บทที่ 6
บทสรุป

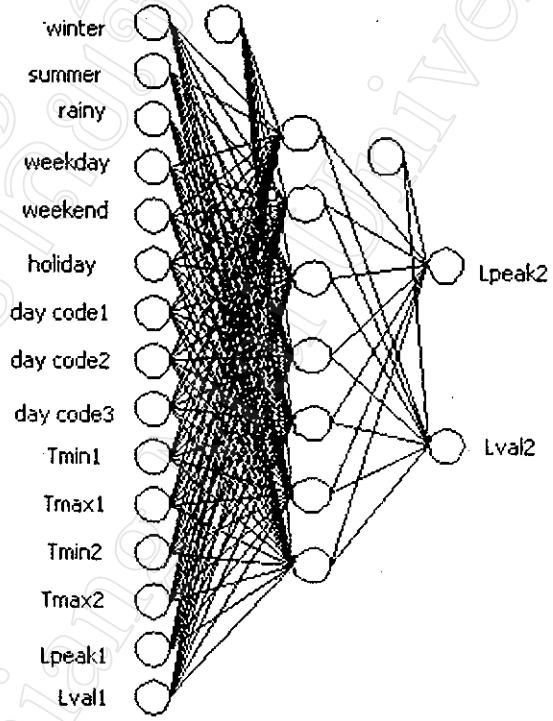
6.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้สร้างแบบจำลองเลียนแบบการทำงานของเครือข่ายประสาท เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อย โดยแยกการพยากรณ์แต่ละวันตามฤดูกาล ดังนั้นจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศ อันได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณฝน และความเร็วลม ของจังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2543 โดยอาศัยการจดบันทึกของศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อจำแนกฤดูกาล ซึ่งสรุปได้ว่า ฤดูหนาวตรงกับเดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนกุมภาพันธ์ เพราะมีค่าอุณหภูมิต่ำสุด และค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด โดยเฉลี่ย ต่ำกว่าช่วงเวลาอื่น อันหมายถึง อากาศเย็นและแห้ง ส่วนฤดูร้อนจะตรงกับเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน อันเนื่องจากอุณภูมิสูงสุดโดยเฉลี่ย สูงกว่าช่วงเดือนอื่นๆ ในขณะที่ฤดูฝน จะอยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนตุลาคม เพราะเป็นช่วงที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด

ในการสอนและเรียนรู้ของเครือข่ายประสาท และการพิจารณาความแม่นยำของการพยากรณ์ต้องใช้ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าในอดีต จึงได้เลือกสถานีไฟฟ้าย่อยเชียงใหม่ 4 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดเชียงใหม่ เป็นกรณีศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลความต้องการไฟฟ้า นำมาวิเคราะห์พบว่าโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทหน่วยราชการและที่พักอาศัย ทำให้สามารถแยกรูปแบบการกระจายโหลดแต่ละชั่วโมง (daily load profile) ได้เป็น 3 ลักษณะ คือ วันทำงาน วันหยุดประจำสัปดาห์ และวันหยุดพิเศษ โดยในวันทำงาน ได้แก่ วันจันทร์ถึงวันศุกร์ มีค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในเวลาบ่าย และเวลาค่ำ ทั้งนี้ในเวลาบ่ายเกิดจากการใช้ไฟฟ้าในหน่วยราชการส่วนเวลาค่ำ เป็นผลมาจากที่พักอาศัย ในขณะที่วันหยุดประจำสัปดาห์ (เสาร์และอาทิตย์) กับวันหยุดพิเศษอื่นๆ จะมีค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นที่เวลาเดียว คือ เวลาค่ำ เป็นผลจากที่พักอาศัยอย่างเดียว เพราะหน่วยราชการส่วนมากปิดทำการในวันหยุด

จากการวิเคราะห์ความเกี่ยวพันของความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อย กับสภาพอากาศ ด้วยแผนภาพการกระจาย เพื่อคัดเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความต้องการไฟฟ้า มาใช้ในการพยากรณ์ พบว่า อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิสูงสุด เป็นปัจจัยที่มีผลมากที่สุด ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม มีความเกี่ยวพันที่ไม่ชัดเจน ส่วนปริมาณฝน ไม่มีความเกี่ยวพันกัน จึงเลือกเฉพาะอุณหภูมิอากาศ มาเป็นตัวแปรอินพุตของเครือข่ายประสาท

เครือข่ายประสาทที่เหมาะสม กับการพยากรณ์แต่ละฤดูกาล ยังไม่มีวิธีการหาที่แน่นอน จึงได้จากการทดลอง พบว่ารูปแบบของโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมเป็น แบบหนึ่งชั้นซ่อน โดยชั้นอินพุตมี 15 นิวรอน ชั้นซ่อนมี 7 นิวรอน และชั้นเอาต์พุต มีสองนิวรอน ดังแสดงสรุปไว้ในรูปที่ 6.1 การสอนเป็นแบบป้อนไปข้างหน้า โดยใช้ค่าโมเมนตัมเป็น 0.8 การเรียนรู้เป็นแบบแพร่กระจายความผิดพลาดย้อนกลับ ด้วยอัตราการเรียนรู้ เท่ากับ 0.05 และปรับค่าได้ตามครั้งที่ทำการสอน โดยให้เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 1.05 และลดลงด้วยอัตรา 0.7 ค่าสมรรถนะเป้าหมายเป็นค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดกำลังสอง ตั้งไว้ที่ 0.001



รูปที่ 6.1 โครงสร้างสถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทที่ใช้ในงานวิจัย

อินพุตประกอบด้วย ฤดูกาล ประเภทวัน และวัน (day code) ที่จะพยากรณ์ แทนด้วยค่ารหัสไบนารี ค่าอุณหภูมิ และค่าโหลดของวันก่อนหน้าวันที่จะพยากรณ์ ใช้เป็นเลขจำนวนจริง ส่วนเอาต์พุต เป็นค่าโหลดสูงสุด และค่าโหลดต่ำสุด เป็นเลขจำนวนจริง ซึ่งสรุปไว้ในตารางที่ 6.1 ผลจากการพยากรณ์ถูกนำไปแปลงเป็นความต้องการไฟฟ้ารายชั่วโมง รวม 24 ชั่วโมงต่อวัน ด้วยค่าแฟคเตอร์รูปแบบที่กำหนดตามฤดูกาลและประเภทวันที่จะพยากรณ์

การกำหนดค่าน้ำหนัก และไบอัสเริ่มต้นของเครือข่ายประสาท ได้นำหลักวิธีการถ่ายทอดพันธุกรรมมาใช้แทนการสุ่มค่า เนื่องจากหลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรมมีความสามารถค้นหาคำ

ตอบที่เหมาะสมได้ โดยไม่ตกอยู่ในจุดออปติไมซ์เฉพาะที่ (local optimize) ทั้งนี้จากการทดลอง จะใช้การไขว้ยีนส์ ด้วยอัตรา 0.8 และการกลายพันธุ์ด้วยอัตรา 0.1 ซึ่งจาก [7] ระบุว่าค่าที่เลือกใช้นี้ไม่มีผลต่อการเกิดประชากรมากเกินไป เพราะการคัดเลือกพันธุ์ ใช้หลักการ elitist ด้วยการนำรุ่นพ่อแม่ และลูกที่ดีที่สุดมาใช้ในกระบวนการวิวัฒนาการต่อไป ด้วยจำนวนประชากรเท่ากับ 10

ตารางที่ 6.1 สรุปข้อมูลอินพุตและเอาต์พุตที่ใช้ในเครือข่ายประสาท

ชั้น	ชนิดข้อมูล	แบบข้อมูล	นิวรอน
อินพุต	ฤดูกาล winter- summer- rainy	ไบนารี	3
อินพุต	ประเภทวัน weekday-weekend-holiday	ไบนารี	3
อินพุต	วันของสัปดาห์ day code1-daycode2-daycode3	ไบนารี	3
อินพุต	โหลดของวันก่อนวันที่จะพยากรณ์ Lpeak1 – Lval1	จำนวนจริง	2
อินพุต	อุณหภูมิของวันก่อนหน้าวันที่จะพยากรณ์ Tmin1 – Tmax1	จำนวนจริง	2
อินพุต	อุณหภูมิของวันที่จะพยากรณ์ Tmin2 – Tmax2	จำนวนจริง	2
ชั้นซ่อน	ไม่มี	ไม่มี	7
เอาต์พุต	โหลดของวันที่จะพยากรณ์ Lpeak2- Lval2	จำนวนจริง	2

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของวันที่อยู่ถัดจากวันสุดท้ายที่ทำการสอนไปจำนวน 7 วัน คือ วันทำงาน 5 วัน และวันหยุดประจำสัปดาห์ 2 วัน กับวันหยุดพิเศษในฤดูนั้นอีกหนึ่งวัน โดยเว้นวันที่ข้อมูลไม่สมบูรณ์ และวันที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าผิดปกติ ปรากฏว่า การพยากรณ์ในวันหยุดสุดสัปดาห์ และวันหยุดพิเศษ ด้วยเครือข่ายประสาทที่ใช้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นจากหลักวิธีการถ่ายทอดพันธุกรรม มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด หรือ MAPE ลดลง เมื่อเทียบกับเครือข่ายประสาทที่ใช้ค่าน้ำหนักเริ่มต้นแบบสุ่มค่า ในขณะที่ ผลการพยากรณ์ในวันทำงาน ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสูงขึ้น นอกจากนี้ การเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ทั้งหมด ในฤดูหนาวและฤดูร้อน มีค่า MAPE ลดลง 2.1 % และ 0.3 % ตามลำดับ ในขณะที่ ฤดูฝนมีค่า MAPEเพิ่มขึ้น 0.1 %

ผลการพยากรณ์ดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า การที่จะพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในสถานีไฟฟ้าย่อยให้มีความแม่นยำทำได้ยาก โดยที่ค่าความผิดพลาดมีลักษณะแปรเปลี่ยนไปตามประเภทวันที่พยากรณ์ ทำให้มีความไม่แน่นอนในการพยากรณ์ ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อยมีการเปลี่ยนแปลงสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวันที่เป็นรอยต่อของฤดูกาล ยังไม่สามารถระบุได้ว่าจะทำการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองของฤดูใด จึงจะให้ผลที่มีความแม่นยำ ถึงแม้ว่าค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดรวมทั้ง 24 วันที่พยากรณ์ มีค่าลดลง 0.77 % ก็ตาม ก็ไม่อาจจะยืนยันว่าวิธีการที่นำเสนอนี้ จะสามารถนำไปใช้งานได้ดีกว่าแบบเดิม ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า ค่าน้ำหนักและไบอัสเริ่มต้นที่หามาด้วย GA นั้น อาจจะยังมีความเหมาะสมไม่เพียงพอ อันเนื่องจากกลไกการวิวัฒนาการของการถ่ายทอดพันธุกรรม มีหลายรูปแบบ และแต่ละรูปแบบยังเหมาะสมกับปัญหาไม่เหมือนกัน เช่น การไขว้ยีนส์ อาจจะใช้แบบหลายจุดตัด (multiple cut point) แทนแบบหนึ่งจุดตัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้ หรือเปลี่ยนไปใช้วิธีวงล้อรูเล็ต (roulette- wheel) ในการคัดเลือกพันธุ์ แทนวิธีการ elitist เป็นต้น

สำหรับเครือข่ายประสาทที่ใช้ ยังมีแบบอื่นๆ เช่น แบบเรียนรู้ด้วยตนเอง (unsupervised learning) และกระบวนการสอนแบบ Levenberg-Marquardt อาจจะนำมาทดลองใช้แทน แบบ gradient descent ซึ่งใช้ในที่นี้ได้ แต่คอมพิวเตอร์จะต้องมีหน่วยความจำมากพอด้วย

6.2 ปัญหาและการแก้ไขปัญหา

ปัญหาที่พบ และมีผลต่อการวิจัย รวมทั้ง แนวทางแก้ไข สามารถสรุปได้ดังนี้

ก. ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าที่เก็บรวบรวมจากสถานีไฟฟ้าย่อย ยังใช้ระบบการจดบันทึกด้วยผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเวลาที่บันทึก ไม่เที่ยงตรง และยังอาศัยการอ่านค่าจากมิเตอร์ ทำให้มีความคลาดเคลื่อน และขาดความละเอียดเท่าที่ควร นอกจากนี้ ข้อมูลบางชั่วโมง และบางวันขาดหายไป แนวทางแก้ไข ควรใช้ระบบการบันทึกข้อมูลอย่างอัตโนมัติ ด้วยเครื่องวัดที่มีความแม่นยำ และเก็บรักษาข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ แทนการใช้ผู้ปฏิบัติงาน

ข. ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าจริง ในวันทำงานบางวัน มีความผิดปกติ โดยไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน อันเป็นผลจากการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น หรือลดลง มากกว่าปกติ ของผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ เมื่อมีกิจกรรมพิเศษเกิดขึ้น เมื่อนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงเปรียบเทียบกับค่าจากการพยากรณ์ อาจมีความผิดพลาดเพิ่มขึ้นได้ แนวทางแก้ไข ควรมีการบันทึกสาเหตุ และตรวจสอบกิจกรรมพิเศษที่ทำให้มีการใช้ไฟฟ้าผิดไปจากวันปกติ เพื่อนำมาใช้ในการวินิจฉัย ประกอบการตัดสินใจเลือกชุดข้อมูลสำหรับการสอนและเรียนรู้ของเครือข่ายประสาท รวมทั้งข้อมูลที่จะใช้ในการทดสอบด้วย

ค. เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าอยู่ใกล้กับสถานีไฟฟ้าย่อย ดังนั้นพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของ

ประเภทที่อยู่อาศัย ที่มักเปลี่ยนแปลงไปตามเทศกาล เช่น มีวันหยุดพิเศษ ต่อเนื่อง จึงส่งผลอย่างชัดเจนต่อค่าความต้องการไฟฟ้า ซึ่งจะเห็นว่า ความผิดพลาดของการพยากรณ์ส่วนใหญ่จะอยู่ ในวันทำงาน ณ เวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด แนวทางแก้ไข ควรจะได้พิจารณาเลือกข้อมูลที่ใช้ในการสอนและทดสอบเป็นวันที่อยู่นอกช่วงเทศกาล

ง. ข้อมูลสภาพอากาศที่เก็บรวบรวมได้ เป็นค่าสูงสุด และค่าต่ำสุดของแต่ละวันที่จะพยากรณ์ โดยที่ไม่ได้ระบุเวลาที่วัดได้ ทำให้การวิเคราะห์ความเกี่ยวพันกับค่าความต้องการไฟฟ้าทำได้ไม่ละเอียดเพียงพอ แนวทางแก้ไข ควรจะได้จัดเก็บข้อมูลสภาพอากาศที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงแต่ละชั่วโมง เพื่อให้การตรวจสอบความสัมพันธ์ ชัดเจน ยิ่งขึ้น

จ. ผู้ใช้ไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อยเชียงใหม่ 4 คือ หน่วยราชการ และที่อยู่อาศัย ด้วยสัดส่วนใกล้เคียงกัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อ โหลดทั้งสองประเภท อาจจะแตกต่างกัน ดังนั้นการพยากรณ์ให้ถูกต้อง โดยอาศัยอุณหภูมิ เพียงปัจจัยเดียวน่าจะเป็นเหตุทำให้มีความผิดพลาดในวันทำงานสูงกว่า วันหยุด เพราะว่า ในวันหยุดผู้ใช้ไฟฟ้าส่วนใหญ่ จะเป็นที่อยู่อาศัย แนวทางแก้ไข ควรจะแยกพยากรณ์แต่ละสายป้อน โดยให้แต่ละสายป้อนมีโหลดประเภทเดียวกันให้มากที่สุด

6.3 ข้อเสนอแนะ

(1) ผลสรุปของงานวิจัยที่ได้ดำเนินการนี้ ถึงแม้ว่าจะมีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการพยากรณ์ลดลง แต่ยังเป็นค่าที่เล็กน้อย ซึ่งในทางปฏิบัติอาจจะไม่คุ้มค่าต่อการนำไปใช้งานจริง อีกทั้งค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์แต่ละวันยังไม่แน่นอน แนวทางที่คิดว่าน่าจะทำให้ผลการพยากรณ์ดีขึ้น อาจจะกระทำได้ดังนี้

ก. ในแง่ข้อมูลที่ใช้สอนแก่เครือข่ายประสาท อาจจำเป็นต้องเพิ่มจำนวนแพทเทอร์นให้ มากขึ้น หรือหาหลักวิธีการอื่นๆ มาใช้ตรวจสอบเพื่อคัดแยกข้อมูลที่มีความผิดปกติออกจากการสอนและการทดสอบ

ข. ในแง่ของแบบจำลอง อาจจะแบ่งแยกให้มีจำนวนมากขึ้น คือ แยกเป็นการพยากรณ์แต่ละวันของสัปดาห์ ได้แก่ วันจันทร์ ถึงวันอาทิตย์ แทนที่การแยกเป็นประเภทวันทำงาน หรือ วันหยุด

ค. ในแง่ประเภทของโหลดสถานีไฟฟ้าย่อย ควรจะได้แยกการพยากรณ์เป็นประเภทที่อยู่อาศัย และอาคารสำนักงาน การค้าและพาณิชย์ แทนที่โหลดแบบผสม

ข. การใช้เครือข่ายประสาท ที่มีเทคนิคการสอนแบบอื่น เช่น แบบ Levenberg – Marquardt หรือ Self Organize Map (SOM) เป็นหลักในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า อาจจะทำให้ได้ค่าน้ำหนักและไบอัส ของแบบจำลองที่เหมาะสมกว่าแบบแพร่ความผิดพลาดย้อนกลับ จึงเสนอแนะให้ทำการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบผลการใช้เทคนิคการสอบเครือข่ายประสาทแบบต่างๆ ซึ่งยังไม่เคยมีการดำเนินการวิจัยมาก่อน

ค. การใช้หลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม ที่มีการคัดเลือกพันธุ์ แบบ วิธีวงล้อรูเล็ต (roulette- wheel) และการสร้างประชากรรุ่นใหม่ ด้วยวิธีการไขว้ยีนส์ แบบหลายจุดตัด (multiple cut point) อาจจะเหมาะสมกับปัญหานี้ ซึ่งช่วยทำให้สามารถค้นหาค่าน้ำหนักและไบอัสเริ่มต้นของเครือข่ายประสาทในอาณาเขตที่กว้าง (global search) ยิ่งขึ้น ดังนั้น จึงควรศึกษาหาวิธีการคัดเลือกพันธุ์และวิธีการไขว้ยีนส์ที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้าย่อย โดยละเอียดต่อไป

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University