บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ในงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์บนไมโครคอมพิวเตอร์ และใช้ร่วมกับซอฟต์แวร์ออโตแคด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบกลไกให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการนำกลไกไปใช้ โดยจะออกแบบกลไกให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ได้กำหนดเอาไว้ล่วงหน้า

ซอฟต์แวร์ที่ได้พัฒนานี้มีคุณสมบัติดังนี้

1. ใช่ร่วมกับซอฟต์แวร์ออโตแคด (AutoCAD) ซึ่งสามารถใช้คุณสมบัติที่ดีในด้านการเขียนแบบ มาใช้ช่วยในการออกแบบกลไกและสร้างแบบจำลองสภาพภาวะเงื่อนไขของลักษณะงานจริง

2. สามารถหาจำนวนและลำดับของข้อต่อกับรอยต่อต่างๆ ที่จำเป็นและเป็นไปได้สำหรับระดับขั้นเสรีที่กำหนด เพื่อให้ได้กลไกที่สามารถเคลื่อนที่ตามต้องการ และกลไกนี้จะเกิดจากการนำเอาข้อต่อต่างๆ มาต่อกันเป็นรูปแบบต่างๆ กัน ซึ่งเรียกว่า โซ่พื้นฐานคิเนแมติก (Basic Kinematic Chain) (BKC) ซึ่งรูปแบบต่างๆ เหล่านี้ ผู้วิจัยได้สร้างและเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลไว้แล้วเฉพาะรูปแบบที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป หรือผู้ใช้ซอฟต์แวร์จะสร้างรูปแบบขึ้นใหม่เองก็ได้แต่ต้องประกอบด้วยจำนวนและลำดับของข้อต่อที่ซอฟต์แวร์ได้คำนวณให้

3. จะต้องกำหนดชนิดของรอยต่อให้กับข้อต่อสองข้อต่อที่จะต่อกัน ซึ่งเป็นรอยต่อคู่สัมผัสเชิงเดี่ยว (Simple Pairs) โดยกำหนดได้ 2 ชนิด คือรอยต่อคู่สัมผัสเลื่อนไถลและรอยต่อคู่สัมผัสหมุน และจะต้องกำหนดเงื่อนไขให้กับข้อต่อ คือข้อต่อส่งกำลังขับเคลื่อน (Driving Link) ข้อต่อก้านส่ง (Coupler Link) ข้อต่อที่ยึดอยู่กับที่ (Fixed Link) ให้กับโซ่พื้นฐานคิเนแมติก

4. สามารถสังเคราะห์เชิงมิติให้กับกลไกได้โดยกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่ของกลไกที่ต้องการไว้ล่วงหน้า 3 ตำแหน่ง ซึ่งสามารถแบ่งการสังเคราะห์เชิงมิติเป็น 3 แบบตามลักษณะงาน คือโมชันเจนเนอเรชัน (Motion Generation) พาธเจนเนอเรชัน (Path Generation) ฟังก์ชันเจนเนอเรชัน (Function Generation)

5. สามารถวิเคราะห์คิเนแมติกเพื่อหาค่าการกระจัด ความเร็ว และความเร่ง

6. สามารถจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกที่ได้ออกแบบขึ้น เพื่อตรวจสอบดูการเคลื่อนที่ของกลไกว่าเคลื่อนที่ได้ตามผู้ออกแบบต้องการหรือไม่ เพราะกลไกที่ได้สังเคราะห์เชิงมิติขึ้นนั้นอาจจะไม่สามารถนำไปใช้ได้เลยทุกครั้งเมื่อสังเคราะห์เชิงมิติเสร็จ ควรจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกก่อนเพราะกลไกนั้นอาจมีจุดตาย ซึ่งทำให้กลไกหยุดการเคลื่อนที่ก่อนที่จะถึงตำแหน่งที่ต้องการ

7. สามารถแสดงกราฟคิเนแมติก เช่นความเร็วและความเร่ง เพื่อประกอบการพิจารณาในการออกแบบ โดยสามารถแสดงกราฟของข้อต่อต่างๆ ที่สนใจได้ หรือตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งที่สนใจบนข้อต่อได้

8. สามารถทดลองเปลี่ยนแปลงค่าที่เกี่ยวเนื่องกับการสังเคราะห์และวิเคราะห์ โดยการทำวงวนซ้ำดังรูปที่ 6.1 ซึ่งสามารถใช้เมาส์ลากปรับเปลี่ยนค่าความยาวของข้อต่อในกลไกและตำแหน่งเงื่อนไขต่างๆ ได้โดยตรงบนวินโดวส์หลักของซอฟต์แวร์ออโตแคด จนได้กลไกที่เหมาะสมกับความต้องการ

9. สามารถจัดเก็บกลไกไว้เป็นฐานข้อมูลและเรียกใช้กลไกที่ออกแบบไปแล้วได้

10. สามารถนำกลไกพื้นฐานที่ได้ออกแบบและจัดเก็บไว้ มาประกอบกันเป็นกลไกชุดใหม่ที่สลับซับซ้อนมากขึ้นได้

11. ช่วยในการศึกษาพฤติกรรมของกลไกเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์และวิเคราะห์กลไก ซึ่งจะทำให้ผู้ออกแบบเกิดความชำนาญในการออกแบบกลไกมากขึ้นเมื่อใช้ซอฟต์แวร์นี้เพื่อออกแบบบ่อยๆ จะทำให้สามารถคาดเดารูปร่างของกลไกได้โดยคร่าวๆ ในเบื้องต้นได้

12. มีระบบติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิก ซึ่งผู้ใช้สามารถทำงานกับซอฟต์แวร์นี้โดยใช้เมาส์เป็นเครื่องมือในการติดต่อกับซอฟต์แวร์

ในการทดสอบซอฟต์แวร์นี้กับภาวะเงื่อนไขตามลักษณะงานต่างๆ นั้น จะเห็นได้ว่าซอฟต์แวร์นี้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบกลไกให้เหมาะสมกับลักษณะงานที่ต้องการนำกลไกไปใช้ โดยสามารถออกแบบกลไกให้สามารถเคลื่อนที่ได้ตามที่ได้กำหนดเอาไว้ล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในการจำลองการเคลื่อนที่ของกลไกนี้ก็เสมือนว่าได้มีกลไกที่ออกแบบนี้ไปวางอยู่ที่หน้างาน แล้วดูพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของกลไกที่ออกแบบขึ้นนี้เมื่อนำไปใช้งานดูว่าเมื่อกลไกทำงานแล้วจะเป็นตามที่ต้องการหรือไม่ ก่อนที่จะนำกลไกนี้ไปสร้างใช้งานขึ้นจริง เพื่อความแน่ใจว่ากลไกที่จะสร้างขึ้นนี้ใช้งานได้แน่นอนแล้วจึงนำไปสร้างกลไก เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่เสียเวลาที่จะต้องสร้างกลไกใหม่เมื่อกลไกนั้นไม่ได้ตามที่ต้องการ แต่ในการใช้

ซอฟต์แวร์ช่วยออกแบบนี้จะออกแบบได้กลไกที่เหมาะสมตรงกับความต้องการของงานได้เร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับดุจพินิจของผู้ออกแบบแต่ละคนในการพิจารณาและสังเกตดูพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของกลไก เพื่อมาปรับแต่งค่าตัวแปรเลือกอิสระให้เหมาะสมตามต้องการ

7.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดให้สามารถกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่ไว้ล่วงหน้าได้เพียง 3 ตำแหน่ง เพื่อจะสังเคราะห์เชิงมิติได้สะดวกและง่าย โดยสมการของการสังเคราะห์เชิงมิติ คือ

$$\mathbf{W}(e^{i\beta_j}-1)+\mathbf{Z}(e^{i\alpha_j}-1)=\delta_j \qquad (7.1)$$

สมการ (7.1) เป็นสมการของจำนวนเชิงซ้อน และมีตัวแปรที่จะต้องหาค่าเป็นจำนวนเชิงซ้อน คือ $\mathbf{W},\mathbf{Z}$ ซึ่งทำให้สามารถแก้สมการที่เป็นเชิงเส้น (Linear) ได้ โดยจะใช้ได้ดีและสะดวกกับกลไก 4 ข้อต่อ แต่เมื่อกลไกมีจำนวนข้อต่อมากขึ้น เช่นกลไก 5 ข้อต่อขึ้นไปจะมีตัวแปรเลือกอิสระมากขึ้น ยิ่งเมื่อกลไกมีจำนวนข้อต่อมากขึ้นก็ทำให้มีตัวแปรเลือกอิสระมากขึ้นตาม ดังนั้นทำให้ลำบากและใช้เวลานานพอสมควรสำหรับผู้ที่ไม่มีประสบการณ์ในการออกแบบเพื่อที่จะหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการได้ ซึ่งจะต้องหาค่าตัวแปรเลือกอิสระที่เหมาะสมทีละตัว โดยจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับตัวแปรเลือกอิสระตัวอื่นๆ ไว้ก่อน จากนั้นก็ทำตามวิธีทำวงวนซ้ำดังรูปที่ 6.1

ดังนั้นจึงน่าที่จะกำหนดตำแหน่งแนวทางการเคลื่อนที่ไว้ล่วงหน้าเพิ่มขึ้นเป็น 4 หรือ 5 ตำแหน่ง ก็จะทำให้จำนวนตัวแปรเลือกอิสระน้อยลงและสามารถกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ จากสมการ (7.1) เมื่อเพิ่มจำนวนตำแหน่งที่กำหนดมากขึ้นนั้นจะแสดงจำนวนตัวแปรดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 จำนวนสมการสำหรับตัวแปรที่หาค่า คือ $\mathbf{W},\mathbf{Z}$ โดยกำหนดค่า δ_j,α_j

Number of positions (n): $j=2,3,\ldots,n$	Number of scalar equations	Number of scalar unknowns	Number of free choices (scalars)	Number of solutions
2	2	5($\mathbf{W}$, $\mathbf{Z}$, β_2)	3	$O(\infty^3)$
3	4	6(above + β_3)	2	$O(\infty^2)$
4	6	7(above + β_4)	1	$O(\infty^1)$
5	8	8(above + β_5)	0	Finite

เมื่อกำหนดแนวทางการเคลื่อนที่เป็น 4 ตำแหน่ง นั้นสมการ (7.1) จะเหลือตัวเลือกอิสระเพียง 1 ตัว แต่มีตัวแปร β_3,β_4 ที่ต้องหาค่า ซึ่งจะต้องแก้สมการที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) เพื่อหาค่าตัวแปร W,Z,β_3,β_4 โดยมี β_2 เป็นตัวแปรเลือกอิสระ สำหรับการกำหนด 5 ตำแหน่งนั้นจะไม่มีตัวแปรเลือกอิสระ ดังนั้นคำตอบของสมการจะมีเพียงคำตอบเดียว

2. ในการสังเคราะห์เชิงรูปแบบนั้นผู้วิจัยได้จัดเก็บรูปแบบโซ่พื้นฐานคิเนแมติกไว้เฉพาะที่นิยมใช้กันทั่วๆไป เท่านั้น ดังนั้นเมื่อต้องการกลไกซับซ้อนขึ้นก็ต้องทำรูปแบบโซ่พื้นฐานคิเนแมติกเข้าไปในฐานข้อมูลเอง

3. ในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดชนิดรอยต่อเพียง 2 ชนิดเท่านั้น คือรอยต่อคู่สัมผัสหมุนและรอยต่อคู่สัมผัสเลื่อนไถล ซึ่งเป็นคู่ขั้นต่ำ (Lower Pairs) ดังนั้นเพื่อสามารถออกแบบกลไกได้กว้างขึ้น จึงควรเพิ่มรอยต่อที่เป็นคู่ขั้นสูง (Higher Pairs) เช่นการสัมผัสระหว่างลูกเบี้ยวกับตัวตาม และการสัมผัสกันระหว่างซี่ฟันเฟืองเป็นต้น

4. ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์คิเนแมติกของกลไกหาค่าการกระจัด ความเร็ว และความเร่งไว้แล้ว ซึ่งตามกฎของนิวตัน (Newton's Laws) ถ้าวัตถุมีความเร่งเกิดขึ้น ก็จะต้องมีแรงมากระทำกับวัตถุนั้น (F=ma) และแรงที่กระทำนี้จะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ขึ้นภายในวัตถุ ดังนั้นควรหาแรงที่กระทำกับข้อต่อต่างๆ นี้ ซึ่งแรงในเครื่องกลอาจเกิดจากแหล่งต่างๆ เช่นแรงเนื่องจากน้ำหนักของชิ้นส่วนของเครื่องกล แรงกระทำจากภายนอก แรงที่เกิดจากการที่ชิ้นส่วนของเครื่องกลมีความเร่งเกิดขึ้น (Inertia Force) แรงเสียดทาน แรงกระแทก แรงจากสปริง แรงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ฯลฯ เป็นต้น แรงต่างๆ เหล่านี้ต้องนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อออกแบบและกำหนดสัดส่วนของชิ้นส่วนต่างๆ ในเครื่องจักรกลนั้น เพื่อที่ว่าชิ้นส่วนเหล่านั้นจะสามารถรับแรงกระทำเหล่านี้ได้โดยไม่เสียหาย โดยที่ศึกษาเกี่ยวกับแรงสถิตย์ก่อน และจะอาศัยหลักการของแรงสถิตย์นี้ไปใช้กับแรงที่เกิดจากการที่ชิ้นส่วนมีความเร่งเกิดขึ้นหรือแรงเฉื่อย (Inertia Force) ซึ่งโดยทั่วๆ ไปอาจจะคิดได้ว่า น้ำหนักของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องกลเมื่อเปรียบเทียบกับแรงกระทำจากภายนอกอื่นๆ แล้วจะมีขนาดเล็กมาก ดังนั้นในการวิเคราะห์หาแรงที่เกิดกับชิ้นส่วนของเครื่องกล เราจะไม่เอาแรงเนื่องจากน้ำหนักของชิ้นส่วนต่างๆ เข้ามาคิดด้วย