในรูปของไฟล์เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทต่อไป

การทดลองวัดน้ำยางพารา

เนื่องจากในน้ำยางพารามีการเติมสารละลายแอมโมเนียลงไปเพื่อช่วยรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้จับตัวเป็นก้อน ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองให้ทำการวัดผลตอบสนองที่มีต่อสารละลายแอมโมเนียด้วย เพื่อเป็นตัวปรับเทียบว่าในน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตที่นำมาทดสอบนั้นมีสารละลายแอมโมเนียผสมอยู่เป็นปริมาณเท่าใด เนื่องจากระบบวัดสามารถวัดสารตัวอย่างได้ครั้งละ 5 ชนิด จึงได้ทำการวัดสารตัวอย่างดังนี้ (1) น้ำยางพาราจากระยอง (2) น้ำ DI (3) น้ำยางพาราจากภูเก็ต (4) สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 0.5% โดยปริมาตร และ (5) สารละลายแอมโมเนียเข้มข้น 1.0% โดยปริมาตร โดยกำหนดลำดับขั้นการทดลองในแต่ละรอบเป็น (1)-(2)-(3)-(2)-(4)-(2)-(5)-(2) การวัดน้ำสลับกับสารตัวอย่างทุกครั้งก็เพื่อเป็นการล้างระบบไม่ให้ไอของน้ำยางพาราจากทั้งสองแหล่งและไอของสารละลายแอมโมเนียมีผลกระทบต่อกัน อีกทั้งเป็นการปรับเทียบระบบไปตลอดช่วงเวลาในการวัด ทำการทดลองซ้ำเพื่อเก็บข้อมูลทั้งหมด 15 รอบ จะได้ข้อมูลของตัวอย่างน้ำยางจากแต่ละแหล่ง 15 ชุด แล้วนำค่านี้มาใช้สอนให้ระบบโครงข่ายประสาทเรียนรู้และวิเคราะห์ต่อไป โดยใช้ค่าผลตอบสนองสูงสุดที่ได้จากสัญญาณแต่ละครั้งเป็นตัวแทนของข้อมูล ในการทดลองกำหนดให้เวลาเปิดวาล์ว 15 วินาที เวลาปิดวาล์ว 240 วินาที อัตราการไหลของก๊าซไนโตรเจน 400 มิลลิลิตรต่อนาที ก๊าซออกซิเจน 100 มิลลิลิตรต่อนาที

ระบบโครงข่ายประสาท

Backpropagation	
transfer function	tansig
maximum number of epochs	8000
sum-squared error goal	0.01
learning rate	0.01
hidden node	19

(a) Backpropagation algorithm

Radial Basis	
sum-squared error goal	1E-10
spread constant	150
hidden node	19

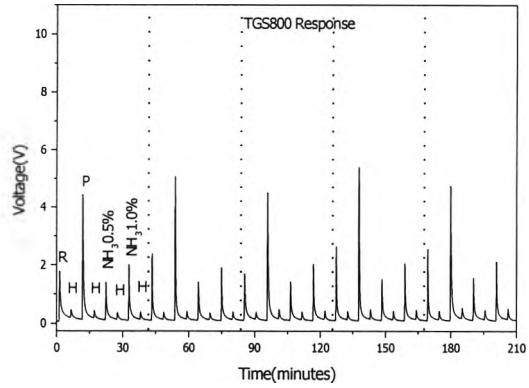
(b) Radial Basis algorithm

Table 1 Assigned value in neural networks for each algorithm

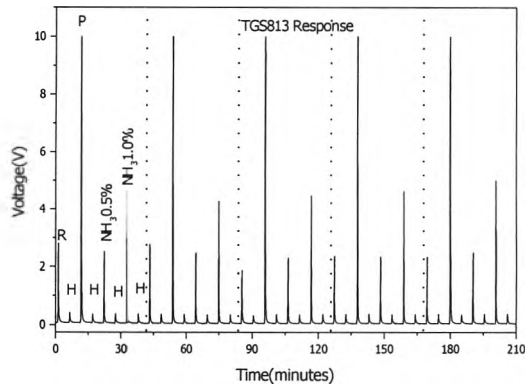
ระบบโครงข่ายประสาทใช้วิธีการเรียนรู้แบบ Backpropagation และ Radial Basis โดยมีอินพุตจำนวน 4 โหนดเท่ากับจำนวนหัวตรวจวัดก๊าซ และกำหนดให้มีเอาท์พุตจำนวน 3 โหนด โดยกำหนดให้น้ำยางจากระยองเป็น 0 0 0 และน้ำยางจากภูเก็ตเป็น 1 1 1 สำหรับข้อมูลที่ใช้สอนให้ระบบโครงข่ายประสาท

เรียนรู้คือค่าของผลตอบสนองสูงสุดจำนวน 10 ชุด แบ่งเป็นผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตอย่างละ 5 ชุด ส่วนข้อมูลที่ใช้ทดสอบเป็นค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตอย่างละ 10 ชุดรวมทั้งสองชนิดเป็น 20 ชุด ส่วนค่าตัวแปรต่างที่กำหนดให้กับวิธีการเรียนรู้แต่ละแบบแสดงดังตารางที่ 1

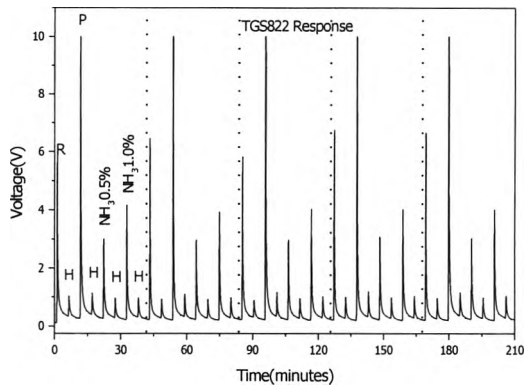
ผลการทดลองและวิจารณ์



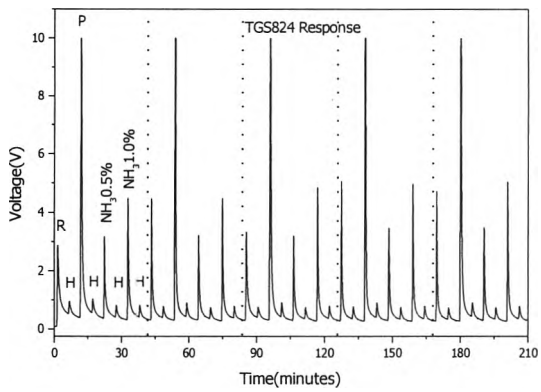
(a) TGS800



(b) TGS813



(c) TGS822

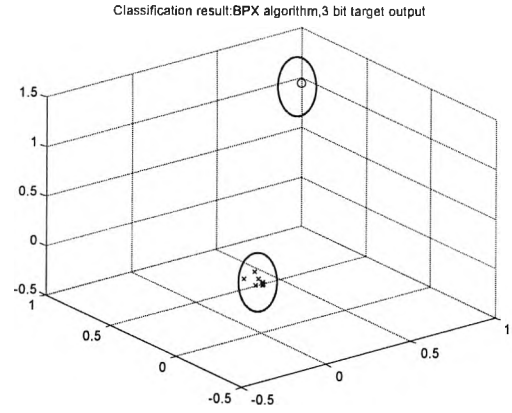


(d) TGS824

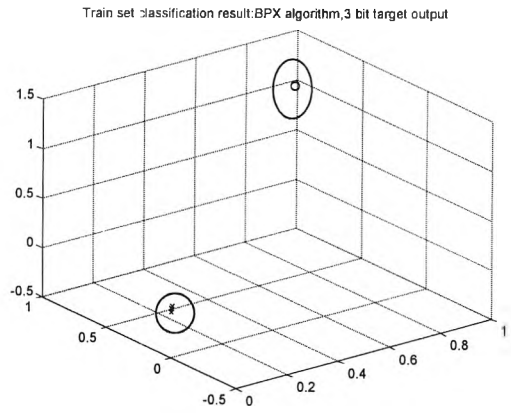
Figure 2 Sensor responses to rubber latex from RAYONG(R), PHUKET (P), DI water (H), NH_3 sol. 0.5% and 1.0-% v/v

รูปที่ 2 แสดงผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซทั้งสี่ตัวที่มีต่อสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบทั้ง 5 ชนิด โดยแสดงผลตอบสนองเพียง 5 รอบแรกของการทดลองเท่านั้น สำหรับรูปแบบของผลตอบสนองของหัวตรวจวัดก๊าซนี้เป็นรูปแบบของผลตอบสนองที่มีต่อไอผสมของสารทั้งหมดที่ประกอบอยู่ในน้ำยางที่นำมาทดสอบ จากกราฟจะเห็นว่าระดับผลตอบสนองระหว่างน้ำยางจากระยอง (ยอดที่ 1 ในแต่ละรอบการทดลอง) และภูเก็ต (ยอดที่ 3 ในแต่ละรอบการทดลอง) แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้มีแนวโน้มว่าจะสามารถวิเคราะห์แยกแยะได้ด้วยระบบโครงข่ายประสาท และเมื่อเปรียบเทียบระดับผลตอบสนองของน้ำยางจากระยองและภูเก็ตกับระดับผลตอบสนองต่อสารละลายแอมโมเนีย จะเห็นว่าน้ำยางจากทั้งสองแหล่งมีปริมาณแอมโมเนียผสมอยู่เกิน 1% ซึ่งตรงจุดนี้ในอนาคตหากทำการทดลองวัดสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้นที่ครอบคลุมระดับสาร

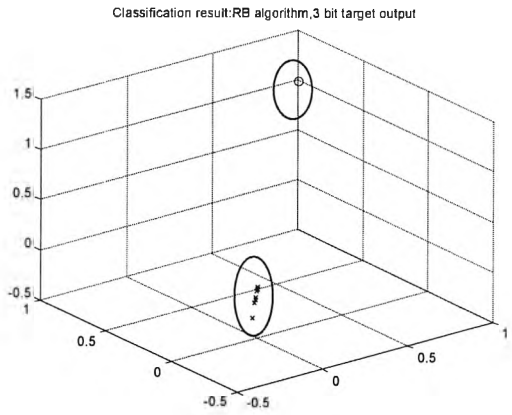
ละลายแอมโมเนียที่ผสมอยู่ในน้ำยาง ก็อาจสามารถระบุได้ว่ามีปริมาณสารละลายแอมโมเนียผสมอยู่ในน้ำยางเป็นปริมาณเท่าใด



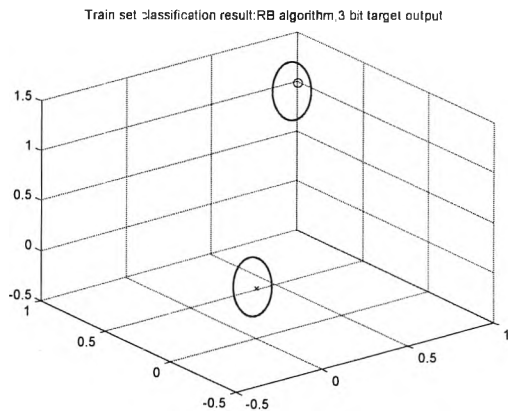
(a) Test set, BPX algorithm



(b) Train set, BPX algorithm



(C) Test set, RB algorithm



(d) Train set, RB algorithm

Figure 3 Classification results from neural network: x-RAYONG, o-PHUKET

ผลการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาทที่ได้เรียนรู้ด้วยค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซที่มีต่อน้ำยางพาราจากระยองและภูเก็ตแสดงในรูปที่ 3 จากผลการทดสอบข้อมูลทั้งหมด 20 ชุด โดยแบ่งเป็นผลตอบสนองต่อน้ำยางจากระยอง 10 ชุด และผลตอบสนองต่อน้ำยางจากภูเก็ต 10 ชุด สามารถแยกแยะน้ำยางจากระยองได้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 90 และแยกแยะน้ำยางจากภูเก็ตได้ถูกต้องทั้งหมด 100% ตามที่แสดงในรูปที่ 3-(a) และ 3-(c) ส่วนรูปที่ 3-(b) และ 3-(d) แสดงผลการวิเคราะห์เมื่อนำข้อมูลชุดที่ใช้สอนให้แก่ระบบโครงข่ายประสาทมาทดสอบ จะเห็นว่าได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง 100% ทั้งน้ำยางจากระยองและภูเก็ต

สรุป

บทความนี้นำเสนอการประดิษฐ์ระบบวัดน้ำยางพาราแบบอัตโนมัติที่ประกอบด้วยชุดของหัวตรวจวัดก๊าซ 4 ตัว เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หาแล่งที่มาของน้ำยางพารา จากการศึกษาพบว่าเมื่อนำค่าผลตอบสนองสูงสุดของหัวตรวจวัดก๊าซทั้ง 4 ตัวที่มีต่อน้ำยางพาราจากทั้งสองแหล่งมาใช้ในการเรียนรู้ด้วยระบบโครงข่ายประสาทแบบ Backpropagation และ Radial Basis ระบบโครงข่ายประสาทสามารถวิเคราะห์ได้ว่าเป็นน้ำยางพาราที่มาจากแหล่งใดโดยมีความถูกต้องโดยรวมประมาณ 95% นอกจากการแยกแยะในเชิงคุณภาพ (Quality) เช่นนี้แล้วหากทำการทดลองวัดผลตอบสนองต่อสารละลายแอมโมเนียที่ความเข้มข้นต่างๆ พร้อมกัน

ไปด้วยก็จะนำไปสู่การวัดในเชิงปริมาณ (Quantity) ที่นอกจากสามารถบอกแหล่งที่มาของน้ำยางพาราแล้วยังมีความเป็นไปได้ที่จะสามารถระบุว่าในน้ำยางมีแอมโมเนียผสมอยู่เท่าใด

เอกสารอ้างอิง

Hines E.L., Gardner J.W. and Stansfield R.N. 1992. A standalone neural network based electronic nose. Digital Signal Processing in Instrumentation, IEE Colloquium 009:10/1 -10/4.

Nakamoto T. and Moriizumi T. 1988. Odor sensor using quartz-resonator array and neural-network pattern recognition. Ultrasonics Symposium Proceedings, IEEE 1: 613 –616.

Roppel T., Dunman K., Padgett M., Wilson D. and Lindblad T. 1997. Feature-level signal processing for odor sensor arrays. Industrial Electronics, Control and Instrumentation IECON 97. 23rd International Conference 1: 218 –221.

Russell A., Thiel D. and Mackay-Sim A. 1994. Sensing odour trails for mobile robot navigation. Robotics and Automation Proceedings, IEEE International Conference 3: 2672 –2677.

Sriyudthsak M., Lertnimitthen N. and Nakpeerayut S. 1997. Novel technique using response characteristic to identify volatile organic compounds. Int. Conf. Or Solid State Sensors and Actuator, Digest of Chemical paper 2: 3c3.09p.

Sriyudthsak M., Teeramongkonrasmee A. and T. Moriizumi. 1998. Radial basis neural networks for identification of volatile organic compounds. Thecnical digest of seventh international meeting onchemical sensors: 154-156.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ประทุมพร หินเธาว์ เกิดวันที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2520 ที่จังหวัดนครพนม สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาไบโออิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541