

การประยุกต์ใช้จุดดึงดูดแบบเคออสติก
APPLICATIONS OF COEXISTING CHAOTIC ATTRACTORS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยที่ดำเนินการโดยภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
Department of Mechanical Engineering

สาขาวิชาวิศวกรรมสารพัดช่าง
Department of Mechanical Engineering

คณะวิศวกรรมศาสตร์
Faculty of Engineering

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's University of Technology Thonburi

พ.ศ. 2552
B.E. 2552

KMUTT. 2009.EN-M.280-077

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การประยุกต์สัญญาณอววนแบบรวมหลุมแรงคู่

APPLICATIONS OF COMBINED CHAOTIC ATTRACTORS



T105067



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105067
วัน,เดือน,ปี.....16 พ.ย. 2552

.b. 1216A822
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL 2009-EN-M-230-077

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATIONS OF COMBINED CHAOTIC ATTRACTORS



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009
KMITL 2009-EN-M-230-077**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์สัญญาณอลวนแบบรวมหลุมแรงคู่

Thesis Title Applications of Combined Chaotic Attractors

นักศึกษา นายชาญวัฒน์ ชาญเวช

รหัสประจำตัว 47061136

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-230-077

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สมเกียรติ อุดมทรัพย์กุล	
ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน	
ดร.วีระพล โมนยะกุล	
รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์	
รศ.ดร.ปิติเขต สุรักษา	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2552 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้สัญญาณออลวนแบบรวมหลุมแรงดูด
นักศึกษา	นาย ชาญณวัฒน์ ชาญเวชช์
รหัสนักศึกษา	47061136
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ปิติเจต ผู้รักษา

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้ความออลวนในทางวิศวกรรมโดยมากเน้นไปที่ศักยภาพของการประยุกต์ เช่น พัดลมทำความร้อน เครื่องปรับอากาศ และ เครื่องล้างจาน หรือแม้แต่การประยุกต์ใช้ความออลวนในเชิงหุ่นยนต์ก็ไม่ใช่เทคโนโลยีล่าสุด ทว่าปัญหาของการนำทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อิสระในสภาพแวดล้อมที่ไม่ทราบข้อมูล สามารถแก้ไขได้โดยการใช้ฟังก์ชันความออลวน โดยมากนักวิจัยใช้หน่วยประมวลผลกลางที่มีประสิทธิภาพสูงมาสร้างเส้นทางโคจรแบบออลวน แต่ในงานวิจัยนี้ใช้วงจรออลวนซึ่งมีราคาถูกและง่ายต่อการสร้างวิถีโคจร โดยรวมวงจรChua และหลุมแรงดูดปีกผีเสื้อเข้าด้วยกันเพื่อสร้างกระสวนและความครอบคลุมพื้นที่ซึ่งนำมาประยุกต์กับหุ่นยนต์ทดลองสองล้อในห้องปฏิบัติการ ควบคุมการหนีคัมภีร์ให้มีอยู่ในพื้นที่ที่ต้องการและการสร้างงานศิลปะนามธรรม (abstract art) ผลการทดลองพบว่าแนวคิดการรวมกันของสัญญาณออลวน มีศักยภาพในการประยุกต์เชิงวิศวกรรมด้านต่างๆดังกล่าว

Thesis Title	Applications of Combined Chaotic Attractors
Student	Mr. Channawat Chanvech
Student ID.	47061136
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pitikhate Sooraksa

ABSTRACT

The application of chaos in engineering field has been attracted much attention due to many potential applications including fan heaters, air-conditions, and dish washing machines. Even though the applied chaos in robot guidance is also not cutting edge technology, the problem of navigation of autonomous mobile robot in a totally unknown environment can be accomplished by using chaotic function. For implementation, most researchers use CPUs with high performance to generate the chaotic trajectories. Unlike the others, in this paper, we use a low-cost chaotic circuit and easy to construct for trajectory generators. The Chua's circuit and a complex butterfly attractor are combined together providing pattern diversity and area coverage. The findings are applied to building a lab-scale two-wheel mobile robot, spraying machine, and creating abstract arts. The results are promising and revealing potential in the aforementioned engineering applications.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปิติเขต สุรักษา ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า และ อาจารย์ กฤดากร ก่ออมการ ที่ให้คำปรึกษาแนวทางในทฤษฎีออสวนและวงจรถอดวน สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา น้องชาย และญาติที่เคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ชาญณวัฒน์ ชาญเวช



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา.....	3
1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	3

บทที่ 2 ความอลวน (Chaos).....	4
2.1 ทฤษฎีอลวน (Chaos Theory).....	4
2.2 ลักษณะระบบที่เป็นแบบอลวน.....	4
2.2.1 มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinearity).....	4
2.2.2 ไม่ใช่เกิดแบบสุ่ม (Deterministic not Probabilistic).....	4
2.2.3 ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (Sensitivity to initial conditions).....	5
2.2.4 ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าในระยะยาวได้ (Long-term prediction is impossible).....	5
2.3 ประโยชน์ของการศึกษาทฤษฎีอลวน.....	5
2.3.1 ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและทำนายอนาคต.....	5
2.3.2 ใช้ในการสร้างระบบอลวน.....	6
2.3.3 ใช้ในการควบคุมหรือสร้างความเสถียรให้กับระบบ.....	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.1 ส่วนวงจรขยาย.....	8
2.4.2 ส่วนวงจรป้อนกลับ.....	8
2.5 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณอลวน	7
2.5.1 วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	9
2.5.2 วงจร Simple RC chaotic oscillator	11
2.5.3 วงจร Double scroll chaotic oscillator	12
2.5.4 วงจร Hyper chaotic oscillator	14
2.6 การออกแบบ PCB วงจรอิเล็กทรอนิกส์	15
2.6.1 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง	16
2.6.2 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator	17
2.6.3 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator	18
2.6.4 PCB วงจร Hyper chaotic oscillator	19
บทที่ 3 การประยุกต์ใช้สัญญาณ	21
3.1 โครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด.....	21
3.1.1 ออกแบบ	21
3.1.2 สร้างหุ่นต้นแบบ	22
3.1.3 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง.....	23
3.1.4 ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทางโครง	24
3.2 โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ	25
3.2.1 หลักการควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี	27
3.2.2 ออกแบบเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัด โนมัติ	29
3.2.3 ติดตั้งเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัด โนมัติ	29
3.3 โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณอลวน.....	30
3.3.1 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง.....	30
3.3.2 ออกแบบโครงสร้างสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณอลวน	30
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 32

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1	สัญญาณวงจรถ้า High frequency Wien-type chaotic oscillator	32
4.1.2	สัญญาณวงจรถ้า Simple RC chaotic oscillator	36
4.1.3	สัญญาณวงจรถ้า Double scroll chaotic oscillator	38
4.1.4	สัญญาณวงจรถ้า Hyper chaotic oscillator	41
4.2	โครงการหุ่นยนต์ออสซิลเลเตอร์แบบรวมหลอด.....	47
4.2.1	เส้นทางโคจรจากวงจรถ้า High frequency Wien-type chaotic oscillator	48
4.2.2	เส้นทางโคจรจากวงจรถ้า Simple RC chaotic oscillator	49
4.2.3	เส้นทางโคจรจากวงจรถ้า Double scroll chaotic oscillator	50
4.2.4	เส้นทางโคจรจากวงจรถ้า Hyper chaotic oscillator	51
4.3	โครงการระบบปรับคัลลินเพื่อการจัดการขยะ	52
4.3.1	พื้นที่จุดพันสารเคมีจากวงจรถ้า High frequency Wien-type chaotic oscillator	53
4.3.2	พื้นที่จุดพันสารเคมีจากวงจรถ้า Simple RC chaotic oscillator	55
4.3.3	พื้นที่จุดพันสารเคมีจากวงจรถ้า Double scroll chaotic oscillator	57
4.3.4	พื้นที่จุดพันสารเคมีจากวงจรถ้า Hyper chaotic oscillator	59
4.4	โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณออสซิลเลเตอร์.....	61
4.4.1	ภาพศิลปะจากวงจรถ้า High frequency Wien-type chaotic oscillator	61
4.4.2	ภาพศิลปะจากวงจรถ้า Simple RC chaotic oscillator	62
4.4.3	ภาพศิลปะจากวงจรถ้า Double scroll chaotic oscillator	63
4.4.4	ภาพศิลปะจากวงจรถ้า Hyper chaotic oscillator.....	64
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	66
5.1	สรุปผลการวิจัย	66
5.2	ข้อเสนอแนะ	67
5.3	แนวทางการพัฒนาในอนาคต	67
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	74

เอกสารนี้เป็นเอกสารของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ข. การประกอบพื้นที่ทดลอง.....	86
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	90
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างแบบสอบถาม Chaotic Art.....	96
ประวัติผู้เขียน.....	98



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 อัตราการคlobคลุมพื้นที่เมื่อใช้สัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ	47
4.2 รูปทรงพื้นที่ที่ติดพันและอัตราการปนเือนพื้นที่ เมื่อเปลี่ยนสัญญาณอลวน	52
4.3 อัตราการปนเือนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณอลวนวงจร Wien-type	53
4.4 อัตราการปนเือนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณอลวนวงจร Simple RC	55
4.5 อัตราการปนเือนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณอลวนวงจร Double scroll	57
4.6 อัตราการปนเือนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณอลวนวงจร Hyper	59



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2-1 คณิตแบบออสซิลเลเตอร์ที่มีการป้อนกลับแบบบวก	7
2-2 วงจร Wien-bridge ออสซิลเลเตอร์	8
2-3 วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator	9
2-4 ตัวอย่างกระสวนอลวน High frequency Wien-type Chaos	10
2-5 วงจร Simple RC chaotic oscillator	11
2-6 ตัวอย่างกระสวนอลวน Simple RC	12
2-7 วงจร Double scroll chaotic oscillator	12
2-8 ตัวอย่างกระสวนอลวน Double scroll	13
2-9 วงจร Hyper chaotic oscillator	14
2-10 ตัวอย่างกระสวนอลวน Hyper	15
2-11 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง	16
2-12 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง	16
2-13 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator	17
2-14 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator	17
2-15 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator	18
2-16 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator	18
2-17 PCB วงจร Hyper chaotic oscillator	19
2-18 PCB วงจร Hyper chaotic oscillator	19
3-1 ไคอะแกรมของหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหุลุมแรงคู่	21
3-2 เวกเตอร์การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สองล้อ	22
3-3 รถคันแบบหนึ่งล้ออิสระ และสองล้อที่ควบคุมด้วยมอเตอร์สองทิศทาง	22
3-4 โครงสร้างของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง	23
3-5 การแบ่งส่วนเพื่อหาอัตราครอบคลุมนพื้นที่และการกระจายไปในพื้นที่	24
3-6 ภาพรวมระบบการจัดการขยะ	25
3-7 สภาพก่อนเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นขยะเพื่อการจัดการขยะ	26
3-8 สภาพหลังเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นขยะเพื่อการจัดการขยะ	26
3-9 แผนผังสาธารณูปโภครอบโรงเรียน	27
3-10 กระบวนการทำงาน	27
3-11 จ้างลองหลักการการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่น	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

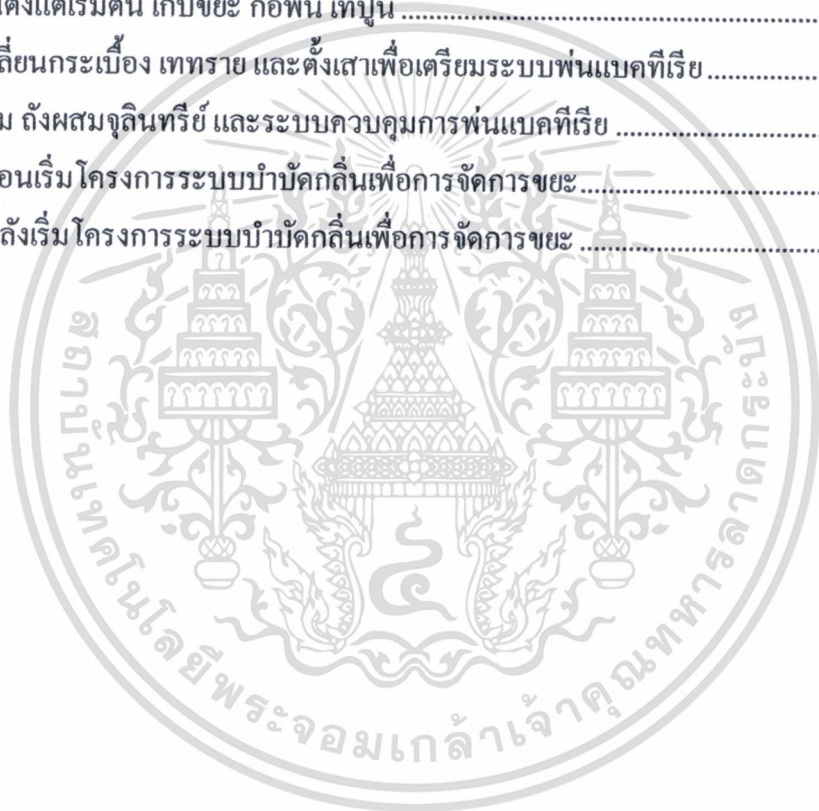
รูปที่	หน้า
3-12 เครื่องนำบัคกลืนขยะอัตโนมัติ.....	29
3-13 เครื่องนำบัคกลืนขยะอัตโนมัติ.....	30
3-14 บัมน้ำตู้ปลาและตู้ปลาใส่น้ำผสมสี.....	31
3-15 กระดานรองกระดาษ.....	31
4-1 สัญญาณ X วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	33
4-2 สัญญาณ Y วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	33
4-3 สัญญาณ Z วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	34
4-4 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	35
4-5 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	35
4-6 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	36
4-7 สัญญาณ X วงจร Simple RC chaotic oscillator.....	36
4-8 สัญญาณ Y วงจร Simple RC chaotic oscillator.....	37
4-9 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Simple RC chaotic oscillator.....	36
4-10 สัญญาณ X วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	38
4-11 สัญญาณ Y วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	38
4-12 สัญญาณ Z วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	39
4-13 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	40
4-14 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	40
4-15 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator.....	41
4-16 สัญญาณ X วงจร Hyper chaotic oscillator.....	41
4-17 สัญญาณ Y วงจร Hyper chaotic oscillator.....	42
4-18 สัญญาณ Z วงจร Hyper chaotic oscillator.....	42
4-19 สัญญาณ W วงจร Hyper chaotic oscillator.....	43
4-20 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	44
4-21 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	44
4-22 สัญญาณแกน X-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	45
4-23 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	45
4-24 สัญญาณแกน Y-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	46
4-25 สัญญาณแกน Z-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator.....	46

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4-26 กราฟเปรียบเทียบอัตราการครอบคลุมพื้นที่.....	47
4-27 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	48
4-28 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Simple RC chaotic oscillator.....	49
4-29 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Double scroll chaotic oscillator.....	50
4-30 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator.....	51
4-31 กราฟเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนพื้นที่.....	52
4-32 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Wien-type chaotic oscillator.....	53
4-33 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Wien-type chaotic oscillator.....	54
4-34 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Simple chaotic oscillator.....	55
4-35 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Simple chaotic oscillator.....	56
4-36 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Double scroll chaotic oscillator.....	57
4-37 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Double scroll chaotic oscillator.....	58
4-38 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator.....	59
4-39 ตัวอย่างพื้นที่ที่คิดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator.....	60
4-40 ภาพศิลปะ 1 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	61
4-41 ภาพศิลปะ 2 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator.....	61
4-42 ภาพศิลปะ 3 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Simple RC chaotic oscillator.....	62
4-43 ภาพศิลปะ 4 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Simple RC chaotic oscillator.....	62
4-44 ภาพศิลปะ 5 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Double scroll chaotic oscillator.....	63
4-45 ภาพศิลปะ 6 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Double scroll chaotic oscillator.....	63
4-46 ภาพศิลปะ 7 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator.....	64
4-47 ภาพศิลปะ 8 เมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator.....	64
ก-1 ทีมงานข่าวคว้นสายตรงเทคโนโลยีของช่อง 9 อ.ส.ม.ท.มาถ่ายทำเครื่องต้นแบบ.....	76
ก-2 รศ.ดร. ปิติเชต สุริรักษา(ซ้าย) ที่ปรึกษาโครงการระบบบำบัดกลิ่นขยะและ คุณไกรสร กรุงวงศ์ (ขวา) ผู้เชี่ยวชาญทางการบำบัดขยะ.....	77
ก-3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในระบบบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ.....	77
ก-4 รายการ INSIDE TECHNOLOGY.....	78
ก-5 เครื่องต้นแบบบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ.....	79

สารบัญญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก-6 ระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ	79
ก-7 รศ.ดร. ปิติเขต สุรักษา อธิบายโครงสร้างของระบบบำบัดกลิ่นขยะ	80
ก-8 นายสุวิไล อารีจิตต์ แสดงวิธีการทำงานของเครื่องบำบัดกลิ่นขยะ	80
ข-1 ขนาดของโรงเรียนวัดตามขนาดจริง	87
ข-2 โรงเรียนที่ออกแบบ	87
ข-3 ขั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้น เก็บขยะ ก่อพื้น เทปูน	88
ข-4 ทาสี เปลี่ยนกระเบื้อง เททราย และตั้งเสาเพื่อเตรียมระบบพ่นแบคทีเรีย	88
ข-5 คิดตั้งบ่ม ถังผสมจุลินทรีย์ และระบบควบคุมการพ่นแบคทีเรีย	88
ข-6 สภาพก่อนเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ	89
ข-7 สภาพหลังเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ	89



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาของการนำทางของหุ่นยนต์เคลื่อนที่อิสระในสภาพแวดล้อมที่ไม่ทราบแผนที่ อาจหาคำตอบได้โดยการใช้สัญญาณอลวน [1] - [2] ซึ่งใน [1] และ [2] นักวิจัยใช้หน่วยประมวลผลกลางที่มีประสิทธิภาพสูงมาสร้างเส้นทางอลวน ซึ่งมีราคาแพงกว่าการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์กำเนิดสัญญาณอลวนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ [3] - [6] ซึ่งมีราคาถูกกว่าและง่ายต่อการสร้างสัญญาณเพื่อสร้างรูปแบบเส้นทางและความครอบคลุมพื้นที่

นอกจากนี้วงจรกำเนิดสัญญาณอลวนดังกล่าวยังสามารถช่วยในการแก้ปัญหาการควบคุมอาณาบริเวณของการฉีดพ่นสารเคมีให้อยู่ในพื้นที่ที่ต้องการ โดยปัญหาของสารเคมีเป็นปัญหาใหญ่ที่เกิดขึ้นทั่วโลก โดยเฉพาะในการเกษตรมีการใช้สารเคมีต่างๆในการเพาะปลูก หากระบบนิเวศน์ได้รับสารเคมีที่มีอันตราย จะก่อให้เกิดการปนเปื้อนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ จากปัญหาระบบควบคุมอาณาบริเวณของการฉีดพ่นที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าปัญหาที่กล่าวมาแล้วนั้นเป็นปัญหาที่ต้องเร่งหาทางแก้ไขเพราะประชากรของโลกได้เพิ่มมากขึ้นทุกวัน ทำให้ปริมาณการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้นเป็นเงาตามตัวเช่นกัน ถ้าไม่มีการป้องกันแก้ไขปัญหาระบบนิเวศน์ในสิ่งแวดล้อมจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพในอนาคต จึงควรที่จะหาวิธีการควบคุมอาณาบริเวณในการฉีดพ่นให้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อประโยชน์ต่อส่วนรวม ในการวิจัยนี้จะจำลองการควบคุมอาณาบริเวณของการฉีดพ่นสารบำบัดกลิ่น ในระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ โดยสร้างโรงเรียนสาธิตภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง [7]

นอกจากการนำสัญญาณอลวนมาแก้ปัญหาการสร้างเส้นทางเคลื่อนที่ และการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมีแล้ว ยังสามารถนำสัญญาณอลวนมาสร้างสรรค์งานศิลปะ ซึ่งจะอาศัยเส้นทางเคลื่อนที่แบบอลวนกำเนิดภาพนามธรรม (abstract) ซึ่งเป็นการเลียนแบบธรรมชาติการวาดโดยมนุษย์ ดังที่ Aristotle นักปราชญ์ในยุคกรีกโบราณ นิยามความหมายของไว้ว่า ศิลปะ คือการเลียนแบบธรรมชาติ (Art is the imitation of nature) [8] และ Lucius Annaeus Seneca นักปราชญ์ในยุคกรีกโบราณ นิยามความหมายว่า ศิลปะทั้งหลายล้วนแต่เป็นการเลียนแบบธรรมชาติ (All art is but imitation of nature) [9] และ Leo Tolstoy นักประพันธ์ที่มีชื่อเสียงชาวรัสเซีย นิยามความหมายของศิลปะว่า ศิลปะคือการถ่ายทอดความรู้สึกของมนุษย์ออกมา (Art is not a handicraft, it is the transmission of feeling the artist has experienced) [10] ในการวิจัยนี้มีสมมติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานว่าสัญญาณอลวนสามารถนำมาสร้างสรรค์งานศิลปะได้ ซึ่งประเด็นดังกล่าวทั้งหมดนับแต่ข้างต้นเป็นแรงจูงใจในการวิจัยครั้งนี้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษาและประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนในกิจกรรมต่างๆ โดยประยุกต์สัญญาณอลวนไปใช้ดังนี้

- 1.2.1 ประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงโคจรเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์
 - เพื่อสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่
- 1.2.2 ประยุกต์ใช้ในการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี
 - เพื่อจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี
- 1.2.3 ประยุกต์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ
 - เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สัญญาณอลวนมีหลากหลายรูปแบบ โดยรูปแบบความอลวนทั้งหมดนั้นมีกระสวน (Pattern) ความอลวนที่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial condition) จากรูปแบบความอลวนที่แตกต่างกันจะส่งผลให้รูปแบบเส้นทางการเคลื่อนที่บนระนาบ 2 มิติ หรือการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่น หรืองานศิลปะที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

อาศัยทฤษฎีอลวน (Chaotic Theory) [11] และประยุกต์ทฤษฎีที่ได้นำเสนอจากงานวิจัยก่อนหน้า [12] - [18] นำมาปรับปรุง เพื่อนำสัญญาณอลวนมาใช้สร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ จำกัดพื้นที่ฉีดพ่นของสารเคมี และสร้างสรรค์งานศิลปะ

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนในรูปแบบต่างๆ จะจำกัดรูปแบบการกำเนิดสัญญาณในระนาบ 2 มิติเท่านั้น

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

มีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

- 1.6.1 ค้นคว้าเอกสารและข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง
- 1.6.2 ศึกษาข้อมูลต่างๆ
- 1.6.3 นำข้อมูลที่ได้ศึกษามาออกแบบงานวิจัย
- 1.6.4 สร้างวงจรกำเนิดสัญญาณอลวนแบบต่างๆ
- 1.6.5 ออกแบบหุ่นต้นแบบสำหรับ โครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมทวมแรงดูด
- 1.6.6 ออกแบบโรงเรือนสำหรับ โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ
- 1.6.7 ออกแบบงานศิลป์สำหรับ โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณอลวน
- 1.6.8 ทำการทดลอง บันทึกและวัดผล
- 1.6.9 สรุปและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์

1.7 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์นี้มีหัวข้อการนำเสนอโดยสรุปดังนี้ บทที่ 2 อธิบายทฤษฎีอลวน และวงจรอลวนรูปแบบต่างๆ บทที่ 3 กล่าวถึงการนำสัญญาณอลวน ไปประยุกต์ บทที่ 4 แสดงผลการทดลอง บทที่ 5 เป็นการสรุปเนื้อหาของวิทยานิพนธ์และข้อเสนอแนะในอนาคต

บทที่ 2

ความอลวน (Chaos)

2.1 ทฤษฎีอลวน (Chaos Theory)

ความอลวน ตามความหมายในพจนานุกรมหมายถึง ความสับสนวุ่นวาย ไร้ระเบียบแต่ความอลวน ที่เราได้ศึกษานั้นคือ การศึกษาเกี่ยวกับความอลวนในทางคณิตศาสตร์ โดยในความหมายทางวิทยาศาสตร์ คือ สภาพหรือกระบวนการที่ไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) หากมีการกระทบเพียงเล็กน้อย อาจจะทำให้เกิดสัญญาณที่ไม่เป็นเส้นตรง แต่เป็นเส้นทางคดเคี้ยววกวัดแกว่ง วุ่นวายอลวน หรือในบางครั้งอาจจะเกิดการกระโดดข้าม รูปแบบคุณลักษณะของพฤติกรรมแบบอลวน แสดงให้เห็นว่าเป็นพฤติกรรมแบบไม่เป็นรายคาบในระยะยาว ดังนั้นผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจึงไม่สามารถคาดเดาหรือทำนายให้ถูกต้องได้ในระยะยาว

ความอลวน ได้มีการค้นพบมานานแล้วตั้งแต่สมัยของ Poincare (1854-1912) [19] ซึ่งตอนนั้น Poincare ได้พิสูจน์ว่าระบบสุริยะจักรวาลนั้นเป็นแบบอลวน แต่สมัยนั้นยังไม่บัญญัติศัพท์อลวนปรากฏการณ์นี้ถูกเรียกว่าเป็น Pathological case

2.2 ลักษณะระบบที่เป็นแบบอลวน

ระบบที่เป็นแบบอลวนจะประกอบด้วยคุณลักษณะดังนี้

2.2.1 มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinearity)

มีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับคุณสมบัติแบบเชิงเส้น โดยฟังก์ชัน f จะมีคุณสมบัติเชิงเส้นก็ต่อเมื่อ $f(\alpha x + \beta y) = \alpha f(x) + \beta f(y)$ เมื่อ α และ β เป็นค่าคงที่ นั่นหมายความว่าระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น ผลลัพธ์ของระบบทั้งหมดจะไม่เท่ากับผลรวมของผลลัพธ์ที่เกิดจากระบบย่อยรวมกัน กล่าวคือความอลวนจะไม่เกิดในระบบที่เป็นเชิงเส้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นจะเกิดความอลวนในทุกๆระบบ จะมีช่วงพารามิเตอร์ที่จะทำให้ระบบมีพฤติกรรมแบบอลวน และในระบบไม่เป็นเชิงเส้นบางระบบจะเกิดคุณสมบัติอลวนตลอดเวลา

2.2.2 ไม่ใช่เกิดแบบสุ่ม (Deterministic not Probabilistic)

ในระบบอลวน เหตุการณ์พฤติกรรมทั้งหลายที่เกิดขึ้นภายใต้กฎเกณฑ์ที่แน่นอน ก็สามารถอธิบายได้โดยสมการคณิตศาสตร์ ดังนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบสุ่ม (randomness) เช่น การโยนลูกเต๋าจึงไม่เป็นความอลวน เพื่อป้องกันไม่ให้ความเข้าใจผิดว่าความอลวนคือความสุ่มจึงมีคนเรียก chaos ว่า deterministic chaos

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ไวต่อสภาวะเริ่มต้น (Sensitivity to initial conditions)

ในภาวะเริ่มต้นของระบบอลวนที่มีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย ก่อให้เกิดผลลัพธ์ในภายหลังที่มีความแตกต่างกันมาก ดังคำกล่าวที่ว่าผลกระทบผีเสื้อ (Butterfly effect) สาเหตุที่ระบบอลวนไวต่อสภาวะเริ่มต้นเนื่องจากในระบบอลวนจะขยายความแตกต่างให้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ที่พบบ่อยจะเป็นการขยายความแตกต่างให้เร็วขึ้นในระดับเลขยกกำลัง (exponential) ของเวลา

2.2.4 ไม่สามารถทำนายล่วงหน้าในระยะยาวได้ (Long-term prediction is impossible)

เป็นผลสืบเนื่องจากความไวต่อสภาวะเริ่มต้น ทำให้ในระยะยาวผลการเปลี่ยนแปลงจะไม่สามารถทำนายได้ แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นไปได้ในการทำนายผลในระยะสั้น (Short-term prediction)

นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่น่าสนใจของความอลวน คือ การแสดงลักษณะคล้ายตัวเอง (Self similarity) หรือเรียกว่า แฟรคทัล (Fractal) โดยลักษณะนี้จะปรากฏเมื่อทำการแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของระบบในปริภูมิเฟส ลักษณะคล้ายตัวเองหมายความว่าไม่ว่าเราจะมองเส้นทางการเคลื่อนที่จากระดับใดก็ตาม มันจะมีลักษณะเดียวกัน แต่คุณสมบัตินี้ไม่ได้เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นต่อการเกิดสภาวะอลวนแต่อย่างใดเพียงแต่มักพบร่วมกันเท่านั้น

2.3 ประโยชน์ของการศึกษาทฤษฎีความอลวน

สาเหตุที่การศึกษาทฤษฎีความอลวนมีความสำคัญเนื่องด้วย ระบบในธรรมชาติโดยมากมีลักษณะอลวน แม้ว่าเรายังไม่มียุติการที่แน่นอนในการตัดสินใจ ระบบใดระบบหนึ่งเป็นระบบอลวนหรือไม่ก็ตาม ทั้งนี้ก็เพราะเหตุผลหลายประการเช่น มีหลักฐานว่าระบบในธรรมชาติที่เป็นระบบเชิงเส้นจริงๆ น้อยมาก จนถือได้เลยว่าเป็นข้อยกเว้น แม้แต่กฎของ Hook ที่อธิบายถึงการยืดของสปริงด้วยสมการเชิงเส้น ก็เป็นเพียงการประมาณอย่างหยาบๆ นอกจากนั้นเรายังพบด้วยว่าระบบไม่น้อยแสดงคุณสมบัติไวต่อสภาวะตั้งต้น เป็นต้น เมื่อเป็นเช่นนั้นการศึกษาทฤษฎีความอลวน จึงเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ส่วนคำถามที่ว่า ศึกษาทฤษฎีไปแล้วจะได้ประโยชน์อะไรบ้างนั้น สามารถตอบได้ว่า ทฤษฎีความอลวนมีประโยชน์อย่างน้อยใน 3 ทางด้วยกัน คือ ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและทำนายอนาคต ใช้ในการสร้างระบบอลวน และใช้ในการควบคุมหรือสร้างความเสถียรให้กับระบบ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.3.1 ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและทำนายอนาคต

ดังที่กล่าวข้างต้นว่า แม้ว่าจะไม่สามารถทำนายอนาคตของระบบอลวนในระยะยาวได้แต่ยังมีโอกาสทำนายอนาคตของมันในระยะสั้นได้ หากเราสามารถหาโมเดลที่อธิบายพฤติกรรมของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนั้น และทราบสถานะตั้งต้นอย่างแม่นยำพอสมควร ในปัจจุบัน การวิจัยเพื่อทำนายอนุกรมตามลำดับเวลา (time-series data) ด้วยแนวคิดของทฤษฎีความอลวน และมีการจัดการแข่งขันทุกปี ที่สถาบันวิจัย Santafe ในสหรัฐอเมริกา ตัวอย่างของการประยุกต์ในแนวนั้น ได้แก่ การทำนายความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (peak load) ในแต่ละวันของบริษัทไฟฟ้า ซึ่งประยุกต์ใช้จริงที่บริษัทไฟฟ้านิวไชนเจอร์ส หรือปริมาณความต้องการใช้น้ำในแต่ละวัน ซึ่งประยุกต์ใช้จริงที่บริษัท Maidensha ในญี่ปุ่น ตลอดจนการพยากรณ์อากาศซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้หนึ่งที่ทำให้เกิดศาสตร์แห่งความอลวนเองด้วย เป็นต้น

2.3.2 ใช้ในการสร้างระบบอลวน

สมัยหนึ่งเราเคยเชื่อว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์คืออุณหภูมิคงที่ อย่างไรก็ตามผลการทดลองบางชิ้นทำให้ทราบว่าอุณหภูมิที่มนุษย์รู้สึกสบายตัวกว่า คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปมาอย่างอลวนรอบจุดๆหนึ่ง แบบที่เรียกกันว่าสั้นแกว่งแบบคาบ แนวคิดนี้ได้นำมาสู่การสร้างเครื่องทำความร้อนของบริษัท Sanyo ในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านชิ้นแรกที่ใช้ทฤษฎีความอลวน นอกจากนี้บริษัท Matsushita ยังใช้ทฤษฎีความอลวนควบคุมหัวฉีดของเครื่องล้างจาน ซึ่งพบว่าสามารถล้างจานได้สะอาดโดยประหยัดน้ำได้มากกว่าเครื่องล้างจานแบบอื่นๆ เพราะเส้นทางการเคลื่อนที่ของหัวฉีดที่เหมือนไร้ระเบียบทำให้ครอบคลุมพื้นที่ได้ดีกว่าการเคลื่อนที่ตามแบบแผนปกติ

2.3.3 ใช้ในการควบคุมหรือสร้างความเสถียรให้กับระบบ

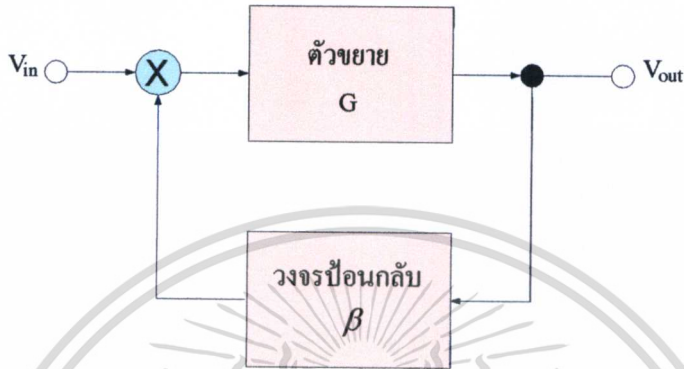
เนื่องด้วยระบบอลวนนั้นไวต่อสถานะตั้งต้นมาก การรบกวนเพียงจิ่งอาจก่อให้เกิดผลขยายได้มาก ในงานด้านวิศวกรรมควบคุม (Control engineering) การเติมสัญญาณรบกวนเพียงเล็กน้อยที่เหมาะสมสู่ระบบอลวน จึงสามารถใช้ควบคุมให้ระบบนั้นอยู่ในสถานะเสถียรหรือขับเคลื่อนให้ระบบนั้นไปสู่สถานะที่ต้องการ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ตามแนวความคิดนี้ได้แก่ การที่องค์การนาซา (NASA) สามารถควบคุมยานอวกาศ ISEE-3 ให้ลอยไปสู่อวกาศที่ต้องการสำรวจได้โดยใช้เชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อย หรือการใช้สัญญาณไฟฟ้าช่วยรักษาโรคหัวใจในกระต่ายซึ่งช่วยทำให้หัวใจของมันเต้นตามจังหวะปกติได้ เป็นต้น

นอกจากการประยุกต์ใช้หลักๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ทฤษฎีความอลวนยังสามารถประยุกต์ใช้ได้อีกในหลายสาขา เช่น ในด้านการสื่อสาร เราสามารถใช้สัญญาณแบบอลวนในการเข้ารหัสข้อมูล (Encryption) เพื่อป้องกันคนแอบดูข้อมูลหรือใช้หลักการของทฤษฎีนี้ช่วยให้การหาค่าที่ดีที่สุด (optimization) ของฟังก์ชันหนึ่ง ได้ค่าที่ดีที่สุดที่แท้จริง (global optimum) ได้ง่ายขึ้น เพราะความอลวนสามารถช่วยให้หลบการได้ค่าดีที่สุดเฉพาะบริเวณ (local optimum) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการออสซิลเลเตอร์

ออสซิลเลเตอร์คือวงจรกำเนิดสัญญาณ โดยที่ไม่มีการป้อนสัญญาณอินพุตจากภายนอก ด้วยวิธีการป้อนกลับแบบบวกก็สามารถทำให้เกิดการออสซิลเลตได้ โดยแสดงให้เห็นบล็อกไคอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีการป้อนกลับแบบบวกดังรูปที่ 2-1



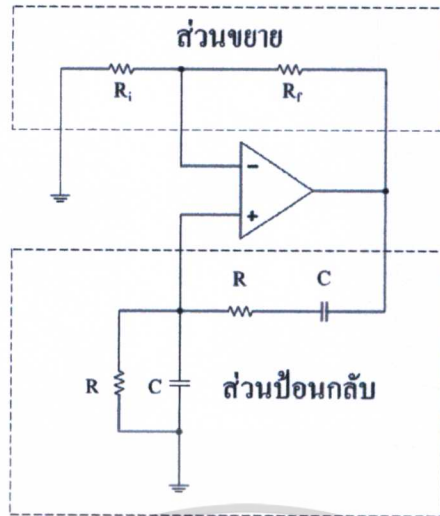
รูปที่ 2-1 ต้นแบบออสซิลเลเตอร์ที่มีการป้อนกลับแบบบวก

จะได้รับความสัมพันธ์ของแรงดันดังนี้

$$\begin{aligned} \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{G}{1 + \beta G} \\ (1 + \beta G)V_{out} &= GV_{in} \\ V_{out} + \beta GV_{out} &= GV_{in} \\ V_{out} &= \frac{GV_{in}}{1 + \beta G} \end{aligned}$$

สามารถแบ่งชนิดของออสซิลเลเตอร์ได้หลายชนิด โดยขึ้นอยู่กับอุปกรณ์การป้อนกลับและรูปแบบของวงจร เช่น ออสซิลเลเตอร์แบบ Phase-shift ออสซิลเลเตอร์แบบ Wien-bridge ออสซิลเลเตอร์แบบ Quadrature ออสซิลเลเตอร์แบบ Hartley เป็นต้น ซึ่งในเบื้องต้นการวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นทำการศึกษาออสซิลเลเตอร์แบบ Wien-bridge มาประยุกต์ใช้งานสร้างสัญญาณอลวน

ออสซิลเลเตอร์แบบ Wien-bridge เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ที่มีความซับซ้อนน้อย ง่ายต่อการศึกษาและสร้าง โดยวงจร Wien-bridge มีโครงสร้างวงจрдังรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 วงจร Wien-bridge ออสซิลเลเตอร์

ความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ของวงจร Wien-bridge ออสซิลเลเตอร์ คือ

$$R = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$R_f = 2R_i$$

จะเห็นว่ารูปแบบสมการเป็นการง่ายต่อการออกแบบและนำไปประยุกต์ใช้งาน โดยวงจรจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

2.4.1 ส่วนวงจรขยาย

เป็นส่วนกำหนดอัตราขยายวงจร ถ้าดูจากต้นแบบรูปที่ 2-1 คือ ส่วนของตัวขยาย (G)

มีอัตราขยายคือ

$$G = \frac{-R_f}{R_i}$$

2.4.2 ส่วนวงจรป้อนกลับ

เป็นส่วนของวงจรส่งสัญญาณย้อนกลับทำให้เกิดการแกว่งไปมาของสัญญาณ ส่วนนี้จึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการออสซิลเลต จะเห็นว่าในวงจรนี้ส่วนการป้อนกลับเป็นอุปกรณ์อนาลิเนียร์ทั้งหมดสัญญาณที่ออสซิลเลตได้จึงเป็นสัญญาณที่มีรูปคลื่นซ้ำๆกัน

การนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรออสซิลเลตอร์ คือ ในส่วนของการป้อนกลับใช้อุปกรณ์ไม่เป็นเชิงเส้นเป็นส่วนประกอบ เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ ออปแอมป์ เป็นต้น

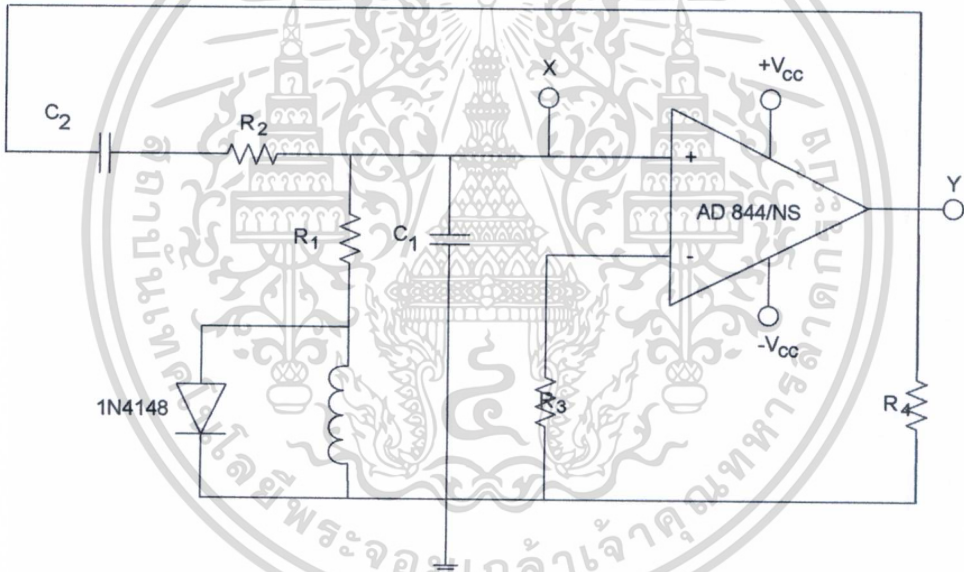
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณอลวน

วงจรอลวนเป็นวงจรที่สร้างสัญญาณไม่ซ้ำกันและไม่สามารถคาดเดาได้แต่จะอยู่ในขอบเขตของสมการคณิตศาสตร์ที่เป็นสมการอนุพันธ์ (Differential Equation) จากการศึกษาเชิงเอกสาร [19] - [34] งานวิจัยเลือกใช้วงจรที่กำเนิดสัญญาณอลวนที่มีลักษณะแตกต่างกันเพื่อความหลากหลาย ประกอบไปด้วย

2.5.1 วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

เป็นวงจรที่ประยุกต์จากวงจร Wien-bridge โดยส่วนของการป้อนกลับจะมีตัวเหนี่ยวนำและไดโอดที่เป็นอุปกรณ์ไม่เป็นเชิงเส้นต่อรวมเข้าไปทำให้เกิดสัญญาณอลวนนอกจากนี้ยังมีแนวคิดในการทำงานในย่านความถี่สูงจึงมีการใช้อุปกรณ์ที่ผลตอบสนองในย่านความถี่สูงมาใช้ดังรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

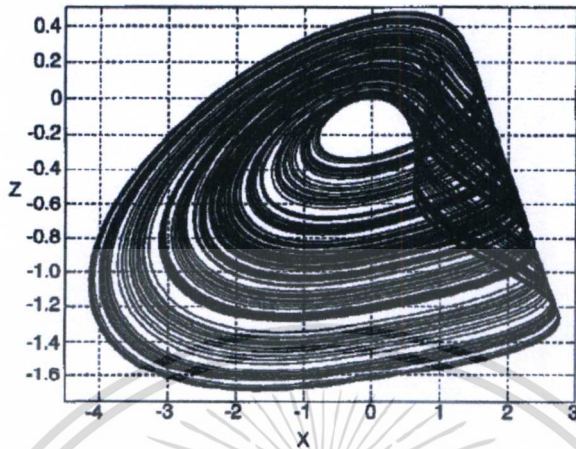
โดยวงจรจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบสมการ

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \\ \varepsilon \dot{W} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k-2 & -1 & 0 & 1 \\ k-1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \beta \\ 1 & 0 & -1 & -(1+a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ W \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ a \end{bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

เมื่อ $a = \alpha$ กรณี $W \geq 1$, $a = 0$ กรณี $W < 1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมี k , ε , α , β เป็นค่าคงที่ซึ่งเมื่อ $k = 2.15$, $\varepsilon = 0.004$, $\alpha = 15$, $\beta = 0.21$ จะเกิดสัญญาณอลวนขึ้นและเมื่อพล็อตด้วยสมการจะได้รูปดังรูปที่ 2-4



รูปที่ 2-4 ตัวอย่างกระสวนอลวน High frequency Wien-type Chaos

$$k = 2 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$\varepsilon = \frac{C_D}{C}$$

$$\alpha = \frac{R}{R_D}$$

$$\beta = \frac{R^2 C}{L}$$

โดย R_D , C_D คือค่าความต้านทานและค่าความจุที่ตัวไดโอดตามลำดับ

กำหนดค่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่ที่เกิดสภาวะอลวน และใช้อปแอมป์ AD844 เพื่อตอบสนองความถี่สูงได้ดังนี้

$$C_1 = C_2 = C = 330 \text{ pF}$$

$$R_1 = R_2 = R = 500 \Omega$$

$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega$$

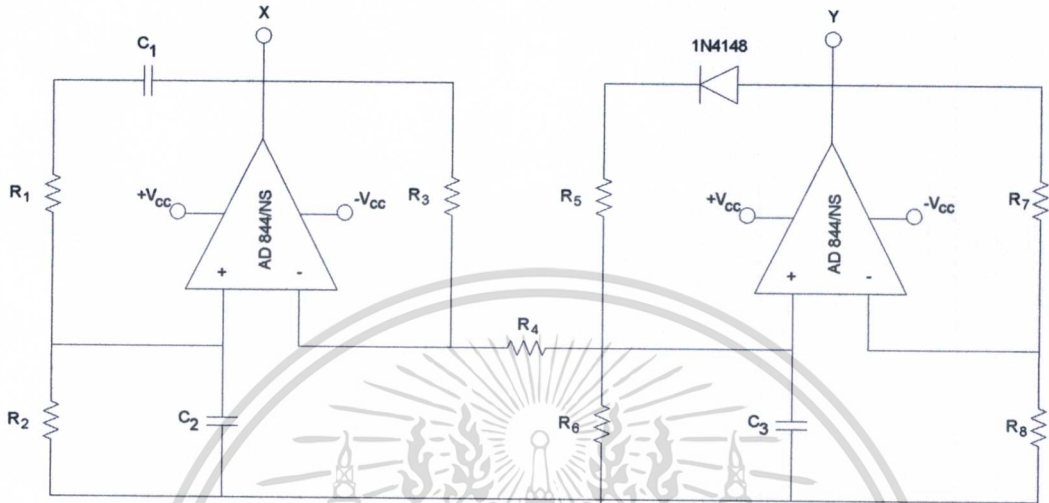
$$R_4 = 2070 \Omega$$

$$L = 1 \text{ mH}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วงจร Simple RC chaotic oscillator

เป็นวงจรที่มีแนวคิดในการใช้วงจรวินบริดจ์ที่มีส่วนของอุปกรณ์อนลิเนียร์ต่อรวมอยู่ สำหรับเป็นวงจรป้อนกลับเพื่อสร้างสัญญาณออสซิลเลชันรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-5 วงจร Simple RC chaotic oscillator

โดยวงจรจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบสมการ

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & k-1 & -k+1 \\ -1 & k-2 & -k+1 \\ 0 & k & -k-\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \beta(z-1)H(z-1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

เมื่อ $H(u)$ เป็นฟังก์ชัน Heaviside คือ $H(u < 0) = 0$, $H(u \geq 0) = 1$

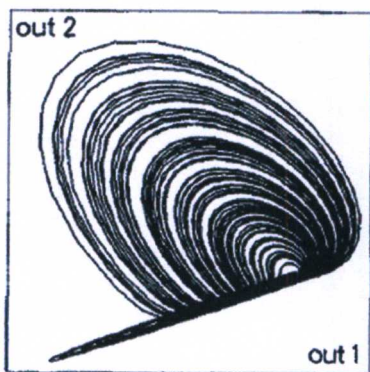
$$k = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

$$\alpha = \frac{R}{R_6}$$

$$\beta = \frac{R}{R_8}$$

โดยมี k , α , β เป็นค่าคงที่ซึ่งเมื่อ $k = 5$, $\alpha = 10$, $\beta = 14$ จะเกิดสัญญาณออสซิลเลชันขึ้นและเมื่อแสดงด้วยกราฟจะได้รูปดังรูปที่ 2-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 ตัวอย่างกระสวนอลวน Simple RC

กำหนดค่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่ที่เกิดสภาวะอลวนได้ดังนี้

$$C_1 = C_2 = C_3 = C = 1.3nF$$

$$R_1 = R_2 = R = 11k\Omega$$

$$R_3 = 9.1k\Omega$$

$$R_4 = 2k\Omega$$

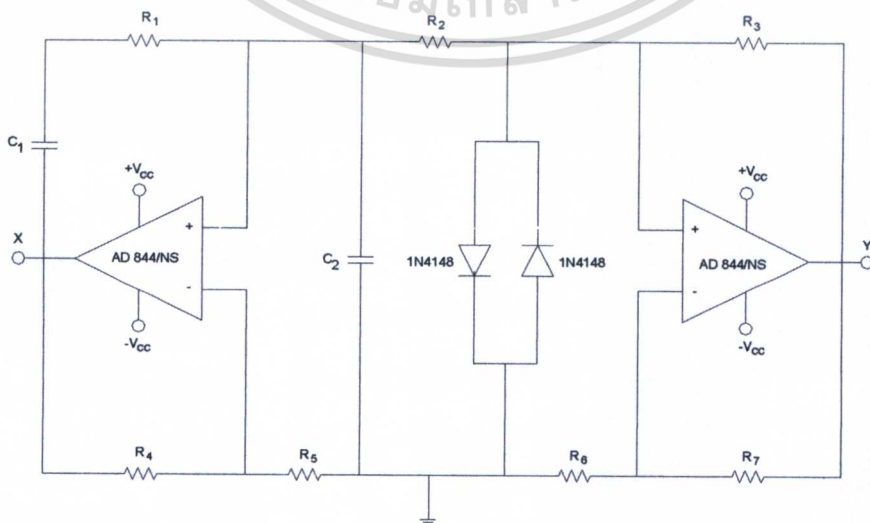
$$R_5 = R_7 = 2.7k\Omega$$

$$R_6 = 1.1k\Omega$$

$$R_8 = 780\Omega$$

2.5.3 วงจร Double scroll chaotic oscillator

เป็นการนำวงจร Wien-bridge โดยใช้วงจร Negative impedance converter (NIC) ที่มีลักษณะสัญญาณของเอาต์พุต เป็นรูปแบบใกล้เคียงกับ Square Wave มาเป็นส่วนวงจรป้อนกลับ เพื่อสร้างสัญญาณอลวนดังรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 วงจร Double scroll chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

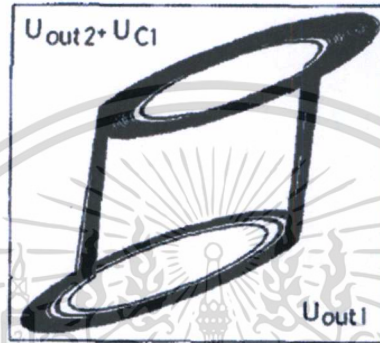
โดยวงจรจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบสมการ

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ a\dot{Y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & k-1 \\ -1 & k-1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -S(Y) \end{bmatrix} \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{เมื่อ } S_i(Y) = S_i[1 - 2H(S_i Y - b)]$$

และ $H(u)$ เป็นฟังก์ชัน Heaviside คือ $H(u < 0) = 0$, $H(u \geq 0) = 1$

โดยมี k_1 , k_2 , a , b เป็นค่าคงที่ซึ่งเมื่อ $k_1 = 4.06$, $k_2 = 13$, $a = 2$, $b = 3$ จะเกิดสัญญาณอลวนขึ้นและเมื่อแสดงด้วยกราฟจะได้ดังรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างกระสวนอลวน Double scroll

$$k_1 = \frac{R_3}{R_4} + 1$$

$$k_2 = \frac{R_7}{R_6} + 1$$

$$a = \frac{C_2}{C_1}$$

$$b = \frac{R}{R_6} - 1$$

กำหนดค่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่ที่เกิดสภาวะอลวนได้ดังนี้

$$C_1 = 10nF$$

$$C_2 = 15nF$$

$$R_1 = R_2 = R = 3.9k\Omega$$

$$R_3 = 3.6k\Omega$$

$$R_4 = 1.2k\Omega$$

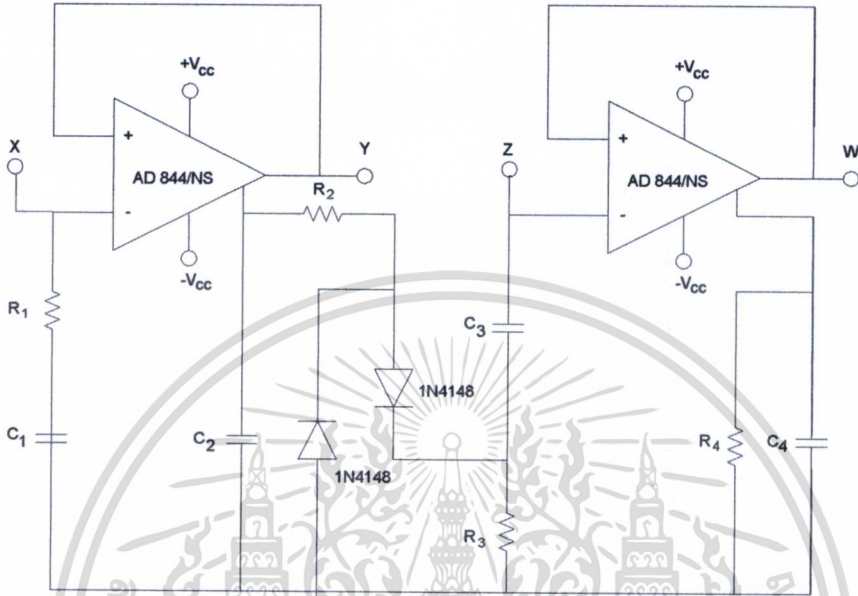
$$R_5 = R_7 = 12k\Omega$$

$$R_6 = 1k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4 วงจร Hyper chaotic oscillator

เป็นวงจรที่สร้างใช้ในย่านความถี่สูงเช่นเดียวกับวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator แต่ในวงจรนี้แหล่งกำเนิดทั้งสองจะใช้อปแอมป์ ในย่านความถี่สูงทั้งสองตัวเพื่อสร้างสัญญาณอลวนดังรูปที่ 2-9



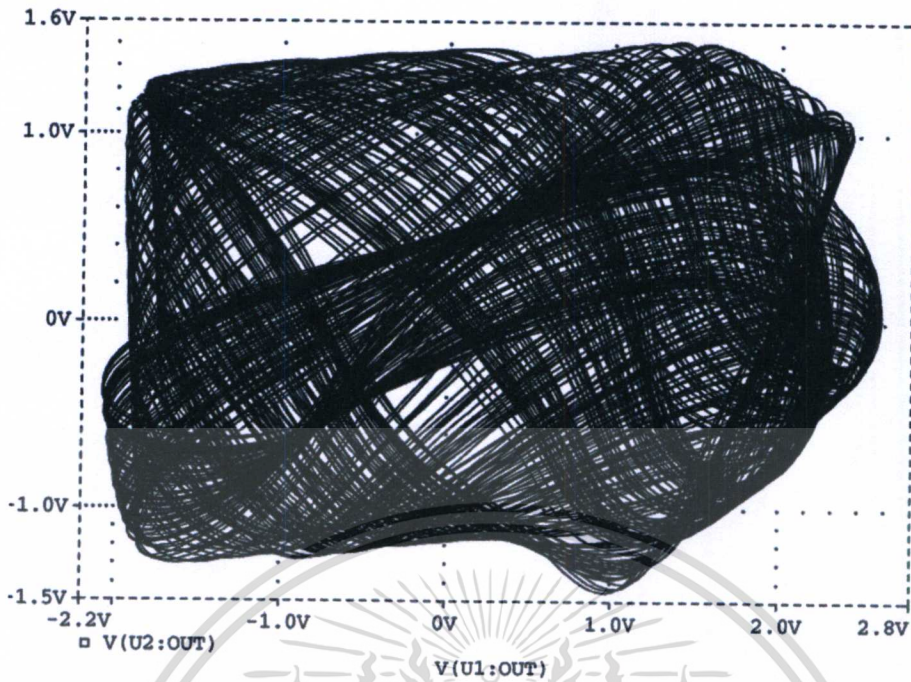
รูปที่ 2-9 วงจร Hyper chaotic oscillator

โดยวงจรจะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบสมการ

$$\begin{bmatrix} 2\dot{X} \\ \dot{Y} \\ 2\dot{Z} \\ \dot{W} \\ \varepsilon\dot{V} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -(1+a_1) & 1+a_1 & -a_1 \\ 0 & 0 & -(1+a_1) & 1+a_1+1/k & -a_1 \\ 0 & 1 & -a_1 & a_1 & -(1+a+a) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ W \\ V \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ a_1 \\ a_1 \\ a_1 - a_2 \end{bmatrix} \quad \text{----- (4)}$$

โดยมี k , ε , α เป็นค่าคงที่ซึ่งเมื่อ $k = 1.7$, $\varepsilon = 0.01$, $\alpha = 10$ จะเกิดสัญญาณอลวนขึ้นและเมื่อพล็อตด้วยสมการจะได้รูปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-10 ตัวอย่างกระสวนอลวน Hyper

$$k = \frac{R_4}{R}$$

$$\varepsilon = \frac{C_D}{C}$$

$$\alpha = \frac{R}{R_D}$$

กำหนดค่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับค่าคงที่ที่เกิดสถานะอลวน และใช้ ออปแอมป์ AD844 เพื่อตอบสนองความถี่สูงได้ดังนี้

$$C_2 = C_4 = C = 50 \text{ pF}$$

$$C_1 = C_3 = 100 \text{ pF}$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 500 \Omega$$

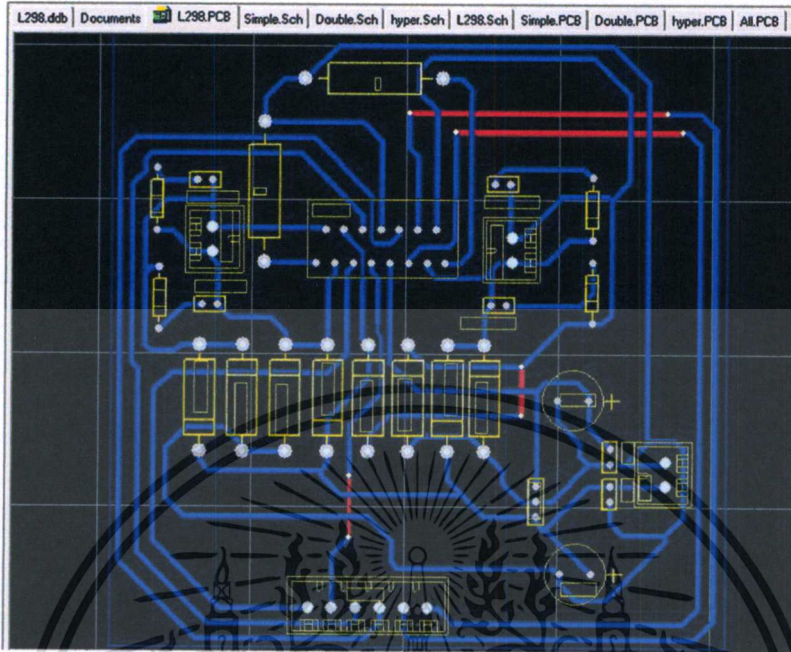
$$R_4 = 1050 \Omega$$

2.6 การออกแบบ PCB วงจรอิเล็กทรอนิกส์

ออกแบบ PCB วงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้โปรแกรม Protel 99se และต่ออุปกรณ์ลง PCB

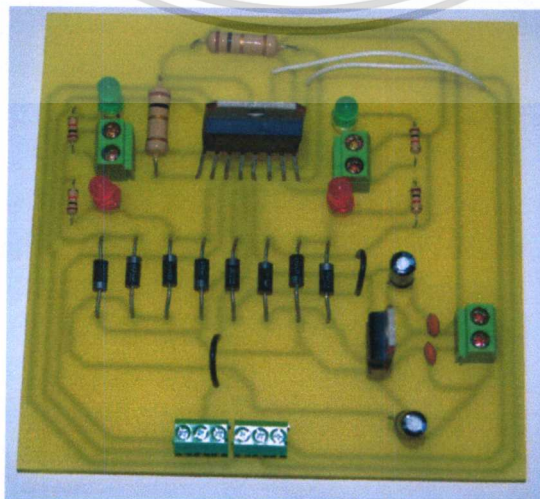
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง



รูปที่ 2-11 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

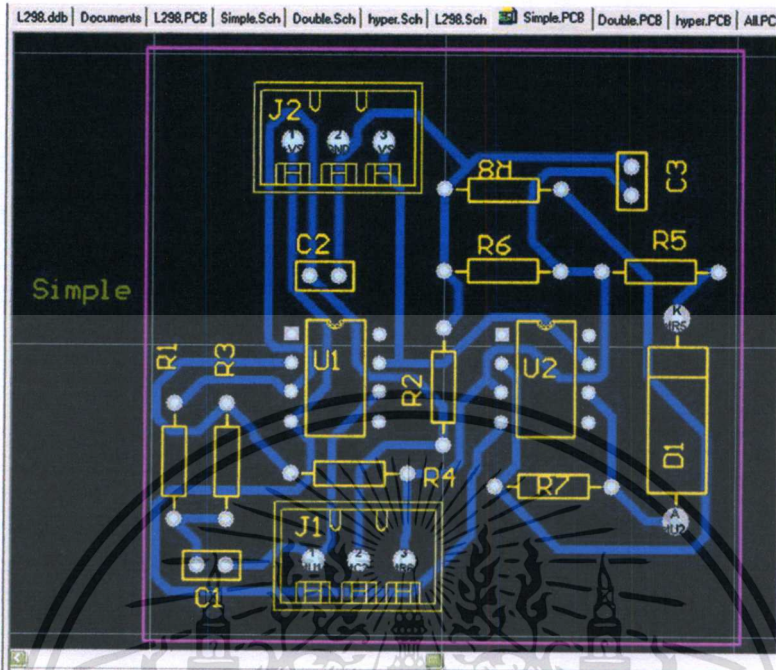
ออกแบบ PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทางดังรูปที่ 2-11 ให้มี ไดโอด 8 ตัวต่อสลับทิศเพื่อป้องกันแรงดันย้อนกลับจากมอเตอร์ ขั้วสัญญาณใช้แบบล็อกไขควง เพื่อความมั่นคงและสะดวก มี LED สีแดงและเขียวในวงจรด้วยเพื่อการแสดงทิศทางของมอเตอร์ เวลาทดสอบอุปกรณ์ เส้นสีน้ำเงินแสดงเส้นเชื่อมต่อวงจรด้านหลัง เส้นสีแดงใน PCB แสดงการเชื่อมต่อภายหลัง เนื่องจากความต้องการให้ PCB มีขนาดเล็ก (หลบสายสีแดง) ระบบควบคุมด้วย ไอซี L298 ประกอบอุปกรณ์ลง PCB ขนาด 12 cm x 12 cm ได้ดังรูปที่ 2-12



รูปที่ 2-12 PCB วงจรระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

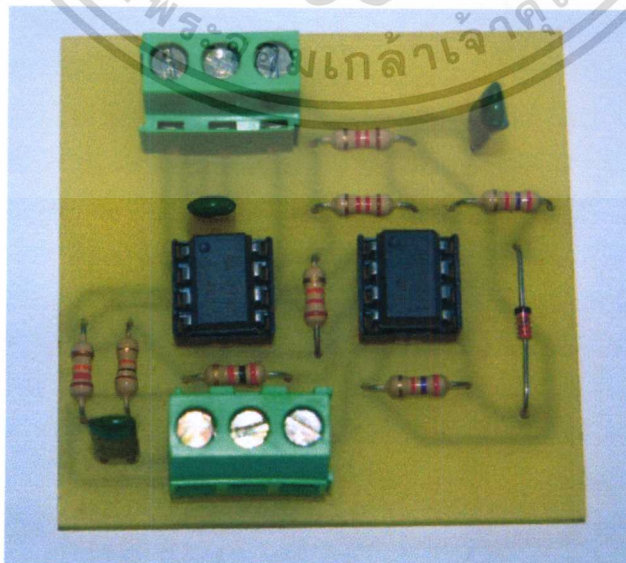
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา ซึ่งผู้จัดทำไว้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator



รูปที่ 2-13 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator

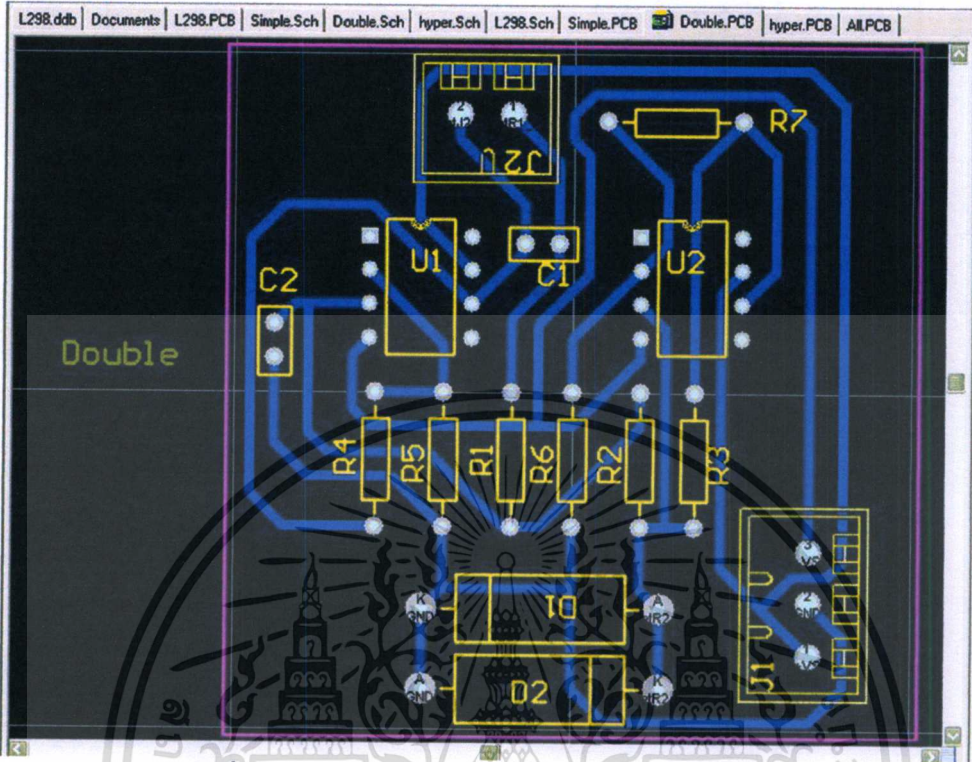
ออกแบบ PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator ดังรูปที่ 2-13 เลือกใช้ออปแอมป์ AD844/NS 2 ตัว และไดโอด เบอร์ 4148 ในวงจร ขั้วไฟบวก-ลบ ขั้วสัญญาณ X Y และ Z ใช้แบบ ล็อก ไชควงเพื่อความมั่นคงและสะดวก เส้นสีน้ำเงินแสดงเส้นเชื่อมต่อวงจรด้านหลัง ประกอบ อุปกรณ์ลง PCB ขนาด 6 cm x 6 cm ได้ดังรูปที่ 2-14



รูปที่ 2-14 PCB วงจร Simple RC chaotic oscillator

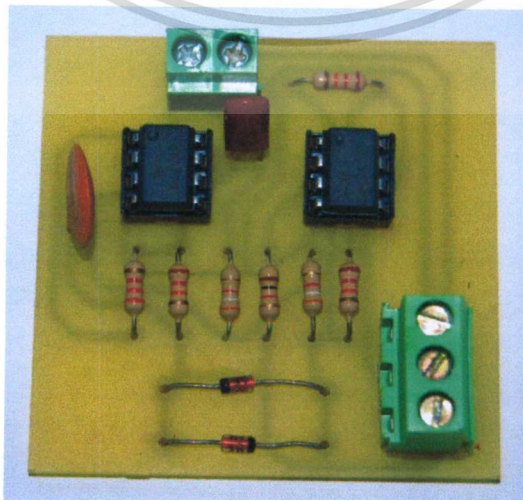
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หรือทำซ้ำอย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.3 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator



รูปที่ 2-15 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator

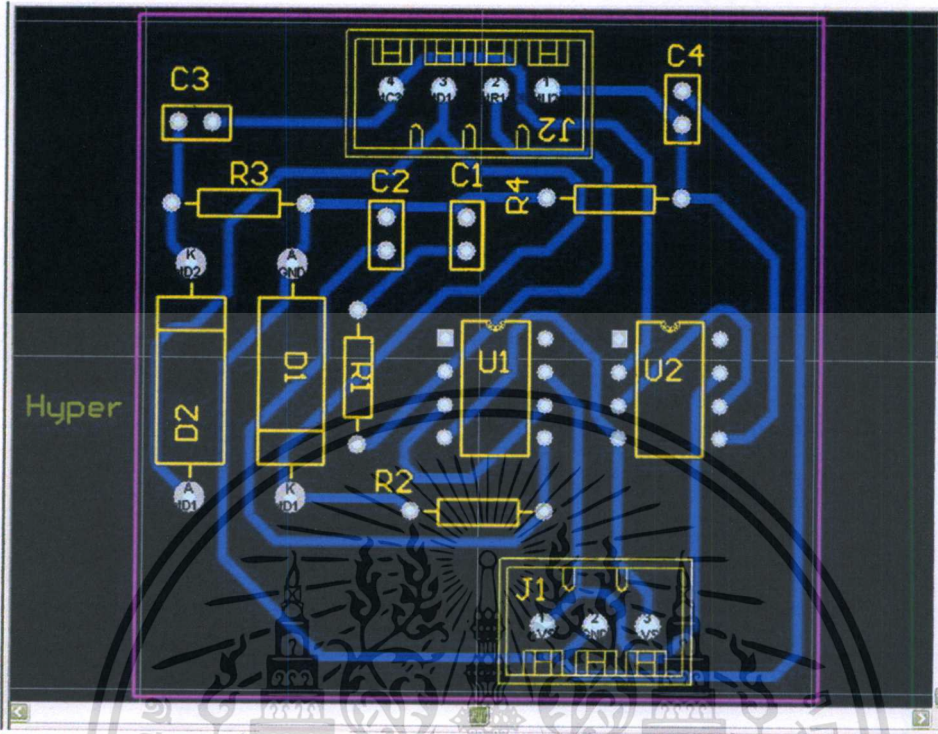
ออกแบบ PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator ดังรูปที่ 2-15 เลือกใช้ออปแอมป์ AD844/NS 2 ตัว และ ไดโอด เบอร์ 4148 2 ตัว ในวงจรขั้วไฟบวก-ลบ ขั้วสัญญาณ XY และ Z ใช้แบบลีดไขควงเพื่อความมั่นคงและสะดวก เส้นสีน้ำเงินแสดงเส้นเชื่อมต่อวงจรด้านหลัง ประกอบอุปกรณ์ลง PCB ขนาด 6 cm x 6 cm ได้ดังรูปที่ 2-16



รูปที่ 2-16 PCB วงจร Double scroll chaotic oscillator

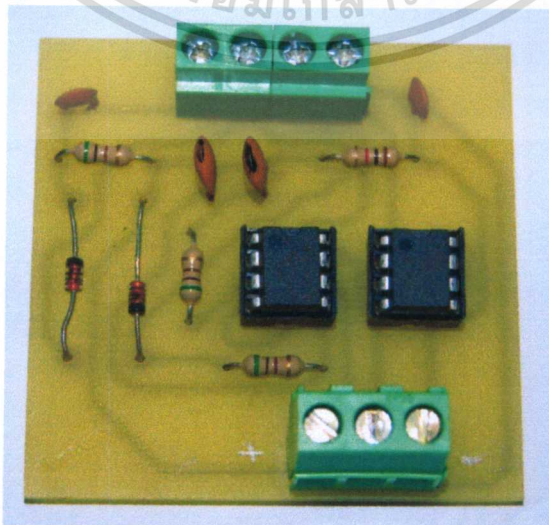
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 PCB วงจร Hyper chaotic oscillator



รูปที่ 2-17 ออกแบบ PCB วงจร Hyper chaotic oscillator

ออกแบบ PCB วงจร Hyper chaotic oscillator ดังรูปที่ 2-17 เลือกใช้ออปแอมป์ AD844/NS 2 ตัว และไดโอด เบอร์ 4148 2 ตัว ในวงจรขั้วไฟบวก-ลบ ขั้วสัญญาณ X Y Z และ W ใช้แบบล๊อคไขควงเพื่อความมั่นคงและสะดวก เส้นสีน้ำเงินแสดงเส้นเชื่อมต่อวงจรด้านหลัง ประกอบอุปกรณ์ลง PCB ขนาด 6 cm x 6 cm ได้ดังรูปที่ 2-18



รูปที่ 2-18 PCB วงจร Hyper chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีออลวน คุณสมบัติออลวน และหลักการออสซิลเลเตอร์ รวมถึงการออกแบบวงจรรอลวนรูปแบบต่างๆที่อธิบายในบทนี้ จะนำไปประยุกต์ใช้สัญญาณออลวนต่อในบทที่ 3 ตามแนวคิดต่างๆของการวิจัยในโครงการหุ่นยนต์ออลวนแบบรวมหลุมแรงคู่ค โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อจัดการขยะ และ โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณออลวน เพื่อนำความรู้เชิงวิศวกรรมไปใช้งานอย่างแท้จริง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การประยุกต์ใช้สัญญาณอลวน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นศึกษาและประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนในกิจกรรมต่างๆ โดยประยุกต์สัญญาณอลวนไปใช้ในโครงการต่อไปนี้

- 3.1 โครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด
- 3.2 โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ
- 3.3 โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

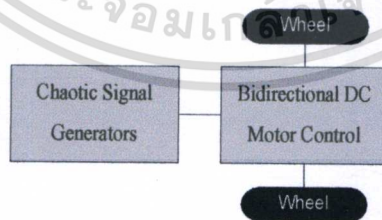
มีรายละเอียดโครงการดังนี้

3.1 โครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด

จากการวิจัยเพื่อสร้างวิถีโคจรให้แก่หุ่นยนต์เพื่อนำไปใช้ภาคสนาม และคุณสมบัติของสัญญาณอลวน จึงเกิดแนวคิดที่จะประยุกต์สัญญาณอลวน แทนการใช้หน่วยประมวลผลกลางมาใช้ในการควบคุมวงโคจรเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่ มีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

3.1.1 ออกแบบ

หุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด ประกอบด้วย วงจรกำเนิดเส้นทางนำทาง วงจรควบคุมมอเตอร์ และ มอเตอร์กระแสตรง โดยออกแบบและวิเคราะห์ให้หุ่นยนต์มีหนึ่งล้ออิสระและสองล้อที่ควบคุมโดย มอเตอร์กระแสตรง ในการนำทางเส้นทาง เราป้อนสัญญาณอลวนสู่ วงจรควบคุมมอเตอร์ เพื่อควบคุมการเปลี่ยนความเร็วของล้อหุ่นยนต์

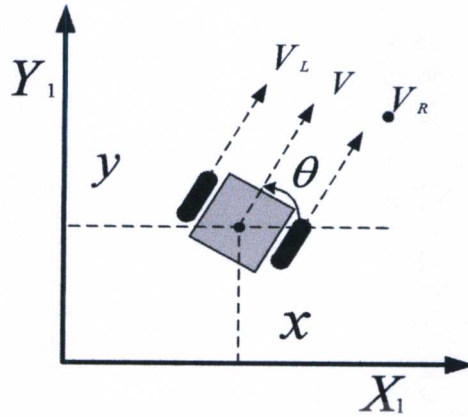


รูปที่ 3-1 โค้ดแกรมของหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด

การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ในระนาบพิกัดมุมฉากในรูป 3-2 สามารถอธิบายดังสมการ 3.1 - 3.2

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ \theta & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} \quad \text{--- (3.1)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



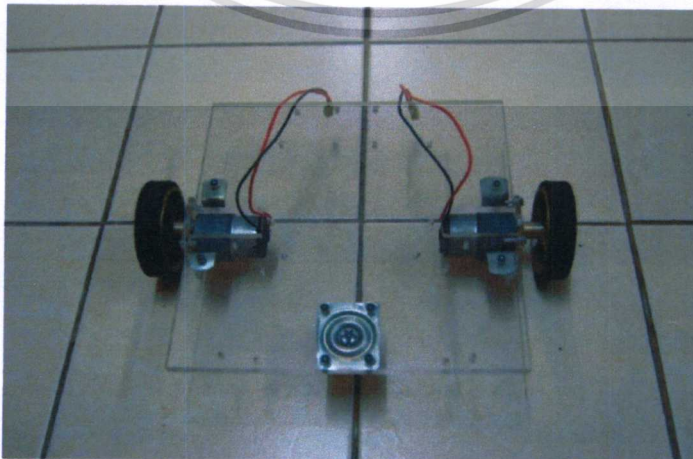
รูปที่ 3-2 เวกเตอร์การเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์สองล้อ

โดย

- ω คือ ความเร็วเชิงมุมของหุ่นยนต์
- V คือ ความเร็วเชิงเส้นของหุ่นยนต์
- V_L คือ ความเร็วของล้อซ้าย
- V_R คือ ความเร็วของล้อขวา
- L คือ ระยะห่างระหว่างล้อทั้งสอง

3.1.2 สร้างหุ่นต้นแบบ

ทำการสร้างหุ่นต้นแบบ โดยให้หุ่นต้นแบบมีหนึ่งล้ออิสระ และสองล้อควบคุมด้วยมอเตอร์สองทิศทาง

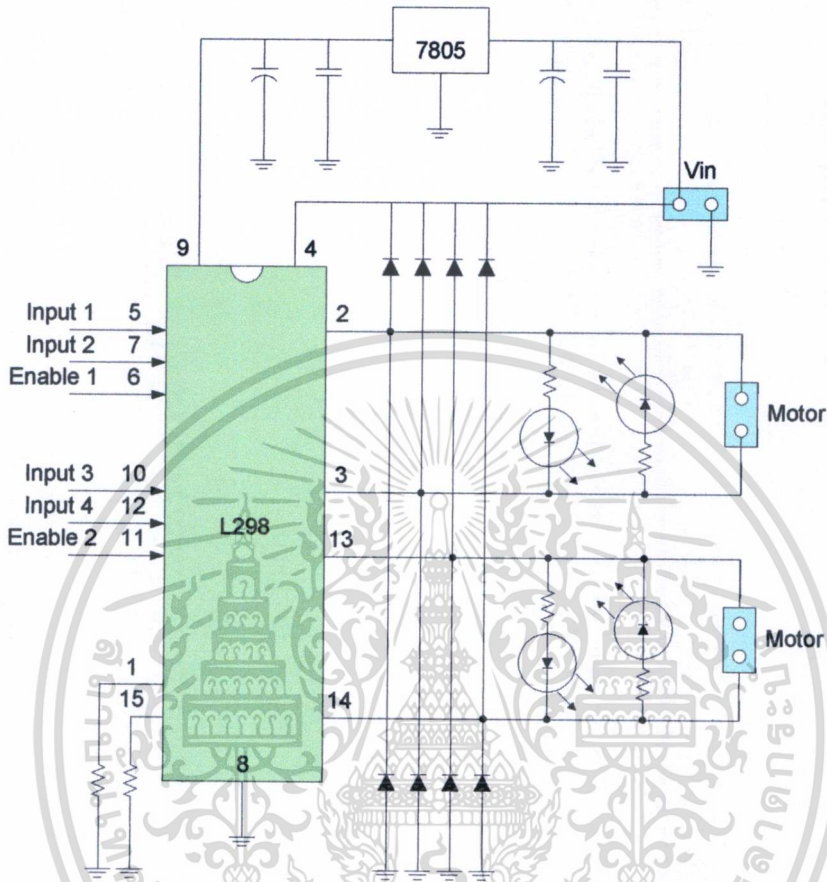


รูปที่ 3-3 รถต้นแบบหนึ่งล้ออิสระ และสองล้อที่ควบคุมด้วยมอเตอร์สองทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

ใช้ ไอซี L298 เพื่อรับคำสั่งสัญญาณอลวนแล้วนำมาขับมอเตอร์สองทิศทาง



รูปที่ 3-4 โครงสร้างของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

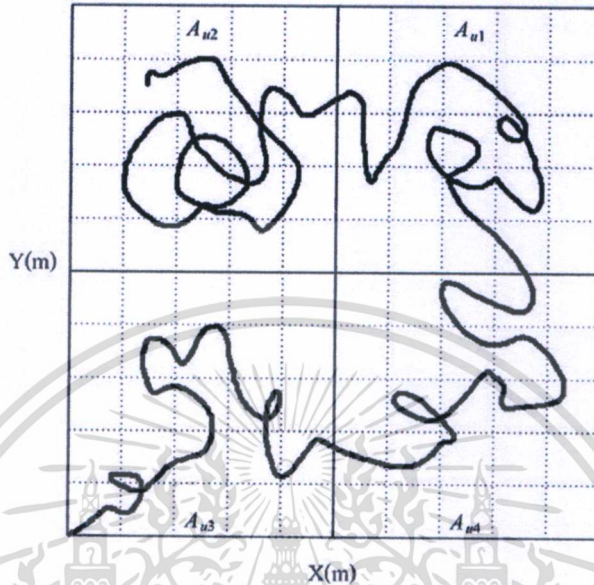
หลักการการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

วงล้อซ้ายของหุ่นยนต์ ควบคุมโดยสัญญาณอินพุต 1 กับ อินพุต 2 และวงล้อขวาควบคุมโดย สัญญาณ อินพุต 3 กับ อินพุต 4

ในวงล้อข้างซ้าย หากค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากอินพุต 1 มากกว่า อินพุต 2 วงล้อหมุนไปข้างหน้า ในทางกลับกัน หากค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากอินพุต 1 น้อยกว่า อินพุต 2 วงล้อหมุนกลับหลัง และถ้าหากค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากอินพุต 1 และ อินพุต 2 เท่ากัน วงล้อจะหยุดหมุน กระบวนการเดียวกัน นำไปใช้กับวงล้อข้างขวา เพียงแต่เปลี่ยนจาก อินพุต 1 และ อินพุต 2 เป็นอินพุต3 และ อินพุต4

3.1.4 ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทางโคจร

วิธีการหาอัตราการครอบคลุมพื้นที่และรูปแบบกระสวนการกระจายในพื้นที่ โดยพิจารณากระสวนวิถีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดังกล่าวแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 การแบ่งส่วนเพื่อหาอัตราการครอบคลุมพื้นที่และการกระจายไปในพื้นที่

กำหนดให้

A_{u1} คือพื้นที่ที่ถูกใช้งานในส่วนที่ 1

A_{u2} คือพื้นที่ที่ถูกใช้งานในส่วนที่ 2

A_{u3} คือพื้นที่ที่ถูกใช้งานในส่วนที่ 3

A_{u4} คือพื้นที่ที่ถูกใช้งานในส่วนที่ 4

ดังนั้น

$$\text{พื้นที่ที่ถูกใช้งาน} = A_{u1} + A_{u2} + A_{u3} + A_{u4}$$

โดย

$$\text{อัตราการครอบคลุมพื้นที่} = \frac{\text{พื้นที่ที่ถูกใช้งาน}}{\text{พื้นที่งานทั้งหมด}} \%$$

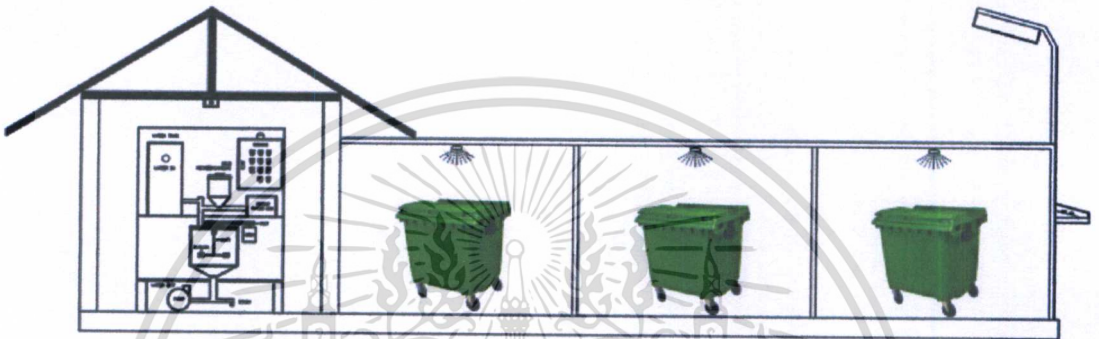
และกำหนดให้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การกระจายไปในพื้นที่} = \text{อัตราการครอบคลุมพื้นที่} * 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

จากปริมาณเรื่องร้องเรียนปัญหาขยะจากกรมควบคุมมลพิษ [35] ที่มีปริมาณมากจึงมีแนวคิดในการนำองค์ความรู้มาใช้ประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยการผสมจุลินทรีย์กับน้ำที่เป็นส่วนสำคัญในการบำบัดกลิ่นขยะติดเชื้อ [36] - [39] และอาศัยเทคนิคการฉีดพ่นที่ควบคุมโดยสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆทำให้การฉีดพ่นครอบคลุมทั่วบริเวณ และสามารถจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี เพื่อประยุกต์ใช้ในบริเวณที่มีพื้นที่รูปทรงแตกต่างกัน โดยภาพรวมของระบบการจัดการขยะแสดงดังรูปที่ 3-6 ถึง 3-8



รูปที่ 3-6 ภาพรวมระบบการจัดการขยะ

ในการทดลองเบื้องต้น ได้จัดหาสถานที่ทำการทดสอบเลือกบริเวณที่ส่งกลิ่นน่าเหม็นมากที่สุดซึ่งอยู่บริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ในบริเวณ โรงเรือนข้างตึกกิจกรรมนักศึกษา ดังรูปที่ 3-7 บริเวณที่ทิ้งขยะนี้ไม่เพียงพอกับความต้องการในการทิ้งขยะในบริเวณนั้นๆ เนื่องจากรถขยะไม่ได้มาเก็บทุกวันทำให้เกิดการสะสมของขยะ และเมื่อขยะเริ่มเน่าก็จะส่งกลิ่นน่าเหม็นในบริเวณนั้นๆ เหมาะสมที่จะนำไปเป็นสถานที่ทดลอง โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะทั้งยังสามารถแก้ไขปัญหภายในบริเวณข้างตึกกิจกรรมนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นตัวอย่างกิจกรรมเพื่อประโยชน์ต่อชุมชนอย่างแท้จริง

ในส่วนรายละเอียดการจัดการตั้งแต่ออกแบบจัดเตรียมจนถึงติดตั้งจะแสดงโดยละเอียดในภาคผนวก ข. ส่วนนี้จะแสดงหลักการทำงาน และกระบวนการควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี(ในโครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ จะใช้สารเคมีเป็น น้ำจุลินทรีย์)



รูปที่ 3-7 สภาพก่อนเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

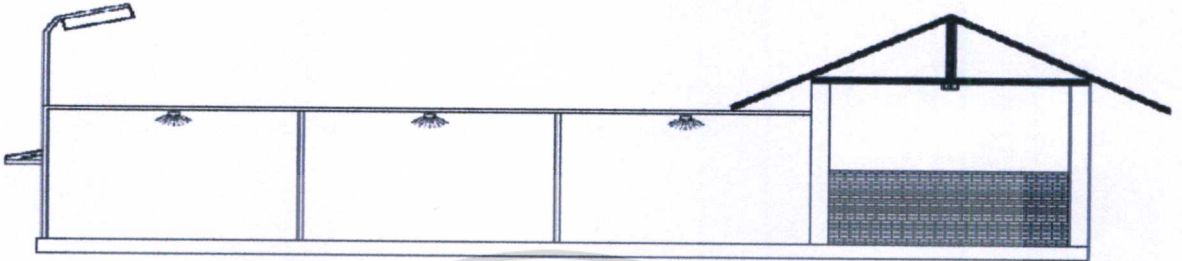


รูปที่ 3-8 สภาพหลังเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

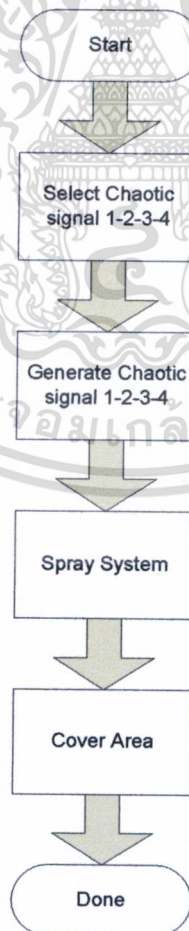
3.2.1 หลักการควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี

หลักการออกแบบมุ่งเน้นที่การควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นเพื่อการนำไปประยุกต์กับพื้นที่เป้าหมายฉีดพ่นที่มีรูปทรงแตกต่างกัน โดยอาศัยเทคโนโลยีสัญญาณอลวนในงานวิจัยนี้



รูปที่ 3-9 แผนผังอาคารรูปโถงรอบโรงเรียน

หัวฉีดสารเคมีติดตั้งดังที่แสดงในรูปที่ 3-9 จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ได้พื้นที่ฉีดพ่นรูปทรงแตกต่างกันแสดงกระบวนการดังรูปที่ 3-10

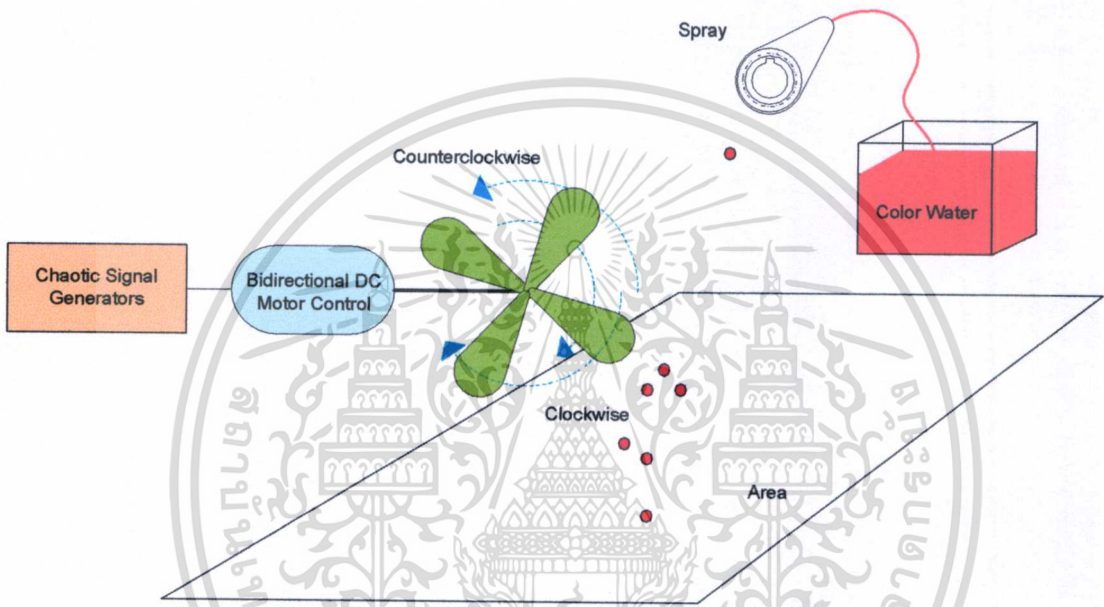


รูปที่ 3-10 กระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทํางานของระบบควบคุมพื้นที่ฉีดพ่น

การควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นกระทำโดยอาศัยการตัดกันของสารเคมีที่ฉีดพ่นกับใบพัดที่หมุนตามจังหวะสัญญาณอลวน โดยปกติพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมี หากไม่มีการตัดของใบพัดจะได้รูปทรงคล้ายวงแหวน กล่าวคือ ได้รับสารเคมีในจุดศูนย์กลางน้อยกว่าเมื่อเทียบกับขอบวงกลม งานวิจัยนี้จึงเกิดแนวคิดคิดที่จะนำสัญญาณอลวนรูปแบบต่าง ๆ มาควบคุมใบพัดเพื่อนำมาตัดสารเคมีที่ฉีดพ่นเพื่อให้เกิดรูปทรงพื้นที่ฉีดพ่นที่เหมาะสมกับพื้นที่ฉีดพ่นรูปทรงอื่นนอกเหนือทรงวงแหวนปกติ เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้งานสารเคมี ดังรูปที่ 3-11



รูปที่ 3-11 จำลองหลักการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่น

การทดสอบรูปทรงพื้นที่ฉีดพ่น กระทำโดยจำลองพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมีเป็นออกเป็นตารางขนาดทั้งหมด 10×10 ตาราง ฉีดพ่นน้ำสีแทนสารเคมี เพื่อหารูปทรงของการจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นและอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ของสารเคมีเพื่อเปรียบเทียบเมื่อใช้สัญญาณที่แตกต่างกัน โดยเลือกใช้สีที่แตกต่างกันในแต่ละวงจร

- | | |
|---|-------------|
| - วงจร Wien-type chaotic oscillator | ใช้สีเหลือง |
| - วงจร Simple RC chaotic oscillator | ใช้สีดำ |
| - วงจร Double scroll chaotic oscillator | ใช้สีเขียว |
| - วงจร Hyper chaotic oscillator | ใช้สีแดง |

โดยในงานวิจัยนี้ต้องการพื้นที่ฉีดพ่นรูปทรงสี่เหลี่ยมจำนวน 3 ตำแหน่ง (ปากถังขยะ) หลังการทดลองในบทที่ 4 จึงเลือกใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Hyper chaotic oscillator เพื่อควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นให้ได้ทรงสี่เหลี่ยมจำนวน 3 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ออกแบบเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ

เครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติเป็นเครื่องต้นแบบที่ใช้ในทดลองการบำบัดกลิ่นขยะภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งการออกแบบได้คำนึงถึงเรื่องขนาดของเครื่อง วิธีการที่จะผสมจุลินทรีย์กับน้ำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด และการควบคุมพื้นที่การฉีดพ่น โดยในการวิจัยนี้เน้นที่การควบคุมพื้นที่การฉีดพ่นเพื่อการนำไปประยุกต์กับพื้นที่ฉีดพ่นที่มีรูปทรงแตกต่างกัน โดยอาศัยเทคโนโลยีสัญญาณอลวนในงานวิจัยนี้

จากรูปที่ 3-12 เครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติมีส่วนประกอบที่ไม่ซับซ้อนมากนักและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยง่าย ส่วนสำคัญที่จะทำให้การบำบัดกลิ่นขยะประสบความสำเร็จ คือ การควบคุมปริมาณจุลินทรีย์ให้สัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่ใช้ผสม รวมไปถึงระยะเวลาที่ใช้ในการบำบัดกลิ่นในแต่ละครั้ง และการเลือกใช้สัญญาณอลวนเพื่อควบคุมพื้นที่ฉีดพ่นให้เหมาะสมกับพื้นที่ในรูปทรงต่างๆ



รูปที่ 3-12 เครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ

3.2.3 ติดตั้งเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ

ติดตั้งเครื่องเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติในโรงเรือนสาธิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 เครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัด โนมัติ

หลังจากทำการปรับปรุงโรงเรือนและติดตั้งเครื่องบำบัดกลิ่นขยะอัด โนมัติ ดังรูปที่ 3-11 และได้ทำการทดลองปรับแต่งกระบวนการทำงานระยะเวลาในการฉีดพ่นจุลินทรีย์ ให้เหมาะสมต่อการกำจัดกลิ่นเน่าเหม็นในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งในแต่ละพื้นที่อาจจะมีปัญหากลิ่นเน่าเหม็นจากขยะที่ติดเชื้อที่ไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นในการปรับแต่งการทำงานของเครื่องแต่ละพื้นที่จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมพื้นที่นั้นๆ และในการทดลองได้ทดลองทั้งระบบอัด โนมัติและกึ่งอัด โนมัติ ผลการทดสอบระบบเหมือนดังที่ได้ออกแบบไว้

3.3 โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

ในปัจจุบันงานศิลปะมีเทคนิคในการรังสรรค์ใหม่ๆ มากขึ้นทั้งปิดทอง วัตถุผสม นูนสูง-นูนต่ำ หรือตามแต่ศิลปินจะจินตนาการจึงเกิดแนวคิดในการนำความรู้เชิงวิศวกรรมมาประยุกต์เป็นเทคนิคใหม่เพื่อใช้ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยการนำสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ มาสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยมีขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

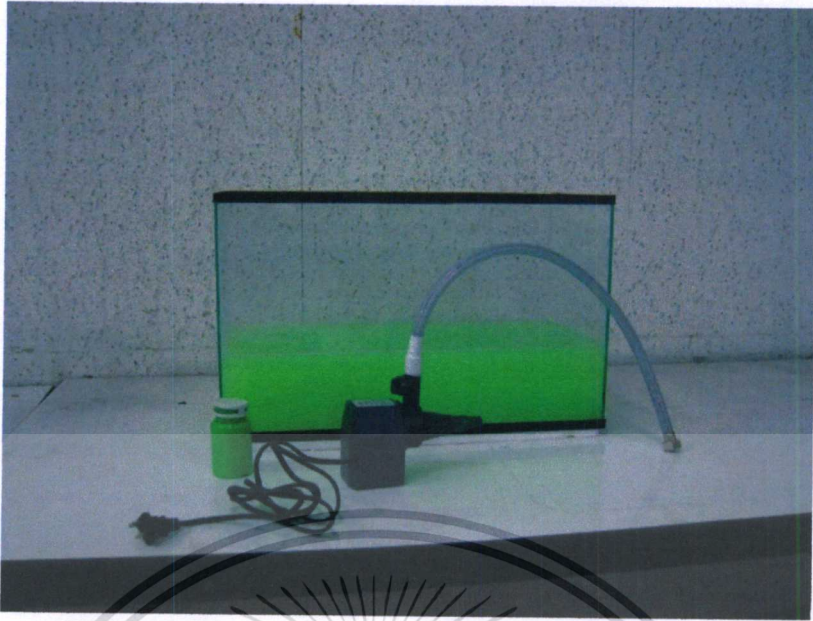
3.3.1 ออกแบบและสร้างระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทาง

ใช้ระบบควบคุมมอเตอร์กระแสตรงสองทิศทางที่ออกแบบในโครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด

3.3.2 ออกแบบโครงสร้างการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

ใช้ปั้มน้ำคู่ปลาแช่น้ำผสมสีคือน้ำสีมาฉีดพ่น โดยอาศัยสัญญาณอลวนควบคุมมอเตอร์หมุนใบพัดคัตน้ำสีที่ฉีดใส่เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะในบริเวณที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-14 บั้มน้ำตู้ปลาและตู้ปลาใส่น้ำผสมสี



รูปที่ 3-15 กระดานรองกระดาษ

ตัวอย่างแบบสอบถาม Chaotic Art จะแสดงในภาคผนวก ง. ส่วนที่จะกล่าวถึงในบทที่ 4 นั้นจะเป็นการทดลองสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ และทำการเปรียบเทียบเมื่อทำการประยุกต์ไปใช้กับการวิจัยต่างๆ และหาสัญญาณอลวนที่สามารถควบคุมพื้นที่ให้เหมาะสมกับรูปทรงพื้นที่ที่ติดพันสารเคมี รวมถึงการนำสัญญาณอลวนไปสร้างสรรค์งานศิลปะในลำดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การประยุกต์สัญญาณออสซิลเลชันแบบรวมหาร์มแรงคู่เป็นการประยุกต์ใช้สัญญาณออสซิลเลชันเพื่อการวิจัยต่างๆประกอบไปด้วย

- ประยุกต์ใช้ในการควบคุมวงโคจรเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เพื่อสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่
- ประยุกต์ใช้ในการจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมี เพื่อจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมี
- ประยุกต์เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ เพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะ

โดยเลือกใช้สัญญาณออสซิลเลชันรูปแบบต่างๆซึ่งในการทดลองจะแสดงถึงข้อแตกต่างระหว่างการใช้สัญญาณแบบต่างๆ เพื่อทำการเปรียบเทียบความครอบคลุมพื้นที่วงโคจร และนำไปใช้เพื่อจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมี รวมถึงนำไปสร้างสรรค์งานศิลปะโดยเทคนิคใหม่ โดยในการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

- 4.1 ผลการทดลองสัญญาณจากวงจรถ้าเนิดสัญญาณออสซิลเลชัน
- 4.2 โครงการหุ่นยนต์ออสซิลเลชันแบบรวมหาร์มแรงคู่
- 4.3 โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ
- 4.4 โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณออสซิลเลชัน

4.1 ผลการทดลองสัญญาณจากวงจรถ้าเนิดสัญญาณออสซิลเลชัน

การทดลองในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองสัญญาณจากวงจรถ้าเนิดสัญญาณออสซิลเลชันรูปแบบต่างๆ โดยวงจรถ้าเนิดสัญญาณออสซิลเลชันคือ

วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

วงจร Simple RC chaotic oscillator

วงจร Double scroll chaotic oscillator

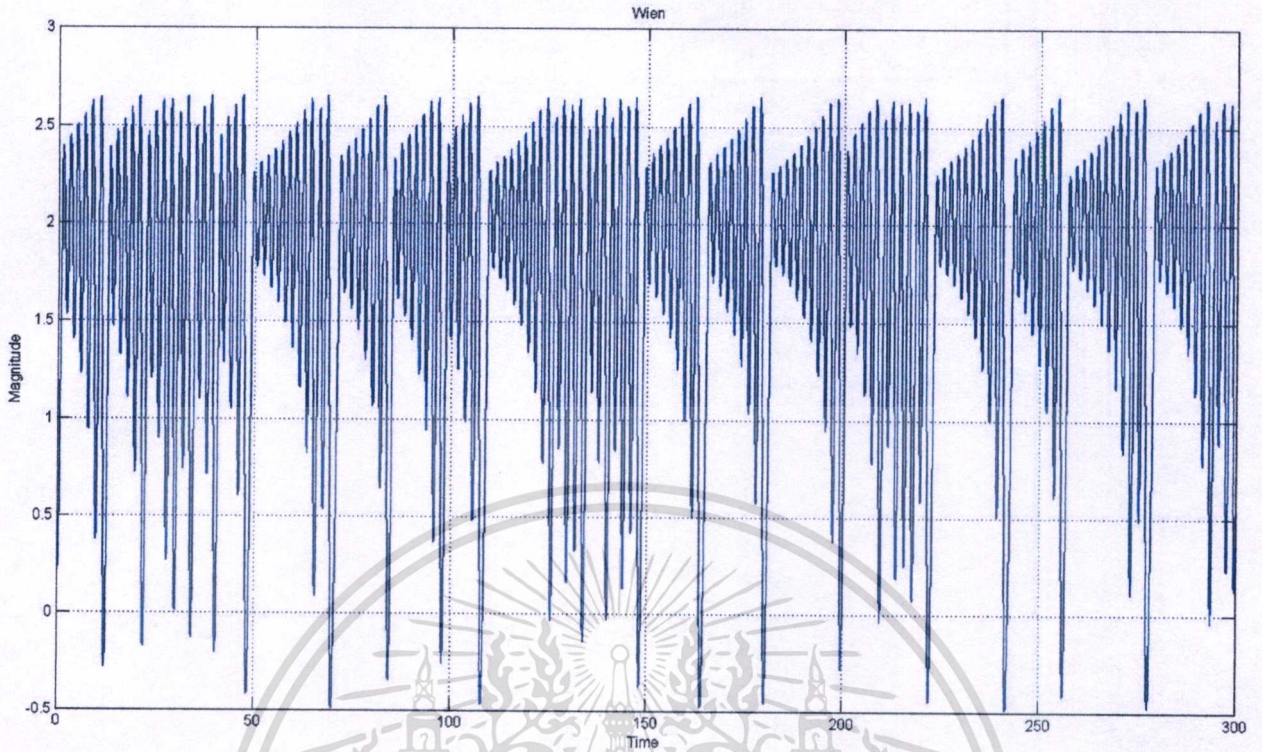
วงจร Hyper chaotic oscillator

เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างกันของสัญญาณออสซิลเลชันทั้ง 4 ชนิด

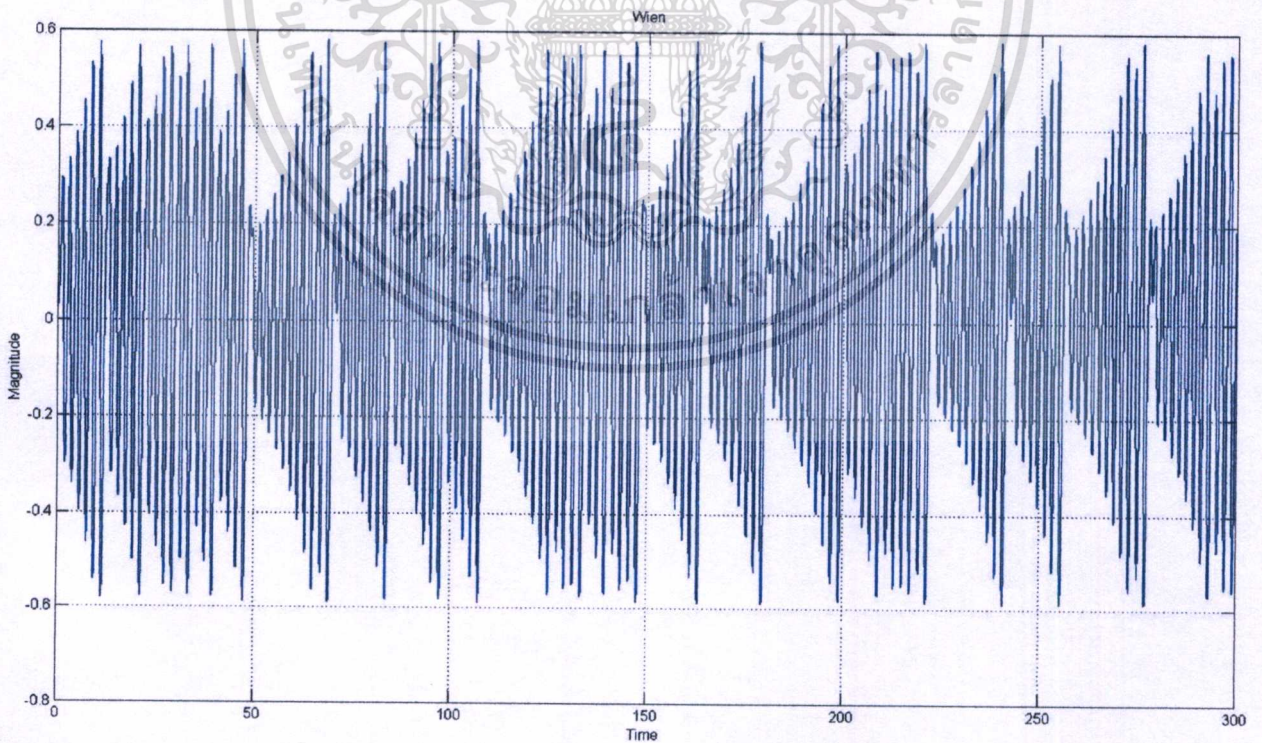
4.1.1 สัญญาณวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

วัดขนาดสัญญาณ X Y และ Z จากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator ในแกนเวลา ระยะเวลา 300 วินาที ดังรูปที่ 4-1 ถึง 4-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

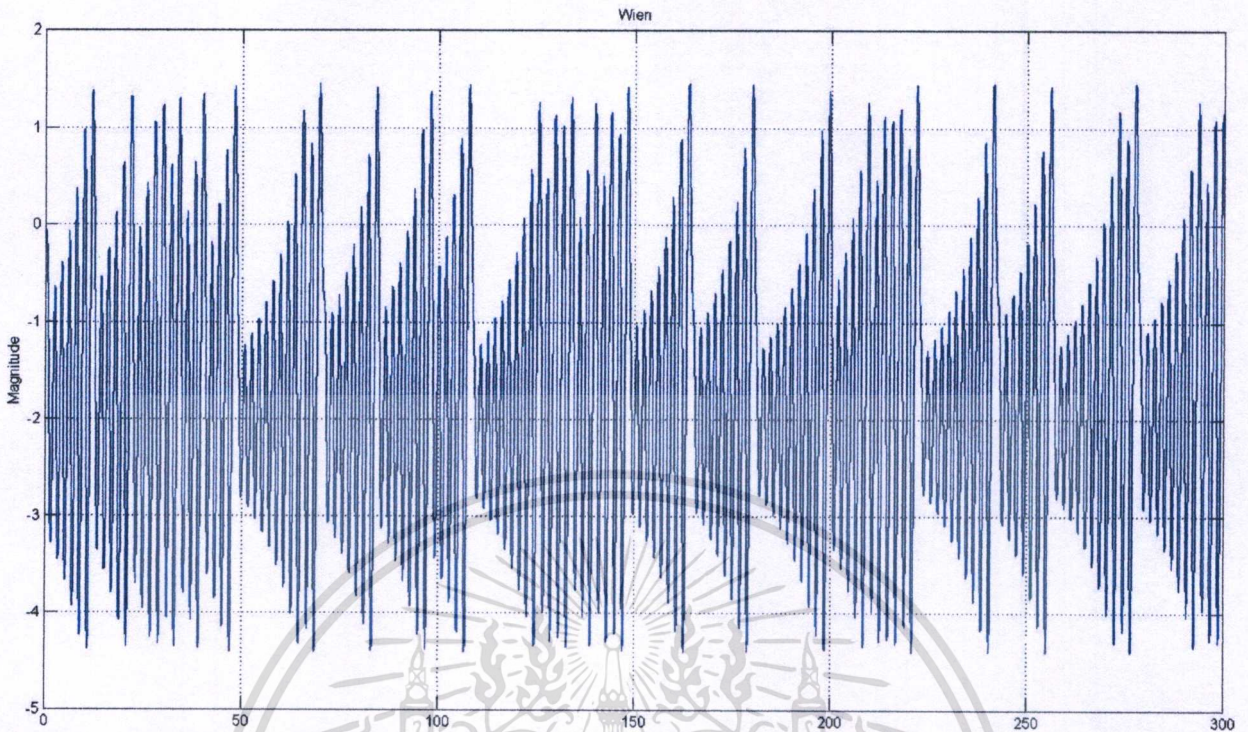


รูปที่ 4-1 สัญญาณ X วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator



รูปที่ 4-2 สัญญาณ Y วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

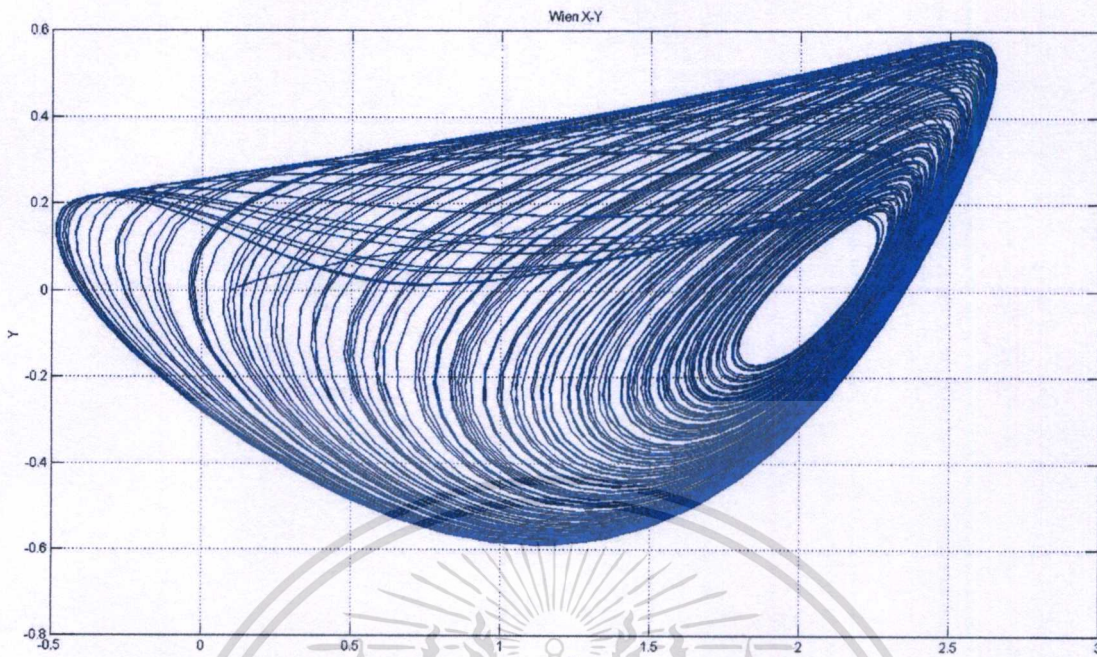
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



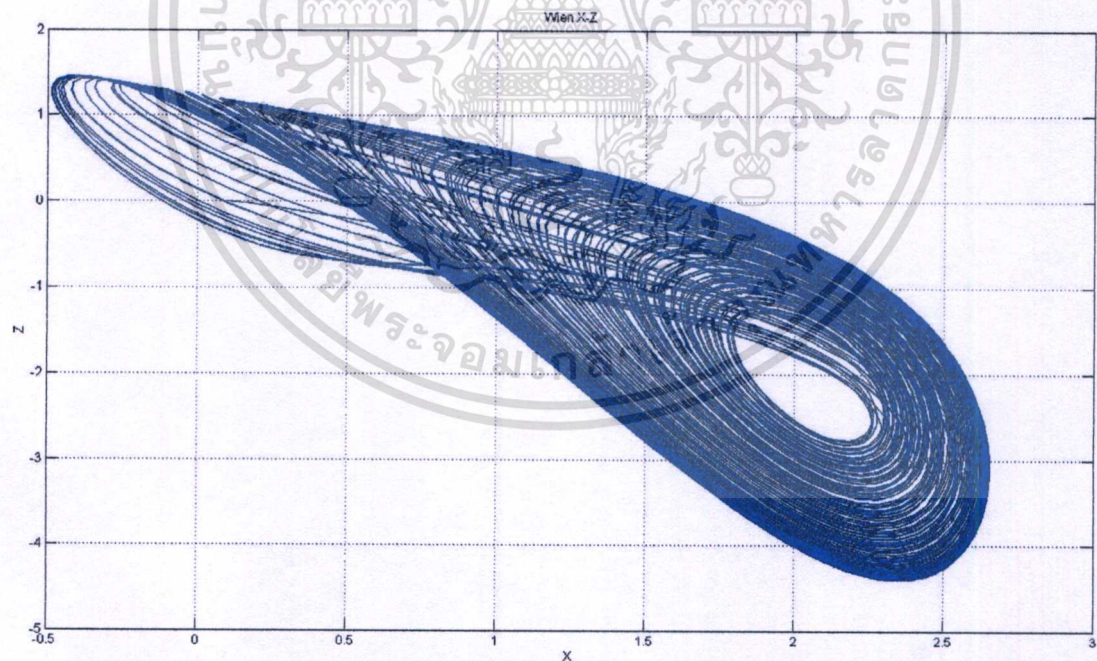
รูปที่ 4-3 สัญญาณ Z วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

ในการวัดแกนเวลา ภาพสัญญาณที่แสดงอาจดูคล้ายๆกันแต่หากสังเกตจะพบว่า สัญญาณ X มีขนาดแกว่งอยู่ในช่วงประมาณ -0.5 ถึง 2.6 สัญญาณ Y มีขนาดแกว่งอยู่ในช่วงประมาณ -0.6 ถึง 0.6 และสัญญาณ Z มีขนาดแกว่งอยู่ในช่วงประมาณ -4.3 ถึง 1.4 โดยสัญญาณ Z จะดูคล้ายสัญญาณ Y

แสดงความแตกต่างของสัญญาณ X Y และ Z อย่างชัดเจนดังแสดงในรูปที่ 4-4 ถึง 4-6 แสดงการวัดระนาบ X-Y X-Z และ Y-Z ระยะเวลา 300 วินาที ตามลำดับ

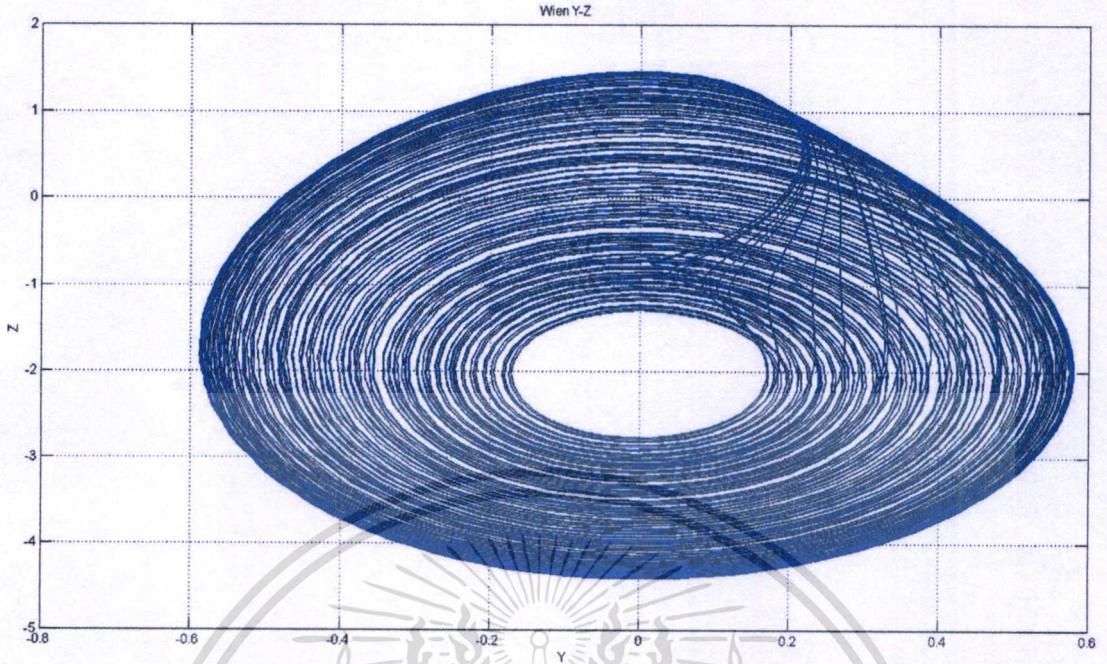


รูปที่ 4-4 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator



รูปที่ 4-5 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

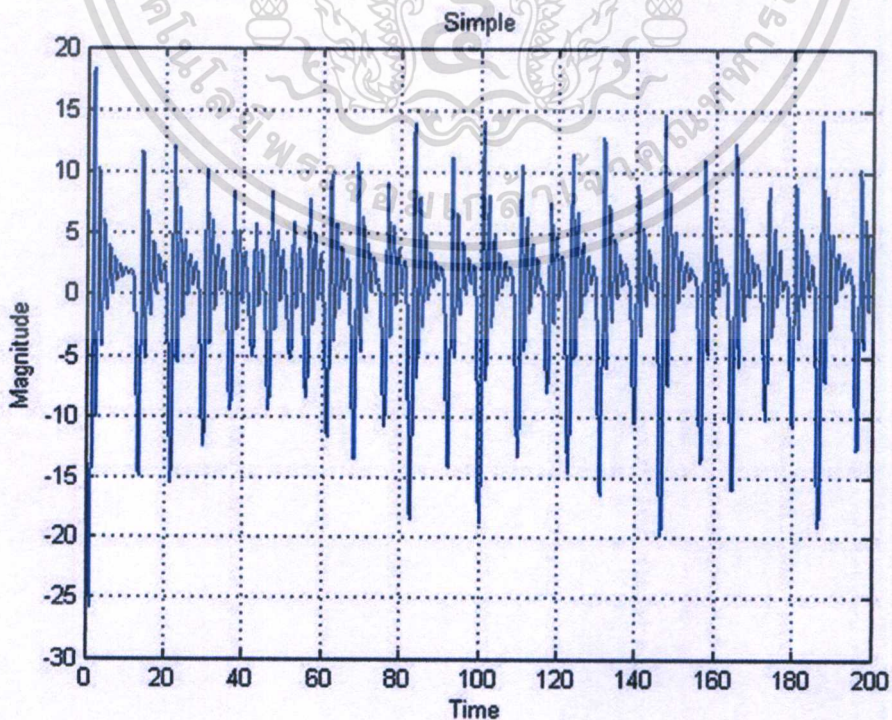
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



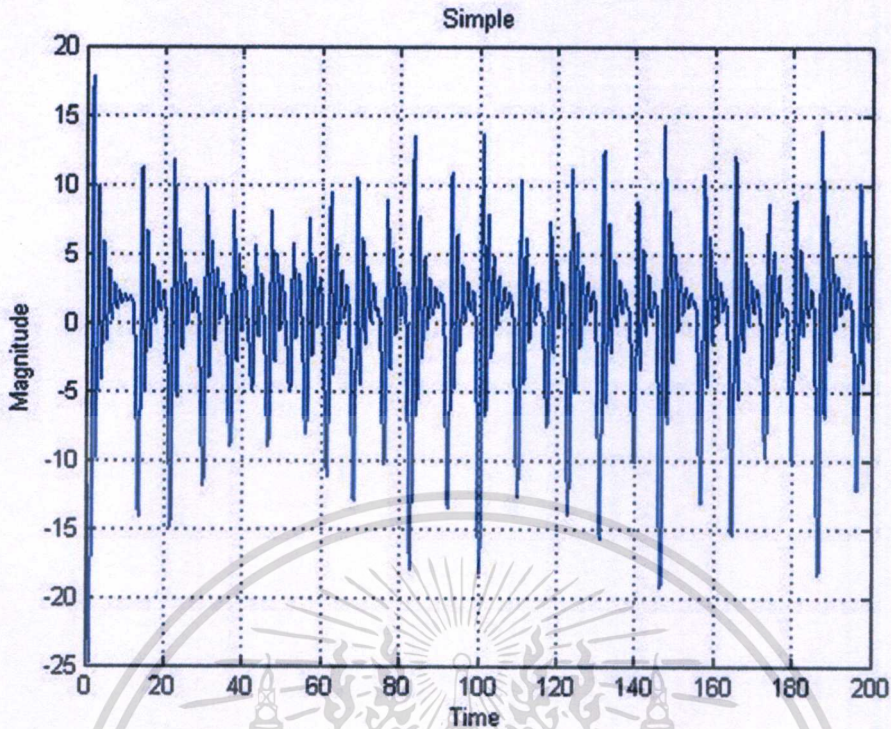
รูปที่ 4-6 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

4.1.2 สัญญาณวงจร Simple RC chaotic oscillator

วัดขนาดสัญญาณ X และ Y จากวงจร Simple RC chaotic oscillator ในแกนเวลา ระยะเวลา 200 วินาที ดังรูปที่ 4-7 ถึง 4-8

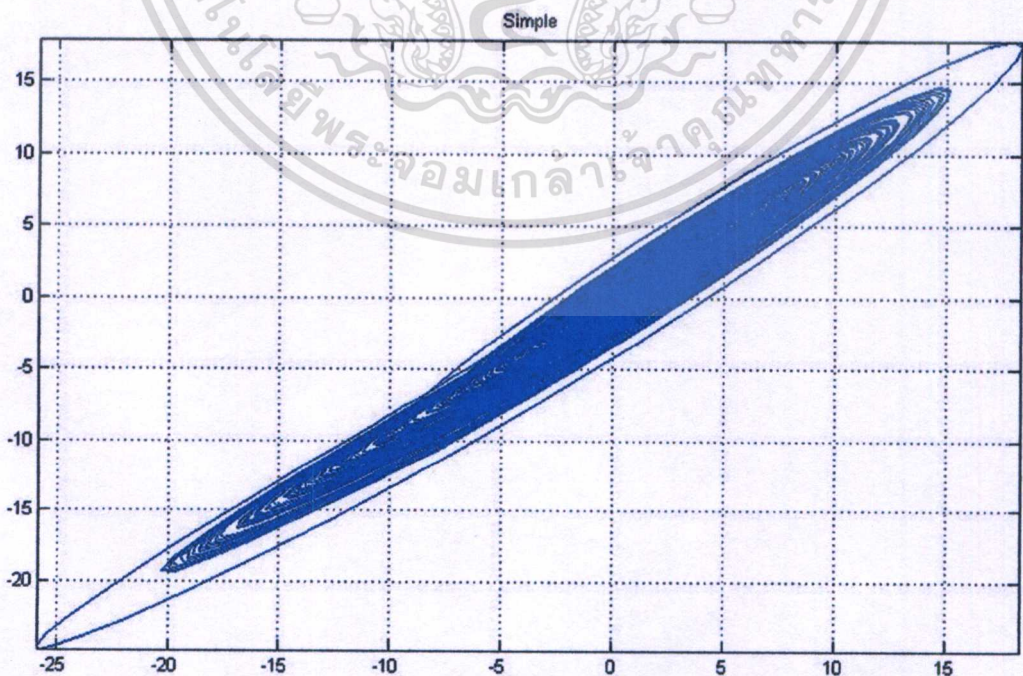


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-8 สัญญาณ Y วงจร Simple RC chaotic oscillator

ภาพสัญญาณ X และ Y เมื่อเปรียบเทียบโดยละเอียดจะเห็นว่าสัญญาณ X มีขนาดแกว่งอยู่ในช่วง -26 ถึง 18.5 แต่สัญญาณ Y จะแกว่งอยู่ในช่วงที่แคบกว่าคือ -25 ถึง 18 และเปรียบเทียบสัญญาณจากการวัดระนาบ X-Y ระยะเวลา 200 วินาที จะแสดงความแตกต่างดังรูปที่ 4-9

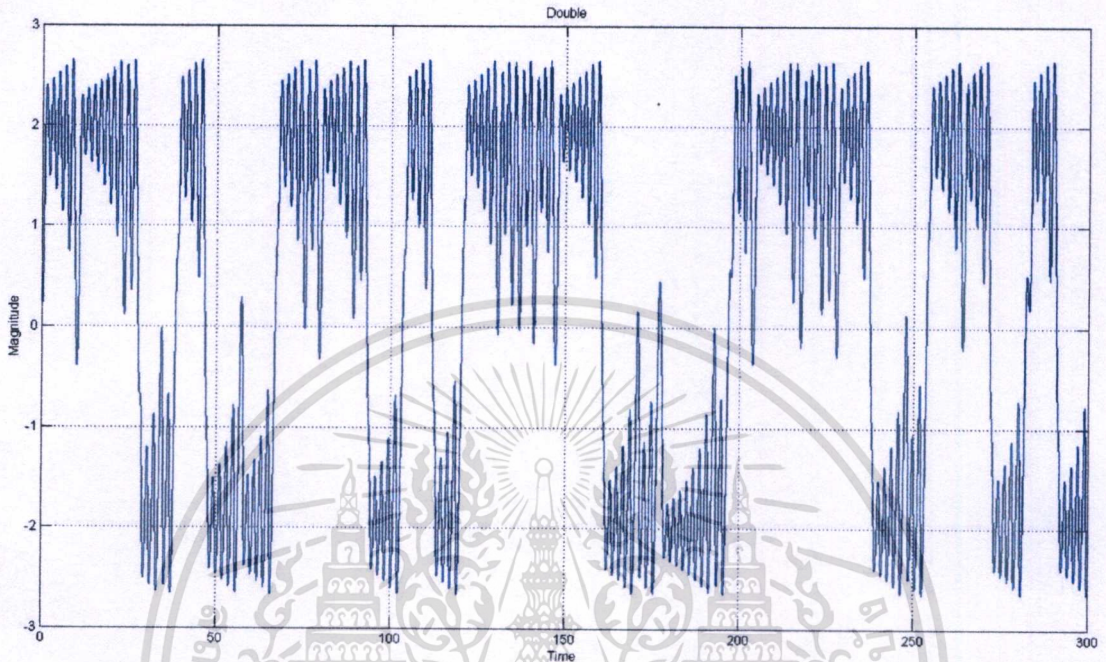


รูปที่ 4-9 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Simple RC chaotic oscillator

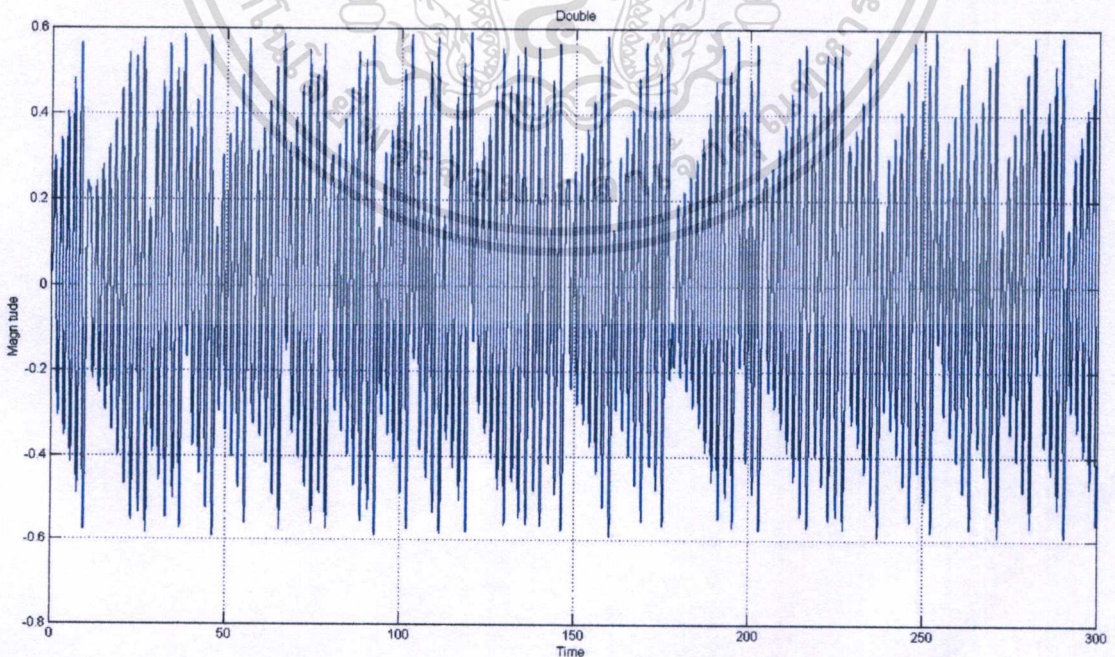
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 สัญญาณวงจร Double scroll chaotic oscillator

วัดขนาดสัญญาณ X Y และ Z จากวงจร Double scroll chaotic oscillator ในแกนเวลา
ระยะเวลา 300 วินาทีดังรูปที่ 4-10 ถึง 4-12

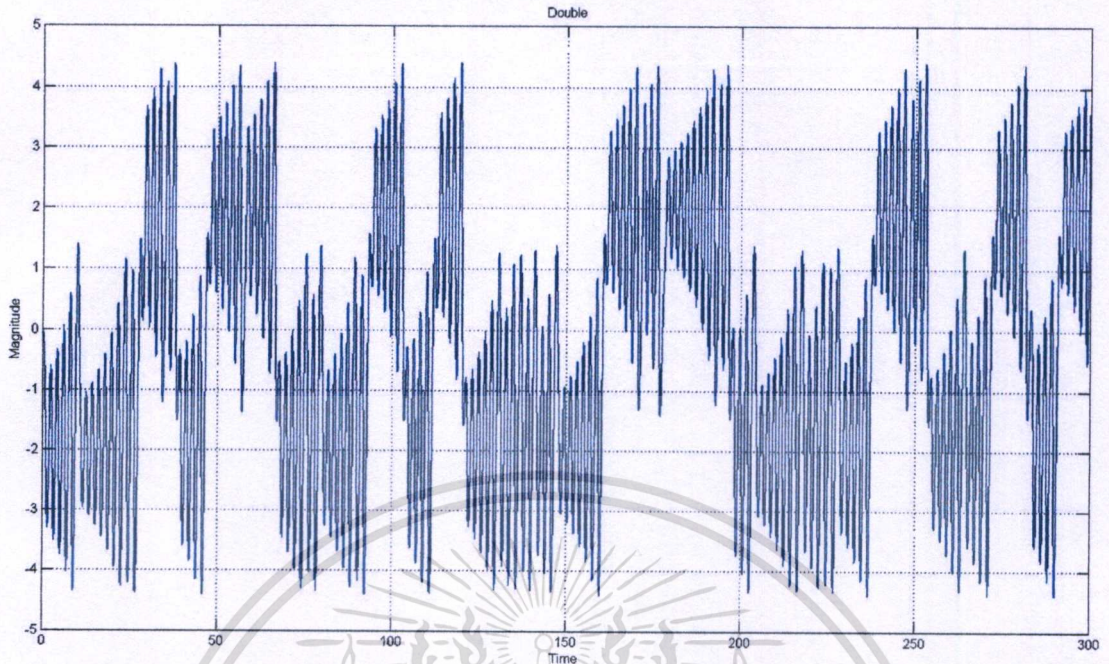


รูปที่ 4-10 สัญญาณ X วงจร Double scroll chaotic oscillator



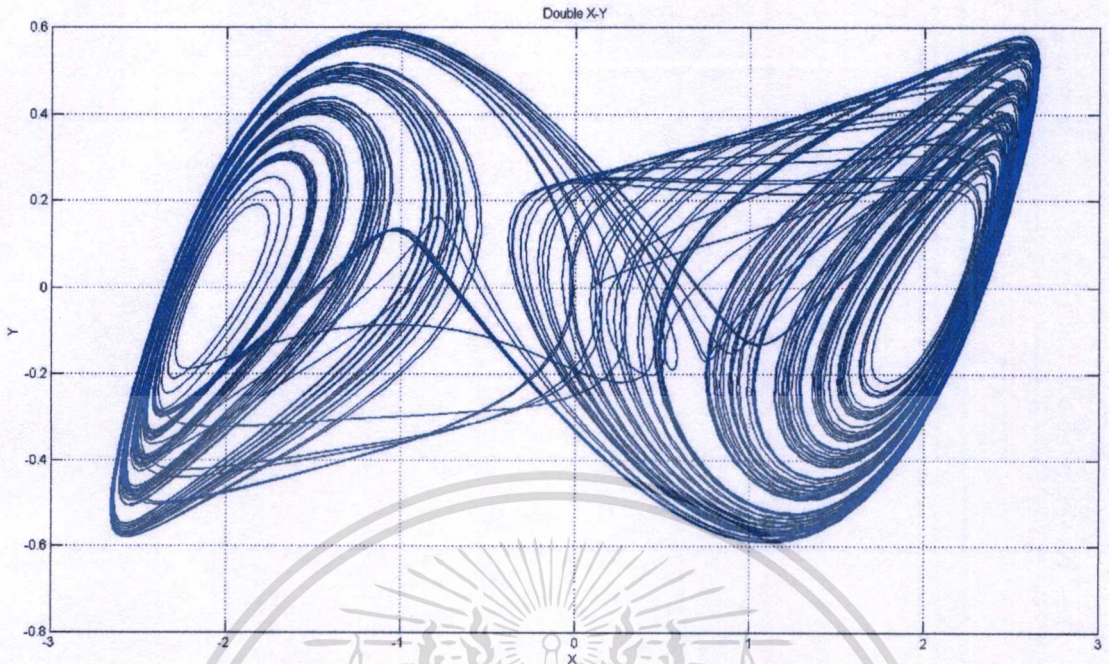
รูปที่ 4-11 สัญญาณ Y วงจร Double scroll chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

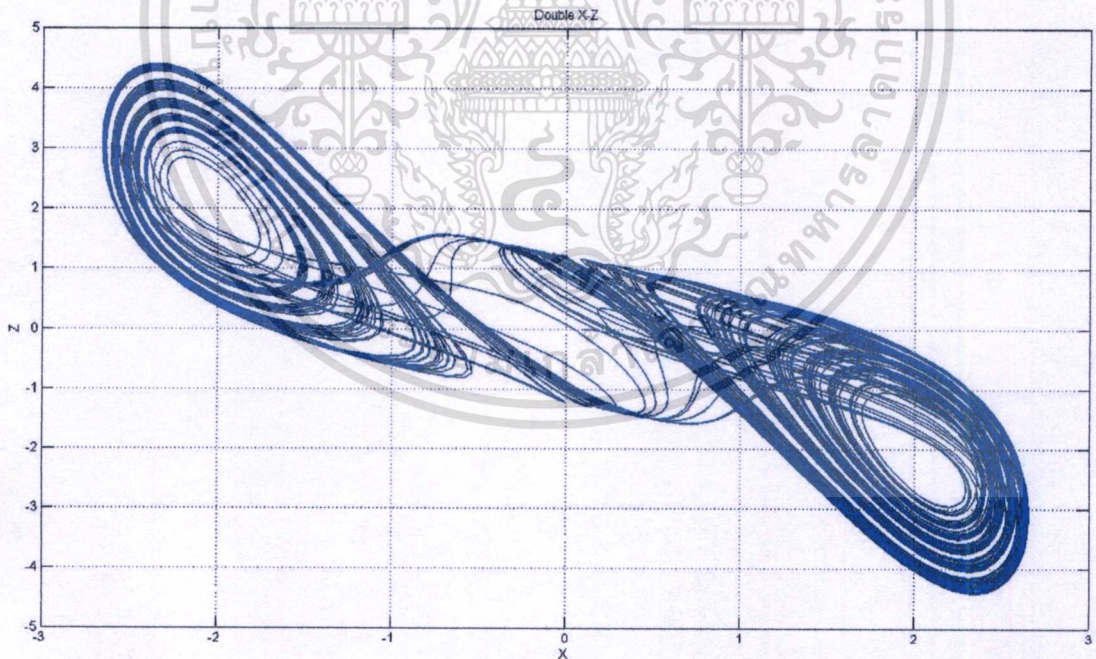


รูปที่ 4-12 สัญญาณ Z วงจร Double scroll chaotic oscillator

สัญญาณ X เมื่อวัดแกนเวลาจะเห็นว่าสัญญาณมีการแกว่งสลับค่าลบบวกอยู่ในช่วง -2.7 ถึง 2.7 แต่เมื่อวัดแกนเวลาของค่า Y สัญญาณมีการไล่ค่าแตกต่างจากสัญญาณ X อยู่ในช่วง -5.9 ถึง 5.9 สุดท้ายในสัญญาณ Z มีความคล้ายสัญญาณ X มากลับเฟสแต่แกว่งอยู่ในช่วง -4.3 ถึง 4.3 เพื่อแสดงความแตกต่างของสัญญาณ X Y และ Z ใช้การวัดแกนระนาบ X-Y X-Z และ Y-Z ตามลำดับ ดังรูปที่ 4-13 ถึง 4-15

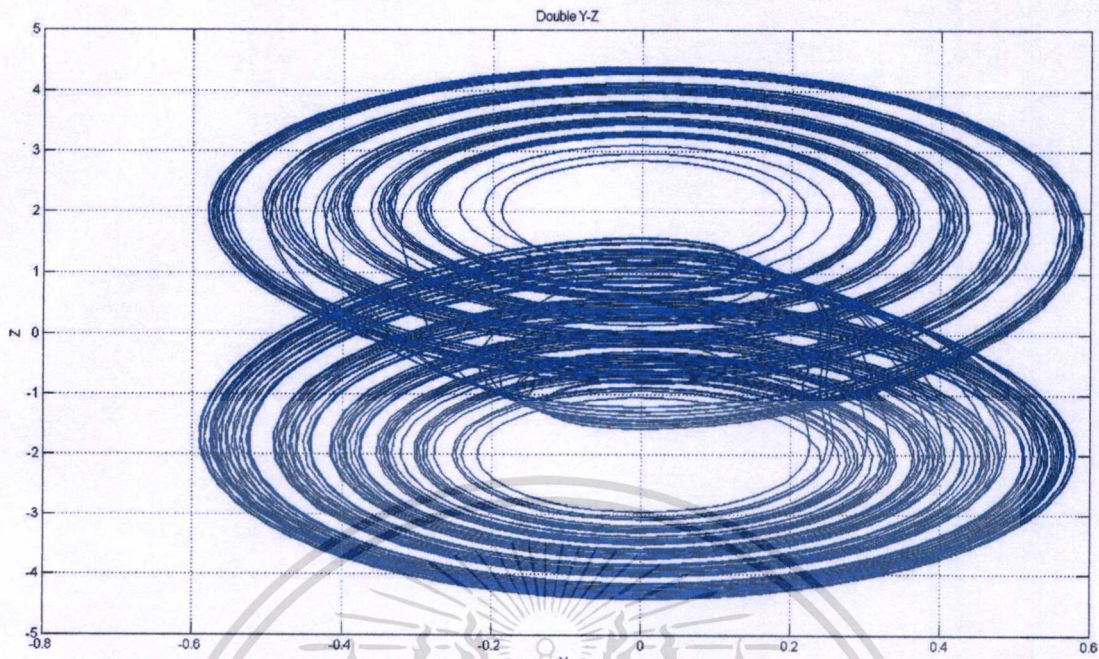


รูปที่ 4-13 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator



รูปที่ 4-14 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator

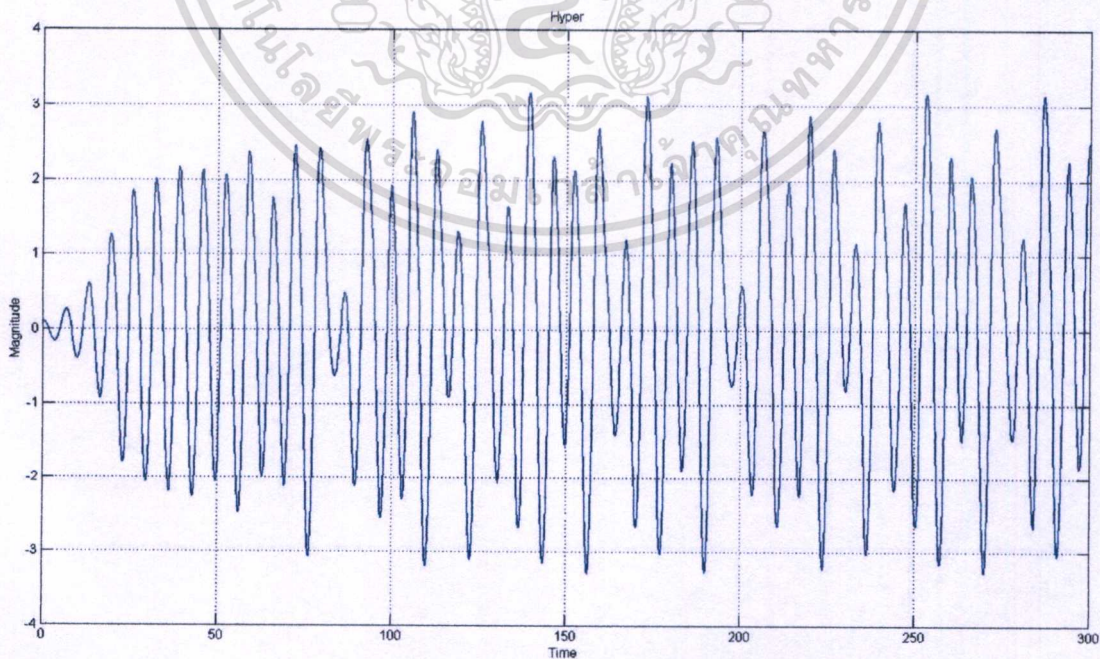
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-15 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร Double scroll chaotic oscillator

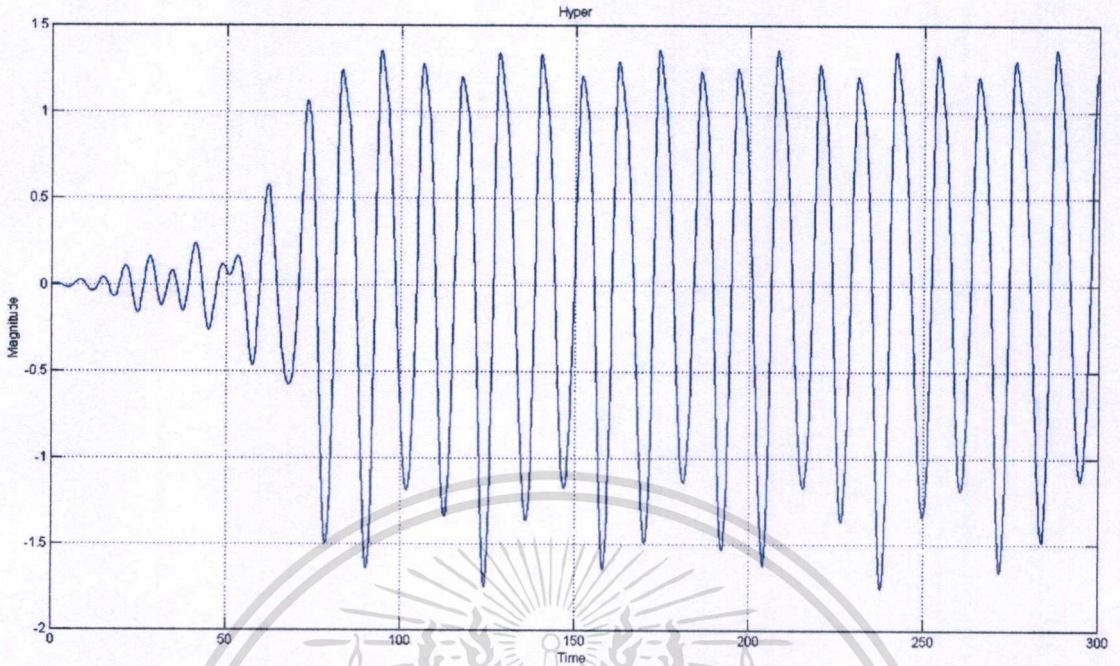
4.1.4 สัญญาณวงจร Hyper chaotic oscillator

วัดขนาดสัญญาณ X Y Z และ W จากวงจร Hyper chaotic oscillator ในแกนเวลา ระยะเวลา 300 วินาทีดังรูปที่ 4-16 ถึง 4-19

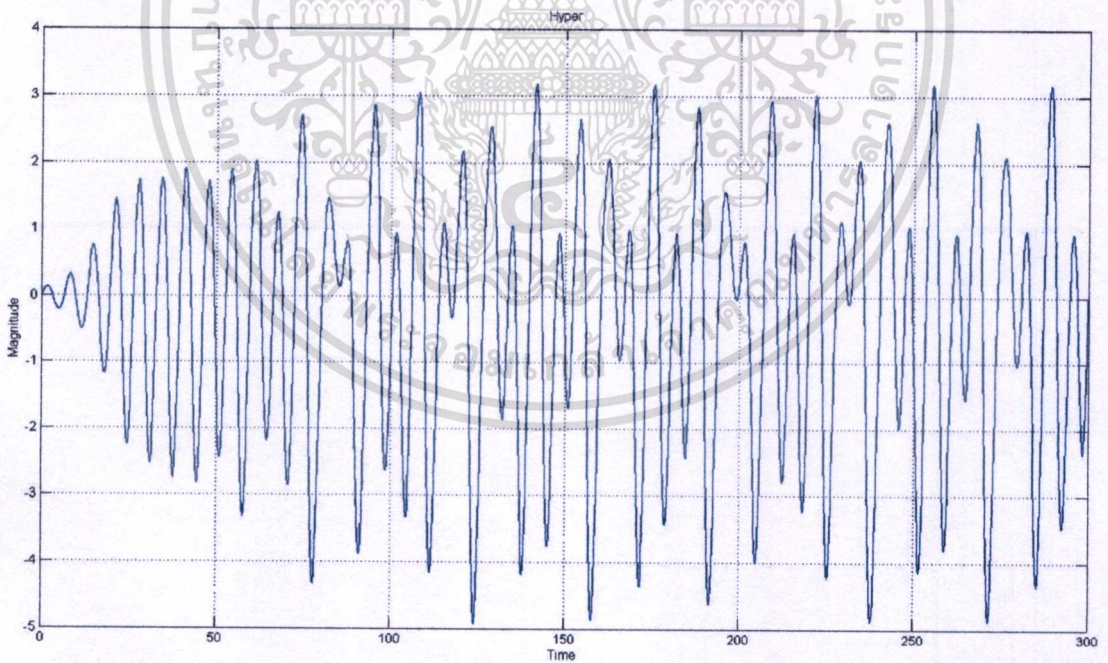


รูปที่ 4-16 สัญญาณ X วงจร Hyper chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

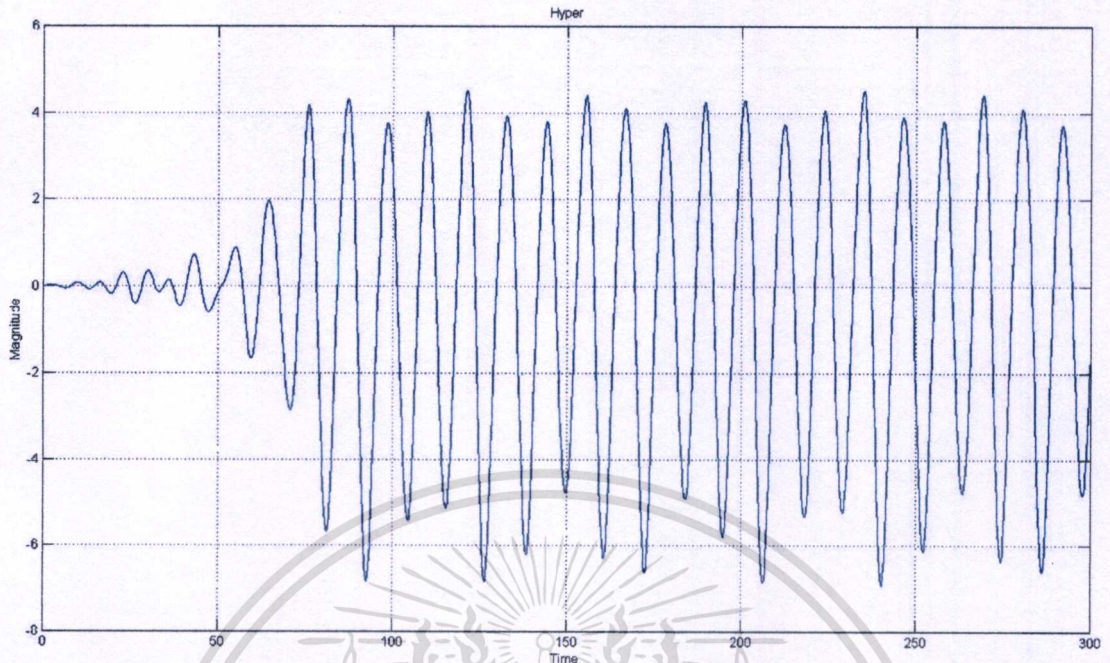


รูปที่ 4-17 สัญญาณ Y วงจร Hyper chaotic oscillator



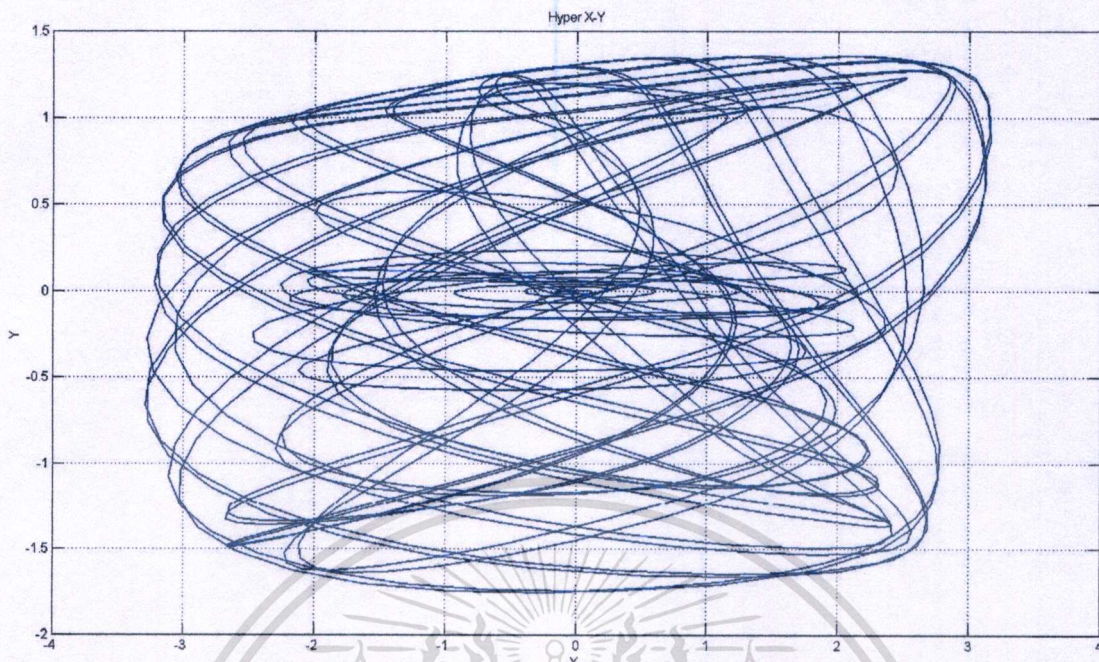
รูปที่ 4-18 สัญญาณ Z วงจร Hyper chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

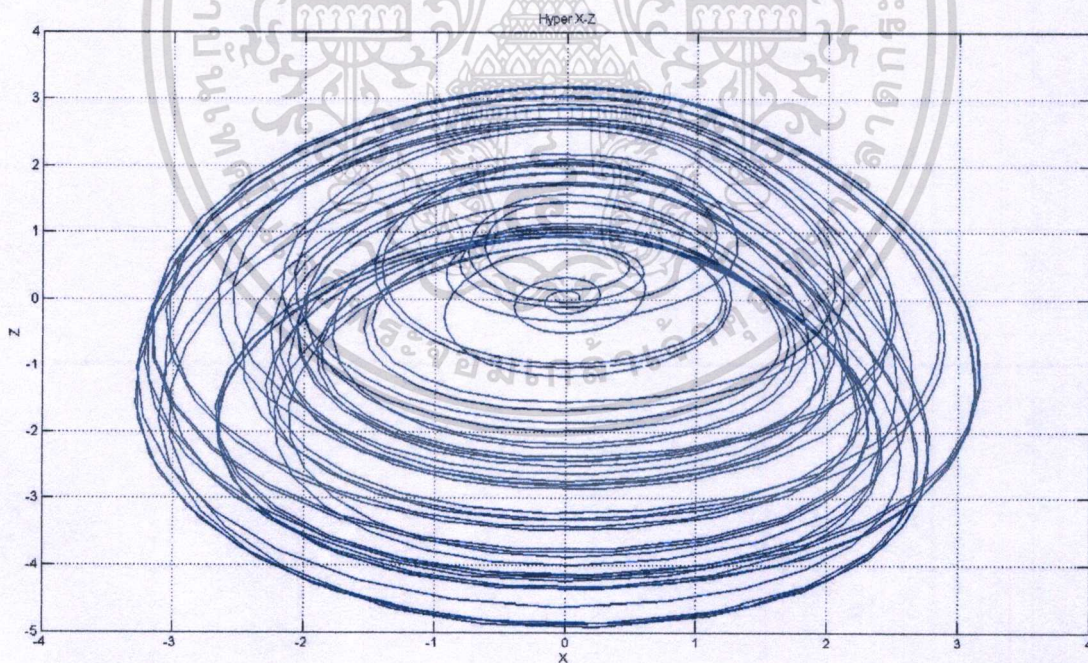


รูปที่ 4-19 สัญญาณ W วงจร Hyper chaotic oscillator

สัญญาณ X เมื่อวัดแกนเวลา สัญญาณมีค่าอยู่ในช่วง -3.2 ถึง 3.2 แต่เมื่อวัดแกนเวลาของค่า Y สัญญาณมีค่า อยู่ในช่วง -1.7 ถึง 1.4 ส่วนสัญญาณ Z มีทรงคล้ายสัญญาณ X แต่สัญญาณแกว่งอยู่ในช่วง -4.9 ถึง 3.1 สุดท้ายแม้สัญญาณ W มีความคล้ายสัญญาณ Y แต่แกว่งอยู่ในช่วง -6.8 ถึง 4.2 และเปรียบเทียบสัญญาณ X Y Z และ W จากการวัดระนาบ X-Y X-Z X-W Y-Z Y-W และ Z-W ระยะเวลา 300 วินาทีเพื่อ แสดงความแตกต่างของสัญญาณ ดังรูปที่ 4-20 ถึง 4-25

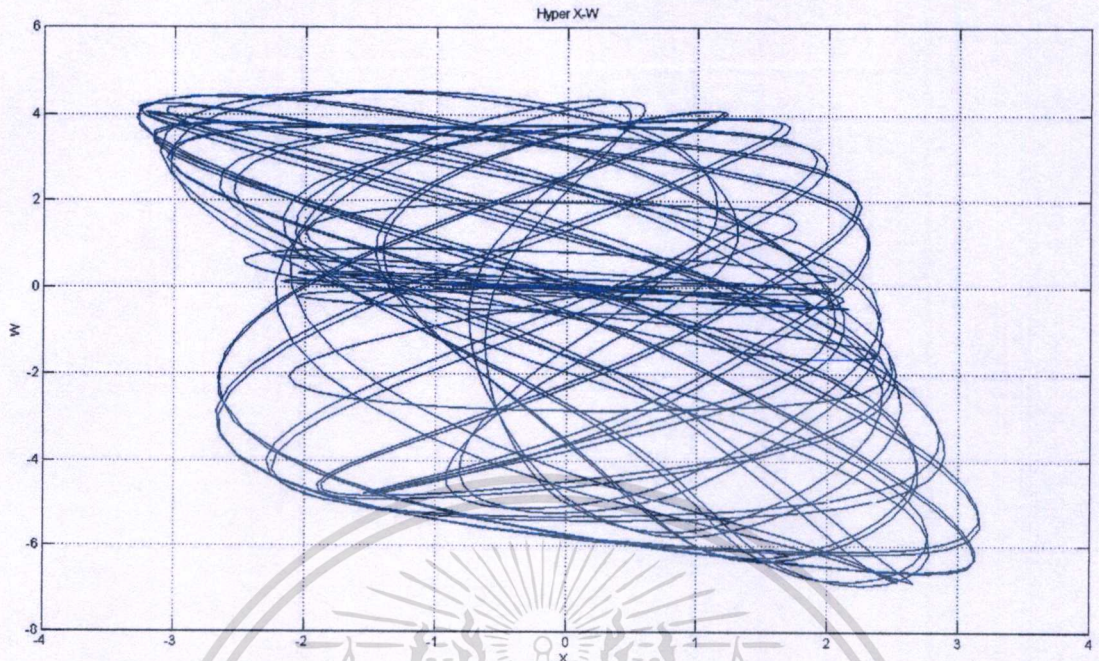


รูปที่ 4-20 สัญญาณแกน X-Y จาก วงจร Hyper chaotic oscillator

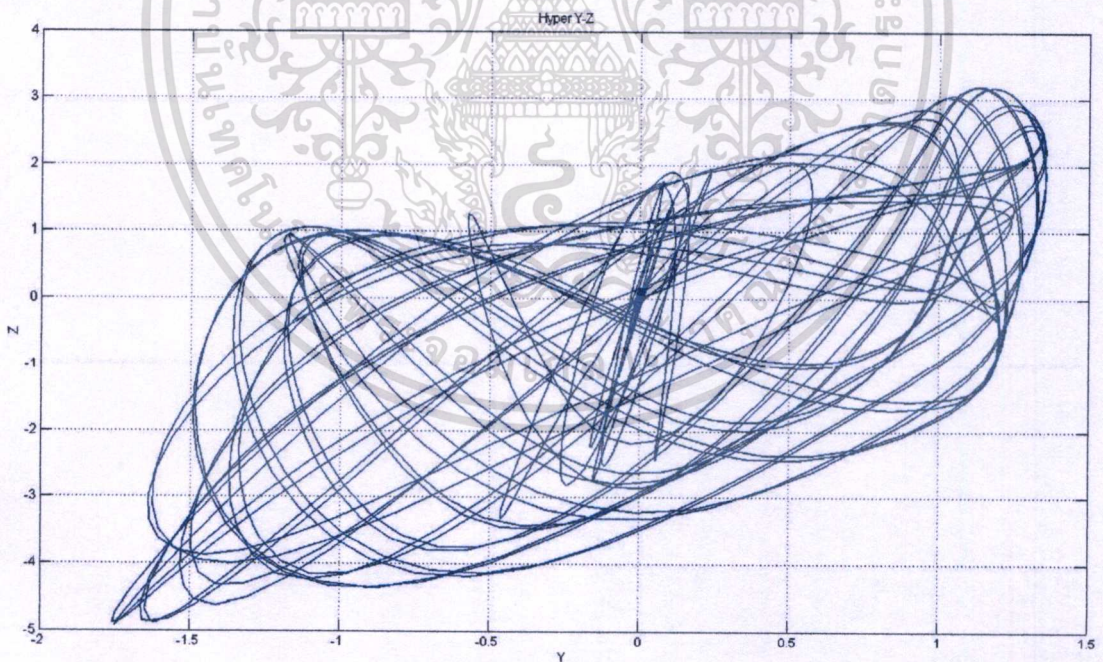


รูปที่ 4-21 สัญญาณแกน X-Z จาก วงจร Hyper chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

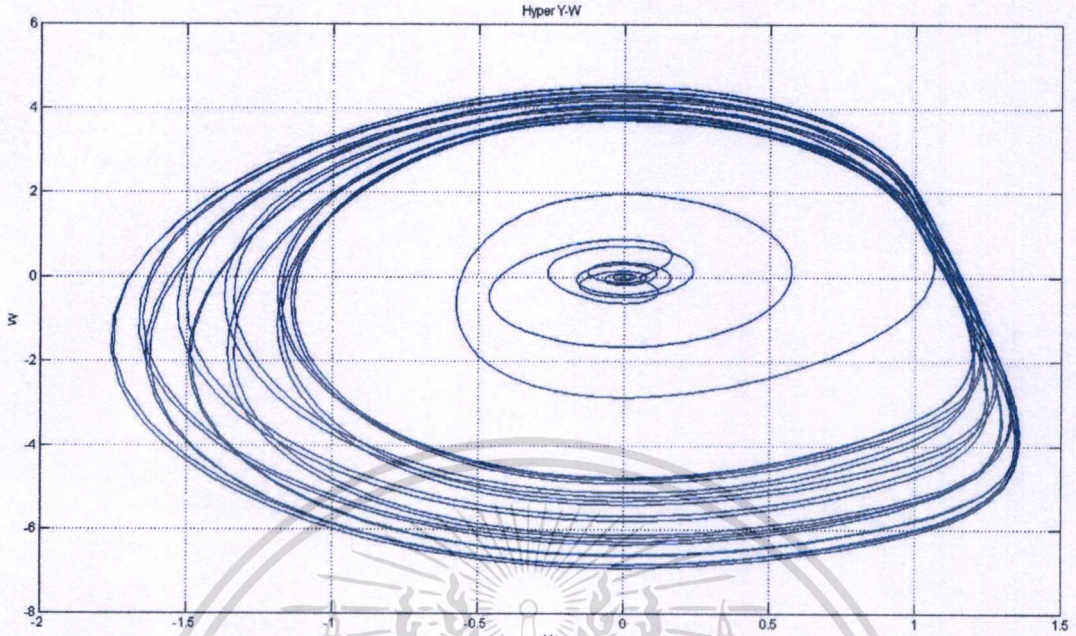


รูปที่ 4-22 สัญญาณแกน X-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator

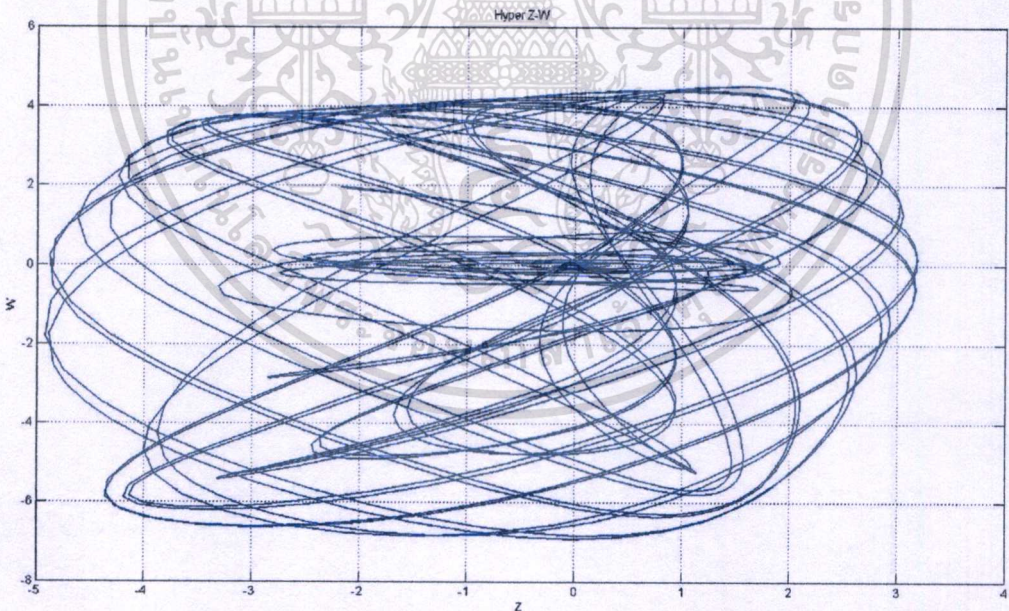


รูปที่ 4-23 สัญญาณแกน Y-Z จาก วงจร Hyper chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-24 สัญญาณแกน Y-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator



รูปที่ 4-25 สัญญาณแกน Z-W จาก วงจร Hyper chaotic oscillator

สัญญาณอลวนที่ได้จากการทดลองทั้งหมดนำไปทดลองต่อในหัวข้อถัดไป โดยป้อนสัญญาณอลวนเข้ากับมอเตอร์สองทิศทางในรถคันแบบเพื่อหาอัตราครอบคลุมพื้นที่จากวิถีโคจรของรถคันแบบ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ รวมถึงวิเคราะห์รูปแบบวิถีโคจรเมื่อป้อนด้วยสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆกัน

4.2 โครงการหุ่นยนต์ออสซิลเลเตอร์แบบรวมหลุมแรงคู่

การทดลองในโครงการหุ่นยนต์ออสซิลเลเตอร์แบบรวมหลุมแรงคู่ ด้วยการจำลองพื้นที่ออกเป็นตารางขนาดทั้งหมด 10×10 ตาราง โดยป้อนสัญญาณออสซิลเลเตอร์รูปแบบต่างๆเป็นระยะเวลา 300 วินาที เพื่อหาดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทาง โจรของหุ่นยนต์ออสซิลเลเตอร์และเปรียบเทียบอัตราการครอบคลุมพื้นที่เมื่อป้อนสัญญาณออสซิลเลเตอร์ชนิดต่างๆ

โดย

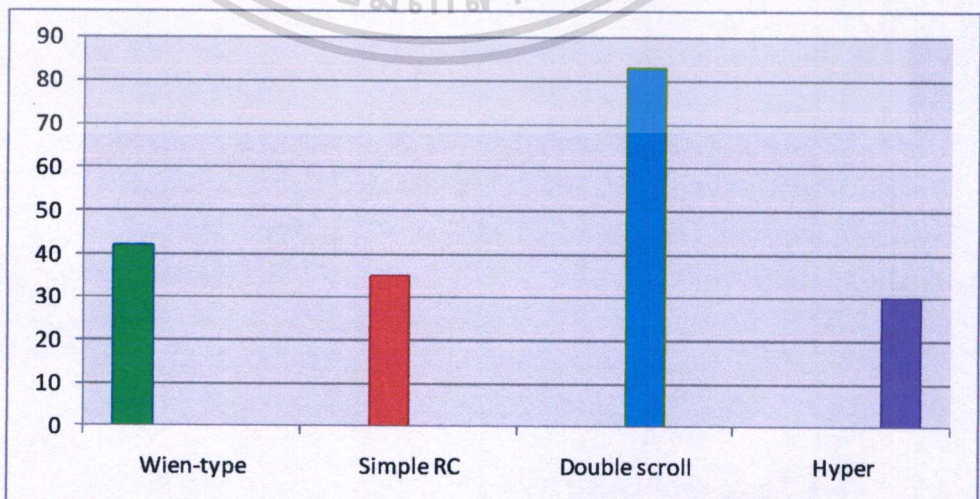
$$\text{อัตราการครอบคลุมพื้นที่} = \frac{\text{พื้นที่ที่ถูกใช้งาน}}{\text{พื้นที่งานทั้งหมด}} \%$$

พื้นที่งานทั้งหมด = 100 ตาราง เวลาการทดลอง = 300 วินาที

ตาราง 4.1 อัตราการครอบคลุมพื้นที่เมื่อใช้สัญญาณออสซิลเลเตอร์รูปแบบต่างๆ

วงจรถูกเลือกสัญญาณ	พื้นที่ที่ถูกใช้งาน (ช่อง)	อัตราการครอบคลุมพื้นที่ (%)
Wien-type chaotic oscillator	42	42
Simple RC chaotic oscillator	35	35
Double scroll chaotic oscillator	83	83
Hyper chaotic oscillator	30	30

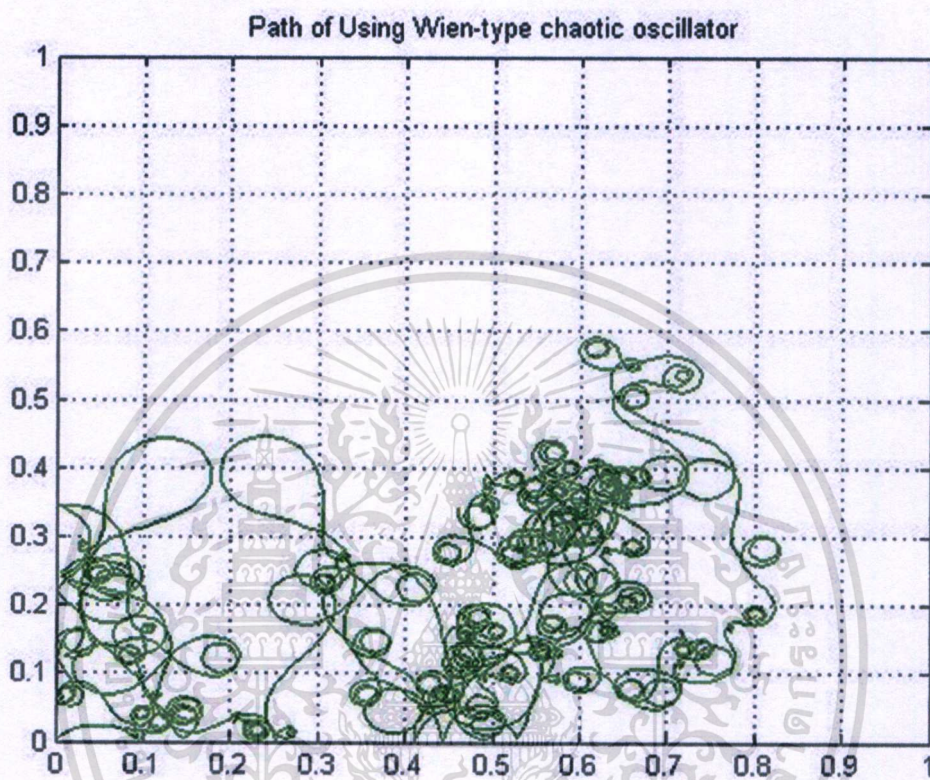
เปรียบเทียบอัตราการครอบคลุมพื้นที่เมื่อใช้สัญญาณออสซิลเลเตอร์รูปแบบต่างๆ เพื่อสร้างเส้นทางโจรของหุ่นยนต์ออสซิลเลเตอร์แบบรวมหลุมแรงคู่ ดังรูปที่ 4-26



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 4-26 กราฟเปรียบเทียบอัตราการครอบคลุมพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 เส้นทางโคจรจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณอลวน โดยเริ่มต้นจากจุดตั้งต้นที่ พิกัด 0,0 เป็นระยะเวลา 300 วินาทีแสดงดังรูปที่ 4-27



รูปที่ 4-27 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทางโคจรของหุ่นยนต์อลวน

อัตราการครอบคลุมพื้นที่ = 42 %

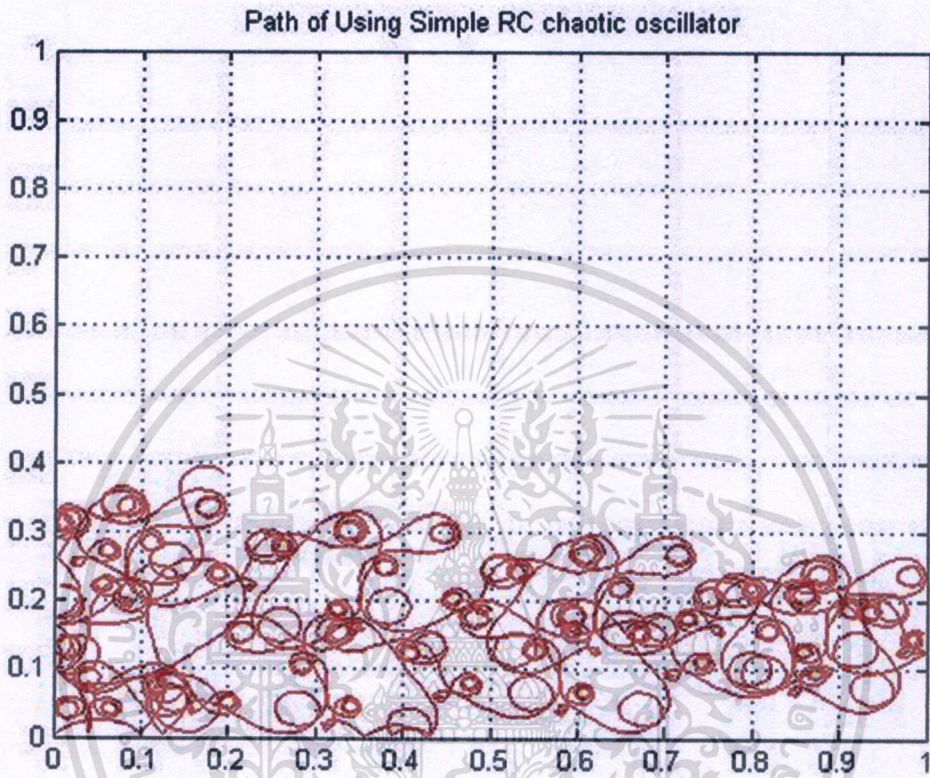
วิเคราะห์วิถีโคจร

วิถีโคจรที่ได้จากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator มีลักษณะเดินทาง
สั้นๆ 1-2 วินาทีแล้วหมุนตัว หนึ่งรอบถึงรอบครึ่ง แล้วเดินทางต่อไป ในบางจังหวะจะหมุนมากกว่า
4 รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 เส้นทางโคจรจากวงจร Simple RC chaotic oscillator

เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณอลวน โดยเริ่มต้นจากจุดตั้งต้นที่ พิกัด 0,0 เป็นระยะเวลา 300 วินาทีแสดงดังรูปที่ 4-28



รูปที่ 4-28 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Simple RC chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทางโคจรของหุ่นยนต์อลวน

อัตราการครอบคลุมพื้นที่ = 35 %

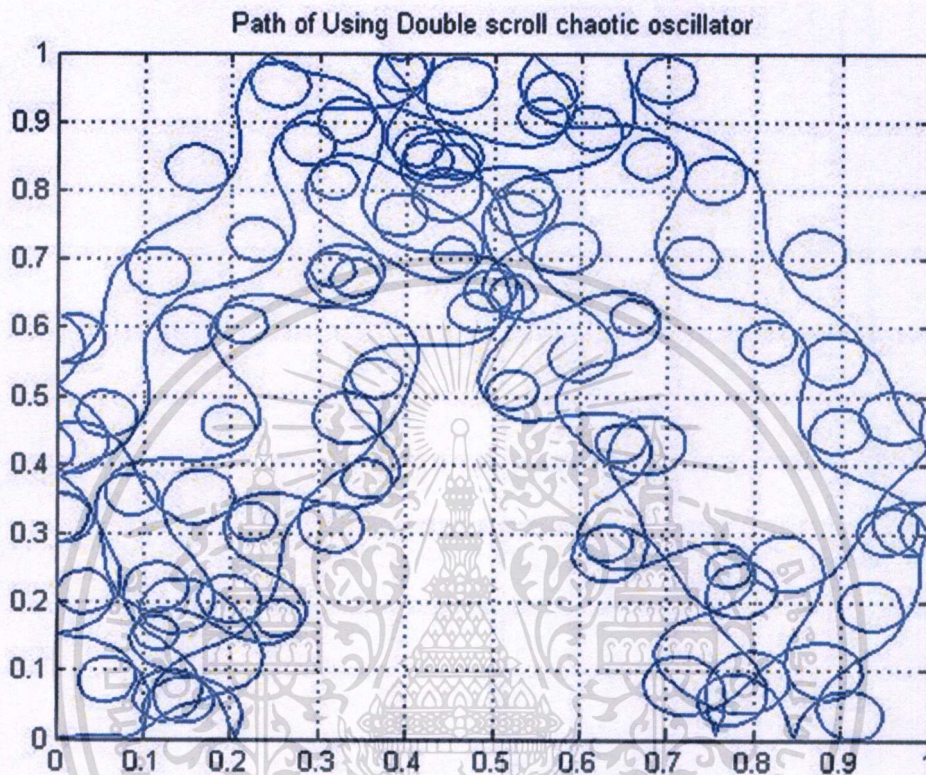
วิเคราะห์วิถีโคจร

วิถีโคจรที่ได้จากวงจร Simple RC chaotic oscillator มีลักษณะเดินทางสั้น 2 วินาที แล้วหมุนตัววงเลี้ยวแคบๆหนึ่งรอบถึงสองรอบ แล้วเดินทางต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 เส้นทางโคจรจากวงจร Double scroll chaotic oscillator

เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณอลวน โดยเริ่มต้นจากจุดตั้งต้นที่ พิกัด 0,0 เป็นระยะเวลา 300 วินาทีแสดงดังรูปที่ 4-29



รูปที่ 4-29 เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Double scroll chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทางโคจรของหุ่นยนต์อลวน

อัตราการครอบคลุมพื้นที่ = 83 %

มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสร้างวิถีโคจร ในงานวิจัย แต่มีความสะเปะสะปะ

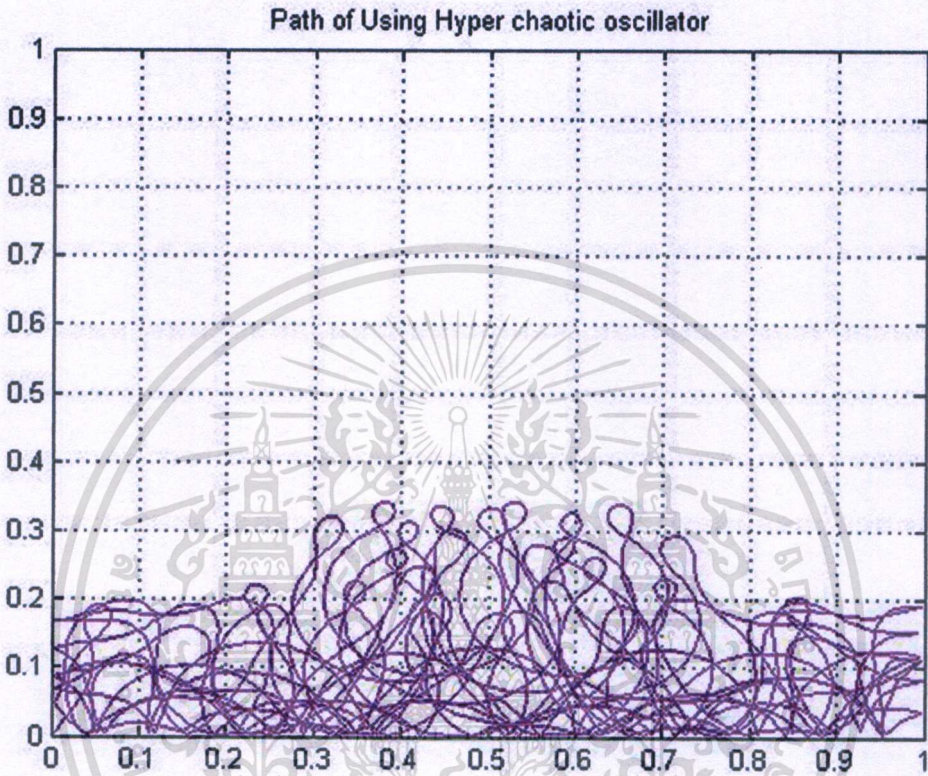
วิเคราะห์วิถีโคจร

วิถีโคจรที่ได้จากวงจร Double scroll chaotic oscillator มีลักษณะเดินหน้ายาว 3 วินาที แล้วหมุนตัววงเลี้ยวกว้างเมื่อเทียบกับสัญญาณอื่น หนึ่งรอบ แล้วเดินหน้าต่อ จึงครอบคลุมพื้นที่
ได้รวดเร็วกว่าสัญญาณอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 เส้นทางโคจรจากวงจร Hyper chaotic oscillator

เส้นทางโคจรของหุ่นยนต์เมื่อใช้สัญญาณอลวน โดยเริ่มต้นจากจุดตั้งต้นที่ พิกัด 0,0 เป็นระยะเวลา 300 วินาทีแสดงดังรูปที่ 4-30



รูปที่ 4-30 เส้นทาง โคจรของหุ่นยนต์เมื่อ ใช้สัญญาณจาก
วงจร Hyper chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการครอบคลุมเส้นทาง โคจรของหุ่นยนต์อลวน

อัตราการครอบคลุมพื้นที่ = 30 %

มีประสิทธิภาพต่ำสุดในการสร้างวิถี โคจร ในงานวิจัย แต่มีความละเอียดสูง

วิเคราะห์วิถีโคจร

วิถีโคจรที่ได้จากวงจร Hyper chaotic oscillator มีลักษณะเดินทาง 5 วินาทีแล้วหมุนตัวกลับ แล้วเดินทางต่อจึงมีลักษณะกวาดพื้นที่ละเอียดแต่ครอบคลุมพื้นที่ช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

การทดลองในโครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะด้วยการจำลองพื้นที่ออกเป็นตารางขนาดทั้งหมด 10*10 ตาราง โดยป้อนสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆเป็นระยะเวลา 300 วินาที เพื่อหารูปทรงพื้นที่ที่ฉุดพัน อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ และเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อป้อนสัญญาณอลวนชนิดต่างๆ

โดย

$$\text{อัตราการปนเปื้อนพื้นที่} = \frac{\text{พื้นที่ที่ปนเปื้อน}}{\text{พื้นที่งานทั้งหมด}} \%$$

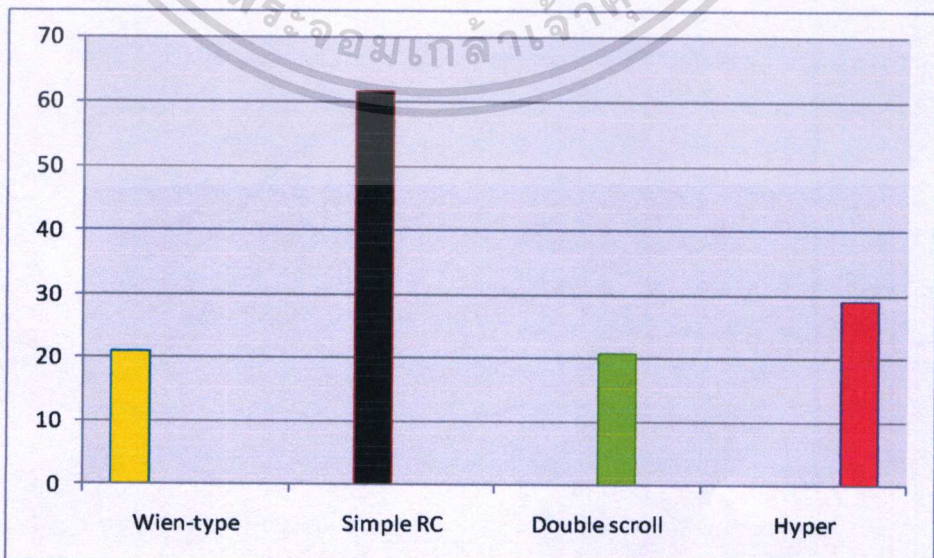
พื้นที่ทั้งหมด = 100 ตาราง เวลาการทดลอง = 300 วินาที

พื้นที่ที่ปนเปื้อน = พื้นที่ฉุดพันสารเคมี

ตาราง 4.2 รูปทรงพื้นที่ที่ฉุดพัน และอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อเปลี่ยนสัญญาณอลวน

วงจรกำเนิดสัญญาณ	รูปทรงพื้นที่ที่ฉุดพัน	อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ (%)
Wien-type chaotic oscillator	ทรงสามเหลี่ยม	20.8
Simple RC chaotic oscillator	ทรงกลม	61.6
Double scroll chaotic oscillator	ทรงรี	20.6
Hyper chaotic oscillator	ทรงสี่เหลี่ยม	29.2

เปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนพื้นที่เมื่อใช้สัญญาณอลวนรูปแบบ ดังรูปที่ 4-31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4-31 กราฟเปรียบเทียบอัตราการปนเปื้อนพื้นที่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 พื้นที่จุดพ่นสารเคมีจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

ใช้น้ำสีเหลืองในการทดลอง โดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณออสซิลเลชันแบบ Wien-type บนพื้นที่ทดลองขนาด 100 ตาราง เพื่อหารูปทรงพื้นที่ที่ฉีดพ่น ดังรูปที่ 4-32



รูปที่ 4-32 ตัวอย่างพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจากวงจร Wien-type chaotic oscillator

จากการทดลองได้พื้นที่ที่ฉีดพ่นจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator รูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม

หาอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ โดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัด ทำซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณออสซิลเลชันวงจร Wien-type

วงจรกำเนิดสัญญาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
Wien-type chaotic oscillator	20	22	19	23	20	20.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างพื้นที่ปนเปื้อนสารเคมีจากการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน
เมื่อใช้สัญญาณอกลวนจากวงจร Wien-type ดังรูปที่ 4-33



รูปที่ 4-33 ตัวอย่างพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Wien-type chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน

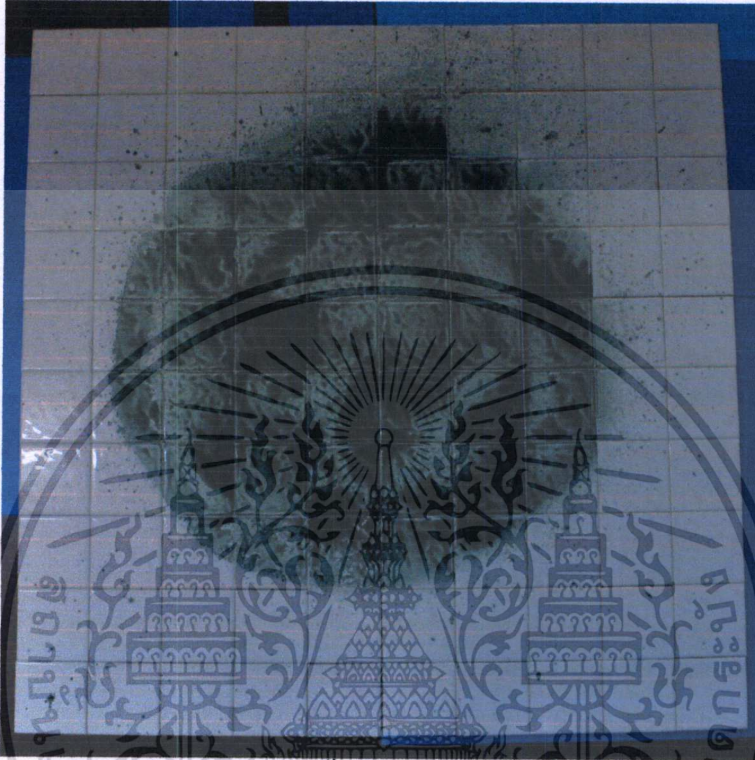
อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ = 20.8 %

จากการทดลองเมื่อฉีดพ่นน้ำสี โดยควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณอกลวนแบบ Wien-type
สามารถจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นให้มีรูปทรงสามเหลี่ยมและมีอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ 20.8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 พื้นที่ผิดพ่นสารเคมีจากวงจร Simple RC chaotic oscillator

ใช้น้ำสีดำในการทดลองโดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณคลื่นแบบ Simple RC บนพื้นที่ทดลองขนาด 100 ตาราง เพื่อหารูปทรงพื้นที่ที่ฉีดพ่น ดังรูปที่ 4-34



รูปที่ 4-34 ตัวอย่างพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก วงจร Simple RC chaotic oscillator

จากการทดลองได้พื้นที่ที่ฉีดพ่นจากวงจร Simple RC chaotic oscillator รูปร่างคล้ายรูปทรงกลม

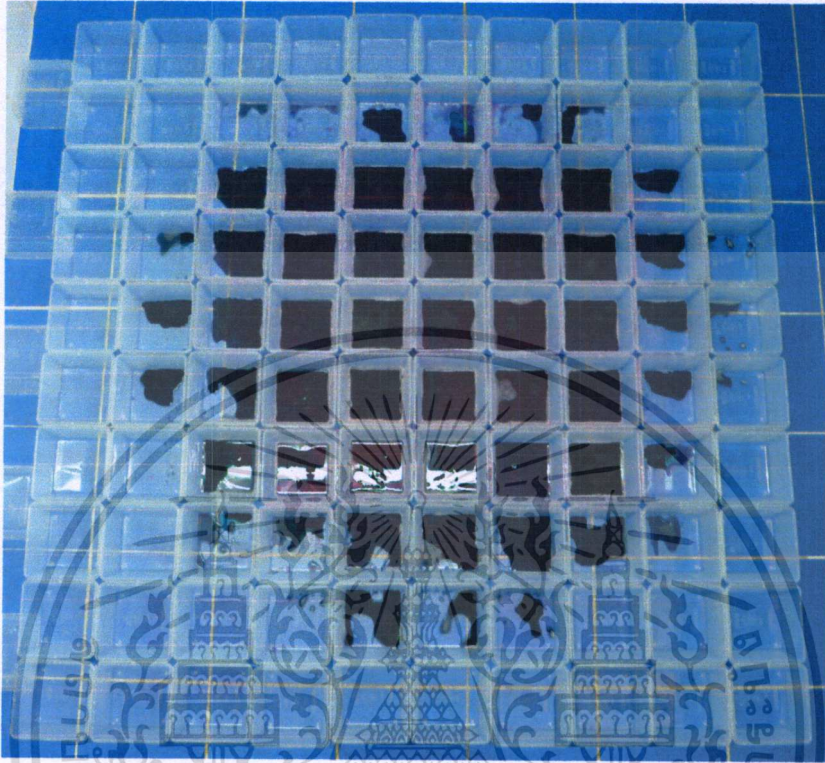
หาอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ โดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัด ทำซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง ดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณคลื่นวงจร Simple RC

วงจรกำเนิดสัญญาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
Wien-type chaotic oscillator	60	59	65	63	61	61.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างพื้นที่ปนเปื้อนสารเคมีจากการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน
เมื่อใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Simple RC ดังรูปที่ 4-35



รูปที่ 4-35 ตัวอย่างพื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Simple RC chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน

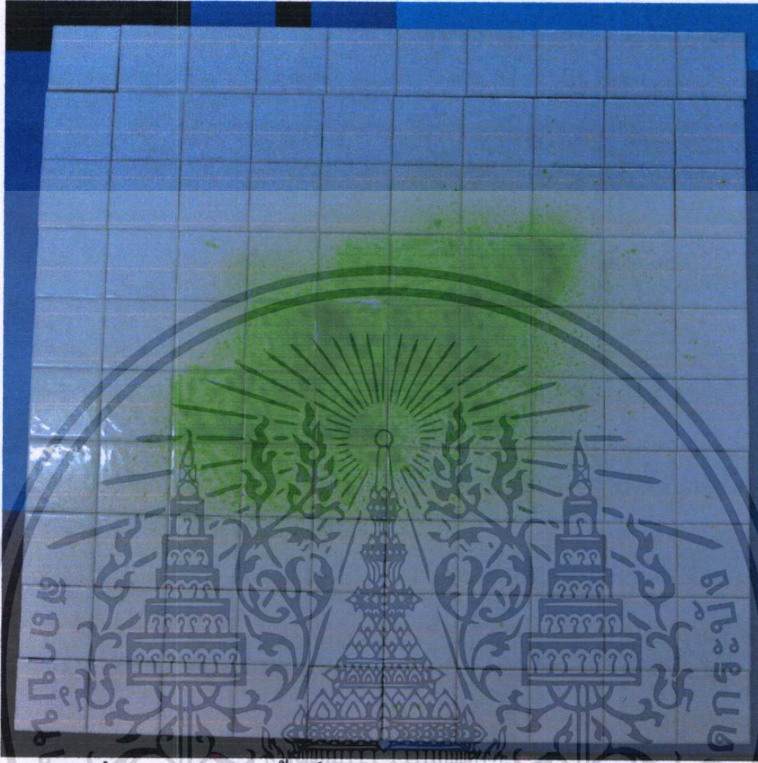
อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ = 61.6 %

จากการทดลองเมื่อฉีดพ่นน้ำสีโดยควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณอลวนแบบ Simple RC สามารถจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นให้มีรูปทรงวงกลมและมีอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ที่กว้างขวางถึง 61.6 % นับว่ามีประสิทธิภาพสูงสุดในแง่ของการกระจายสารเคมีเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการปนเปื้อนจากการควบคุมด้วยสัญญาณอลวนรูปแบบอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 พื้นที่ฉีดยาเคมีจากวงจร Double scroll chaotic oscillator

ใช้น้ำสีเขียวในการทดลอง โดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณคลื่นแบบ Double scroll บนพื้นที่ทดลองขนาด 100 ตาราง เพื่อหารูปทรงพื้นที่ฉีดพ่น ดังรูปที่ 4-36



รูปที่ 4-36 ตัวอย่างพื้นที่ฉีดยาเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Double scroll chaotic oscillator

จากการทดลองได้พื้นที่ฉีดยาเคมีจากวงจร Double scroll chaotic oscillator รูปร่างคล้ายรูปวงรี

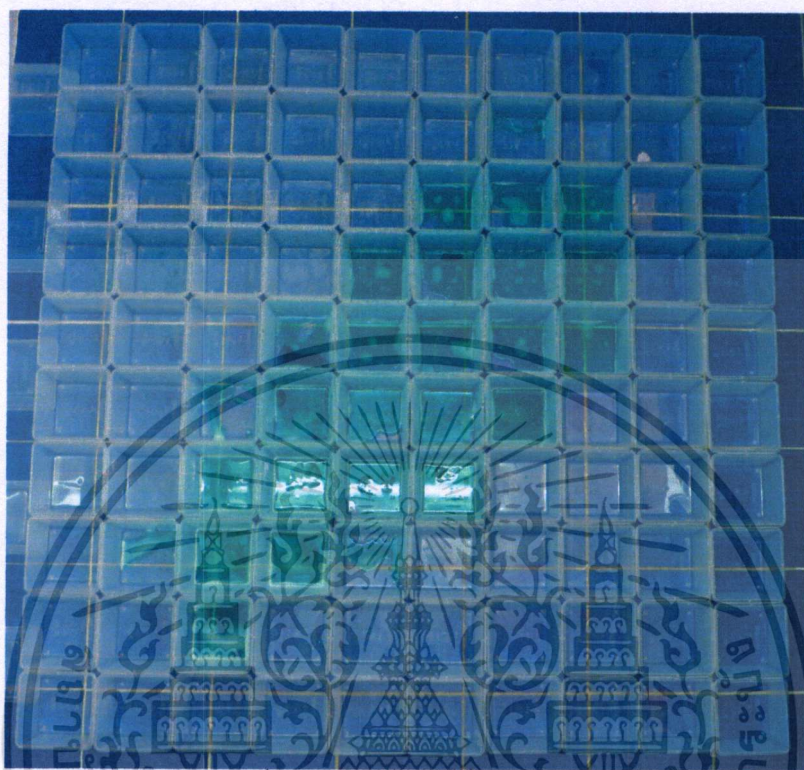
หาอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ โดยฉีดพ่นน้ำสีพร้อมควบคุมใบพัด ทำซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง ดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณคลื่นวงจร Double scroll

วงจรกิจติสัญญาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
Wien-type chaotic oscillator	24	21	19	18	21	20.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างพื้นที่ปนเปื้อนสารเคมีจากการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน
เมื่อใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Double scroll ดังรูปที่ 4-37



รูปที่ 4-37 พื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Double scroll chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน

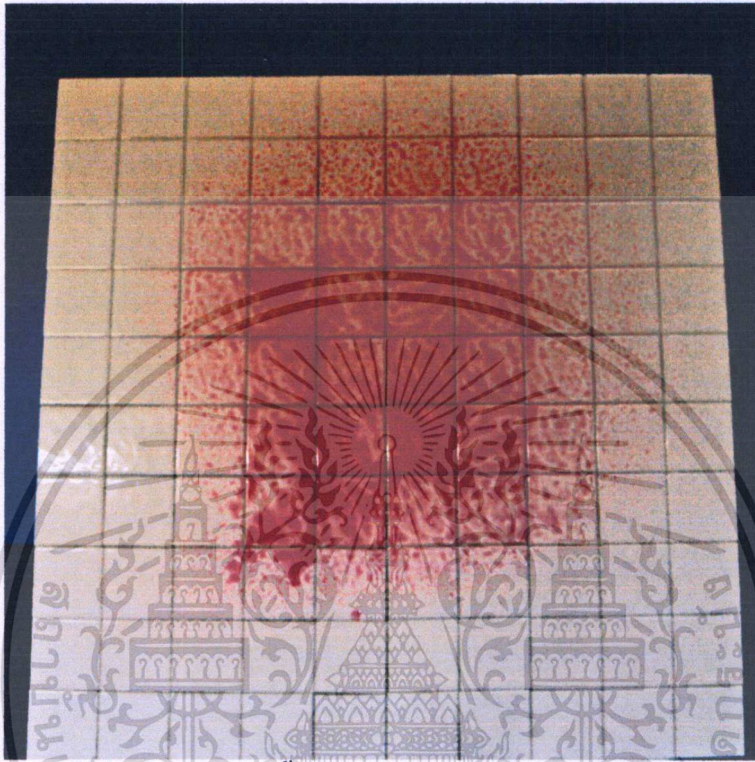
อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ = 20.6 %

จากการทดลองเมื่อฉีดพ่นน้ำสี โดยควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณอลวนแบบ Double scroll สามารถจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่นให้มีรูปทรงรีและมีอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ต่ำเพียง 20.6 % โดยมีประสิทธิภาพในการกระจายสารเคมีที่ต่ำ แต่หากประยุกต์นำการควบคุมด้วยสัญญาณแบบ Double scroll ไปใช้ในพื้นที่ที่มีรูปทรงจำเพาะคล้ายทรงรี จะสามารถดึงประโยชน์จากการจำกัดพื้นที่รูปทรงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 พื้นที่ฉัดฟันสารเคมีจากวงจร Hyper chaotic oscillator

ใช้น้ำสีแดงในการทดลอง โดยฉัดฟันน้ำสีพร้อมควบคุมไบพัตด้วยสัญญาณอลวนแบบ Hyper บนพื้นที่ทดลองขนาด 100 ตาราง เพื่อหารูปทรงพื้นที่ฉัดฟัน ดังรูปที่ 4-38



รูปที่ 4-38 ตัวอย่างพื้นที่ฉัดฟันสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Hyper scroll chaotic oscillator

จากการทดลองได้พื้นที่ฉัดฟันจากวงจร Simple RC chaotic oscillator รูปร่างคล้ายทรงสี่เหลี่ยม

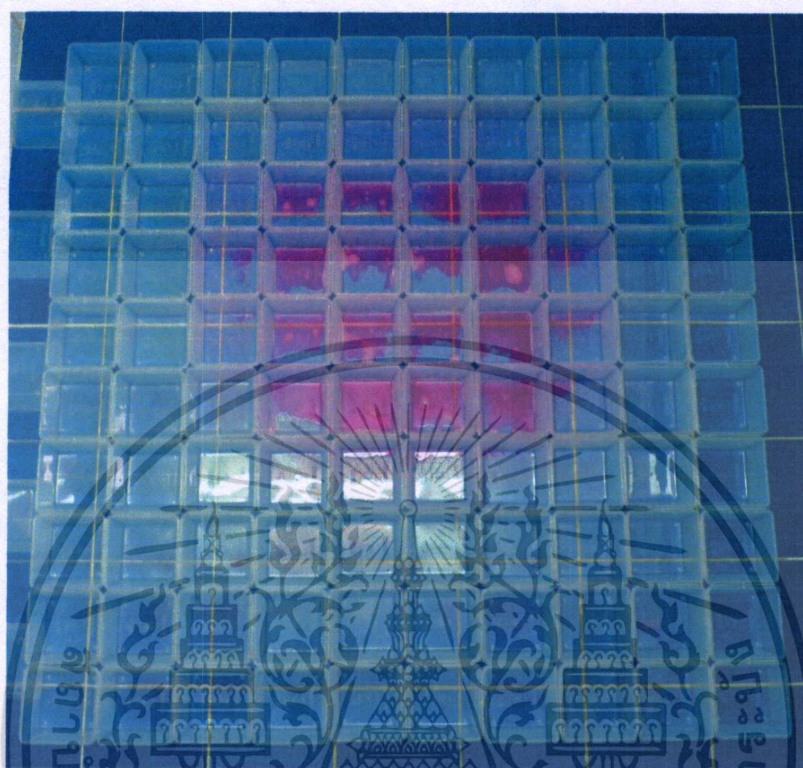
หาอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ โดยฉัดฟันน้ำสีพร้อมควบคุมไบพัต ทำซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการทดลอง ดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ เมื่อใช้สัญญาณอลวนวงจร Hyper

วงจรกิจติสัญญาณ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย
Hyper chaotic oscillator	26	32	30	30	28	29.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างพื้นที่ปนเปื้อนสารเคมีจากการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง เพื่อหาดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน
เมื่อใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Hyper ดังรูปที่ 4-39



รูปที่ 4-39 พื้นที่ที่ฉีดพ่นสารเคมีเมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Hyper chaotic oscillator

ดัชนีชี้วัดการปนเปื้อน

อัตราการปนเปื้อนพื้นที่ = 29.2 %

การฉีดพ่นน้ำสีโดยควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณอลวนแบบ Hyper ผลที่ได้สามารถจำกัด
พื้นที่ที่ฉีดพ่นให้มีรูปทรงคล้ายสี่เหลี่ยมและมีอัตราการปนเปื้อนพื้นที่ 29.2 % ถึงแม้จะมีอัตราการ
ปนเปื้อนพื้นที่ไม่มากแต่ สามารถจำกัดรูปทรงให้เป็นสี่เหลี่ยมใกล้เคียงขนาดปากถังขยะ จึงนำ
การควบคุมใบพัดด้วยสัญญาณจากวงจร Hyper chaotic oscillator มาใช้ในการจำกัดพื้นที่ที่ฉีดพ่น
จุดอันตรายบำบัดกลิ่นในโครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

การทดลองในโครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน นำประโยชน์จากทราบดีกรปร่างของพื้นที่ที่ฉีคพ่นมาประยุกต์เป็นเทคนิคสร้างสรรค์งานศิลปะแบบใหม่

4.4.1 ภาพศิลปะจากวงจร High frequency Wien-type chaotic oscillator

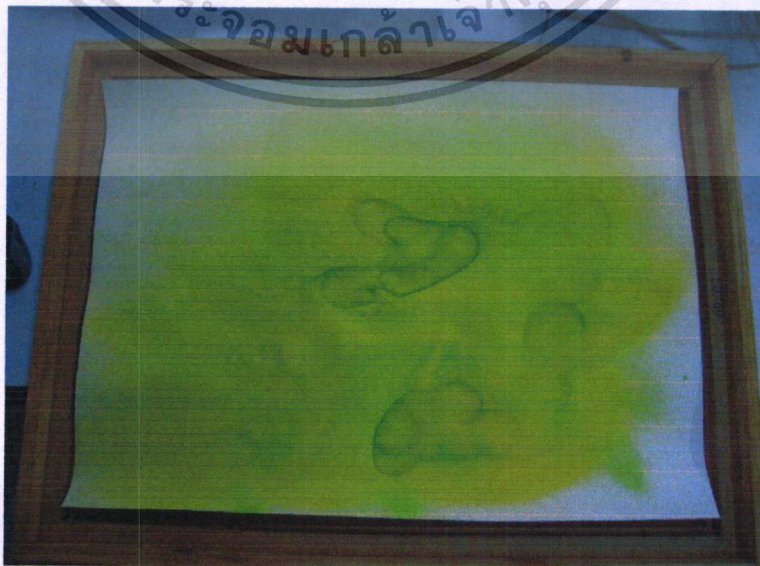
เลือกใช้สีเขียวและสีเหลืองมาฉีคพ่น โดยสลับกัน โดยรูปที่ 4-40 เริ่มจากใช้สีเหลืองก่อนเป็นเวลา 60 วินาทีแล้วจึงสลับเป็นสีเขียวอีก 60 วินาที



รูปที่ 4-40 ภาพศิลปะ 1 เมื่อใช้สัญญาณจาก

วงจร Wien-type chaotic oscillator

แต่รูปที่ 4-41 เริ่มใช้สีเขียวก่อนเป็นเวลา 30 วินาทีแล้วสลับมาใช้สีเหลืองเป็นเวลา 60 วินาที



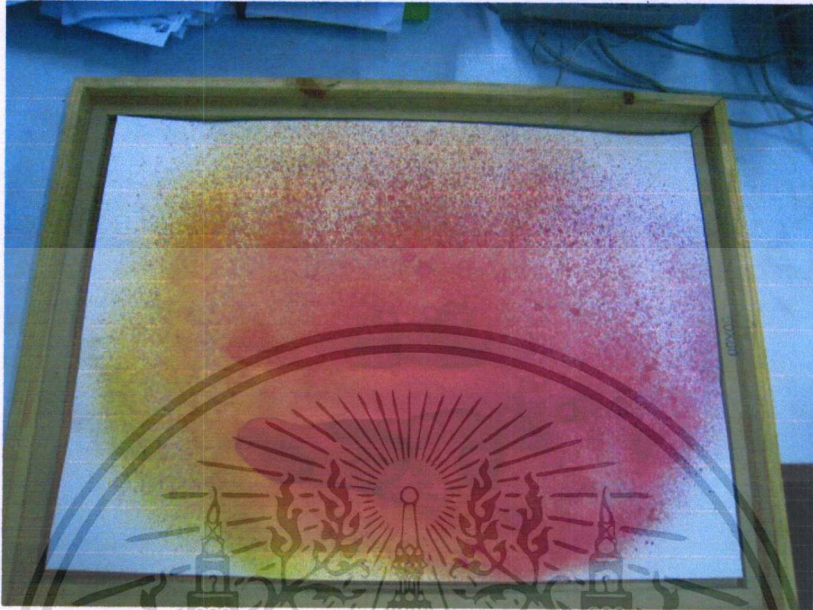
รูปที่ 4-41 ภาพศิลปะ 2 เมื่อใช้สัญญาณจาก

วงจร Wien-type chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องยังอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ภาพศิลปะจากวงจร Simple RC chaotic oscillator

เลือกใช้สีเหลืองและสีแดงมาฉีกพ่น โดยเริ่มที่สีเหลืองเป็นเวลา 30 วินาที และสลับมาสี
แดงอีก 30 วินาที จึงเกิดการกลืนกันของสีในส่วนที่ทับซ้อนออกเป็นสีส้ม ดังรูปที่ 4-42



รูปที่ 4-42 ภาพศิลปะ 3 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Simple RC chaotic oscillator

ในรูปที่ 4-43 ใช้ขั้นตอนแบบรูปที่ 4-42 แต่เพิ่มสีน้ำเงินในช่วงทำยทับลงไป 30 วินาที จึงเกิดสี
เขียวขึ้นจากการทับซ้อนกันแล้วจึงปล่อยให้แห้ง

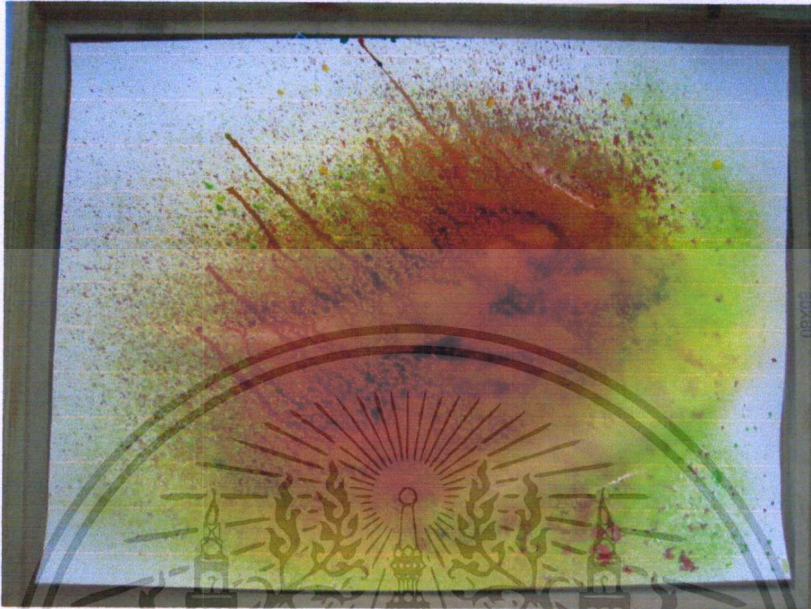


รูปที่ 4-43 ภาพศิลปะ 4 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Simple RC chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

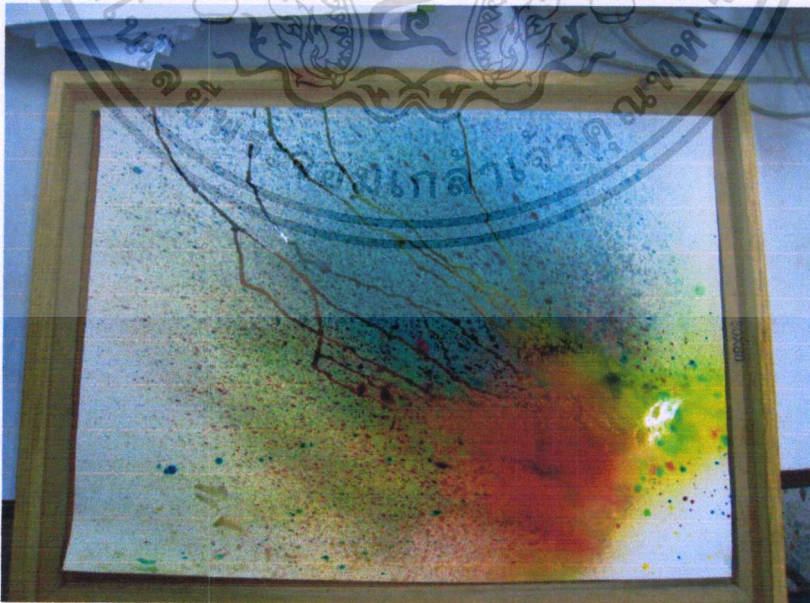
4.4.3 ภาพศิลปะจากวงจร Double scroll chaotic oscillator

เริ่มต้นด้วยการใช้สีเขียวฉีกพ่นเป็นเวลา 15 วินาทีและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอีก 30 วินาที
สุดท้ายปิดทับด้วยสีแดงเป็นเวลา 45 วินาที แล้วยกตากให้แห้ง จึงเกิดรอยไหลของสี ดังรูปที่ 4-44



รูปที่ 4-44 ภาพศิลปะ 5 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Double scroll chaotic oscillator

ส่วนในรูปที่ 4-45 ใช้สีน้ำเงินพ่นเป็นเวลา 45 วินาทีแล้วจึงเปลี่ยนเป็นสีแดงเป็นเวลา 30 วินาที
และทับด้วยสีแสดเป็นเวลา 15 วินาที แล้วจึงยกตาก เพื่อให้เกิดรอยไหลของสี

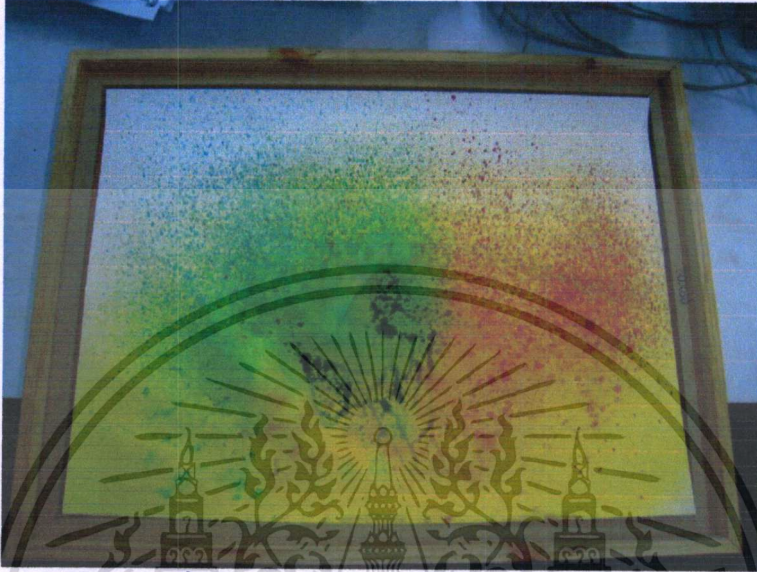


รูปที่ 4-45 ภาพศิลปะ 6 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Double scroll chaotic oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ภาพศิลปะจากวงจร Hyper chaotic oscillator

รูปที่ 4-46 ฉีดสีเขียว และสีแดง พร้อมกัน โดยสีเขียวฝั่งซ้ายและสีแดงทางฝั่งขวาเป็นเวลา 15 วินาทีที่มีการซ้อนทับเล็กน้อยตรงกลาง สูดท้ายพ่นสีเหลืองในช่วงล่างทั้งสองฝั่งเป็นเวลา 30 วินาที แล้วปล่อยให้สีกลืนตัวกัน



รูปที่ 4-46 ภาพศิลปะ 7 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Hyper chaotic oscillator

ต่อมาในรูปที่ 4-47 เลือกใช้สีเหลือง สีน้ำเงิน สีแดง และสีเขียว ฉีดพร้อมกันเป็นเวลา 15 วินาที



รูปที่ 4-47 ภาพศิลปะ 8 เมื่อใช้สัญญาณจาก
วงจร Hyper chaotic oscillator

ในการทดลองเลือกใช้สีเหลือง สีแดงและน้ำเงินเป็นหลัก นัยว่าเม้นจะมีสีที่แตกต่างกันแต่สามารถ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รวมกัน ผสานกันสร้างสรรค์ความสวยงามได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดทำแบบสอบถามความคิดเห็นทั้งหมด 120 ชุด เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพศิลปะทั้ง 8 รูป โดยกระจายแบบสอบถาม 3 แห่ง คือ โรงพยาบาลมงกุฎวัฒนะ สยามสแควร์ และห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว เพื่อรวบรวมความหลากหลายของความคิดเห็นจาก กลุ่มผู้ใช้บริการโรงพยาบาล กลุ่มวัยรุ่น และกลุ่มผู้บริโภคร ตามลำดับ

ในบทที่ 4 ทดลองสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆและประยุกต์ใช้ตามแนวคิดในโครงการต่างๆแล้ว จะสรุปผลการวิจัยทั้งหมดรวมทั้งข้อเสนอแนะในการพัฒนาแต่ละโครงการ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาการสร้างวิถีโคจร การจำกัดพื้นที่ที่รบกวน และเทคนิคสร้างสรรค์งานศิลปะแบบใหม่ ต่อไปในบทที่ 5



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เสนอการใช้สัญญาณออสซิลเลชันเพื่อวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน แต่หวังให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้เชิงวิศวกรรมต่อสังคมที่ยังถูกเบิกเนรมิตในการประยุกต์ความรู้เชิงวิศวกรรมต่องานศิลปะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการหุ่นยนต์ออสซิลเลชันแบบรวมหลุมแรงดูด

เป็นโครงการวิจัยที่ทดแทนการใช้หน่วยประมวลผลกลางเพื่อสร้างวิถีโคจรให้แก่หุ่นยนต์ โดยอาศัยวงจรออสซิลเลชันเป็นตัวกำเนิดสัญญาณเพื่อสร้างวิถีโคจร

สัญญาณออสซิลเลชันสามารถสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่ โดยวงจรที่ใช้ทั้งหมดในโครงการ

- วงจร Wien-type chaotic oscillator มีประสิทธิภาพเป็นอันดับ 2 ในบรรดางจรที่วิจัย
- วงจร Simple RC chaotic oscillator มีประสิทธิภาพเป็นอันดับ 3 ในบรรดางจรที่วิจัย
- วงจร Double scroll chaotic oscillator มีประสิทธิภาพเป็นอันดับ 1 ในบรรดางจรที่วิจัย
- วงจร Hyper chaotic oscillator มีประสิทธิภาพเป็นอันดับ 4 ในบรรดางจรที่วิจัย

โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

โครงการวิจัยนี้เริ่มต้นจากปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นที่การแก้ปัญหาขยะติดเชื้อที่ส่งกลิ่นเหม็นนำไปทั่วบริเวณ ซึ่งเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อผู้คนในชุมชนเกือบทุกชุมชน แม้การบำบัดกลิ่นขยะนั้นได้ใช้ระบบชีววิทยาโดยใช้จุลินทรีย์ที่ไม่มีพิษภัยต่อผู้คน แต่อาศัยเทคนิคสัญญาณออสซิลเลชันเข้ามาเพื่อควบคุมพื้นที่ฉีดพ่น เพื่อความสามารถในการประยุกต์โครงการไปฉีดพ่นสารเคมีหรือเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดโดยไม่สิ้นเปลืองจุลินทรีย์

สัญญาณออสซิลเลชันสามารถจำกัดพื้นที่การปนเปื้อนสารเคมี โดยวงจรที่ใช้ทั้งหมดในโครงการ

- วงจร Wien-type chaotic oscillator มีรูปแบบการจำกัดการปนเปื้อนคล้ายทรงสามเหลี่ยม
- วงจร Simple RC chaotic oscillator มีรูปแบบการจำกัดการปนเปื้อนคล้ายทรงกลม
- วงจร Double scroll chaotic oscillator มีรูปแบบการจำกัดการปนเปื้อนคล้ายทรงรี
- วงจร Hyper chaotic oscillator มีรูปแบบการจำกัดการปนเปื้อนคล้ายทรงสี่เหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้สัญญาณอลวนจากวงจร Hyper chaotic oscillator ในโครงการระบบบำบัดกลิ่น เพื่อการจัดการขยะเนื่องด้วยรูปแบบสี่เหลี่ยมใกล้เคียงปากถังขยะ

โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

เพื่อนำเสนอเทคนิคใหม่ในการสร้างสรรค์งานศิลป์ โดยอาศัยความรู้เชิงวิศวกรรมเรื่องสัญญาณอลวน และนำสัญญาณอลวนมาใช้ในการสร้างสรรค์งานศิลป์ รวมถึงสอบถามความคิดเห็นจากประชาชนทั่วไปเกี่ยวกับงานศิลป์ที่เกิดจากการนำความรู้เชิงวิศวกรรมมารวมกับจินตนาการเพื่อนำข้อเสนอแนะมาพัฒนาต่อไป

สัญญาณอลวนสามารถสร้างสรรค์งานศิลป์ได้ โดยวงจรที่ใช้ทั้งหมดในโครงการ

- วงจร Wien-type chaotic oscillator มีความนิยมเป็นอันดับที่ 1 (44 ชุด)
- วงจร Simple RC chaotic oscillator มีความนิยมเป็นอันดับที่ 3 (29 ชุด)
- วงจร Double scroll chaotic oscillator มีความนิยมเป็นอันดับที่ 4 (16 ชุด)
- วงจร Hyper chaotic oscillator มีความนิยมเป็นอันดับที่ 2 (31 ชุด)

จากแบบสอบถามความคิดเห็นทั้งหมด 120 ชุด

5.2 ข้อเสนอแนะ

มีรูปแบบของสัญญาณอลวนอีกมากที่น่าสนใจ โดยหากทดลองเพิ่มสัญญาณอลวนรูปแบบอื่นอาจจะได้ผลการทดลองที่ดียิ่งขึ้น[13] - [18] แต่การวิจัยนี้ถือเป็นโครงการต้นแบบการประยุกต์ใช้สัญญาณอลวนเพื่อจุดประสงค์ที่แตกต่างกันแต่ยังอาศัยความต่อเนื่องของโครงการ

5.3 แนวทางการพัฒนาในอนาคต

โครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด เป็นงานวิจัยพัฒนาเครื่องต้นแบบสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่อันตรายหรือพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการสำรวจ โดยมนุษย์ ตามแนวคิดการวิจัยเพื่อสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่ดังต่อไปนี้

1. เป็นโครงงานต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง
2. สามารถสร้างเส้นทางครอบคลุมพื้นที่ใช้งานได้
3. มีราคาถูกลงเมื่อเทียบกับการสร้างเส้นทางด้วยระบบที่ใช้หน่วยประมวลผลกลาง
4. สามารถพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

แนวทางในการพัฒนาโครงการหุ่นยนต์อลวนแบบรวมหลุมแรงดูด

1. เพิ่มรูปแบบสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆเพื่อจะได้เส้นทางโคจรรูปแบบอื่นอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ เป็นงานวิจัยพัฒนาเครื่องต้นแบบบำบัดขยะติดเชื้อที่ส่งกลิ่นเหม็นรบกวนผู้คนที่อยู่บริเวณนั้น ๆ และได้มีการปรับปรุงโรงเรียนให้เป็นโรงเรียนตัวอย่าง ตามแนวทางการวิจัยเพื่อจำกัดพื้นที่ฉีดพ่นสารเคมีดังต่อไปนี้

1. เป็นโครงการต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง
2. สามารถจำกัดการปนเปื้อนของสารเคมีได้
3. สามารถพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

แนวทางในการพัฒนาโครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

1. เพิ่มรูปแบบสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆเพื่อจะได้รูปแบบการจำกัดพื้นที่อื่น
2. ควรปรับปรุงระบบปั๊มฉีดน้ำผสมเบคทีเรียให้เป็นระบบปั๊มเคมีเพื่อความแม่นยำและความคงทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
3. ควรลดขนาดของเครื่องต้นแบบลงเพื่อที่จะได้เครื่องที่มีราคาถูกลง และสามารถเคลื่อนย้ายหรือนำไปติดตั้งได้ง่าย และยังเพิ่มเนื้อที่ใช้สอยประโยชน์ภายในโรงเรียนได้อีก
4. ควรปรับปรุงสื่อเลื่อนรถขยะที่ชำรุดเสียหายให้มีโครงสร้างแข็งแรง และติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องต้นแบบบำบัดกับรถเลื่อนกักเก็บขยะให้สามารถเคลื่อนไปได้อัตโนมัติและมีความฉลาดในการเคลื่อนตนเองไปยังสถานที่ที่กำหนดให้
5. ควรทำส่วนห่อขยะในบริเวณรอบ ๆ โรงเรียนเพื่อจะได้ใช้น้ำเบคทีเรียที่ผ่านการย่อยสลายจากที่เก็บขยะมาเป็นปุ๋ยชีวภาพให้ไม้ดอกและไม้ประดับในบริเวณดังกล่าว

โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน เป็นงานวิจัยสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆ ตามแนวทางการวิจัยเพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะดังต่อไปนี้

1. เป็นโครงการต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง
2. สามารถสร้างสรรค์งานศิลปะได้
3. สามารถพัฒนาต่อยอดได้ในอนาคต

แนวทางในการพัฒนาโครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยสัญญาณอลวน

1. เพิ่มรูปแบบสัญญาณอลวนรูปแบบต่างๆเพื่อจะได้สร้างสรรค์งานศิลปะอีก
2. ควรปรับปรุงระบบปั๊มฉีดน้ำผสมสีให้เป็นระบบปั๊มเคมีเพื่อให้สามารถผสมสีชนิดต่างๆได้มากขึ้นและคงทนยิ่งขึ้น
3. พัฒนารูปแบบใบพัดต่างๆเพื่อให้ได้รูปแบบงานศิลปะที่แตกต่างกันเมื่อใช้สัญญาณอลวนชนิดเดียวกัน
4. เปลี่ยนมาใช้ฟันผ้าใบแทนที่กระดาษเพื่อความสามารถในการซึมซับสีที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากบทสรุปและแนวทางในการพัฒนาทั้งหมด ทางคณะผู้วิจัยจะทำการพัฒนา เครื่องต้นแบบต่างๆที่ใช้ในโครงการหุ่นยนต์ออลวเนบบรวมหลุมแรงดูด โครงการระบบบำบัด กลิ่นเพื่อการจัดการขยะ และ โครงการสร้างสรรค์งานศิลปะ โดยสัญญาณออลวเนบ ให้มีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้นเพื่อประโยชน์ต่อส่วนรวม คณะผู้วิจัยหวังว่าโครงการงานวิจัยนี้จะทำให้คุณภาพชีวิตของ ทุกคนในชุมชนต่างๆดีขึ้น ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์และเป้าหมายสูงสุดของการทำโครงการงานวิจัยนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Y. Nakamura and A. Sekiguchi, "**Chaotic mobile robot,**" *IEEE Trans. on Robotic and Automation*, Vol.17 No. 6 , pp. 898-904, 2001.
- [2] Jansri, K. Klomkarn, and P. Sooraksa, "**Further investigation on trajectory of chaotic guiding signals for robotics system,**" *Proc. IEEE Int. Symp. On Communications and Information Technology*, pp. 1166-1170, 2004.
- [3] A.S. Elwakil, M. P. Kennedy, "**High frequency Wien-type chaotic oscillator,**" *ELECTRONICS LETTERS*, Vol.34 No.12, pp. 1161-1162, 1998.
- [4] Namajunas and A. Tamasevicius, "**Simple RC Chaotic oscillator,**" *ELECTRONICS LETTERS*, Vol.32 No.11, pp. 945-946, 1996.
- [5] Tamasevicius, G. Mykolaitis and A. Namajunas, "**Double scroll in a simple '2D' chaotic oscillator,**" *ELECTRONICS LETTERS*, Vol.32 No.14, pp. 1250-1251, 1996.
- [6] S. Elwakil and M. P. Kennedy "**Inductorless hyperchaos generator,**" *Microelectronics Journal*, pp. 739-743, 1999.
- [7] S. Areejit, P. Sooraksa, "**Odor Treatment System for Waste Management,**" *SICE-ICASE International Joint Conference*, Busan, Korea, pp. 3177-3180, October 2006.
- [8] Essortment. "**Aristotle's theory on art.**" [Online].
Available : http://www.essortment.com/all/aristotleart_rivs.htm, 2002.
Retrieved date : 15 May 2008
- [9] Lucius Annaeus Seneca. "**All art is but imitation of nature.**" [Online].
Available : <http://www.brainyquote.com/quotes/quotes/l/luciusanna100897.html>
Retrieved date : 15 May 2008
- [10] Leo Tolstoy. "**Art is not a handicraft, it is the transmission of feeling the artist has experienced.**" [Online].
Available : <http://www.brainyquote.com/quotes/quotes/l/leotolstoy109611.html>
Retrieved date : 15 May 2008
- [11] Wikipedia. "**Chaos theory**" [Online].
Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory, 2007.
Retrieved date : 15 May 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] V. I. R. Nicuiescu, T. Zisu, S. Miclos, and E. Vasile, *“Behavior study of a Wien-bridge chaotic oscillator,” Semiconductor Conference, CAS 2000 Proceedings. International, Vol. 1, pp. 227-230, 2000.*
- [13] A.S. Elwakil, S. Ozoguz, and M. P. Kennedy, *“Creation of complex butterfly attractor using a novel Lorenz-type system,” IEEE Trans. Circuits and Systems-I, Vol.48, No.4, pp. 289-307, 2002.*
- [14] K. Klomkarn and P. Sooraksa *“Implementation on “No-CPU” Chaotic Robots,” The 5th Asian Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ASAEM 2005), Hanoi, 2005.*
- [15] ชีรชาติ อ่วมเปราะ, สมบูรณ์ มงคลแมน, *“การออกแบบและสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณเคออสติกแบบมีความซับซ้อนมากแบบต่างๆ”* วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
- [16] วีระเดช พานิชย์วิสัย, อัคร ใจยงศ์, *“หุ่นยนต์ออลวนสำหรับงานภาคสนาม”* วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2547.
- [17] อนุรักษ์ จันทร์ศรี, *“การสร้างเส้นทางโคจรสำหรับหุ่นยนต์สองล้อโดยใช้สมการออลวนของ Chua”* วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2550.
- [18] C. Chanvech, K. Klomkarn and P. Sooraksa, *“Combined Chaotic Attractor Mobile Robots,” SICE-ICASE International Joint Conference, Busan, Korea, pp. 3079-3082, October 2006.*
- [19] Henri Poincaré. *“Newton's Clock: Chaos in the Solar System.”* [Online]. Available : <http://www-chaos.umd.edu/misc/poincare.html>. 2006.
Retrieved date : 15 May 2008
- [20] A.N. Borodjjeva, and A.V. Manukova-Marinova, *“Analysis and design of active filters with generalized impedance converter,” Electronics Technology: Meeting the Challenges of Electronics Technology Progress, Vol.3, pp. 398- 404, May 2004.*
- [21] R.N. Madan, *“Chua’s circuit: A paradigm for chaos,” World scientific publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1993.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [22] G.L. Baker and J.P. Gollub, *Chaotic Dynamics on introduction*, Cambridge University Press, 1990.
- [23] K.T. Alligood, T.D. Sauer and J.A. Yorke, “*Chaos and introduction to dynamical systems*,” Springer-Verlag, New York, 1997.
- [24] R.C. Hilborn, “*Chaos and Nonlinear Dynamics*,” Oxford University Press, 2000.
- [25] T. Matsumoto, “*A Chaotic Attractor from Chua's Circuit*,” *IEEE Transactions on Circuits & Systems*, Vol.31, No.12, pp.1055-1058, December 1984.
- [26] G.Q. Zhong, and F. Ayrom, “*Experimental Confirmation of Chaos from Chua's Circuit*,” *International Journal of Circuit Theory & Applications*, Vol.13, No.1, pp. 93-98, 1985.
- [27] L.O. Chua, M. Komuro, and T. Matsumoto, “*The Double Scroll Family*,” *IEEE Transactions on Circuits & Systems*, Vol.33, No.11, pp. 1073-1118, November 1986.
- [28] F. Ayrom, and G.Q. Zhong, “*Chaos in Chua's circuit*,” *IEEE Proceedings-D Control Theory & Applications*, Vol.133, No.6, pp. 307-312, November 1986.
- [29] V.N. Belykh, and L.O. Chua, “*A New Type of Strange Attractor Related to the Chua's Circuit*,” *Journal of Circuits Systems & Computers*, Vol.3, No.2, pp. 361-374, June 1993.
- [30] R. Brown, “*Generalizations of the Chua equations*,” *IEEE Transaction on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, Vol.40, No.11, pp. 878-884, November 1993.
- [31] T. Miyoshi, T. Nitanai, and N. Inaba, “*Chaotic Attractor with a Characteristic of Torus*,” *IEEE Transactions on circuits and systems*, Vol.47, No.6, pp. 944-948, June 2000.
- [32] E.T. Cuautele, M.A. Villasenor, and J.M. Ortega, “*Modeling and Simulation of a Chaotic Oscillator by MATLAB*,” *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference*, Vol.1, pp. 239-242, September 2006.
- [33] Y. Simin, and L. Jinhu, “*High Order Chua's Circuit and Its FPGA Realization*,” *Control Conference*, pp. 409-413, July 2007.
- [34] Werner Heisenberg. “*Uncertainty principle*” [Online].
Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Werner_Heisenberg. 2006.

Retrieved date : 15 May 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [35] กรมควบคุมมลพิษ. **“ปริมาณเรื่องร้องเรียนปัญหาขยะจากกรมควบคุมมลพิษ”** [Online].
Available : http://pcdv1.pcd.go.th/Information/petition/stat_2003.htm. 2003.
Retrieved date : 15 May 2008
- [36] ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. **“ธนาคารจุลินทรีย์”** [Online].
Available : <http://www.biotech.or.th/biotechnology-th/newsdetail.asp?id=1849>. 2006.
Retrieved date : 15 May 2008
- [37] มูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา. **“การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์อีเอ็มเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อมในวันนี้”** กรุงเทพฯ : มูลนิธิ. 2544.
- [38] สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. **“เทคนิคการประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในงานกลีกรรมไร้สารพิษ ประมง ปศุสัตว์และสิ่งแวดล้อม”** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2547.
- [39] เทรู โอะ ฮิหงะ. **“อนาคตที่เกิดใหม่เทคโนโลยี EM จะเปลี่ยนศตวรรษที่ 21”** แปลโดย ภาวณี คุณวัฒนภักดี. สระบุรี : อี เอ็ม คิวเซ. 2545.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้เผยแพร่ทางเทคโนโลยีสารสนเทศ

1. รายการสายตรงเทคโนโลยี, เรื่อง ระบบบำบัดกลิ่นขยะด้วยวิธีการชีวภาพ, ช่อง 9 อ.ส.ม.ท., วันที่ 28 ธันวาคม 2548
2. รายการอินไซด์ เทคโนโลยี, เรื่อง การกำจัดกลิ่นขยะ, ช่อง 11 สทท. กรมประชาสัมพันธ์, วันที่ 8 กรกฎาคม 2549
3. พระจอมเกล้าลาดกระบังนิทรรศ 49, เรื่อง การปรับปรุงโรงเรียนบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ, วันที่ 14 – 19 พฤศจิกายน 2549

รายการสายตรงเทคโนโลยี

เรื่อง ระบบบำบัดกลิ่นขยะด้วยวิธีการชีวภาพ

งานวิจัยนี้ได้ทำการประชาสัมพันธ์เผยแพร่ผลงานในช่วงข่าวช่วงเวลาประมาณ 19.15 น ของวันที่ 28 ธันวาคม 2548 ทางช่อง 9 อ.ส.ม.ท ดังรูป หลังจากการออกอากาศผ่านทางช่อง 9 อ.ส.ม.ท ได้มีผู้สนใจสอบถามข้อมูลระบบบำบัดขยะด้วยวิธีการชีวภาพมาเป็นจำนวนมาก และ ยังได้รับความสนใจจากองค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) และองค์การบริหารส่วนจังหวัด (อบจ.) เป็นจำนวนมากที่สนใจเกี่ยวกับระบบบำบัดกลิ่นขยะด้วยวิธีการชีวภาพ ซึ่งได้มีการขอข้อมูลการสร้างโรงเรือนและเครื่องต้นแบบจากผู้วิจัย เพื่อนำไปดัดแปลงใช้งานในท้องถิ่นของตนที่มีปัญหาเกี่ยวกับขยะเน่าเหม็นส่งกลิ่นรบกวนชาวบ้านในพื้นที่นั้นๆ



รูปที่ ก-1 ทีมงานข่าวช่วงสายตรงเทคโนโลยีของช่อง 9 อ.ส.ม.ท. มาถ่ายทำเครื่องต้นแบบ

การทดลอง โดยใช้จุลินทรีย์ที่บำบัดกลิ่นขยะนั้นได้รับความอนุเคราะห์จาก คุณไกรสร กรุงวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านกรบำบัดขยะที่ได้ให้ข้อมูลรวมทั้งจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง เบื้องต้นก่อนที่จะทำการสร้างระบบบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-2 รศ.ดร. ปิติเขต สุริรักษา(ซ้าย) ที่ปรึกษาโครงการระบบบำบัดดินขยะ และ คุณ ไกรสร กรุงวงษ์(ขวา) ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการบำบัดขยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ ก-3 จุลินทรีย์ที่ใช้ในระบบบำบัดดินขยะอัตโนมัตินำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอินไซด์ เทคโนโลยี

เรื่อง การกำจัดกลิ่นขยะ

สจล. ร่วมกับ กรมประชาสัมพันธ์ สร้างสรรค์ รายการโทรทัศน์ เพื่อประชาชน ด้วยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบันของคนไทยเป็นอย่างมาก รวมทั้งเยาวชนและประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้อง ดังนั้นสถาบันฯ จึงได้ร่วมมือกับกรมประชาสัมพันธ์ ผลิตรายการโทรทัศน์เสนอผ่านทางช่อง 11 กรมประชาสัมพันธ์ (สทท.11) ชื่อรายการ “INSIDE TECHNOLOGY” ออกอากาศทุกวันเสาร์ เวลา 16.05 -16.30 น. เริ่มออกอากาศครั้งแรกวันที่ 11 ธันวาคม 2548 นี้เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน สังคม และประเทศชาติ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขันกับต่างประเทศ และกระตุ้นให้เยาวชนของไทย เกิดความสนใจการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้มากขึ้น

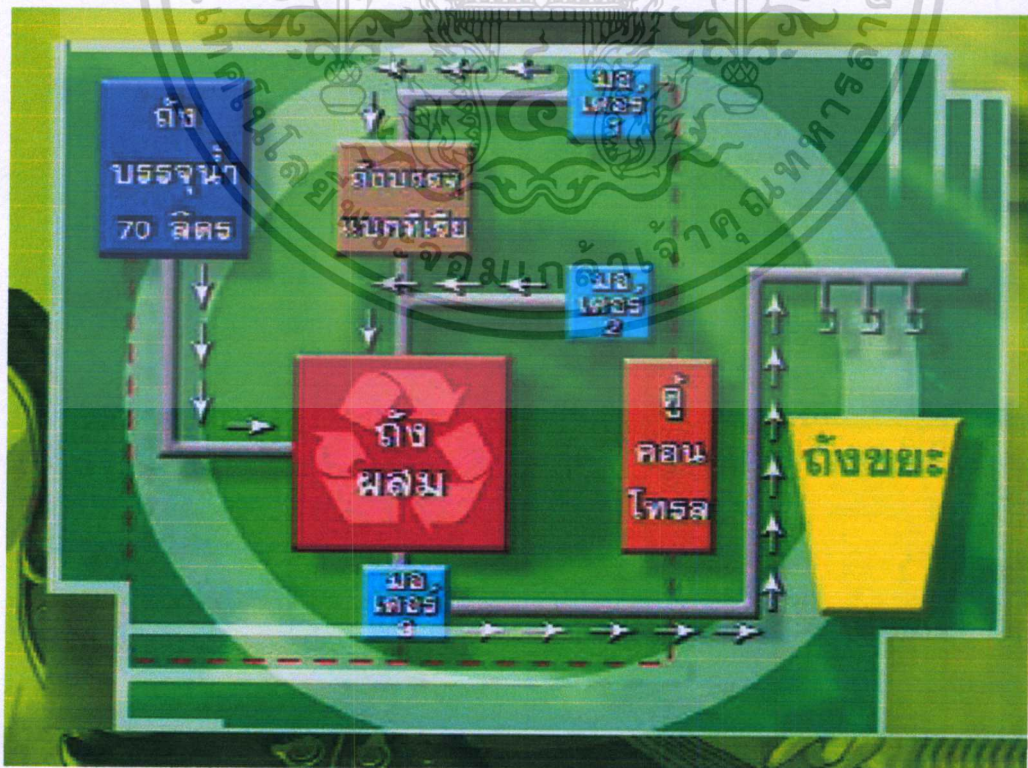


รูปที่ ก-4 รายการ INSIDE TECHNOLOGY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก-5 เครื่องต้นแบบบำบัดกลีขนชะอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 30 จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 30 จังหวัดนครราชสีมา ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รศ.ดร.ปิติเชต สุวัฏษา

อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจบล.

รูปที่ ก-7 รศ.ดร. ปิติเชต สุวัฏษา อธิบาย โครงสร้างของระบบบำบัดกลิ่นขยะ



กึ่งผสมแบคทีเรีย บรรจุ 2 กิโลกรัม

รูปที่ ก-8 นายสุวิไล อารีจิตต์ แสดงวิธีการทำงานของเครื่องบำบัดกลิ่นขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พระจอมเกล้าลาดกระบังนิทรรศ 49

เรื่อง การปรับปรุงโรงเรียนนำบัณฑิตถิ่นขยะอัตโนมัติ



สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ขอเชิญชมนิทรรศการวิชาการเฉลิมพระเกียรติ



พระจอมเกล้า ลาดกระบัง นิทรรศ ๕๕

เทิดให้ ๖๐ ปีครองราชย์
พระบิดาแห่งเทคโนโลยีของไทย

ชมผลงานเด่นทางเทคโนโลยี ผลงานวิจัย สิ่งประดิษฐ์ผลงานนวัตกรรมทางวิชาการ
จากทุกคณะของสถาบันฯ เช่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาควิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยชุมชนพระ รังสิตฯ

- กลุ่มเทคโนโลยีสื่อสารและสารสนเทศ เช่น ปานรถนำจับของขยะด้วยเทคโนโลยีไร้สาย เครื่องช่วยเดินนำทางไทย
และไม้เท้าทางสัญญาณเพื่อคนพิการ ทาง 3 มิติ บนสมรรถนะคอมพิวเตอร์และเว็บ
- กลุ่มเทคโนโลยี RFID เช่น RFID สำหรับรถจักรยานยนต์ไทยไร้ใบขับขี่อัจฉริยะ
- กลุ่ม Logistic II: Intelligent Transporter System (ITS) เช่น ระบบร่องรอยรถนำจับลาด
การให้บริการรักษาความปลอดภัยและรับรองความปลอดภัย สภานักปั่นต้นของอาชญากรรมบน
การแก้ไขปัญหาการจราจรบนถนนเรือด่วน
- กลุ่มหุ่นยนต์ เช่น หุ่นยนต์วิ่งวงล้อรถนำจับ หุ่นยนต์ช่วยหาคือป้องกันอาชญากรรม หุ่นยนต์ส่องกล้อง
- กลุ่มพลังงานทดแทน เช่น รถไฟฟ้าอัจฉริยะ รถยนต์พลังงานทดแทนไฮโดรเจน E-20
รถคนพิการอัจฉริยะ
- กลุ่มเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม เช่น โดรนเทคโนโลยีรูปแบบไร้สายนำ
โดรนออกแบบพิเศษเพื่อการเข้าเฝ้ารักษาห้องล้างผล
- กลุ่มเทคโนโลยีอาหารและการเกษตร เช่น หุ่นยนต์เก็บ เทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำไร้คนควบคุม
การวิเคราะห์ดินเพื่อการให้ปุ๋ยอัตโนมัติ ระบบร่องรอยรถนำจับบนถนน
- กลุ่มศิลปะและสถาปัตยกรรม เช่น ปานสุวรรณภูมิสำหรับสิ่งแวดล้อมที่ใกล้ชุมชนบน
ปานประยุกต์พลังงาน นิทรรศการศิลปกรรมเฉลิมพระเกียรติ

๑๔-๑๗ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

ศูนย์นิทรรศการ
สำนักนิทรรศการเฉลิมพระเกียรติ โทร. ๐-๒๓๒๖-๕๙๒๓-๕

www.kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการวิจัยเด่นเพื่อจัดแสดงในงานนิทรรศการ

“พระจอมเกล้าลาดกระบังนิทรรศ 49 : เทิดไท้ 60 ปีครองราชย์ พระบิดาแห่งเทคโนโลยีของไทย”

ระหว่างวันที่ 14 – 19 พฤศจิกายน 2549

จำนวน 92 โครงการ

กลุ่มเทคโนโลยีเพื่อสิ่งแวดล้อม จำนวน 11 โครงการ

1. การใช้ประโยชน์จากจีเอ็มโอสำหรับผลิตอิฐมวลเบา
2. ระบบกรองน้ำและฆ่าเชื้อโรคด้วยก๊าซ โอโซน
3. การพัฒนาต้นแบบเชิงพาณิชย์ของเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองแบบพกพา
4. ต้นไม้เรืองแสงด้วยยีน GFP จากแมงกะพรุน
5. การพัฒนาสารสกัดจากพืชสมุนไพรเพื่อใช้ในการป้องกันแมลงวันบ้าน
6. การศึกษาแมลงศัตรูของมะพุดและแนวทางในการป้องกันกำจัดโดยใช้สารสกัดจากพืชสมุนไพร
7. การพัฒนาชมพูพืชสมุนไพรในการป้องกันกำจัดเหามนุษย์
8. การควบคุมไรศัตรูโดยสารสกัดจากพืช
9. **การปรับปรุงโรงเรียนบ้านคกถิ่นขะอ๊ด โนมดี**
10. การพัฒนาต้นแบบเชิงพาณิชย์ของเครื่องวัดปริมาณฝุ่นละอองแบบพกพา
11. ผลกระทบจากชั้นบรรยากาศต่อสัญญาณดาวเทียม

กลุ่มเทคโนโลยีสื่อสารและสารสนเทศ จำนวน 27 โครงการ

1. ระบบให้บริการแท็กซี่ชาวลาดกระบังและระบบร้องขอและให้บริการรถฉุกเฉิน
2. ระบบนำร่องรถยนต์ชาวลาดกระบัง
3. สถานีภาคพื้นดินของอากาศยานไร้คนขับ
4. ระบบพยากรณ์สภาพจราจรและระบบควบคุมไฟจราจรอัตโนมัติตามข้อมูลสภาพจราจร
5. หนังสือเล่าดิจิทัล
6. เครื่องอ่านลายมือเขียนภาษาไทยแบบออนไลน์
7. โครงสร้างพื้นฐานของเสถียรภาพที่มีระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ
8. โลกเสมือนจริงในรูปแบบคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ 3 มิติ พร้อมการปฏิสัมพันธ์ด้านแรง
9. จอสัมผัสโดยใช้เวปแคม
10. เครื่องช่วยพิมพ์ภาษาไทยสำหรับผู้พิการทางสายตา
11. การพัฒนาต้นแบบเชิงพาณิชย์ของป้ายอัจฉริยะสะกดน้ำแข็ง
12. ระบบตรวจสอบรูปภาพลายน้ำดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เกม 3 มิติ บังคับการเคลื่อนไหวตัวละครด้วยการเคลื่อนไหวของผู้เล่น โดยใช้วิธีศน์จากกล้อง
14. เครื่องตรวจรสชาติผลไม้แบบพกพาด้วยคลื่น ไมโครเวฟ
15. รถคนพิการอัจฉริยะ
16. เครื่องกรองความถี่สัญญาณรบกวนสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้า
17. สายอากาศสถานีฐาน
18. เครื่องตัดสัญญาณการจุดระเบิดด้วยโทรศัพท์มือถือ
19. ท่อแฉนมหัศจรรย์ 3 มิติ
20. สายอากาศหลายความถี่แบบช่องเปิดมุมฉากที่กระตุ้นด้วยสายส่งไมโครสตริป
21. การจำลองการแตกหักของวัตถุแบบมีปฏิสัมพันธ์ โดยใช้เทคโนโลยีวีอาร์
22. การออกแบบโปรโตคอลสำหรับระบบที่ทำงานร่วมกัน
23. ชุดศึกษาผลกระทบของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าทางสายตัวนำ
24. ระบบวงจรรวมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ไร้สาย
25. สายอากาศโพลาริเซชันคู่แบบสองทิศทางสำหรับการส่งสัญญาณแบบหลายอินพุต หลายเอาต์พุต
26. ชุดแสดงการสื่อสารผ่านสายไฟฟ้กำลัง
27. การจัดกลุ่มข้อมูล โดยใช้ Learning Classifier System

กลุ่มเทคโนโลยี RFID จำนวน 2 โครงการ

1. ไม้เท้านำทางอัจฉริยะสำหรับคนตาบอด
2. เทคโนโลยีการเลี้ยงสัตว์น้ำโลกอนาคต : การเลี้ยงปลาสดในระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิดที่ใช้เทคนิค RFID TAGS ติดตามการเติบโตแบบรายตัว

กลุ่มหุ่นยนต์ จำนวน 7 โครงการ

1. หุ่นยนต์สองล้อ (จำนวน 2 ชุด)
2. การควบคุมหุ่นยนต์ขนาดเล็กผ่านอินเตอร์เน็ตระหว่าง สจล. และ UEC
3. เครื่องแกะสลักเอนกประสงค์
4. แขนกล (จำนวน 4 ชุด)
5. ระบบอินเวอร์ทเพนควิลัม

6. หุ่นยนต์กู้ภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หุ่นยนต์ชนะเลิศการแข่งขันหุ่นยนต์นานาชาติ 2005 (ROBOFESTA 2005)

กลุ่มพลังงานทดแทน จำนวน 10 โครงการ

1. เครื่องผลิต ไบโอดีเซลพร้อมสาริต
2. รถยนต์พลังงานทดแทน
3. ระบบส่องสว่างทั่วไปและการตกแต่งประดับประดาโดย LED กำลังสูง
4. เครื่องทำเกลบจากขงข้าวโพค
5. การพัฒนาต้นแบบเชิงพาณิชย์ของระบบควบคุมจัดการประหยัดพลังงานในหลอดไฟส่องสว่างสาธารณะ
6. พืชพลังงานเฉลิมพระเกียรติ
7. รถไฟฟ้าไฮบริดจากเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานเชื้อเพลิง
8. พลังงานน้ำมันรีไซเคิล
9. ระบบรถไฟฟ้าไฮบริดอัจฉริยะ
10. เครื่องออกกำลังกายยุคทุนนิยม

กลุ่มเทคโนโลยีอาหาร/เกษตร จำนวน 25 โครงการ

1. เครื่องจ่ายน้ำนม
2. เครื่องพัฒนาคุณภาพเนื้อ
3. เครื่องลวก/ทอดแบบอุตสาหกรรม
4. ชุดเครื่องมือผลิตเครื่องดื่มอัดลมและเครื่องบรรจุแบบกึ่งอัตโนมัติ สำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็ก
5. เครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ
6. อาหารหมักและเครื่องดื่ม โปรไบโอติก
7. การประยุกต์ใช้อัลตราไคฟงจากเปลือกส้มโอเป็นแหล่งใยอาหารในบัตเตอร์เค้กและคุกกี้
8. การทำวิศวกรรมเมแทบอลิกของชีวสังเคราะห์เฟลโวนอยด์เพื่อผลิตพืชต้านทานต่อสภาวะเครียด
9. การปรับปรุงพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
10. การใช้ปุ๋ยในไม้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ
11. การพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริด้านการเกษตร
12. พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวกับงานด้านปศุสัตว์
13. การพัฒนาอาหารเทียมสำหรับหมูวัยอ่อนและการคัดแปลงพันธุกรรมใหม่อีรี

14. การยี่ตอายุการเก็บรักษาบัวและผลิตภัณฑ์ของดอกบัว
15. โรงเรือน โฟมสำหรับการเพาะเห็ดฟางแบบอุตสาหกรรม
16. การขยายพันธุ์และผลิตพรรณไม้น้ำแบบไร้ดินเพื่อการส่งออก
17. ป่าชายเลนและเทคโนโลยีการเลี้ยงปูทะเลในพื้นที่จำกัดด้วยระบบสเปรย์น้ำ
18. การเร่งสีปลาสวยงามและสีเนื้อปลาด้วยการใช้สาหร่าย *Nostoc commune* สายพันธุ์ของไทย
19. การเลี้ยงสัตว์ปีกพื้นเมืองในชนบทด้วยอาหารธรรมชาติแบบเลือกกิน
20. แนวทางการใช้สมุนไพรในการประกอบสูตรอาหารสัตว์เพื่อความปลอดภัยด้านอาหาร
21. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อ (การตรวจสอบการปลอมปนของวัตถุดิบเนื้อในผลิตภัณฑ์เนื้อโดยใช้เทคนิคปฏิกิริยาภูฏาโซฟีซีอาร์)
22. การผลิตแหมนโดยใช้กล้าเชื้อแบคทีเรียแลกคิกที่ผลิตแบคทีเรียโอซิน
23. ไม้กรอกเต้าหู้รวมควัน
24. แป้งขนมตาลสำเร็จรูป
25. นวัตกรรมผลิตภัณฑ์เนื้อ (ผลิตภัณฑ์ไม้กรอก KMITL เพื่อสุขภาพ)

กลุ่มศิลปและสถาปัตยกรรม จำนวน 6 โครงการ

1. นิทรรศการศิลปกรรมเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว
2. โครงการศึกษาออกแบบอุทยานเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ ๔ ณ บริเวณสนามเขาวัง จังหวัดเพชรบุรี
3. การศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์ตัวกันสีแบบเจลสำหรับทำผ้าบาติกเพื่อสิ่งแวดล้อม
4. การศึกษาแนวทางการแก้ไขปัญหาการจราจรตามแนวพระราชดำริ
5. พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยาเกาะและทะเลไทย
6. การอนุรักษ์และปรับปรุงพันธุ์วานิลลาสายพันธุ์ป่าในประเทศไทย

กลุ่มเทคโนโลยีการแพทย์ จำนวน 4 โครงการ

1. การพัฒนาต้นแบบเชิงพาณิชย์ของเครื่องตรวจตำแหน่งของปลายคลองรากฟัน
2. ความผิดปกติทางพันธุกรรมของอสุจิในผู้สูบบุหรี่
3. การพัฒนาอุปกรณ์ทำลายเซลล์มะเร็งเร็วเฉพาะจุด
4. การคัดแยกเซลล์เม็ดเลือดขาวอัตโนมัติโดยอ้างอิงการวิเคราะห์ส่วนประกอบพื้นฐาน

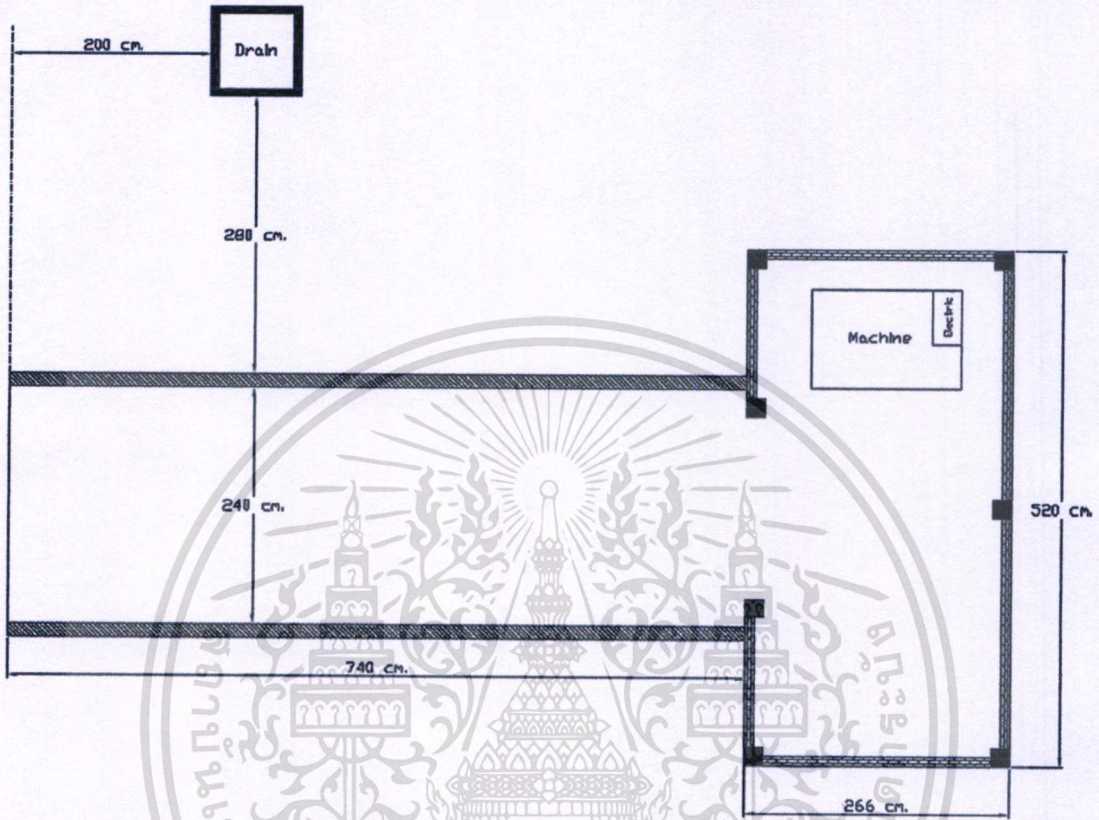
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



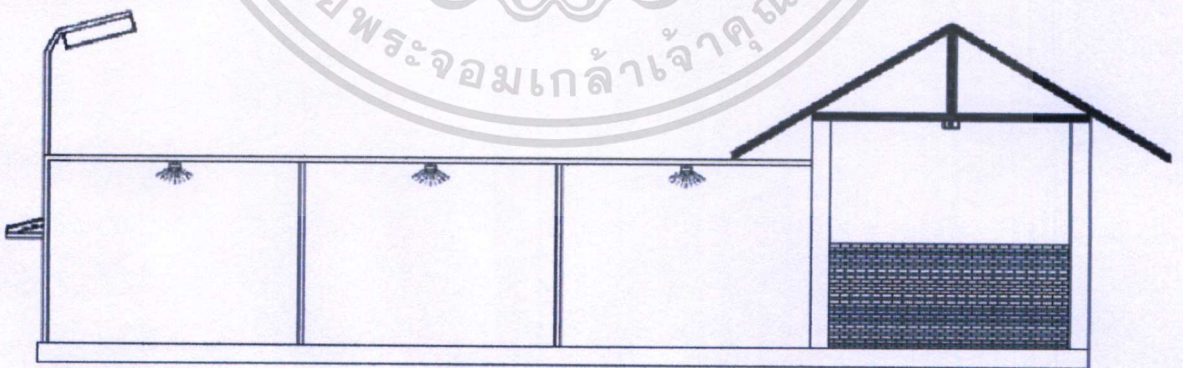
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบจัดเตรียมโรงเรือนบำบัดกลิ่นขยะอัตโนมัติ และติดตั้งระบบควบคุม

- เก็บขยะ ก่อพื้น เทปูน ทาสี เปลี่ยนกระเบื้อง เททราย ตั้งเสาเพื่อเตรียมระบบพื้นแบบที่เรีย

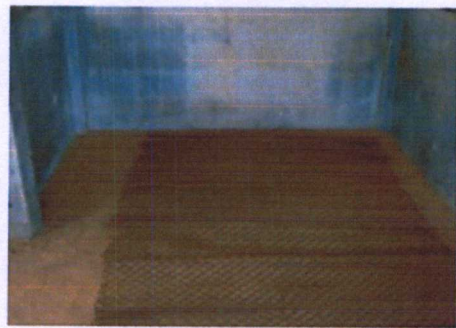


รูปที่ ข-1 ขนาดของโรงเรือนวัดตามขนาดจริง

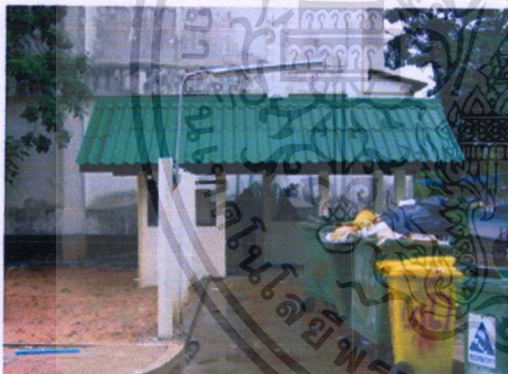


รูปที่ ข-2 โรงเรือนที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-3 ชั้นตอนตั้งแต่เริ่มต้น เก็บขยะ ก่อพื้น เทปูน



รูปที่ ข-4 ทาสี เปลี่ยนกระเบื้อง เททราย และตั้งเสาเพื่อเตรียมระบบพ่นแบคทีเรีย



รูปที่ ข-5 ติดตั้งปั๊ม ถังผสมจุลินทรีย์ และระบบควบคุมการพ่นแบคทีเรีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข-6 สภาพก่อนเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ



รูปที่ ข-7 สภาพหลังเริ่ม โครงการระบบบำบัดกลิ่นเพื่อการจัดการขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. Channawat Chanvech, Kitdakorn Klomkarn and Pitikhate Sooraksa, "**Combined Chaotic Attractor Mobile Robots,**" *SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, pp. 3079-3082, Busan, Korea, October 18-21, 2006.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Final Program & Digest Book



SICE-ICCAS 2006

SICE - ICASE International Joint Conference 2006

October 18 - 21, 2006

BEXCO (Busan Exhibition & Convention Center), Busan, KOREA



The Society of Instrument and Control Engineers (SICE), Japan (<http://www.sice.or.jp>)



The Institute of Control, Automation and Systems Engineers (ICASE), Korea (<http://icase.or.kr>)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SICE-ICASE International Joint Conference 2006
Oct. 18-21, 2006 in Bexco, Busan, Korea

Combined Chaotic Attractor Mobile Robots

Channawat Chanvech, Kitdakorn Klomkarn and Pitikhate Sooraksa

Department of Information Engineering
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Chalongkrung Rd., Bangkok, Thailand 10520
Email: Channawat@hotmail.com, kkkitdak@kmitl.ac.th, kspitikh@kmitl.ac.th

Abstract: The application of chaos in engineering field has been attracted much attention due to many potential applications include fan heaters, air-conditions, and dish washing machines. Even though the applied chaos in robot guidance is also not new, the problem of navigation of autonomous mobile robot in a totally unknown environment can be accomplished by using chaotic function. For implementation, most of researchers use CPUs with high performance to generate the chaotic trajectory. Unlike the others, in this paper, we use a chaotic circuit, which is low cost and easy to construct for trajectory generators. The Chua's circuit and a complex butterfly attractor are combined together providing pattern diversity and area coverage. A lab-scale two-wheel mobile robot is implemented and tested in our laboratory. The experimental results confirm that the proposed scheme of combined chaotic attractors is effective for path guiding for chaotic mobile robots.

Keywords: autonomous mobile robot, chaotic attractor, Chua's circuit, trajectory generator

1. INTRODUCTION

The navigation of autonomous mobile robot in completely unknown workspace such as cleaning, de-mining and patrolling are interested research topics. Fuzzy logic, neural network and genetic algorithm can be used to navigation. In the area of applied chaos theory in mobile robot, Nakamura et al. [1] used the Arnold chaotic equation for generating trajectories for a mobile robot. Because of transitive property and sensitive dependence to initial condition property of chaotic signal, the mobile robot ensures scanning paths through out the whole space. Recently, we found that the Chua's circuit [2], which is a simple analog circuit, is suitable for trajectory generators. In this paper, we improve chaotic patterns to cover the entire area by combining Chua's circuit with the complex butterfly attractor [3]. The high correlation dimension property of Chua's and the complex attractor provide non-repeat trajectory in the work space.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} \quad (1)$$

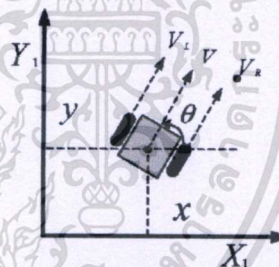


Fig. 1 Kinematical scheme of the two-wheel mobile robot.

2. COMBINED CHAOTIC ATTRACTOR MOBILE ROBOTS

In this paper, a chaotic robot, consisted of a trajectory generator circuit, a motor control circuit and DC motors, is designed and analyzed. The robot has one free wheel and two fixed wheels controlled by DC motors. In order to obtain the navigation path, we applied chaotic signals to a motor control circuit for changing speed of the wheels of the robot. The kinematical scheme of mobile robot can be shown in Fig. 1, where V is linear velocity of the robot, V_L is the velocity of the left wheel, V_R is the velocity of the right wheel, L is the distance between two wheels, and ω is the angular velocity, where $\omega = (V_R - V_L)/2L$. The motion of the robot in the rectangular coordinate can be described by

3. CHAOTIC ATTRACTOR

From [2], we found that Chua's chaotic pattern provides the optimum time to use for guidance trajectory. In this paper, we modify the Chua's circuit with complex butterfly attractor to generate signals for the robot.

3.1 Chua's circuit

The chaotic oscillator used herein as a trajectory generator is Chua's circuit, which is a very simple chaotic oscillator to establish the complex dynamics of bifurcation and chaos. The general equations of Chua's circuit are:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \alpha(y - x - f(x)) \\ \dot{y} &= x - y + z \\ \dot{z} &= -\beta y \end{aligned} \quad (2)$$

$$f(x) = bx + \frac{1}{2}(a-b)[|x+1| - |x-1|]$$

, where $a = 9, \beta = 100/7, a = -1/7, b = 2/7$.

This parameter generates double scroll attractor shown in Fig. 2.

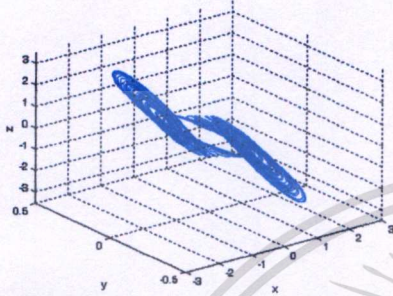


Fig. 2 Chua's attractor in the three-dimensional space.

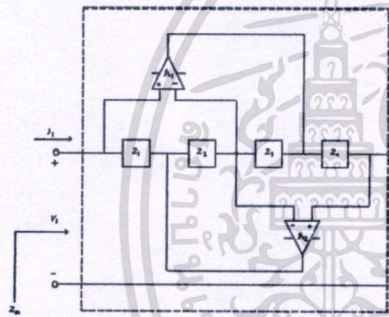


Fig. 3 Antoniou's General immittance converter.

In this paper, we used very low-frequency chaotic circuit to drive DC motors. The high value of the inductor can be realized by the Antoniou's general immittance converter (GIC) structure [4] having input impedance Z_{in} shown in Fig. 3. The equivalent inductance can also be realized by using $Z_4 = 1/sC$ and $Z_1 = R_1, Z_2 = R_2, Z_3 = R_3, Z_5 = R_5$, and is computed by using

$$L_{eq} = \frac{R_1 R_3 R_5 C}{R_2} \quad (3)$$

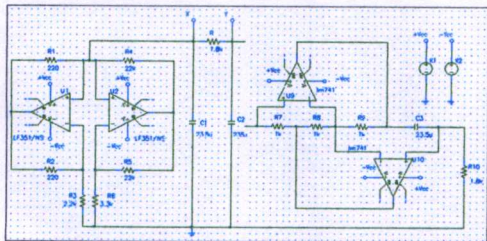


Fig. 4 Circuit of low frequency Chua using Antoniou's general immittance converter.

After using Antoniou's general immittance converter, we can change value of the inductor shown in Fig. 4.

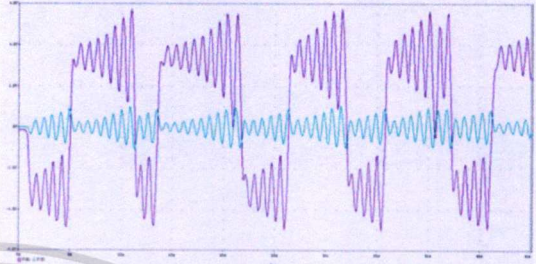


Fig. 5 Output signal of the Chua's circuit.

Moreover, output signal of low frequency Chua's circuit using Antoniou's general immittance converter is shown in Fig. 5.

3.2 The complex butterfly attractor's circuit

For the second chaotic oscillator, a new complex butterfly attractor is proposed by the following state equation:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= a(y - z) \\ \dot{y} &= -z \operatorname{sgn} x \\ \dot{z} &= |x| - 1 \end{aligned} \quad (4)$$

Setting $a = 0.55$, this three-dimensional autonomous system shown in Fig.6 is easy to implement. This Lorenz-like attractor is simple because it consists of a synchronize switch-multiplier, a full wave rectifier and an integration circuit.

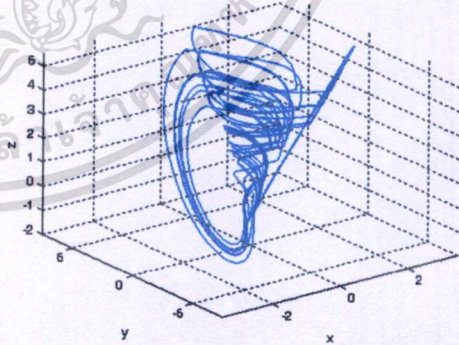


Fig. 6 The complex butterfly attractor in the three-dimensional space.

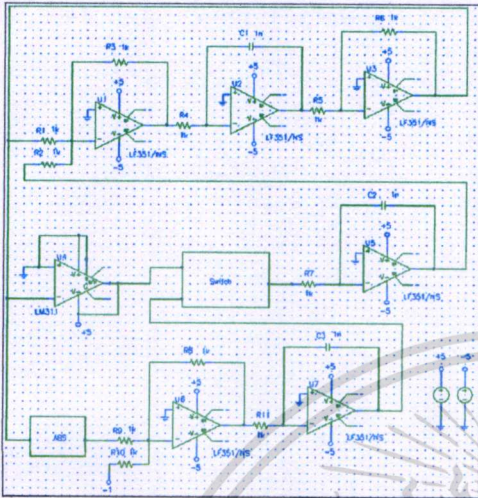


Fig. 7 Circuit diagram of the complex butterfly attractor.

Moreover, output signals of the complex butterfly attractor's circuit can be shown in Fig. 8.

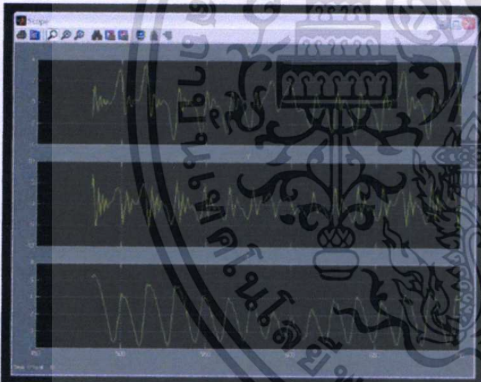


Fig. 8 Output signals of the complex butterfly attractor.

From the chaotic equations (2) and (4), a trajectory generator is obtained by combining both stage Z of Chua's circuit and that of the complex butterfly circuit. The voltage from trajectory circuit will be used to drive pulse width modulator circuits for DC motor control.

4. EXPERIMENT RESULTS

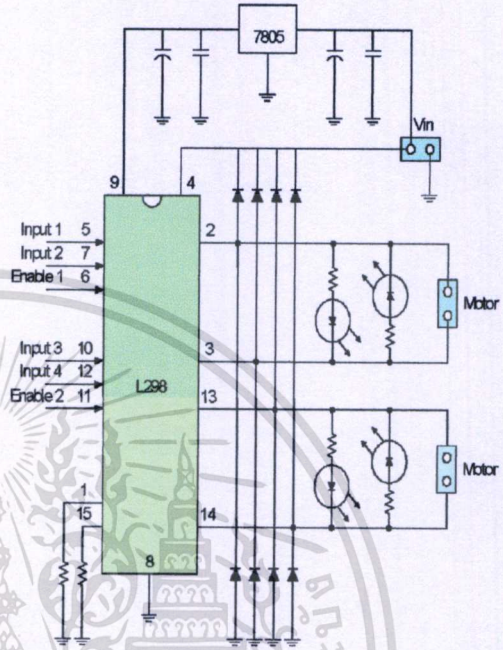


Fig. 9 Schematic diagram of bidirectional DC motor control.

In this paper, we build a lab-scale using bidirectional DC motor control by combination chaotic signals of Chua and complex butterfly attractors as shown in Figs. 9 and 10. The prototype is shown in Fig. 11. The left wheel of the robot is controlled by Input 1 and Input 2; whereas, the right wheel is controlled by Input 3 and Input 4.

For the left wheel, the voltage difference of Input 1 is greater than Input 2, the wheel will spin forward. For opposite situation, if voltage difference of Input 1 is less than Input 2, the wheel will spin backward. And if the two voltages are equal, the wheel will stop spinning. The same method is applied for driving the right wheel by changing Inputs 1 and 2 to be Inputs 3 and 4.

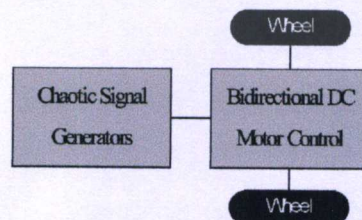


Fig. 10 Schematic diagram of combined chaotic attractor mobile robots.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

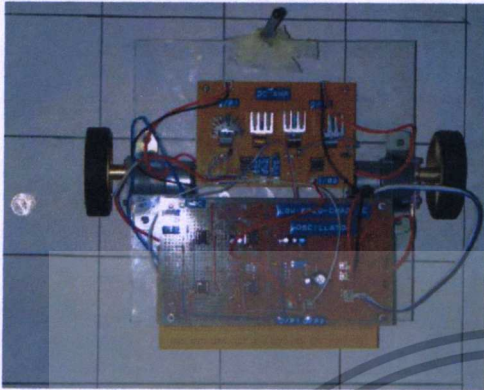


Fig. 11 Prototype of combined chaotic attractor mobile robots.

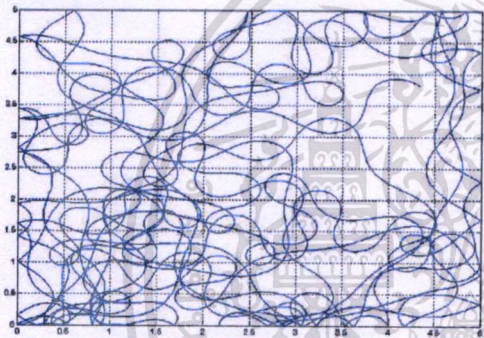


Fig. 12 A chaotic trajectory generated by combined attractor.

The result of the combined attractor is shown in Fig. 12. On the boundary condition, we use mirror mapping when the robot moving approach the wall. The area of workspace is 100 blocks in 5m \times 5m, the robot speed is 0.1 m/sec and the runtime is 1,000 iterations with the time sampling 0.1sec. According to the lab-scale experiment, the robot can scan cover over 90% of total area.

5. CONCLUSION

The experimental results reveal that the combination version of Chua's circuit and the complex butterfly chaotic circuit or the Lorenz-like one can generate the chaotic pattern for the mobile robot. The experimental results confirm that the proposed scheme of combined chaotic attractors is effective for path guiding for chaotic mobile robots.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is supported by The Thailand Research Fund (TRF) under the Royal Golden Jubilee Ph.D. program grant Ph.D. 2547/231 for the second author and grant RSA460007 for the third author.

REFERENCES

- [1] Y. Nakamura and A. Sekiguchi, "Chaotic mobile robot," *IEEE Trans. on Robotic and Automation*, Vol.17 No. 6, pp. 898-904, 2001.
- [2] Jansri, K. Klomkarn, and P. Sooraksa, "Further investigation on trajectory of chaotic guiding signals for robotics systems," *Proc. IEEE Int. Symp. on Communications and Information Technology*, pp. 1166-1170, 2004.
- [3] R. N. Madan, *Chua's Circuit: A Paradigm for Chaos World Scientific series on nonlinear science*, Singapore, 1993.
- [4] Antoniou: *Realization of gyrators using operation amplifiers*. *IEE Proc* 116(11)(1969), 1838-1850.
- [5] S. Elwakil, S. Ozoguz, and M. P. Kennedy, "Creation of complex butterfly attractor using a novel Lorenz-type system," *IEEE Trans. Circuits and Systems-I*, Vol.48, No.4, pp. 289-307, 2002.
- [6] K. Klomkarn and P. Sooraksa "Implementation on "No-CPU" Chaotic Robots," *The 5th Asian Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics (ASAEM 2005)*, Hanoi, 2005.



ภาคผนวก ง.

ตัวอย่างแบบสอบถาม Chaotic Art

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบสอบถามเลขที่.....

แบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้เป็นแบบสอบถามความคิดเห็น ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทางผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านในการให้ความคิดเห็นและให้ข้อมูลในการตอบแบบสอบถามฉบับนี้ตามความเป็นจริง เพื่อให้ผู้ศึกษาจะได้นำข้อมูลมาใช้ในการประกอบการศึกษาต่อไป โดยข้อมูลในแบบสอบถามนี้ถูกเก็บเป็นความลับ ในการนี้ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นายชาญวัฒน์ ชาญเวช

นิสิตหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำชี้แจง: กรุณาทำเครื่องหมายถูก (✓) ในช่องคำตอบหรือใส่คำตอบในช่องว่างที่ตรงกับท่านมากที่สุด

คำนิยาม
ศิลปะแบบนามธรรม (Abstract) คือ ศิลปะประเภทที่ไม่มีความจริงเหลืออยู่ เพราะถูกตัดทอนให้เหลือแต่เส้นสี น้ำหนัก ที่ก่อให้เกิดความงามตามอารมณ์ความรู้สึกเป็นสิ่งที่เหนือความเป็นจริงต้องใช้จินตนาการในการรับรู้รับชม

ส่วนที่ 1: ข้อมูลส่วนบุคคล

- เพศ ชาย หญิง
- อายุ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 20 ปี 21-30 ปี 31-40 ปี
 41-50 ปี 51 ปีขึ้นไป
- ระดับการศึกษา ต่ำกว่ามัธยมศึกษา มัธยมศึกษา ปริญญาตรี ปริญญาโทขึ้นไป
- สถานภาพสมรส โสด สมรส/อยู่ด้วยกัน หม้าย/หย่าร้าง/แยกกันอยู่
- อาชีพ นักเรียน/นักศึกษา ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
 พนักงานบริษัทเอกชน ธุรกิจส่วนตัว/เจ้าของกิจการ
 พ่อบ้าน/แม่บ้าน/กำลังหางาน อื่นๆ (โปรดระบุ.....)
- สถานที่ทำงาน / ศึกษาอยู่ กฎหมาย กราฟฟิคดีไซน์ การตลาด/การขาย การศึกษา
 การเงิน/การบัญชี ไอที/คอมพิวเตอร์ วิศวกรโรงงาน/ช่างเทคนิค สถาปนิก/มัณฑนากร
 ภาษาศาสตร์ แพทย์/สาธารณสุข ทรัพยากรบุคคล อื่นๆ (โปรดระบุ.....)
- รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 10,000 บาท 10,001-20,000 บาท
 20,001-30,000 บาท 30,001-40,000 บาท
 40,001-50,000 บาท 50,001 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2: ความเห็นเมื่อเห็นภาพศิลปะจากโครงการสร้างสรรค์งานศิลปะโดยปัญญาเฉลว

- เมื่อได้เห็นภาพทั้งหมดท่านมีความพอใจในรูปภาพใด
1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8.
- ความคิดเห็นเพิ่มเติม
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล
วัน เดือน ปีเกิด
ที่อยู่

นายชาญวัฒน์ ชาญเวช
27 กุมภาพันธ์ 2526
13/53 ซ.เกษตร2 เกษตรนิเวศน์ หมู่1
ถ.แจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่
กรุงเทพฯ 10210



ประวัติการศึกษา

2552

ปริญญาโท : วศ.ม. วิศวกรรมสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL)

- ระบบควบคุมอัตโนมัติ
- ระบบบอถวน
- ระบบหุ่นยนต์
- ระบบสื่อสาร

2547

ปริญญาตรี : วศ.บ. วิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (KMITL)

- ระบบรักษาความปลอดภัย
- ระบบเครือข่าย
- การเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้