บทที่ 2

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สามารถแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน คือผลงานเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโลหะหนัก โดยการนำกลับกรดด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน และการบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการกำจัดสนิม ผลงานเกี่ยวกับแบบจำลองกระบวนการที่ใช้การทำสมดุลมวลสาร และผลงานเกี่ยวกับการนำข่ายงานนิวรัลมาประยุกต์ใช้ในงานควบคุมกระบวนการ

2.1 ผลงานเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโลหะหนัก และการนำกลับกรดด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน

Negro, C. (Oct. 1994); Latorre,R.; Dufour,J.; Formoso,A.; Mateos,F.L. ได้ศึกษาในเรื่อง Treatment and Recovery of Pickling Liquors เป็นการเสนองานทางด้านเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการบำบัด และนำกลับของเสียที่เกิดจาก กระบวนการกำจัดสนิม และได้ข้อสรุปที่ว่ากระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนเป็นวิธีที่ดีสำหรับการนำกลับกรด

Tan, Henry (1994) ได้ศึกษาในเรื่อง Treatment of Chromium Plating Rinse Water by Ion Exchange คือ การบำบัดกรดน้ำเสียที่เกิดจากการชุบโครเมียม ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งเน้นในผลของการบำบัดโดยใช้ หอเรซินแบบคอลัมน์ และในปี 1995 ได้ศึกษาในเรื่อง Chromic Acid Recovery from Chrome Plating Rinse Water by Ion Exchange คือ การนำกลับกรดโครมิคของน้ำเสียที่เกิดจากการชุบโครเมียม ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน ซึ่งเน้นในส่วนการฟื้นฟูสภาพ Anion ในหอเรซินแบบคอลัมน์ จากการทดลองพบว่าพารามิเตอร์ที่มีผลในการฟื้นฟูสภาพได้แก่ ความสูงเรซิน (Bed Height) ความเข้มข้นของ NaOH ขาเข้า อัตราการไหลที่แสดงถึงประสิทธิภาพการฟื้นฟูสภาพเรซิน ซึ่งผลที่ตามมาคือสามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปออกแบบ และดำเนินการระบบสำหรับการนำกลับ (Recovery) หรือ นำไปใช้ใหม่ (Reuse) ของกรดโครมิค (Chromic acid) ด้วยการแลกเปลี่ยนไอออน ในอุตสาหกรรมการชุบเคลือบผิวโครเมียม

E.Maranon; Y.Fernandez; F.J.Suarez; F.J.Alonso; H.Sastre. (1999) ได้ศึกษาในเรื่อง Preliminary study of iron removal from Hydrochloric Pickling Liquor by Ion Exchange คือการแยกกรดไฮโดรคลอริกออกจากกรดเสียที่มีความเข้มข้นของกรดสูงด้วยวิธีการแลกเปลี่ยนไอออน โดยกรดเสียมีไอออนเหล็กผสมอยู่มาก โดยมีจุดประสงค์คือ ลดปริมาณการสูญเสียกรด และลดค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งใช้เรซินแลกเปลี่ยนประจุบวกที่อยู่ในรูปของกรดแก่ (H^+) เพื่อดึงเหล็ก (Fe II) และ เรซินแลกเปลี่ยนประจุลบที่อยู่ในรูปของคลอไรด์

(Cl^-) เพื่อดึงเหล็ก (Fe III) ที่อยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนของคลอไรด์ ($FeCl_4^-$) โดยในการทดลองนี้ได้ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของเหล็กในช่วงที่เหมาะสมกับในอุตสาหกรรม และปรับความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่จะต้องนำมาฟื้นอำนาจ (Regenerate) จากการทดลองพบว่าเรซินแลกเปลี่ยนประจุลบจะสามารถดึงไอออนเหล็กได้ดีกว่าเรซินแลกเปลี่ยนประจุบวก ต่อมาในปี 2000 ได้มีการศึกษาเพิ่มในหัวเรื่อง Treatment of acid Pickling baths by means by anionic resins มีการใช้เรซินแลกเปลี่ยนประจุลบ 2 ชนิด ได้แก่ Lewatit MP500 และ M-504 สำหรับการดึง เหล็ก (Fe III) และ สังกะสี (Zn II) จากอ่างกรด โดยทำการออกซิไดซ์ ไอออนทั้ง 2 ตัวด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ได้สารประกอบเชิงซ้อนของคลอไรด์ $FeCl_4^-$ และ $ZnCl_3^-$ และเมื่อผ่านการบำบัดแล้วสามารถดึงไอออนออกจากกรดเสียนี้ได้ทั้งยังสามารถนำกลับไปใช้ได้อีกครั้ง

2.2 ผลงานเกี่ยวกับแบบจำลองของการดูดซับ และการแลกเปลี่ยนไอออน

Huckman, M.E. (1996) ศึกษาในเรื่อง Mathematical Modeling of Ion Exchange Columns เป็นการเสนอสมการที่จำเป็นในการสร้างแบบจำลองของหอเรซินแลกเปลี่ยนไอออน โดยแบบจำลองประกอบด้วย 3 ส่วน 1. สมการการดุลมวลสารเชิงอนุพันธ์รอบๆหอเรซิน 2. สมการอนุพันธ์การดุลมวลสารรอบๆอนุภาค 3. สมการฟลักซ์ของการแพร่ และยังทำการทดสอบความสามารถของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายนี้ เพื่อทำนายพฤติกรรมของหอคอลัมน์แลกเปลี่ยนไอออน

Susan M. DePaoli, Joseph J. Perona (1996) ศึกษาในเรื่อง Model for Sr-Cs-Ca-Mg-Na Ion Exchange Uptake Kinitics on Chabazite เป็นการหาแบบจำลองของการแพร่เพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของการแลกเปลี่ยนไอออนของทั้ง 5 องค์ประกอบที่ใช้เรซิน Chabazite โดยใช้การทำสมดุลมวลสาร และลักษณะแบบจำลองที่อยู่ในรูปสมการอนุพันธ์ย่อย (PDE) ซึ่งผลการจำลองโดยใช้แบบจำลองนี้ สามารถแทนข้อมูลของผลการทดลองจริงได้ดี

Hai M.Duong และ David C. Shallcross ,Department of Chemical Engineering ,University of Melbourne (1999) ศึกษาในเรื่อง Ion Exchange Column Performance Model Incorporating Intra-Particle and Solution Phase Mass Transfer Phenomena เป็นการนำแบบจำลองมาพัฒนาสำหรับทำนายพฤติกรรมการดูดซับของเรซินแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก โดยแบบจำลองที่ได้เป็นการนำทฤษฎีถ่ายเทมวลทั้ง 2 สถานะ คือ 1. Intra-Partical effect 2. Solution phase phenomena ซึ่งงานวิจัยนี้สรุปได้ว่า แบบจำลองนี้สามารถทำนายพฤติกรรม, Breakthrough Curve และ โพรไฟล์ขององค์ประกอบภายในชั้นเรซิน

2.3 ผลงานเกี่ยวกับข่ายงานนิวรัล

Werbos. (1974); *Bertsekas.*(1995); *Polyak.*(1987,1996): ได้กล่าวถึงอัลกอริธึมแบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับแบบมาตรฐาน (Standard Backpropagation) คือวิธีการใช้กฎความแตกต่างทั่วไป (Generalized Delta Rule) ซึ่งอัลกอริธึมนี้ได้ค้นพบโดย Rumelhart, Hintonand William ในปี 1986 โดยมีฟังก์ชันโมเมนตัมเข้ามาร่วมด้วยอัลกอริธึมแบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับแบบมาตรฐานสามารถใช้กับการฝึกข่ายงานเป็นช่วงๆ (Batch training) นั้นคือค่าน้ำหนักจะถูกปรับทุกครั้งเมื่อสิ้นสุดทั้งชุดของข้อมูลที่ใช้ในการฝึกข่ายงานสำหรับในแต่ละรอบ หรือการฝึกข่ายงานจะดีขึ้นถ้ามีการปรับทุกชุดของข้อมูลที่ใช้ฝึกข่ายงาน สำหรับการฝึกข่ายเป็นช่วงๆของอัลกอริธึมแบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับแบบมาตรฐาน ค่าผิดพลาดจะเข้าสู่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดเฉพาะที่(Local minima) ก่อนที่จะเข้าสู่ความผิดพลาดต่ำสุดของข่ายงาน (Global minima) ดังนั้นการที่จะให้เข้าสู่ค่าผิดพลาดรวมได้คือต้องมีอัตราการเรียนรู้เพิ่มเข้ามาและต้องทำการปรับให้ลดลงอย่างช้าๆ

Suraphol Khamsupha.(1995) ได้ศึกษาในเรื่อง Nonlinear process modeling using a neural network การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาซอฟแวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการหาแบบจำลองของกระบวนการ ต่างๆ ทั้งแบบเชิงเส้น และไม่เชิงเส้น โดยการใช้ข่ายงานนิวรัล ในการศึกษาวิธีการเรียนรู้กระบวนการของข่ายงานนิวรัลใช้เทคนิค การกระจายความผิดพลาดย้อนกลับ ในการทดลอง ใช้โครงสร้างข่ายงานนิวรัล ที่มีชั้นฮิดเดน 2 ชั้น (6-5-5-1) เรียนรู้กระบวนการไหลของของเหลวโดยแรงโน้มถ่วงที่ใช้แบบจำลองเชิงอนุกรม-ขนานแบบทั่วไปเปรียบเทียบกับ โครงสร้างข่ายงานนิวรัลที่มีชั้นฮิดเดนชั้นเดียว (6-5-1) พบว่า ผลการทดลองที่ได้มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยโครงสร้างข่ายงานนิวรัลที่มีชั้นฮิดเดนชั้นเดียว สามารถเรียนรู้กระบวนการได้รวดเร็วกว่า

D.L.Yu, J.B.Gomm and D.Wiiliams (1998) ได้ศึกษาในเรื่อง Model Predictive Control of a Chemical Process Using Neural Network เป็นการนำข่ายงานนิวรัลมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมแบบโมเดลพรีดิกทีฟ (Neural Network Model Predictive Control Strategy) เพื่อนำไปใช้สร้างแบบจำลอง และควบคุมกระบวนการเคมีแบบหลายตัวแปร โดยใช้ชุดข้อมูลอินพุท ประกอบด้วย พลังงานความร้อน (heating power), อัตราการไหลของแอมโมเนีย (flow rate of ammonium hydroxide) และอัตราการไหลอากาศ (flow rate of air) และชุดข้อมูลเอาท์พุท ประกอบด้วย อุณหภูมิ, pH และ ค่าเปอร์เซนต์การละลายของออกซิเจนจากกระบวนการจริง และนำแบบจำลองที่ได้ไปทำนายผลตอบสนองกระบวนการในเวลาถัดไป

Jutatip Petcherdsak (1999) ได้ศึกษาในเรื่อง Use of Multilayer Feedforward Networks for System Identification, Function Approximation, and Advanced Control กล่าวคือข่ายงานนิวรัลชนิดป้อนไปข้างหน้าแบบหลายชั้นสำหรับการระบุระบบ การประมาณค่า

ฟังก์ชั่น และการควบคุมขั้นสูงได้นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้ **อัลกอริธึมการกระจาย** ค่าความผิดพลาดย้อนกลับ และอัลกอริธึมเลเวนเบอร์กมาร์ควอดท์ได้นำมาใช้เพื่อฝึกข่ายงานนิวรัล สำหรับการสร้างแบบจำลองข่ายงานนิวรัลได้ถูกฝึกด้วยข้อมูลอินพุทและเอาท์พุทจริงของโรงงาน เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมเชิงจลน์ของกระบวนการอะเซทิลีนไฮโดรจิเนชันแบบฟรอนท์-เอนด์ทางอุตสาหกรรม พบว่าข่ายงานนิวรัลที่ถูกฝึกแล้วให้ผลการทำนายที่ดีทั้งในชุดข้อมูลที่ใช้ในการฝึกและการทดสอบ

David M.Himmelblau (2000) ได้ศึกษาในเรื่อง Application of Artificial Neural Networks in Chemical Engineering ได้กล่าวไว้ว่าข่ายงานนิวรัลนั้นสามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านวิศวกรรมได้หลากหลาย และยังสามารถหาแบบจำลองของกระบวนการที่มีความซับซ้อน และไม่เป็นเชิงเส้นสูง และยังกล่าวถึง ข้อดี ข้อเสีย ของข่ายงานนิวรัลแต่ละประเภท

Radanuch Visessonchok (2001) ได้ศึกษาในเรื่อง Neural Network Modeling and Controller Design of Pulp Digesterในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ข่ายงานนิวรัลในการประมาณค่าออกแบบแบบจำลอง และตัวควบคุมสำหรับกระบวนการย่อยเยื่อกระดาษ โดยใช้ข่ายงานนิวรัลแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้นที่มีแบบจำลองแบบกลับกระแสและใช้อัลกอริธึมแบบการกระจายความผิดพลาดย้อนกลับในการฝึกข่ายงาน ในการประมาณค่าข่ายงานนิวรัลจะถูกฝึกด้วยข้อมูลที่จำลองจากกระบวนการเพื่อประมาณค่าแคปปา และข่ายงานนิวรัลจะถูกฝึกให้เรียนรู้สำหรับสร้างแบบจำลองและแบบจำลองผกผันจากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ตัวควบคุมข่ายงานนิวรัลร่วมกับตัวประมาณค่าข่ายงานนิวรัล สามารถควบคุมค่าแคปปาให้เข้าสู่ค่าเป้าหมายในเวลาที่กำหนดและมีสมรรถนะในการควบคุมที่ดี ในกรณีที่มีความผิดพลาดของค่าประมาณเริ่มต้น ค่าของสารป้อนและพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยในบางกรณีพบว่าตัวควบคุมไวต่อความผิดพลาดของพารามิเตอร์บางตัว

Sukanta Basu ,Paul F. Henschaw ,Nihar Biswas และ Hon K. Kwan (2002) ได้ศึกษาในเรื่อง Prediction of Gas-Phase Adsorption Isotherms Using Neural Nets ซึ่งบรรยายถึงแบบจำลองดั่งเดิมที่ใช้ในการทำนายความสมดุลของการดูดซับ (Adsorption equilibria) ทั้ง 2 แบบ ได้แก่ Modified Sips' Model และ Dubinin-Astakhov (DA) Model และได้นำเสนอวิธีการใหม่สำหรับการทำนายการดูดซับในเฟสก๊าซที่อุณหภูมิคงที่ด้วยข่ายงานนิวรัลมาประยุกต์ใช้ ทดลองด้วยการสร้างแบบจำลองข่ายงานนิวรัลแบบหลายชั้น ประกอบด้วยชั้นซ่อนที่มีจำนวนต่างๆกัน พบว่าสามาถทำนายการดูดซับได้ดีเมื่อวิเคราะห์จากค่า MARE(%) (Mean Absolute Relative Error) ที่น้อยกว่าการทำนายด้วยแบบจำลองดั่งเดิมทั้งสอง