บทที่ 1

บทนำ

ความนำ

การหาค่าออปติมัม (Optimization) คือวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับสถานการณ์ที่กำหนดให้ ในงานวิศวกรรมต่างๆไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ การสร้าง หรือการบำรุงรักษา จำเป็นต้องมีการตัดสินใจอยู่หลายขั้นตอน รวมทั้งการจัดการและทางเทคนิค โดยมีจุดมุ่งหมายใหญ่เพื่อลดความยุ่งยากในการทำงานให้น้อยที่สุด ให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด สำหรับงานวิศวกรรมเราสามารถจำลองระบบและเงื่อนไขต่างๆให้อยู่ในรูปของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ อาจกล่าวได้ว่าการหาค่าออปติมัมเป็นการหาค่าตัวแปรต่างๆภายในเงื่อนไข เพื่อให้ฟังก์ชันการตัดสินใจมีค่าน้อยที่สุดหรือมากที่สุดแล้วแต่กรณี ในการศึกษาเราอาจถือว่าการหาค่าออปติมัมคือการหาค่าน้อยที่สุดของฟังก์ชันการตัดสินใจก็ได้ เพราะค่ามากที่สุดสามารถหาจากฟังก์ชันการตัดสินใจนั้นเมื่อใส่เครื่องหมายลบ

การหาค่าออปติมัมอาจแบ่งเป็น 2 แบบคือ

1. การหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข การหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไขนั้น จากที่ผ่านมามีการพัฒนาวิธีการต่างๆที่ใช้ในการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข เช่น วิธีดั้งเดิมที่ใช้แคลคูลัส , วิธี Powell โดย Powell เมื่อปี ค.ศ.1963 , วิธี Steepest Descent ความคิดเริ่มต้นได้จาก Cauchy เมื่อปี ค.ศ.1847 , วิธี Conjugate Gradient โดย Fletcher และ Reeves เมื่อปี ค.ศ.1964 เป็นต้น

2. การหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข วิธีการต่างๆที่ใช้ในการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข เช่น วิธีลากรองจ์ โดย Joseph Louis Lagrange เมื่อปี ค.ศ.1766 จากวิธีลากรองจ์สามารถจัดให้อยู่ในรูป Kuhn-Tucker Condition ซึ่ง Kuhn-Tucker Condition นี้ถูกคิดค้นโดย Kuhn และ Tucker เมื่อปี ค.ศ.1951 และวิธี Penalty function เมื่อปี ค.ศ.1955 เป็นต้น

การหาค่าออปติมัม ตามที่กล่าวมาสามารถนำมาประยุกต์ในระบบ On-line control และระบบ Off-line control จากที่ผ่านมาการหาค่าออปติมัมได้รับการวิจัยและพัฒนาดังนี้คือ

Chua และ Lin (1984) หาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น โดยใช้วิธีลากรองจ์แปลงจากปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข (Constrained optimization problem) ให้เป็นปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข (Unconstrained optimization problem) จากนั้นจัดให้อยู่ในรูป Kuhn-Tucker Condition ซึ่ง Kuhn-Tucker Condition เป็นเงื่อนไขจำเป็น (Necessary condition) และจำลอง Kuhn-Tucker Condition นั้นด้วยวงจรไฟฟ้า (Canonical nonlinear programming circuit) แรงดันไฟฟ้าที่โหนด (Node voltage) บางโหนดจะให้ค่าออปติมัม การหาค่าออปติมัมด้วยวิธีนี้ใช้เวลาน้อย ซึ่งมีความจำเป็นในระบบ On-line control แต่ในงานวิจัยนี้มีข้อเสีย คือ จากการใช้วิธีลากรองจ์ทำให้ตัวแปรเพิ่มขึ้นและองค์ประกอบต่างๆของวงจรไฟฟ้า เช่น ค่าของตัวความต้านทานหาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ในสมการเงื่อนไขและฟังก์ชันการตัดสินใจ ดังนั้นถ้าค่าสัมประสิทธิ์ในสมการเงื่อนไขและฟังก์ชันการตัดสินใจเปลี่ยนไป อาจต้องเปลี่ยนองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้ยังพบว่าไม่สามารถทำให้องค์ประกอบต่างๆของวงจรไฟฟ้าและเครื่องมือวัดมีค่าที่แน่นอนได้ เนื่องจากองค์ประกอบต่างๆในวงจรไฟฟ้า เช่น ค่าของตัวความต้านทานมีความผิดพลาด ซึ่งดูได้จากเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำ (% accuracy)

การหาค่าออปติมัมได้รับการวิจัยและพัฒนามาตลอด จนเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการใช้เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัม จากความสามารถของเครือข่ายนิวรอลที่มีโครงสร้างที่ง่ายและมีลักษณะการทำงานที่ขนานกัน (Parallel Processing) ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณหาค่าออปติมัมน้อย การพัฒนาการใช้เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัมมีดังนี้คือ

Hopfield และ Tank (1986) ใช้เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข โดยแปลงสมการเงื่อนไขและฟังก์ชันการตัดสินใจให้เป็นฟังก์ชันพลังงาน (Energy function) ของ Hopfield Net จากนั้นหาคำตอบด้วยการจำลองฟังก์ชันพลังงานของ Hopfield Net ในรูปของวงจรไฟฟ้า เนื่องจากฟังก์ชันพลังงานนี้มาจากสมการเงื่อนไขและฟังก์ชันการตัดสินใจ ดังนั้นถ้าเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์ในสมการเงื่อนไขและฟังก์ชันการตัดสินใจ อาจต้องเปลี่ยนองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า ข้อดีของงานวิจัยนี้คือทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อย เนื่องจากเครือข่ายนิวรอลมีโครงสร้างที่ง่ายและมีการทำงานแบบขนานกัน ส่วนข้อเสียเช่นเดียวกับข้อเสียในงานวิจัยของ Chua และ Lin

Kennedy และ Chua (1988) ใช้เครือข่ายนิวรอลหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น ซึ่งพัฒนามาจากงานวิจัยของ Chua และ Lin และพิสูจน์การลู่เข้าหาค่าออปติมัม การหาค่าออปติมัมนี้ใช้วิธีลากรองจ์แปลงจากปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข จากนั้นแปลงปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไขให้เป็น

ปัญหาของการแก้สมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะ (State variable) โดยที่สมการอนุพันธ์ดังกล่าวสามารถทำเป็น Parallel processing ได้ นั้นคือสามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ของเครือข่ายนิวรอล จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณรวดเร็ว ผลตอบของสมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะหาได้จากการจำลองสมการอนุพันธ์นั้นด้วยวงจรไฟฟ้า ข้อดีของงานวิจัยนี้คือ ใช้เวลาในการคำนวณน้อยเนื่องจากเครือข่ายนิวรอลมีโครงสร้างที่ง่ายและมีการทำงานแบบขนานกัน และจากการพิสูจน์การลู่เข้าหาค่าออปติมัมดังกล่าวทำให้แน่ใจว่าสามารถหาค่าออปติมัมได้จริง ส่วนข้อเสียเช่นเดียวกับข้อเสียในงานวิจัยของ Chua และ Lin

ต่อมาได้มีการพัฒนาการใช้เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข จากเดิมเทคนิคทางออปติไมเซชันที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นใช้วิธีลากรองจ์ วิธีลากรองจ์นี้มีข้อเสียคือทำให้จำนวนของตัวแปรเพิ่มขึ้นและนำไปสู่ระบบไม่เชิงเส้น จากปัญหาข้างต้นสามารถแก้ไขได้ด้วยวิธี Penalty function โดยวิธี Penalty function จะมีการลงโทษเมื่อมีการละเมิดเงื่อนไข การกระทำเช่นนั้นไม่ทำให้ตัวแปรเพิ่มขึ้น

Rodri′gues-Va′zquez , Domi′nguez-Castro , Rueda , Huertas และ Sa′nchez-Sinencio (1990) ใช้เครือข่ายนิวรอลหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น และพิสูจน์การลู่เข้าหาค่าออปติมัม การหาค่าออปติมัมนี้ใช้วิธี Penalty function แปลงจากปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข จากนั้นแปลงปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาของการแก้สมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะ ซึ่งมี Forcing function เป็นฟังก์ชันของ Steepest descent ผลตอบของสมการอนุพันธ์หาได้จากการจำลองสมการอนุพันธ์นั้นด้วยวงจรไฟฟ้า Switched-Capacitor ซึ่งมีข้อดีคือตัวแปรเท่าเดิมและใช้เวลาในการคำนวณหาค่าออปติมัมน้อยเนื่องจากเครือข่ายนิวรอลมีลักษณะการทำงานที่ขนานกัน และจากการพิสูจน์การลู่เข้าหาค่าออปติมัมดังกล่าวทำให้แน่ใจว่าสามารถหาค่าออปติมัมได้จริง และมีข้อเสียเช่นเดียวกับข้อเสียในงานวิจัยของ Chua และ Lin

Glasos , Hui และ Zak (1994) ใช้เครือข่ายนิวรอลหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น การหาค่าออปติมัมนี้ใช้วิธี Penalty function แปลงจากปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข จากนั้นแปลงปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาของการแก้สมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะ ซึ่งมี Forcing function เป็นฟังก์ชันของ Steepest descent ผลตอบของสมการอนุพันธ์เป็นผลตอบของปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข และผลตอบของสมการอนุพันธ์นี้หาได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่สมการอนุพันธ์ดังกล่าวสามารถทำเป็น Parallel processing ได้ นั้น

คือสามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของเครือข่ายนิวรอล จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณรวดเร็ว

จากงานวิจัยของ Glasos , Hui และ Zak สามารถสรุปถึงข้อดีในการนำเอาเครือข่ายนิวรอลมาประยุกต์ในการหาค่าออปติมัมได้ดังนี้คือ

1. เนื่องจากเครือข่ายนิวรอลมีโครงสร้างที่ง่ายและมีลักษณะการทำงานที่ขนานกัน ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณหาค่าออปติมัมน้อย และในแต่ละตัวแปรสามารถคำนวณพร้อมกันได้

2. สามารถแก้ปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นได้

ส่วนข้อเสียงานวิจัยของ Glasos , Hui และ Zak ในการใช้เครือข่ายนิวรอลหาค่าออปติมัมสามารถสรุปได้ดังนี้คือ จากสมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะ ซึ่งมี Forcing function เป็นฟังก์ชันของ Steepest descent นั้นพบว่าไม่สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมซึ่งใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าออปติมัมได้ทุกปัญหา และอัตราเร็วของการลู่เข้าหาค่าออปติมัมค่อนข้างคงที่ ถึงแม้ว่าจะอยู่ห่างจากจุดออปติมัมมากและจะช้าลงมากเมื่อเริ่มเข้าใกล้ จุดออปติมัมจึงทำให้ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้น นอกจากนี้ค่าออปติมัมและจุดออปติมัมผิดพลาดจากค่าออปติมัมจริงและจุดออปติมัมจริง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข โดยพัฒนามาจากงานวิจัยของ Glasos , Hui และ Zak ซึ่งการหาค่าออปติมัมในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธี Penalty function แปลงจากปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไข จากนั้นแปลงปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบไม่มีเงื่อนไขให้เป็นปัญหาของการแก้สมการอนุพันธ์ของตัวแปรสถานะ ซึ่งมี Forcing function เป็นฟังก์ชันของ Conjugate gradient ผลตอบของสมการอนุพันธ์เป็นผลตอบของปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข และผลตอบของสมการอนุพันธ์นี้หาได้จากการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่สมการอนุพันธ์ดังกล่าวสามารถทำเป็น Parallel processing ได้ นั้นคือสามารถจัดให้อยู่ในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของเครือข่ายนิวรอล จึงทำให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณรวดเร็ว ข้อดีของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้คือเวลาที่ใช้ในการหาค่าออปติมัมและความแม่นยำในการหาคำตอบดีกว่าการใช้วิธี Steepest Descent เดิม โดยมีวัตถุประสงค์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิทยานิพนธ์ดังนี้คือ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาทฤษฎีทางเครือข่ายนิวรอลและทฤษฎีทางออปติไมเซชัน แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข

ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาทฤษฎีทางเครือข่ายนิวรอลและทฤษฎีทางออปติไมเซชัน
2. พัฒนาวิธีหาค่าออปติมัมที่ดีกว่าของเดิม
3. ทดสอบวิธีที่ได้ในข้อ 2. โดยการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Simulation)

ความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับ

เนื่องจากทฤษฎีทางเครือข่ายนิวรอลและทฤษฎีทางออปติไมเซชันเป็นทฤษฎีที่มีการทดลองและวิจัยกันอย่างกว้างขวาง รวมทั้งได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบ On-line control และระบบ Off-line control สำหรับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาแนวทางในการนำเครือข่ายนิวรอลและเทคนิคทางออปติไมเซชันมาใช้ในการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไข โดยทำให้เวลาที่ใช้ในการหาค่าออปติมัมและความแม่นยำดีขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อๆไปในระบบ On-line control และระบบ Off-line control เช่น การควบคุมการทำงานของแขนกล การควบคุมขีปนาวุธ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แบ่งเป็น 5 บทกล่าวคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของการประยุกต์เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัม การพัฒนาเทคนิคทางออปติไมเซชันและเครือข่ายนิวรอล วัตถุประสงค์ ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ความสำคัญและประโยชน์ที่ได้รับ และมูลเหตุจูงใจในการทำวิทยานิพนธ์เรื่องนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีในการหาค่าออปติมัม กล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ โดยเริ่มจากรายละเอียดงานวิจัยของ Glasos , Hui และ Zak ซึ่งนำมาพัฒนาปรับปรุงในวิทยานิพนธ์นี้ และอัลกอริทึมในงานวิจัยของ Glasos , Hui และ Zak จากนั้นกล่าวถึงรายละเอียดของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ,อัลกอริทึมของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ และการพิสูจน์การลู่เข้าหาค่าออปติมัมของวิธี Conjugate Gradient

บทที่ 3 ตัวอย่างการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขเชิงเส้น กล่าวถึงผลของการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขเชิงเส้นและการวิเคราะห์ผลของการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขเชิงเส้นโดยใช้เครือข่ายนิวรอล ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างวิธี Steepest Descent กับวิธี Conjugate Gradient

บทที่ 4 ตัวอย่างการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น กล่าวถึงผลของการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้นและการวิเคราะห์ผลของการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้นโดยใช้เครือข่ายนิวรอล ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างวิธี Steepest Descent กับวิธี Conjugate Gradient

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงข้อสรุปของการใช้เครือข่ายนิวรอลในการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขเชิงเส้นและการหาค่าออปติมัมแบบมีเงื่อนไขไม่เชิงเส้น นอกจากนี้ได้กล่าวถึงข้อดี ข้อเสีย และข้อเสนอแนะในการพัฒนาปรับปรุงข้อจำกัดในวิธีการที่ได้เสนอขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย