

ระบบวัดก๊าซสำหรับจำแนกชนิดและวัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์โดยใช้

โครงข่ายประสาทจำลอง

Gas Measuring System for Discrimination and Concentration

Measurement of Alcohol Using Artificial Neural Networks

สันติธรรม พูลนิคม และ อภารณ์ ชื่มงคลศรัทธี

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและพัฒนาระบบวัดและวิเคราะห์ก๊าซเพื่อนำไปใช้จำแนกชนิดและหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายแอลกอฮอล์ 4 ชนิด ซึ่งพบได้ทั่วไปในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โพโรพานอล และบีวิทานอล ที่ความเข้มข้นอยู่ในช่วงร้อยละ 0.001 – 0.1 โดยปริมาตร ในการวัดจะใช้วิธีวัดแบบ Headspace คือ การใช้ก๊าซพาห์น้ำอาไօระเหยของสารตัวอย่าง ไปยังหัววัดก๊าซชนิดสารกึ่งตัวนำ ค่าความไว (Sensitivity) ที่วัดได้จาก หัววัดก๊าซจะถูกนำไปเป็นอินพุตของโครงข่ายประสาทจำลองซึ่งใช้วิธีการเรียนรู้แบบแพร่กว้าง(Backpropagation algorithm) จากการทดสอบด้วยข้อมูลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.005 – 0.1 โดยปริมาตร การจำแนกชนิดทำได้ถูกต้องร้อยละ 89 และสามารถหาปริมาณความเข้มข้นได้ถูกต้องร้อยละ 95 และเมื่อคิดเป็นประสิทธิภาพรวมได้ร้อยละ 85

คำสำคัญ : โครงข่ายประสาทจำลอง หัววัดก๊าซชนิดสารกึ่งตัวนำ วิธีการเรียนรู้แบบแพร่กว้าง

Abstract

This research presents a study and development of gas measuring system for discrimination and concentration estimation of alcohols. Four kinds of alcohol normally found in food or beverage industries, i.e., methanol, ethanol, propanol and butanol were used in the experiments. Alcohol solutions with different concentrations from 0.001 - 0.1 percent by volume, had been tested. The headspace method was used to carry gas vapor above alcohol samples to the sensor chamber. Semiconductor gas sensors were used in the experiments and their gas sensitivities were used as input of artificial neural networks (ANNs) with backpropagation algorithm. For the concentration of 0.005 - 0.1 percent by volume, the networks gave the efficiency of 89 percent for alcohol discrimination, 95 percent for concentration estimation and therefore the overall efficiency was 85 percent.

Keywords : artificial neural networks , headspace method , semiconductor gas sensors

1. คำนำ

การรับรู้กลิ่นเป็นหนึ่งในประสาทสัมผัสทั้งห้าของมนุษย์ ซึ่งทุกวันนี้จึงมุ่งขยังคงให้เป็นเครื่องมือเบื้องต้นส่วนหนึ่งเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพสิ่งของต่างๆ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ทางด้านอุตสาหกรรมซึ่งต้องการการรับรองคุณภาพและมาตรฐานสูง เช่น อาหาร เครื่องดื่มน้ำหอม เป็นต้น[1] แต่มนุษย์ก็มีข้อจำกัดทางการวัดในระดับหนึ่งทั้งในด้านการทำซ้ำและความแม่นยำ อีกทั้งการที่จะฝึกคนให้มีความเชี่ยวชาญในงานวิเคราะห์กลิ่นจะเสียเวลาในการฝึกฝนและมีต้นทุนสูง ในปัจจุบันมีระบบวัดและวิเคราะห์ก้าวที่ใช้เป็นวิธีมาตรฐาน คือ ก้าชโกรามาโทกราฟี-แมสสเปกโทรเมตري (Gas Chromatography - Mass Spectrometry: GC-MS) ซึ่งมีความสามารถในการจำแนกชนิดและปริมาณของสารประกอบที่ผสมอยู่ในอัตราส่วนต่างๆ กันได้อย่างละเอียดแม่นยำ อย่างไรก็ตาม GC-MS เองก็มีส่วนประกอบที่ซับซ้อน ราคาแพง และล้วนเปลืองเวลาในการวัดแต่ละครั้ง อีกทั้งยังต้องมีผู้เชี่ยวชาญควบคุมโดยตลอด[2] ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาระบบวัดและวิเคราะห์ก้าชซึ่งเลียนแบบการทำงานของมนุษย์ขึ้น[3] โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ หัววัดก้าช โดยใช้หัววัดก้าชจำนวนหลายตัวที่ไม่มีความจำเพาะ (Array of non-specific gas sensors) ร่วมกับการรู้จำรูปแบบ (Pattern recognition technique) เช่น โครงข่ายประสาทจำลอง (Artificial Neural Networks: ANNs) หรือใช้วิธีการทางสถิติ มาใช้วัดหาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของก้าช[4]

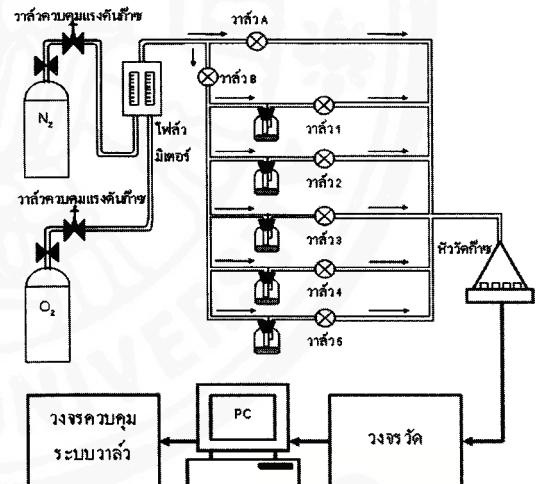
แมลกอซอล์เป็นสารเคมีที่มีส่วนผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์อาหารซึ่งมีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแง่ของกลิ่นและรสชาติ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่จำพวกเครื่องดื่ม เช่น เมียร์ สร้าง ไวน์ เป็นต้น ตัวอย่างเช่นในการผลิตไวน์ นอกจากจะมีอุทกานลส์ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญแล้ว ยังมีแมลกอซอล์ชนิดอื่นที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการหมัก เช่น เมทานอล โพրพานอล บิวทานอล ฯลฯ ประกอบด้วยซึ่งแมลกอซอล์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้ส่งผลกระแทกที่สำคัญในเรื่องของกลิ่นและรสชาติของไวน์ และ

บางชนิดยังเป็นพิษต่อร่างกายถ้าได้รับในปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งในการผลิตไวน์นั้นมีการกำหนดปริมาณของแมลกอซอล์ชนิดต่างๆ ไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน [6]

ในบทความนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาระบบวัดและวิเคราะห์ก้าชที่ใช้หัววัดก้าชชนิดสารกึ่งตัวนำจำนวนหลายตัวใช้งานร่วมกับโครงข่ายประสาทจำลองเพื่อจำแนกชนิดและปริมาณความเข้มข้นของ แมลกอซอล์ 4 ชนิด คือ เมทานอล เอทานอล โพรพานอล และ บิวทานอล ซึ่งเป็นส่วนผสมที่สำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม

2. การทดลอง

ระบบวัดและวิเคราะห์ก้าชสำหรับจำแนกชนิดและหาปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ [7] แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนระบบวัดก้าช และ ส่วนวิเคราะห์ผลโดยใช้โครงข่ายประสาทจำลอง



รูปที่ 1 ระบบวัดก้าชที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ระบบวัดก้าช

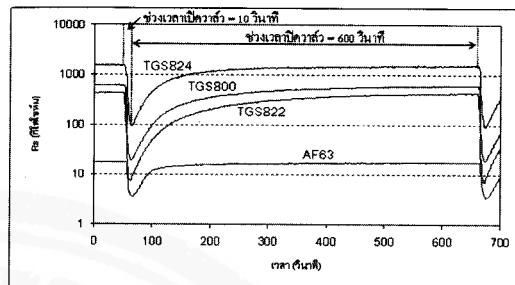
โคดอะแกรมของระบบวัดก้าชแสดงในรูปที่ 1 ระบบวัดก้าชถูกออกแบบให้สามารถควบคุมการวัดสารตัวอย่างได้ 5 สารตัวอย่างและใช้วิธีการวัดแบบ Headspace คือ การใช้ก้าชพ้าหน้า酵 ไอระเหยที่อยู่หนึ่งส่วนของสารละลายตัวอย่าง

ไปยังหัววัดก๊าซ ก๊าซพานิชที่ใช้เป็นก๊าซผสมระห่วงในโทรศัพท์และอุกซิเจน โดยสัดส่วนของก๊าซทั้งสองชนิดนี้พายามปรับให้ใกล้เคียงกันจากอากาศ คือ มีในโทรศัพท์ร้อยละ 80 ต่ออุกซิเจนร้อยละ 20 ซึ่งอัตราการไหลของก๊าซทั้งสองชนิดความคุณโดยไฟล์วัสดุเตอร์ โดยจะกำหนดให้อัตราการไหลของก๊าซในโทรศัพท์มีค่าเท่ากับ 400 มิลลิลิตรต่อนาที และอัตราการไหลของก๊าซออกซิเจนมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิลิตรต่อนาที การควบคุมทิศทางการไหลของก๊าซพานิชสามารถทำได้โดยการควบคุมการปิดเปิดชุดของวาล์วหลังจากนั้นก๊าซพานิชจะพาเอาไօร่าเบย์ไปยังห้องของหัววัดก๊าซ (Chamber) ที่มีการติดตั้งหัววัดก๊าซชนิดสารกึ่งตัวนำอยู่ รายละเอียดของหัววัดก๊าซที่ใช้ในการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 หัววัดก๊าซที่ใช้ในการทดลอง

หัววัดก๊าซ	ก๊าซเป้าหมาย
TGS800	ก๊าซเจือปนในอากาศทั่วไป
AF63	ไօร่าเบย์ของเอทานอล
TGS822	ไօร่าเบย์ของแอลกอฮอล์ทั่วไป
TGS824	ก๊าซพิษ

การเปลี่ยนแปลงค่าความด้านท่านของหัววัดก๊าซจะถูกวัดโดยใช้ช่วงจรรดที่มีการใบแอสหัววัดก๊าซด้วยแรงดันคงที่ และวัดค่ากระแสที่ไหลผ่านหัววัดก๊าซ[8] สัญญาณที่ได้จากการวัดจะถูกบันทึกและจัดเก็บเข้าคอมพิวเตอร์โดยผ่านการ์ด A/D ขนาด 12 บิต รูปที่ 2 แสดงตัวอย่างของสัญญาณที่ได้จากการวัดไօร่าเบย์ของสารละลายน้ำอัลกอฮอล์ 0.075 โคลัปเริมาร์ เวลาเปิดเวลา 10 วินาที และเวลาปิดเวลา 600 วินาที



รูปที่ 2 ตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากหัววัดก๊าซทั้ง 4 ตัวจาก การวัดสารละลายน้ำอัลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 0.075 โดยปริมาตร

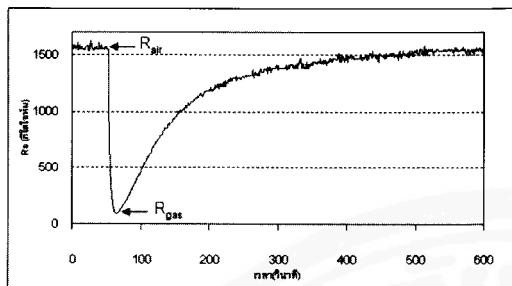
ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดนิยามของความไวที่จะใช้เป็นข้อมูลที่จะป้อนให้กับโครงข่ายประสาทจำลองดังสมการที่ (1)

$$\text{ความไว} = \frac{R_{air}}{R_{gas}} \quad (1)$$

เมื่อ R_{air} คือ ค่าความด้านท่านของหัววัดก๊าซในก๊าซพานิช

R_{gas} คือ ค่าความด้านท่านของหัววัดก๊าซที่ตั้งสุด ในขณะกำลังวัดสารตัวอย่าง

ซึ่งตำแหน่งของค่า R_{air} และ R_{gas} แสดงดังรูปที่ 3 จากกราฟเป็นตัวอย่างสัญญาณที่ได้จากหัววัดก๊าซ TGS824 ในการวัดไօร่าเบย์ของสารละลายน้ำอัลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 0.075 โดยปริมาตร เวลาเปิดเวลา 10 วินาที และเวลาปิดเวลา 600 วินาที

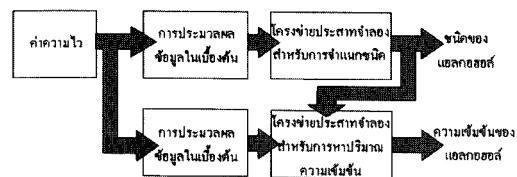


รูปที่ 3 ด้าวย่างของสัญญาณจากหัววัดก๊าซ TGS824 กับ
ตำแหน่งของ R_{air} และ R_{gas} จากการวัด ระยะเหย
ของสารละลาย เมทานอลความเข้มข้นร้อยละ
0.075 โดยปริมาตร

2.2. การจำแนกชนิดและปริมาณความเข้มข้น

รูปที่ 4 แสดงแผนภาพการประมวลผลเบื้องต้นของก๊าซ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของการจำแนกชนิดของแอกโกรส์ และส่วนสำหรับหาปริมาณความเข้มข้น ซึ่งแต่ละส่วนจะ ประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นการประมวลข้อมูลเบื้องต้น และส่วนของโครงข่ายประสาทจำลอง โดยในการทำงาน จะเริ่มจากการนำค่าความไวที่ได้จากหัววัดก๊าซมา ประมวลผลข้อมูลในเบื้องต้น เพื่อเป็นอนพุตให้กับ โครงข่ายประสาทจำลองสำหรับจำแนกชนิด หลังจากที่ได้ คำตอบของชนิดแอกโกรส์ก็จะเริ่มการคำนวณใน โครงข่ายประสาทจำลองสำหรับหาปริมาณความเข้มข้น โดยจะใช้คำตอบชนิดมาช่วยในการคำนวณ

อนพุตที่จะป้อนให้โครงข่ายประสาทจำลอง สำหรับจำแนกชนิด และโครงข่ายประสาทจำลองสำหรับ หาปริมาณความเข้มข้นจำเป็นที่จะต้องมีการประมวลผล ข้อมูลเบื้องต้นก่อนเพื่อให้ประสิทธิภาพของโครงข่าย ประสาทจำลองมีค่าดีขึ้น ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี[6] โดย รายละเอียดของการประมวลผลเบื้องต้นที่ใช้มีดังนี้



รูปที่ 4 แผนภาพการประมวลผลที่ใช้ในงานวิจัย

การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการจำแนกชนิด

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{ij}\}}{\max\{x_{ij}\} - \min\{x_{ij}\}} \quad (2)$$

$$z_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad \text{โดยที่ } \sum_{i=1}^n z_{ij}^2 = 1 \quad (3)$$

การประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นสำหรับตอนปริมาณความ
เข้มข้น

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_i}{\sigma_{x_i}^2} \quad (4)$$

โดยที่

n คือ จำนวนหัววัดก๊าซ

i คือ ลำดับของหัววัดก๊าซ

j คือ ลำดับของข้อมูลแต่ละหัววัดก๊าซ

x_{ij} คือ ข้อมูลก่อนการประมวลผลเบื้องต้นของหัววัดก๊าซ

i

y_{ij} คือ ข้อมูลหลังการประมวลผลเบื้องต้นของหัววัดก๊าซ

i

z_{ij} คือ ข้อมูลหลังการประมวลผลเบื้องต้นของกลุ่มหัววัด ก๊าซ

$\min\{x_{ij}\}$ คือ ค่าต่ำสุดของข้อมูลจากหัววัดก๊าซที่ i

$\max\{x_{ij}\}$ คือ ค่าสูงสุดของข้อมูลจากหัววัดก๊าซที่ i

$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่ได้จากหัววัดก๊าซ

ที่ i

$$\sigma_{x_i} = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - n \bar{x}_i^2 \right) \text{ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจากหัววัดก้าช } i$$

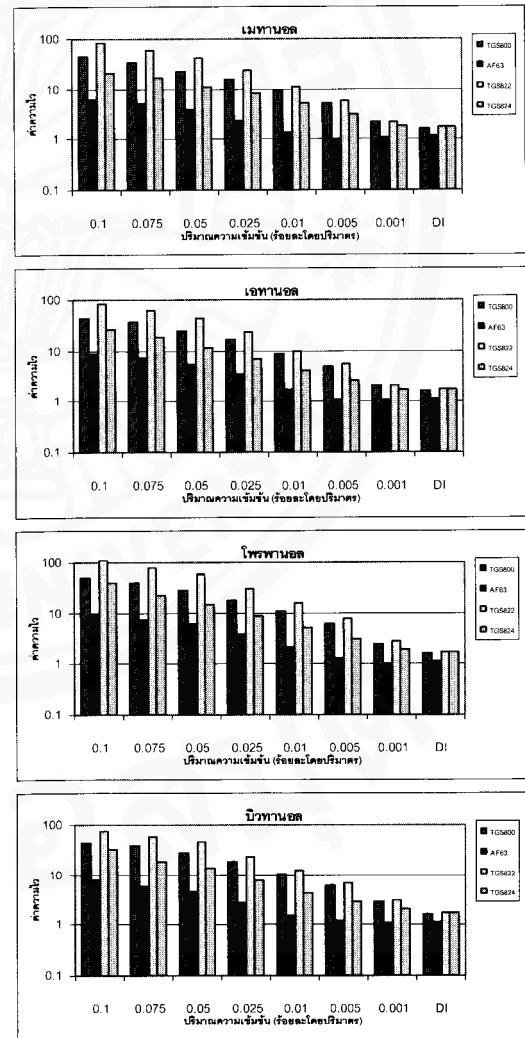
ในการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการจำแนกชนิดใช้การนอร์มาไรซ์ 0 ถึง 1 ดังสมการที่ (2) ซึ่งเป็นการบีบค่าความไวที่ได้จากแต่ละหัววัดก้าชให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หลังจากนั้นจะใช้การคำนวณโดยใช้สมการที่ (3) ซึ่งเป็นนำค่าที่ได้จากหัววัดก้าชทั้งสี่มาทำให้มีขนาดเท่ากับ 1 ซึ่งคือสังกัดการสร้างเกกเกอร์หนึ่งหน่วยใน m มิติการคำนวณตามสมการที่ (3) จะช่วยลดผลกระทบของปริมาณความเข้มข้นได้ [4] (คูรุปที่ 6 ประกอบ) ส่วนการประมวลผลเบื้องต้นสำหรับการตอบปมปริมาณความเข้มข้นจะเป็นการคำนวณให้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1 ดังสมการที่ (4) [6]

โครงข่ายประสาทจำลองสำหรับการจำแนกชนิดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมีโครงสร้างที่มี 4 ชั้น คือ ชั้นอินพุต ชั้นซ่อน 2 ชั้น และชั้นเอ้าท์พุต โดยที่ชั้นอินพุตมีจำนวนอินพุตเท่ากับ 4 อินพุต ซึ่งกำหนดจากจำนวนหัววัดก้าชที่ใช้ในการทดสอบ ชั้นซ่อนที่ 1 และ 2 มีจำนวนนิร器อตเท่ากับ 10 และ 15 นิร器อตตามลำดับ และชั้นเอ้าท์พุตมีจำนวนเอ้าท์พุต เท่ากับ 5 เอ้าท์พุต ซึ่งใช้สำหรับบอกชนิดของสารตัวอย่างทั้ง 5 คือ เมทานอล เอทานอล โพราฟานอล บิวทานอล และน้ำ DI ตามลำดับ สำหรับการหาปริมาณความเข้มข้นนั้นจะนำค่าตอบที่ได้จากการจำแนกชนิดมาใช้ช่วยในการหาปริมาณความเข้มข้นด้วย โดยที่โครงข่ายประสาทจำลองสำหรับตอบปมปริมาณความเข้มข้นนั้น เป็นโครงข่ายที่มีจำนวนชั้นเท่ากับ 3 ชั้น มีจำนวนอินพุตเท่ากับ 6 อินพุต 5 อินพุตเป็นค่าตอบของการจำแนกชนิด 1 อินพุต เป็นข้อมูลความไวของหัววัดก้าช โดยในที่นี้เลือกใช้ค่าความไวของหัววัดก้าช TGS800 ชั้นซ่อนมีจำนวนนิร器อตเท่ากับ 5 นิร器อต และชั้นเอ้าท์พุตมี 1 เอ้าท์พุต สำหรับการตอบปมปริมาณความเข้มข้น โครงข่ายประสาทจำลองทั้งสองแบบจะถูกสอนด้วยขั้นตอนวิธีการเรียนรู้แบบแบ่งกลุ่ม ซึ่งใช้เทคนิคของการทำ Batching การใช้โน๊ตบุ๊คและการ

ปรับปรุงอัตราการเรียนรู้ (learning rate) ในระหว่างการสอน [9]

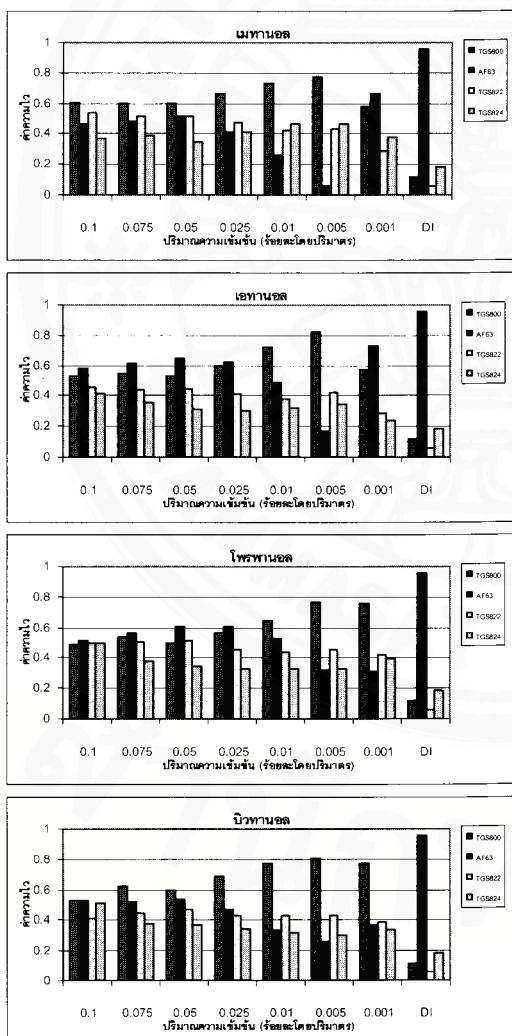
2.3 การเตรียมสารและการเก็บข้อมูล

สารตัวอย่างที่ใช้มีทั้งหมด 5 ชนิด คือ เมทานอล เอทานอล โพราฟานอล บิวทานอล และน้ำ DI ตามลำดับ สารละลายนอกออกอ้อยทั้งหมดเตรียมแยกออกช่องที่มีความเข้มข้นแล้วจึงเลือกจากความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ คือ 0.001, 0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.075 และ 0.1 ร้อยละ โดยปริมาตร (รวม 7 ความเข้มข้น) โดยที่แต่ละความเข้มข้นจะทำการเก็บข้อมูลจำนวน 9 ครั้ง ข้อมูล 1 ชุดที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนข้อมูล



รูปที่ 5 รูปแบบของความไวที่ได้จากหัวด้าม TGS800, AF63, TGS822 และ TGS824 สำหรับแอลกอฮอล์ 4 ทั้งชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.001-0.1 โดยปริมาตร

หัวหมุด 315 ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากการวัดจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลสำหรับการสอน และข้อมูลสำหรับการทดสอบ โดยจะแบ่งในอัตราส่วน 2:1 ดังนั้นจะได้ข้อมูลสำหรับการสอนเท่ากับ 210 ข้อมูล และข้อมูลสำหรับทดสอบเท่ากับ 105 ข้อมูล



รูปที่ 6 รูปแบบของความไวที่ได้จากหัวด้าม TGS800, AF63, TGS822 และ TGS824 สำหรับแอลกอฮอล์ 4 ทั้งชนิดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.001-0.1 โดยปริมาตร หลังการทำอุ่นร์มาไลซ์ 0 ถึง 1 ร่วมกับการคำนวณเพื่อลดผลของการเข้มข้น

3. ผลการทดลอง

รูปที่ 5 แสดงรูปแบบของความไวที่ได้จากการวัดแอลกอฮอล์ ก่อนที่จะทำการประมวลผลเบื้องต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ารูปแบบที่ได้จากการวัดแอลกอฮอล์ทั้ง 4 ชนิด มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก และมีการเปลี่ยนแปลงตามความเข้มข้น หรือ

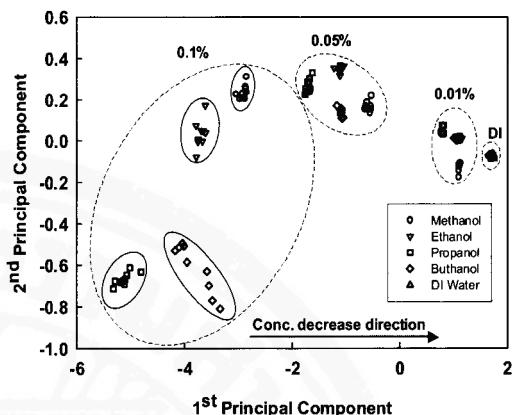
ตารางที่ 3 ร้อยละของความถูกต้องของการจำแนกชนิดของแอลกอฮอล์

ค่าความเข้มข้นชุด	ข้อมูลสอน (ร้อยละโดยปริมาตร)	ข้อมูลทดสอบ (ร้อยละการตอบถูก)
0.1	100	100
0.075 – 0.1	100	100
0.050 – 0.1	100	100
0.025 – 0.1	99	92
0.010 – 0.1	100	93
0.005 – 0.1	98	89
0.001 – 0.1	94	86

อาจจะกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ค่าความไวที่ได้จากหัวด้ามก๊าซแต่ละชนิดแทบจะไม่เข้ากับชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งอาจจะสันนิษฐานได้ว่า หัวด้ามก๊าซที่ใช้มีการตอบสนองได้ดีต่อกลุ่มไฮดรอกซิล (กลุ่ม OH) มากกว่ากลุ่มเมธิล (กลุ่ม CH₃) หรือจำนวนอะตอมคาร์บอนในแอลกอฮอล์ (ในที่นี้จำนวนคาร์บอนเท่ากับ 1 ถึง 4) การนำรูปแบบความไวนี้ไปใช้เป็นข้อมูลให้กับโครงข่ายประสาทจำลองจะได้ประสิทธิภาพที่ต่ำมาก (ความถูกต้องของการจำแนกเท่ากับร้อยละ 40)

รูปแบบของความไวที่ผ่านการประมวลผลข้อมูล
เบื้องต้นสำหรับการจำแนกชนิดแสดงในรูปที่ 6
วัดถูกประสงค์ของการทำการประมวลผลข้อมูลเบื้องต้นของ
โครงข่ายโทรศัพท์สำหรับการจำแนกชนิด เพื่อให้เกิดความ
แตกต่างในรูปแบบของค่าความไวของแอลกอริธึมแต่ละ
ชนิด และรูปแบบที่ได้ไม่ควรจะเปลี่ยนแปลงตามความ
เข้มข้น จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ารูปแบบที่ได้ของแอลกอริธึม
แต่ละชนิดจะแตกต่างกันอย่างชัดเจนในช่วงความเข้มข้น
สูงและมีการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบตามความเข้มข้นอยู่
บ้างและจะเด่นชัดมากขึ้นที่ความเข้มข้นของสาระลักษณะ
แอลกอริธึมนี้ค่าคงคลัง

เมื่อนำรูปแบบของค่าความไวไปใช้ในการสอน และการทดสอบเพื่อจำแนกชนิด รูปแบบความไวที่ไม่ได้ผ่านการประเมินผลเบื้องต้นจะให้ประสิทธิภาพของการจำแนกที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งในชุดข้อมูลสำหรับการสอนและการทดสอบ สำหรับในกรณีที่มีการประเมินผลข้อมูลเบื้องต้น ได้แสดงการทดสอบประสิทธิภาพของการจำแนกชนิดดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งในการทดสอบได้ทำการคัด别เพิ่มชุดข้อมูลที่มีความเข้มข้นต่างเข้าไปในการเรียนรู้ และการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าความถูกต้องของการจำแนกทั้งชุดข้อมูลสำหรับสอน และทดสอบ มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของแอลกอ)rithm ที่นำมาทดสอบมีค่าลดลง โดยที่เมื่อพิจารณาช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.001-0.1 โดยปริมาตร จะมีความถูกต้องของข้อมูลการสอนร้อยละ 94 และความถูกต้องของข้อมูลทดสอบร้อยละ 86 ซึ่งอาจจะอธิบายได้ด้วยการวิเคราะห์ Principal Component Analysis (PCA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์รูปแบบในเชิงคุณภาพ [4] โดยนำค่าของ PCA ลำดับที่ 1 และ PCA ลำดับที่ 2 ที่คำนวณจากค่าความไวของหัววัดก้าชที่ความเข้มข้นของแอลกอ)rithm ร้อยละ 0.1, 0.05 และ 0.01 โดยปริมาตร มาวัดกราฟดังแสดงในรูปที่ 7

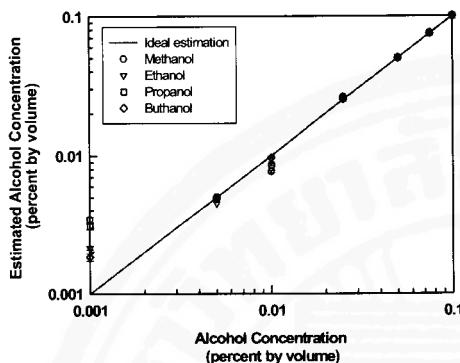


รูปที่ 7 Principal Component Analysis ของความไว้ที่ได้
จากหัววัดก้าช์ที่ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์
ร้อยละ 0.1, 0.05 และ 0.01 โดยปริมาตร (ค่า
ความเข้มข้นอื่นๆ ไว้เพื่อความเข้าใจง่าย)

จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า กลุ่มของแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นสูงมีการกระจายที่อยู่ห่างกัน (ระยะห่างระหว่างกลุ่มนี้มาก) มากกว่ากลุ่มองแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้นต่ำ (ระยะห่างระหว่างกลุ่มนี้น้อย) และจะช้อนทันกับกลุ่มข้อมูลของน้ำในที่สุด ซึ่งมีความหมายว่า รูปแบบค่าความไวจะมีความแตกต่างกันน้อยลง เมื่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์มีค่าลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ได้ว่า การจำแนกแอลกอฮอล์ที่ความเข้มสูงจะกระทำได้ง่าย กว่าที่ความเข้มต่ำ และมีข้อন่าสังเกตว่ากลุ่มของข้อมูลที่มีความเข้มข้นสูงจะอยู่ห่างด้านซ้าย และจะเลื่อนมาทางด้านขวาเมื่อความเข้มข้นมีค่าลดลง

ในการหาปริมาณความเข้มข้น จะแบ่งชื่อ分子ตามค่าความเข้มข้น ผลการทดสอบสำหรับการหาปริมาณความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ทั้ง 4 ชนิด และค่าวิธีละความ

พิเศษ化ที่ได้ โดยหากค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ครั้ง หัวขอการทดลองแสดงไว้ในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลการหาปริมาณความเข้มข้นของเอนพะ
เอทานอล

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ความถูกต้องของการหาปริมาณความเข้มข้นแออกอซอลทั้ง 4 ชนิดมีความพิเศษมากขึ้น เมื่อค่าความเข้มข้นของแออกอซอล มีค่าลดลง ซึ่งแสดงแนวโน้มเดียวกันในแออกอซอลทั้ง 4 ชนิด โดยที่ค่าความเข้มข้นร้อยละ 0.001 โดยปริมาตร อาจให้ความพิเศษสูงถึงร้อยละ 200 สาเหตุที่การประเมินค่าที่ความเข้มข้นต่ำมีความพิเศษสูงอาจมีสาเหตุจาก การที่การเปลี่ยนแปลงของค่าความไวที่ความเข้มข้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับช่วงความเข้มข้นสูง ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความพิเศษจากการหาค่าความเข้มข้นร้อยละ 0.005 – 0.1 และ 0.001 – 0.1 โดยปริมาตร จากตารางเพื่อให้การหาปริมาณความเข้มข้นมีความพิเศษอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ระบบวัดนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้หาความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0.005-0.1 โดยปริมาตร

ตารางที่ 5 ร้อยละความพิเศษเฉลี่ยจากการหาปริมาณความเข้มข้นร้อยละ 0.005 – 0.1 และ 0.001 – 0.1 โดยปริมาตร

แออกอซอล	ค่าความเข้มข้นชุดข้อมูล (ร้อยละ โดยปริมาตร)	ค่าความพิเศษ (ร้อยละ)
เมทานอล	0.005 – 0.1	4.915
	0.001 – 0.1	38.974
เอทานอล	0.005 – 0.1	2.652
	0.001 – 0.1	18.463
โพพรานอล	0.005 – 0.1	2.9983
	0.001 – 0.1	32.094
บิวทานอล	0.005 – 0.1	1.175
	0.001 – 0.1	12.911

4. สรุปผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบวัดและวิเคราะห์ก้าวสำหรับจำแนกชนิดและหาปริมาณความเข้มข้นของสารละลายนอกอีกด้วย โดยใช้หัววัดก๊าซชีนิคสารกึ่งตัวนำ และโครงข่ายประสาทสำหรับต่อจังหวะแออกอซอลที่ใช้ได้แก่ เมทานอล เอทานอล โพพรานอล และบิวทานอล โดยทดสอบที่ความเข้มข้นในช่วงร้อยละ 0.001 – 0.1 โดยปริมาตร ผลการทดสอบประสึกษาภาพของการจำแนกชนิดและปริมาณความเข้มข้น มีความถูกต้องของการหาปริมาณความเข้มข้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 89 ความถูกต้องของการหาปริมาณความเข้มข้นมีค่าเท่ากับร้อยละ 95 ในช่วงความเข้มข้นร้อยละ 0.005-0.1 โดยปริมาตร และคิดเป็นประสึกษาพร้อมของการจำแนกชนิดและการหาปริมาณความเข้มข้นเท่ากับร้อยละ 85 ในกรณีที่ต้องการทดสอบกับสารละลายนอกอีกด้วยที่มีความเข้มข้นสูงสามารถทำได้โดยการเจือจางสารตัวอย่างให้มีความเข้มข้นต่ำลงเสียก่อน

จากการทดสอบกับข้อมูลที่ไม่ได้ใช้ในการสอน โครงการข่ายประสาทจำลอง พบว่าประสิทธิภาพของการจำแนกชนิดมีค่าลดลงค่อนข้างมาก ในขณะที่ประสิทธิภาพของการหารูปแบบความเข้มข้นของกลิ่นซึ่งที่ยอมรับได้ ทั้งนี้อาจมาจาก การเปลี่ยนแปลงของหัววัดก้าชตามเวลา เช่น การเลื่อน (Drift) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรอบ ข้าง อよ่ง ไร์ก์ ตามการปรับเทียบระบบวัดด้วยสารละลาย และก่ออ่องลักษณะความเข้มข้นสูงสุด (ในที่นี้คือร้อยละ 0.1 โดยปริมาตร) และน้ำ ก่อนทำการวัดจะทำให้ประสิทธิภาพของการจำแนกชนิดดีขึ้นมาก ซึ่งรายละเอียดทางด้านนี้จะทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำให้ระบบนี้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] E L Hines, J W Gardner, and R N Stansfield. A Standalone Neural Network Based Electronic Nose. DSP (Digital Signal Processing) in Instrumentation, IEE Colloquium (DigestNo.009), 14 Jan 1992: 10/1 – 10/4.
- [2] Ranjit Singh , An Intelligent System for Odour Discrimination. Proceedings of the First IEEE International Workshop on Electronic Design, Test and Applications, 29-31 Jan. 2002: 489 – 491.
- [3] Julian W. Gardner, and Philip N. Bartlett. A Brief History of Electronic Noses , Sensors and Actuators B, 18-19 (1994): 211-220.
- [4] Julian W. Gardner, and Philip N. Bartlett. Electronic nose: Principles and applications , Great Britain : Bookcraft (Bath) Ltd, 1999.
- [5] Juan J. Rodriguez-Bencomo, Jose E. Conde, Francisco Garcia-Montelongo, and Juan P. Perez-Trujillo , Determination of Major Compounds in Sweet Wines by Headspace Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography, Journal of Chromatography A, Volume 991, Issue 1, 28 March 2003: 13-22.
- [6] A. Guzman-Vazquez de Prada, N. Pena, M.L. Mena, A.J. Reviejo, and J.M. Pingarron. Graphite-Teflon Composite Binezyme Amperometric Biosensors for Monitoring of Alcohols , Biosensors and Bioelectronics, Volume 18, Issue 10, September 2003: 1279-1288.
- [7] ประทุมพร หินเขาว์ และ มนัส ศรียุทธศักดิ์. ระบบวัดน้ำยาจพาราแบบอัตโนมัติโดยใช้หัวตรวจวัดก้าชและระบบโครงข่ายประสาทจำลอง , วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- [8] Arporn Teeramongkonrasmee, and Mana Sriyudhasak , Problems in Gas Sensor Measuring Circuit and Proposal of New Circuit, , Sensor and Materials, Volume.11, No.3 : 149-162 , 1999.
- [9] Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, and Mark Beale , Neural network design , Boston, America : PWS publishing company, 1995.