ภาคผนวก ค

บทความเสนอในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 25

21-22 พฤศจิกายน 2545 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

Expert System for Analyzing and Reducing Consumption of Electric Energy in Industrial Plants

ประพัทธ์พงศ์ พฤมนตรี นิตยา ซีการ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

โทร 0-7421-2894 โทรสาร 0-7445-9395 e-mail: ppraphatpong@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ระบบผู้ชำนาญการนี้พัฒนาขึ้นบนระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้ภาษา LISP ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ฐานความรู้ของระบบที่อยู่ในรูปของกฎและความจริง ประกอบด้วยความรู้ที่รวบรวมจากตำราและจากผู้เชี่ยวชาญที่ปฏิบัติงานอยู่จริงในโรงงานอุตสาหกรรม การอนุมานความรู้ของระบบจะเป็นการอนุมานแบบเดินหน้า เพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ในขั้นตอนแรกระบบจะตรวจสอบเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานและทำการวิเคราะห์ หลังจากนั้นระบบผู้ชำนาญการจะเสนอแนะแนวทางวิธีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้

Abstract

This article describes the development of an expert system for analyzing and reducing consumption of electric energy in industrial plants. The system runs under Linux using an expert shell written in the LISP computer language. The expert system is based on knowledge from textbooks and technicians who have extensive experience in industrial plants. The knowledge is composed into rules and facts which are analyzed by the system using the forward chaining method. First the expert system checks the energy saving processes in the industrial plants. After that, the expert system gives practical advise for making savings by reducing the electrical consumption in the industrial plants.

Keywords: Expert System, LISP, Energy Saving, Industrial Plants.

1. บทนำ

การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญหาได้พัฒนามาเป็นแบบการแก้ปัญหาที่ใช้ความรู้ระดับสูงและเจาะลึกในเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ ปัญญาประดิษฐ์จึงเป็นสาขาวิชาที่สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาจริงได้ การวางแผนการใช้พลังงานและการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ความสามารถ ซึ่งส่วนใหญ่แต่ละโรงงานอุตสาหกรรมจะไม่

ค่อยมีผู้ที่มีความเชี่ยวชาญการในการจัดการเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

จากปัญหาข้างต้นจึงได้มีการพัฒนาระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ชื่อว่า Electrical Energy Analyzing Reducing and Saving (EnARS) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นบนระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญ โดยระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญนี้พัฒนาขึ้นบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์โดยใช้ภาษา LISP และมีการพัฒนาในส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทยเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานอีกด้วย ซึ่ง EnARS นี้จะสามารถเข้ามาทำหน้าที่แทนผู้ที่มีความชำนาญในการจัดการเรื่องการประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมได้

อนึ่งการนำเสนองานวิจัยนี้ มิได้มุ่งประเด็นไปที่การนำ EnARS มาใช้ในการออกแบบระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในโรงงานเพื่อให้เป็นโรงงานที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่เป็นเพียงให้คำแนะนำวิธีการตรวจสอบและวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ดังนั้น EnARS จึงเหมาะสำหรับโรงงานที่ยังไม่เคยมีการดำเนินการใดๆ เลยในเรื่องการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือมีการดำเนินการบ้างเพียงบางส่วนเท่านั้น

2. ภาษาสำหรับระบบผู้ชำนาญการ

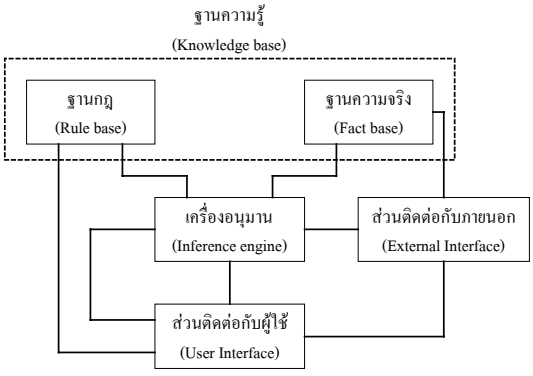
ภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นภาษาที่จะต้องกำหนดลำดับขั้นตอนในการทำงานที่แน่นอน ซึ่งเรียกว่า Procedural Language ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมได้กำหนดลำดับขั้นตอนหรือที่เรียกว่า Alglorithm สำหรับการแก้ปัญหานั้นเรียบร้อยแล้ว สำหรับระบบผู้ชำนาญการต้องอาศัยการตัดสินใจทางตรรกวิทยา และทำการค้นหาคำตอบซึ่งมีรูปแบบหรือขั้นตอนที่ไม่แน่นอน ดังนั้น ภาษาประเภท Procedural Language จึงไม่สามารถที่จะนำมาใช้ได้ หรือในบางกรณีก็อาจจะใช้ได้ในขอบเขตจำกัด แต่ต้องอาศัยการสร้างโปรแกรมที่ซับซ้อนมาก ภาษาที่เลือกใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยนี้คือ ภาษา LISP เป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ชั้นสูงอีกหนึ่งภาษา

ภาษา LISP ย่อมาจากคำว่า LIST Processing เป็นภาษาที่มีผู้ใช้มากที่สุดในการพัฒนาโปรแกรมทางปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากภาษานี้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายประการ ซึ่งถูกพัฒนาโดย J. McCarty แห่งสถาบัน MIT ในปี ค.ศ.1950 เป็นภาษาที่ใช้ได้ดีในการประมวลผลทางสัญลักษณ์ ภาษานี้จึงถูกใช้กันอย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาทางปัญญาประดิษฐ์

3. ระบบเปลือกผู้ชำนาญการ

ระบบเปลือกผู้ชำนาญการ คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่แก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการอนุมาน (Inference Procedure) โดยในตอนต้นยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องใดๆ ได้ จนกว่าจะมีการป้อนความรู้เข้าไปให้กับระบบเปลือกผู้ชำนาญการ หลังจากนั้นระบบเปลือกผู้ชำนาญการจะกลายเป็นระบบผู้ชำนาญการที่สามารถแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะได้ ซึ่งจะมีความสามารถเทียบเท่ากับผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้นๆ และระบบผู้ชำนาญการที่พัฒนาขึ้นดังแสดงในรูปที่ 1 มีส่วนที่สำคัญ 4 ส่วน คือ

- *ฐานความรู้ (Knowledge Base)*
- *เครื่องอนุมาน (Inference Engine)*
- *ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface)*
- *ส่วนติดต่อกับภายนอก (External Interface)*



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมของระบบเปลือกผู้ชำนาญการ

3.1 ฐานความรู้

ฐานความรู้ประกอบด้วยความจริง (Facts) และกฎ (Production Rules) ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ต้องการแก้ไข ฐานความรู้ของระบบผู้ชำนาญการเป็นการรวบรวมความรู้เฉพาะทางที่ได้จากเอกสาร ตำรา จากการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ และข้อมูลความรู้ที่ได้ในระหว่างการถามโต้ตอบระหว่างระบบกับผู้ใช้ สำหรับระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน แบ่งฐานความรู้ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ฐานข้อมูลสถิต (Static Database) ฐานข้อมูลชนิดนี้จะเป็นฐานข้อมูลที่อยู่คงที่ในโปรแกรมซึ่งจะไม่แปรเปลี่ยนขณะใช้งาน และฐานข้อมูลไดนามิก (Dynamic Database) เป็นข้อมูลที่ระบบได้รับจากการโต้ตอบกับผู้ใช้ และฐานข้อมูลแบบไดนามิกนี้ระบบจะเก็บไว้เพียงชั่วคราวจนกว่าการอนุมานจะเสร็จสิ้นลงก็จะทำการลบฐานข้อมูลแบบไดนามิกนี้

การเขียนความจริงในโปรแกรม มีรูปแบบของไวยากรณ์ดังนี้

((Type-of-Object Object) (Attribute) Comparator (Type-of-Value Value))

จากไวยากรณ์ข้างต้น Type-of-Object หมายถึงชนิดของ Object ถ้าเราแทน Object เป็นชนิดหลอดไฟฟ้า เราก็แทนในส่วน Type-of-Object เป็นหลอดไฟฟ้า ในส่วน Attribute หมายถึงสถานะของวัตถุที่เราอ้างถึง เช่น Cleaned หรือ Checked ต่อมาคือส่วนของ Comparator คือการเปรียบเทียบค่าของ Value กับสิ่งที่ถูกอ้างถึง เช่น เครื่องหมายเท่ากับหรือมากกว่า เป็นต้น ในส่วนของ Type-of-Value มี 2 ลักษณะ คือ Atomic เป็นชนิดของ Value ที่ไม่มีค่าทางคณิตศาสตร์ และ Numerical เป็นชนิดของ Value ที่มีค่าทางคณิตศาสตร์

ตัวอย่างความจริง

((Lamp Fluorescent) (Cleaned) = (Atomic True))

กฎคือการแสดงความรู้ในรูปของ If-Then หรือเรียกว่า Production Rules อยู่ในรูปแบบของเงื่อนไขและข้อสรุป ถ้าระบบทำการตรวจสอบว่าถูกต้องตรงตามเงื่อนไข ก็จะดำเนินการตามส่วนของข้อสรุป

การเขียนกฎในโปรแกรม มีรูปแบบของไวยากรณ์ดังนี้

ตัวอย่างกฎ

identify 108 lamp_cleaned

if ((Lamp Fluorescent) (Dusty) = (Atomic True))

((Lamp Fluorescent) (Dry Clean) = (Numerical 1))

then (@ lamp10)

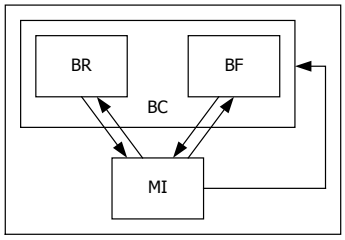
(@ es22)

((Lamp Fluorescent)(Cleaned) = (Atomic True))

end-of-rule

3.2 เครื่องอนุมาน

เครื่องอนุมานทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการควบคุมระบบและเป็นส่วนที่ใช้ในการหาข้อสรุป เครื่องอนุมานเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของระบบผู้ชำนาญการสำหรับใช้ในการหาเหตุผลแล้วจึงสรุปออกมาเป็นคำตอบหรือคำแนะนำ ในรูปที่ 2 แสดงการติดต่อระหว่างเครื่องอนุมานกับฐานความรู้



รูปที่ 2 การติดต่อระหว่างเครื่องอนุมานกับฐานความรู้

ในระบบผู้ชำนาญการที่พัฒนาขึ้นเลือกใช้การอนุมานแบบเดินหน้า (Forward-Chaining Method) เนื่อง

จากเครื่องอนุมาน (MI: Motor of Inference) เริ่มต้นนำข้อมูลจากฐานความจริง (BF: Base of Facts) ไปอนุมานกับฐานกฎ (BR: Base of Rules) ซึ่งกฎที่มีเงื่อนไขตรงกับความจริงที่มีอยู่ จะถูกปฏิบัติการตามข้อสรุปภายในกฎข้อนั้น กฎต่างๆ ถูกอนุมานในลักษณะนี้เป็นลูกโซ่ต่อกันไปเรื่อยๆ จนบรรลุเป้าหมาย การอนุมานในลักษณะนี้ก็คือ กระบวนการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมานั่นเอง

3.3 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้และส่วนติดต่อกับภายนอก

ส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการถ่ายทอดข้อมูลการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้ระบบ และข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลแบบไดนามิก การที่โปรแกรมจะใช้งานได้ง่ายหรือยากเพียงใดขึ้นกับการออกแบบในส่วนนี้ ซึ่งการออกแบบ EnARS นี้ ได้ออกแบบให้มีส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทย ส่วนติดต่อกับภายนอกเป็นส่วนที่ระบบต้องการติดต่อกับโปรแกรมภายนอกหรือภายในระบบเอง เช่น การคำนวณ การแสดงภาพ การแสดงข้อความส่วนอธิบาย การสั่งพิมพ์ เป็นต้น ซึ่งในแต่ละกฎสามารถเรียกการแสดงได้ทั้งในส่วนเงื่อนไขและผลสรุป

<u>ตัวอย่างการเรียกโปรแกรมภายนอก</u>

(lamp10 "kwrite ./enars/action/ts/example/exam-is01.txt" OS)

จากตัวอย่างการเขียนกฎที่ผ่านมา เราได้กำหนดให้ฟังก์ชัน lamp10 เป็นส่วนที่ให้แสดงข้อความอธิบายชนิดของหลอดไฟฟ้า เป็นการใช้โปรแกรม kwrite ซึ่งเป็นโปรแกรมภายนอก ซึ่งไฟล์ exam-is01.txt เราได้ทำการสร้างไว้แล้ว เมื่อถูกเรียกใช้โดยโปรแกรม ก็จะแสดงส่วนอธิบายให้ผู้ใช้ได้

<u>ตัวอย่างการเรียกโปรแกรมภายใน</u>

```
(defun es22(es22)
(setq  es22 (check-word-error
"ต้องการทราบวิธีการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์หรือไม่ (y/n) : " '(y n)))
(setq ans (list 'es22 es22))
(cond      ((equal es22 'y)(es23))
           ((equal es22 'n)))
(dotimes (count1 1000 nil)(dotimes (count2 100 nil)))))
```

ฟังก์ชัน es22 จะถามคำถามผู้ใช้ว่าทราบวิธีการปรับปรุงเพา-เวอร์แฟกเตอร์หรือไม่ โดยมีเงื่อนไขคือ ถ้าตอบ y ก็จะเรียกใช้ฟังก์ชัน es23 ต่อ ถ้าตอบ n ก็จะ นำค่าไปเก็บไว้ในตัวแปรที่ชื่อ es22 และจะทำตามกฎต่อไป

4. ตัวอย่างการทำงานของระบบผู้ชำนาญการ

ในระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ จะใช้ Shell พิมพ์คำว่า “**xlispstat**” เพื่อเรียกใช้งานภาษา LISP ระบบจะอยู่ในสภาวะแวดล้อมของภาษา LISP

```
#xlispstat
```

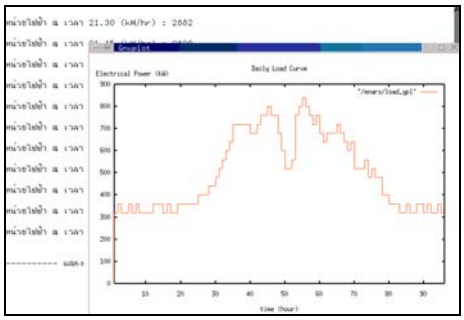
ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์จะทำการเรียกใช้งานภาษา LISP เครื่องหมายที่พร้อมรับคำสั่งในภาษา LISP คือ “>” จากนั้นทำการเรียกใช้โปรแกรมระบบผู้ชำนาญการโดยใช้คำสั่ง

```
>(load "enars.lsp")
```

โปรแกรมจะทำงานโดยแสดงหน้าแรกของระบบผู้ชำนาญการและแสดงหัวข้อให้ผู้ใช้เลือกระบบที่ต้องการคำแนะนำเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานดังแสดงในรูปที่ 3

รูปที่ 3 เริ่มต้นระบบผู้ชำนาญการ

จะแสดงตัวอย่างการทำงานของระบบผู้ชำนาญการเกี่ยวกับวิธีการประหยัดไฟฟ้าในส่วนของระบบรวมไฟฟ้า ระบบจะถามเกี่ยวกับการวัดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ในโรงงาน ถ้าไม่ทราบพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้ทำการหาเส้นโค้งของโหลดรายวัน เมื่อผู้ใช้ป้อนหน่วยไฟฟ้าที่ได้จากการบันทึก ระบบจะแสดงเส้นโค้งโหลดรายวัน ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เส้นโค้งโหลดรายวัน

จากข้อมูลของเส้นโค้งโหลดรายวัน สามารถทราบค่าความต้องการพลังงานสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที (Peak Demand) เวลาที่เกิดค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดของพลังงานไฟฟ้าได้ ดังแสดงในรูปที่ 5 จากนั้นระบบจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด และวิธีการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

รูปที่ 5 ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุด ของพลังงานไฟฟ้า

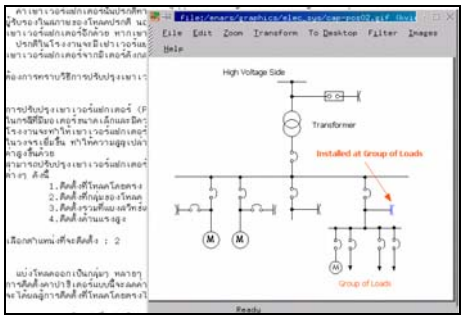
เมื่อทราบค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดแล้ว ระบบจะแนะนำให้ผู้ใช้ปรับลดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด ณ เวลาที่การใช้งานพลังไฟฟ้าสูงสุด โดยดำเนินการดังแสดงรูปที่ 6

รูปที่ 6 ระบบแนะนำวิธีการปรับลดพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

ระบบจะแนะนำให้ดำเนินการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ในโรงงาน โดยคำนวณและแสดงขนาดของคาปาซิเตอร์ ที่เหมาะสมกับขนาดของโหลด ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 การคำนวณขนาดของคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสมกับโหลด

หลังจากนั้นระบบจะแนะนำการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่ตำแหน่งต่าง ดังแสดงในรูปที่ 8 การติดตั้งที่กลุ่มของโหลด



รูปที่ 8 ตำแหน่งติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์

5. บทสรุป

จากบทความนี้เห็นได้ว่า ปัญหาที่นำมาศึกษาทางปัญญาประดิษฐ์ จะเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอนมาเกี่ยวข้องด้วย การประหยัดพลังงานไฟฟ้าก็เป็นปัญหาหนึ่งที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอน ดังนั้นการพัฒนาระบบผู้ชำนาญการเพื่อช่วยวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม จึงสามารถนำมาใช้ได้ในโรงงานที่ไม่มีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้า นอกจากนี้การที่ระบบผู้ชำนาญการมีส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ที่เป็นภาษาไทย ทำให้สะดวกในการใช้งาน และยังสามารถเรียกใช้แฟ้มข้อมูลจากภายนอกได้ อีกทั้งยังสามารถพัฒนาส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ให้เป็นแบบกราฟฟิกเพื่อง่ายต่อการใช้งานได้ ระบบผู้ชำนาญการนี้ยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการสร้างฐานกฎและฐานความจริงให้เป็นภาษาไทยได้เพื่อเป็นการสะดวกแก่ผู้ใช้ที่จะดัดแปลงระบบผู้ชำนาญการให้เหมาะสมกับโรงงานแต่ละชนิด อีกทั้งระบบผู้ชำนาญการนี้ได้เปิดโอกาสให้สามารถแก้ไขดัดแปลงข้อมูลความรู้ต่างๆ ในฐานกฎและฐานความจริงให้มีความทันสมัยถูกต้องอยู่เสมออีกด้วย

7. ข้อเสนอแนะ

ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์เป็นระบบปฏิบัติการที่ยังไม่ค่อยแพร่หลายนักในประเทศไทย ดังนั้นอาจเป็นข้อจำกัดของผู้ใช้ที่ไม่มีความเคยชินในการใช้งาน แต่ในปัจจุบันระบบปฏิบัติการลีนุกซ์เองได้พัฒนาในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ให้มีความสะดวกต่อการใช้งานขึ้นอย่างมาก ดังนั้นควรเลือกใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ที่สามารถแสดงผลภาษาไทยได้และมีส่วนการติดต่อกับผู้ใช้ที่ง่ายตามความถนัดของผู้ใช้งาน

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.แอนดรูว์ ซีการ์ และ อ.มนัส เกื้อกูลกิจการ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิคการเขียนโปรแกรมภาษา LISP การใช้งานระบบปฏิบัติการลีนุกซ์และคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม และขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัยจนสามารถทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

[1] John Durkin, “Expert System Design and Development”, Prentice- Hall International, 1993.

[2] Baron Stephen L., “Manual of Energy Saving in Existing Buildings and Plants”, N.J., Prentice-Hall, volume 2, 1978.

[3] นิตยา ซีการ์, “โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษา LISP”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2541.

[4] ถิรวัฒน์ หงส์บิน และคณะ, “การพัฒนาระบบเปลือกผู้เชี่ยวชาญที่ปฏิบัติงานบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรม ศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2543.

[5] โมโตกิ มัตสุโอะ, “เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม”, กรุงเทพฯ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

[6] “การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, กันยายน 2526.

ประพัทธ์พงศ์ พฤมนตรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ทางวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปีการศึกษา 2542 ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาโทในสาขาวิชาเดียวกันที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ งานวิจัยที่สนใจเกี่ยวกับสาขาปัญญาประดิษฐ์

ดร.นิตยา ชีการ์ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์