บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัย

6.1 สรุปผลงานวิจัย

ในการสรุปผลการทดลองเราจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งเอาไว้เพื่อพิจารณาถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัย

6.1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำกลับกรดด้วยการแลกเปลี่ยนไอออนโดยวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการนำกลับกรด กลับมาใช้ใหม่

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน แบบฟิกเบด 2 หอ ที่ประกอบด้วยหอเรซินแลกเปลี่ยนไอออนบวก (Cation Resin Purolite C-150) สำหรับดูดซับไอออนเหล็กบวก Fe^{2+} และ Fe^{3+} และหอเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบ (Anion Resin Purolite A-500) สำหรับดูดซับไอออนเหล็กลบเชิงซ้อน $FeCl_4^-$ ที่มีโครงสร้างแบบแมคโคพอรัสที่มีขนาดรูพรุน (50 – 100nm) ฟื้นฟูคุณภาพกรดเสียที่มีความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกต่ำที่ไม่สามารถใช้ในการกำจัดสนิม ให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น ซึ่งในระบบแลกเปลี่ยนไอออนนี้สามารถฟื้นฟูคุณภาพด้วยการนำกลับน้ำกรดได้ 87.70–90.22% และเรซินสามารถดูดซับไอออนเหล็กได้ 66.18–71.21% โดยแบ่งเป็นการแลกเปลี่ยนไอออนบวก 64.64– 66.34% และการแลกปลี่ยนไอออนลบ 1.33-6.04% ซึ่งในส่วนของการแลกเปลี่ยนไอออนลบระบบยังไม่สามารถดูดซับได้

6.1.2 สร้างแบบจำลองข่ายงานนิวรัล สำหรับทำนายความเข้มข้นกรด และความเข้มข้นไอออนเหล็กที่ได้รับจากกระบวนการนำกลับกรดไฮโดรคลอริกโดยการแลกเปลี่ยนไอออน

ในงานวิจัยนี้ทำการออกแบบแบบจำลองข่ายงานนิวรัลที่มีการเชื่อมโยงโครงสร้างแบบการกระจายย้อนกลับ และอัลกอริธึมการเรียนรู้แบบรีเวนเบอกร์-มาร์ควอร์ โดยเปลี่ยนโครงสร้างชั้นซ่อน และจำนวนนิวรอนในข่ายงาน โดยนำฟังก์ชั่นค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ยน้อยสุด (MSE Minimum Technique) เป็นตัวดัชนีชี้วัดเพื่อเลือกข่ายงานที่เหมาะสมที่สุด โดยโครงสร้างข่ายงานนิวรัลที่มีจำนวนชั้นซ่อน 2 ชั้น ให้ผลการทดสอบ และผลการทำนายที่ดีกว่าข่ายงานที่มีชั้นซ่อนเพียง 1 ชั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอโครงสร้างข่ายงานที่ให้ผลการทำนายที่ดีที่สุดดังนี้

1. โครงสร้างข่ายงานที่เหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ในช่วงความเข้มข้น 0-3000 ppm คือ ข่ายงาน [5-11-13-2]
2. โครงสร้างข่ายงานที่เหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ในช่วงความเข้มข้น 3000-6000 ppm คือ ข่ายงาน [5-8-9-2]
3. โครงสร้างข่ายงานที่เหมาะสมสำหรับการแลกเปลี่ยนไอออนลบ ในช่วงความเข้มข้น 0-2000 ppm คือ ข่ายงาน [5-13-13-2]

6.1.3 เปรียบเทียบผลการจำลองของแบบจำลองข่ายงานนิวรัลกับผลจากกระบวนการ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการทำนายของผลการทดลองจริงจากกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน แบบจำลองข่ายงานนิวรัล และการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ด้วยการจำลองเชิงตัวเลข จากการวิเคราะห์ความแม่นยำของผลลัพธ์ที่ได้ แบบจำลองข่ายงานนิวรัล ให้ผลการทำนายใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดลองจริงมากกว่าการแก้ปัญหาสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยด้วยการจำลองเชิงตัวเลข ที่นิยมใช้กันในอดีต

6.2 บทสรุป

แบบจำลองข่ายงานนิวรัล เป็นเครื่องมือสำหรับกระบวนการเรียนรู้เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบที่มีความซับซ้อนสูง และระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้เพื่อจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไอออนเหล็ก-เวลาและความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก-เวลาโดยอาศัยข้อมูลจากกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนเป็นกรณีศึกษา การรวบรวมข้อมูลอินพุท และ เอาท์พุท สำหรับใช้ฝึกและทดสอบข่ายงาน สามารถใช้อัลกอริธึมการเรียนรู้แบบรีเวนเบอกร์-มาร์ควอร์ ที่ได้รับความนิยมสูง ซึ่งผลการทดลองก็ดีกว่า อัลกอริธึมแบบเกรดียนท์เดเซ็นต์ ส่วนการเพิ่มจำนวนชั้นซ่อน และจำนวนนิวรอนในข่ายงาน ยังจำเป็นต้องใช้วิธีการลองผิดลองถูกเพื่อคัดเลือกข่ายงานที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากฟังก์ชั่นค่าความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด

ในงานวิจัยนี้แบบจำลองข่ายงานนิวรัลสำหรับทำนายการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ในช่วงแรกของกระบวนการไม่สามารถจำลองความสัมพันธ์ได้ดีนัก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่สูงเมื่อเทียบกับแบบจำลองข่ายงานนิวรัลสำหรับทำนายการแลกเปลี่ยนไอออนลบเนื่องจากรูปแบบการจัดชุดข้อมูล (Pattern Data Set) โดยในช่วงแรกของการแลกเปลี่ยนไอออนบวกจะมีความเข้มข้นไอออนเหล็กขาออกมีค่าเป็นศูนย์หลายจุดและข้อมูลในช่วงนี้ยังมีจำนวนน้อยทำให้ข่ายงาน

ไม่สามารถเรียนรู้ได้ดี ซึ่งต่างจากการแลกเปลี่ยนไอออนลบที่ในช่วงแรกมีค่าความเข้มข้นที่ต่างกันมาก ทำให้ข่ายงานสามารถจับความสัมพันธ์ได้ดีกว่า ส่วนกรณีที่ความเข้มข้นไอออนเหล็กเกินช่วงที่ทำการเรียนรู้แบบจำลองข่ายงานนิวรัลจะทำนายได้ไม่ดี นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนนิวรอนของข่ายงานให้มากขึ้นจะไม่ช่วยเพิ่มความถูกต้องเพิ่มขึ้นมากนัก แต่การใช้ข้อมูลอินพุท และเอาท์พุท รวมถึงรูปแบบการจัดชุดข้อมูลมีผลกระทบต่อการเรียนรู้มากกว่าและการทำนายโดยใช้แบบจำลองข่ายงานนิวรัลจะให้ผลการทำนายที่แม่นยำสูงกว่าการจำลองโดยใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข ดังนั้นข้อมูลจากการกระบวนการจริงยังคงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งสำหรับการพัฒนาแบบจำลองในทางวิศวกรรมเคมี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย