หอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

(ต่อเนื่อง ปีที่ 2/2)

โครงการระบบหุ่นยนต์บำบัดขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ

Robotic Systems for Hazardous and Contaminated Waste

รศ. ดร. ปิติเบต สู้รักษา

โครงการวิจัยนี้ได้รับการอุดหนุนโดยงบประมาณแผ่นดิน

จัดสรรโดยสภาวิจัยแห่งชาติ

ประจำปี (2550)

RCH
TJ
211.3
ป615ค
ก. 2

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....84573
วัน,เดือน,ปี.....22 ต.ค. 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทคัดย่อ

แรงจูงใจจากงานวิจัยนี้เกิดจากปัญหาขยะที่เพิ่มขึ้นจัดเป็นปัญหาที่ยังต้องการความใส่ใจและแก้ไขอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำบัดขยะอันตรายและขยะติดเชื้อซึ่งอาจทำให้สมาชิกในชุมชนได้รับความเดือดร้อนได้ งานวิจัยนี้แก้ปัญหาโดยอาศัยเทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์เพื่อช่วยบำบัดขยะอันตรายและขยะติดเชื้อดังกล่าว งานวิจัยแบ่งเป็นสองเฟสคือ ส่วนของการออกแบบและสร้างระบบหุ่นยนต์เพื่อบำบัดขยะอันตราย และในเฟสที่สองเพื่อบำบัดขยะติดเชื้อ ซึ่งใช้เวลาดำเนินการ 2 ปี โดยในรายงานฉบับนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะเฟสแรก คือส่วนของการบำบัดขยะอันตราย ซึ่งใช้ระบบทัศนจักรสำหรับหุ่นยนต์หรือระบบตาหุ่นยนต์ช่วยแยกชนิดขยะอันตรายด้วยทางประมวลผลภาพชั้นสูงและแนวคิดในการขยายผล และคัดแยกด้วยแขนกลดังได้กล่าวแล้วในรายงานฉบับสมบูรณ์ปีที่ 1 ส่วนรายงานเรื่องการบำบัดขยะติดเชื้อด้วยระบบหุ่นยนต์ที่ขับเคลื่อนด้วยสัญญาณอลวนเพื่อทำการปั่นผสมน้ำกับจุลชีวะเพื่อบำบัดสภาพเน่าของขยะโดยจะกล่าวถึงวิธีการและผลการวิจัยในเชิงคุณภาพในรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เล่มนี้

คำสำคัญ: ระบบอัตโนมัติ ระบบหุ่นยนต์ ขยะอันตราย ขยะติดเชื้อ

Abstract

Motivation of this research stems from increasing of waste needed more attention and continuous treatment especially for those of hazard and contaminated waste. As an attempt to solve the problem, this research employs robotic technology for this work. According to the research plan, two phases of the work were carried out. The first phase was to design and implement the treatment system for hazard waste using robotic visual system or machine vision by method of advanced image processing in order to classify the dangerous waste. This part has been presented in the 1st year final report. In this report, as the second phase carried out in the second year, the main theme is focused on the robotic system using chaotic signals for contaminated waste treatment.

Keywords: automation, robotic system, hazard waste, contaminated waste

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b 11995660
i

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ สำเร็จลงได้ด้วยงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2550 และขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ร่วมสมทบเงินอุดหนุนวิจัยให้กับโครงการ

คุณความดีจากงานวิจัยนี้มอบแด่คุณไกรศร กรุงวงศ์ ผู้ล่วงลับไปแล้วซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการขยะที่ได้สละเวลามาช่วยให้คำแนะนำตลอดระยะเวลา 2 ปี (พ.ศ. 2549-2550) และแสดงตัวอย่างการบำบัดขยะแม้อยู่ในช่วงที่เป็นมะเร็งระยะสุดท้าย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเอื้อเฟื้อครั้งนี้

ขอขอบคุณ สุวิไล อารีจิตต์ ชาญวัฒน์ ชาญเวช ศักดา สาครนันท์ ผศ. กฤดากร กล่อมการและนักศึกษาปริญญาโทภายใต้การดูแลของหัวหน้าโครงการในปี พ.ศ. 2550 ที่เป็นทีมงานที่ดีทำให้ทุกสิ่งที่ “ร่วมคิด” กลาย “เป็นจริง”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

แรงบันดาลใจที่กำเนิดโครงการนี้เริ่มจากหัวหน้าโครงการได้เดินทางไปศึกษาระบบการบำบัดขยะ ณ ที่ต่าง ๆ ที่มีผู้เชี่ยวชาญประจำอยู่ในประเทศ อาทิ เช่น การบำบัดขยะ "ไม่มีวันเต็ม" ของเทศบาลอำเภอท่าลาด จ. เพชรบุรี ซึ่งไร้กลิ่น ไร้มลพิษ แม้ว่าบริเวณนั้นจะมีขยะกว่า 30 ตัน ซึ่งดำเนินการบำบัดโดย คุณไกรศร กรุงวงศ์ รวมทั้งได้เดินทางไปดูงานบำบัดขยะของบริษัทชั้นนำของไทยคือ บริษัทวงษ์พาณิชย์ สาขาใหญ่ (Headquarter) จ. พิษณุโลก และได้ศึกษาการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองพิษณุโลกซึ่งได้ลอกเลียนแบบการกำจัดขยะมาจากประเทศเยอรมันนีและหลายประเทศในยุโรป

อย่างไรก็ตาม การบำบัดขยะที่ได้ดูงานนั้น ใช้แรงงานคนช่วยเป็นส่วนมาก ซึ่งขยะเหล่านั้นจัดว่าไม่มีอันตรายต่อสุขภาพของคนที่คัดแยก อย่างไรก็ตาม ยังคงมีขยะอีกประเภทหนึ่งคือขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ ซึ่งมีผลต่อสุขภาพของผู้คัดแยกและบำบัด ซึ่งเหมาะกับการใช้ระบบหุ่นยนต์เข้าไปช่วยบำบัด คำว่า "ระบบหุ่นยนต์" นั้นไม่ได้หมายถึงระบบที่เป็นหุ่นยนต์เต็มรูปแบบ ทว่าเป็นส่วนหนึ่งของการใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์มาสร้างระบบ ซึ่งในเฟสแรกในรายงานฉบับที่แล้วในปีที่ 1 ที่ผ่านมานั้นเป็นรายงานที่กล่าวถึงการใช้ระบบตาหุ่นยนต์มาประมวลผลภาพเพื่อคัดเลือกขยะอันตรายแทนมนุษย์ซึ่งในเฟสแรกนั้นเน้นไปที่การคัดเลือกขยะมีพิษประเภทกระป๋องสเปรย์ที่ใช้บรรจุยาฆ่าแมลงโดยอาศัยแขนกลช่วยอำนวยความสะดวก

ส่วนระบบการบำบัดขยะติดเชื้อในเฟสที่สองจะกล่าวถึงในรายงานฉบับนี้ มุ่งเน้นในเรื่องการบำบัดขยะติดเชื้อส่งกลิ่นเนื่อเหม็นรบกวนบริเวณรอบข้าง ผู้วิจัยและคณะที่ปรึกษาใช้เทคโนโลยีที่ได้จากระบบหุ่นยนต์อลวนที่เป็นผลการวิจัยในอดีตของหัวหน้าโครงการและคณะมาประยุกต์ร่วมกับเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อทำการบำบัดสภาพขยะเน่าเหม็นด้วยการปั่นผสมน้ำกับจุลชีพและฉีดกระจายด้วยระบบสัญญาณเคออติกหรือสัญญาณอลวน ส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย	9
บทที่ 4 อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์	26
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	28
บรรณานุกรม	29
ภาคผนวก	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่ **หน้า**

2.1 วงจร Chua.....6

2.2 วงจรเทียบเท่าและคุณลักษณะของวงจร Chua 6

2.3 คุณลักษณะของวงจร Chua แบบ 4 scroll.....7

2.4 วงจร Chua แบบ 4 scroll.....7

3.1 ขยะติดเชื้อส่งกลิ่นเน่าเหม็นทั่วบริเวณโรงเรือนพักรถเข็นขยะ ณ โรงอาหารของคณะวิศวกรรมศาสตร์.....9

3.2 คณะผู้ทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์คัดสรร 9 ชนิด ที่ย่อยสลายปฏิกูลต่างชนิด.....11

3.3 ภาพรวมโรงเรือนกักเก็บรถเข็นขยะ (ก่อนดัดแปลง) ณ บริเวณข้างตึกกิจกรรมนักศึกษา.....12

3.4 สภาพขยะในรถเข็น ที่มีปริมาณไม่พอเพียงกับความต้องการ เนื่องจากรถขยะไม่ได้มาเก็บทุกวัน.....12

3.5 คุณไกรศร กรุงวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบำบัดขยะ มาช่วยในการทดสอบ.....13

3.6 สภาพห้องน้ำชายตึกกิจกรรมนักศึกษาที่ส่งกลิ่นเหม็น อย่างรุนแรง.....13

3.7 สภาพห้องน้ำชายตึกกิจกรรมนักศึกษาที่ส่งกลิ่นเหม็น อย่างรุนแรง (ต่อ).....14

3.8 สภาพน้ำในสระข้างตึกภาควิชาโทรคมนาคม ก่อนการบำบัด ด้วยจุลินทรีย์.....14

3.9 ผู้ทดสอบทำการใส่จุลินทรีย์เพื่อปรับสภาพการขาดออกซิเจน ของน้ำในสระ.....15

3.10 ตรวจสภาพน้ำในสระเทียบกับก่อนใส่ในอีกยี่สิบนาทีต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ้าบนผิวน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากการตรวจสอบด้วยตาเปล่า.....15
3.11 ขนาดแบบโรงเรือนฉบับปรับปรุงสำหรับกักเก็บขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ.....16
3.12 แบบเครื่องผสมจุลินทรีย์ชนิดดีสำหรับบำบัดขยะติดเชื้อ.....17
3.13 ต้นแบบโรงเรือนกำจัดกลิ่นขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อเฟสที่ผ่านมาและด้วยงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2549.....18
3.14 ผู้สื่อข่าวช่อง 9 อสมท และทีมงานมาถ่ายทำรายการและได้เผยแพร่ต้นแบบที่ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อเฟสที่ผ่านมาและด้วยงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549.....18
3.15 สภาพภูมิทัศน์รอบโรงเรือนหลังจากปรับปรุงแล้ว.....21
3.16 สภาพภูมิทัศน์จากมุมมองภาควิศวกรรมโยธา.....21
3.17 แนวโรงเรือนทางด้านข้างติดสนามโภไคอุดม ได้ตีปิดผาท่อน้ำทิ้ง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่นักศึกษาอาจผลัดตกลงไป และป้องกันความสกปรกจากการปนเปื้อนของขยะที่กระจายลงในบ่อน้ำทิ้ง.....22
3.18 ต้นแบบและระบบทำความสะอาดที่ได้ปรับปรุงใหม่ด้วยการปั่นผสมประยุกต์จากเทคโนโลยีหุ่นยนต์อลวน.....23
3.19 ระบบท่อทำความสะอาดที่เชื่อมต่อกับระบบตั้งเวลาผ่านชุดควบคุมอัตโนมัติ.....24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหามลพิษจากขยะนับวันยิ่งสะสมและเป็นปัญหาที่ชุมชนแต่ละแห่งต้องหาทางกำจัดทั้งนี้เพราะขยะเป็นสาเหตุอันสำคัญยิ่งอันหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางดิน (Soil pollution) มลพิษทางน้ำ (Water pollution) และมลพิษทางอากาศ (Air pollution) เป็นต้น เช่นการทิ้งขยะลงแม่น้ำลำคลอง จะก่อให้เกิดภาวะมลพิษหลายทางคือ น้ำเน่าเสียเกิดกลิ่นเหม็น สกปรก ไม่น่าดู เป็นต้น

ในปี พ.ศ. 2543 กระทรวงอุตสาหกรรมรายงานปริมาณขยะอุตสาหกรรมทั้งประเทศว่า มีขยะเคมีประเภทกรด ด่าง กากน้ำมัน ยาฆ่าแมลงและอื่น ๆ เป็นปริมาณทั้งสิ้น 1.244 ล้านตัน จากจำนวนนี้มีความสามารถในการกำจัดเพียง 7 ล้านตัน ดังนั้น จึงเท่ากับว่ามีขยะอุตสาหกรรมที่ไม่สามารถหาแหล่งรองรับได้อีกปีละประมาณร่วม 5 แสนตัน ซึ่งในจำนวนขยะที่เหลือนี้แบ่งเป็น โลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ 2.85 ล้านตัน ขยะที่เป็นกรดด่าง 6.45 ล้านตัน การน้ำมัน 1.56 ล้านตัน และการประเภทของเสียชีวภาพ (bio-waste) อีกปีละ 8.45 ล้านตัน ส่วนในปี 2544 และ 2545 มีปริมาณขยะอุตสาหกรรมอันตรายเกิดขึ้น 1.31 และ 1.40 ล้านตันตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมีการขยายตัวด้านการลงทุนทางอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น ดังนั้นของเสียอันตรายเหล่านี้น่าจะมีอัตราเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 5-10 [1]

แม้จะมีการรณรงค์ให้คัดแยกของเสียอันตรายทิ้งในถังขยะอันตราย โดยกรุงเทพมหานครได้มีโครงการจัดเตรียมที่ทิ้งขยะประเภทนี้ไว้ตามแหล่งชุมชนต่างๆ แต่มาตรการดังกล่าวยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ส่วนมูลฝอยติดเชื้อจากสถานพยาบาลของรัฐทั่วประเทศก็เป็นอีกปัญหาหนึ่งที่ต้องมีการกำจัดอย่างถูกวิธี [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น จะเห็นได้ว่าปัญหาขยะไม่ใช่ปัญหาที่ไกลตัวอีกต่อไป และเป็นปัญหาที่จำเป็นจะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนปัญหาหนึ่งเพราะปริมาณการกำจัดขยะนั้นน้อยกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน สำหรับ การกำจัดขยะในประเทศไทยนั้นส่วนใหญ่ยังใช้แรงงานคนในการคัดเลือกขยะ ซึ่งในกรณีที่เป็นขยะปนเปื้อนเคมีหรือขยะอันตราย ขยะกากกัมตภาพรังสีหรือขยะติดเชื้อ ผู้คัดขยะจะได้รับอันตรายจากการสัมผัสหรือสูดดมกลิ่นขยะเหล่านี้ ซึ่งอาจส่งผลให้ทุพลภาพหรือถึงแก่ชีวิตได้หากสัมผัสในปริมาณเกินขีดที่ร่างกายจะอยู่ในสภาพที่ทนได้

ด้วยเหตุที่ขยะอันตรายและขยะติดเชื้อเป็นอันตรายโดยตรงต่อสุขภาพมนุษย์ ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดสภาพแวดล้อมเป็นพิษที่มนุษย์ไม่อาจอาศัยในบริเวณนั้นได้ ดังนั้นการกำจัดขยะด้วยเทคโนโลยีหุ่นยนต์จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่งสำหรับงานที่เป็นอันตรายในบริเวณที่เป็นมลพิษต่อมนุษย์ จึงเป็นที่มาของแรงบันดาลใจให้เกิดโครงการวิจัยนี้

เนื่องจากรายงานการวิจัยฉบับที่ผ่านมาในงบประมาณปี พ.ศ. 2549 นำเสนอเกี่ยวกับการประสานงานของแขนกลโดยอาศัยเทคนิกการเคลื่อนที่แบบจีโนฟัซซีพีสแควร์ไอดี [19] และระบบตาหุ่นยนต์เพื่อใช้ในงานบำบัดขยะอันตราย ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงรายงานในส่วนของระบบหุ่นยนต์ในการบำบัดขยะติดเชื้อ โดยมีโครงร่างดังนี้คือ บทที่ 1 กล่าวนำถึงภูมิหลัง ความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งในที่นี้เป็นการนำเทคโนโลยีที่ได้จากการสร้างหุ่นยนต์อลวน [19, 20] ซึ่งเป็นงานวิจัยในอดีตของหัวหน้าโครงการมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ บทที่ 3 กล่าวถึงการดำเนินการวิจัยและผลการทดลองที่ได้ ในบทนี้เป็นการทดสอบเชิงคุณภาพ โดยอาศัยการจำลองผลสัญญาณอลวนเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนการปั่นผสมระหว่างจุลชีวะกับน้ำผ่านหัวฉีดพ่นฝอยละอองเพื่อให้จุลชีวะที่คัดสรรชนิดดี หรือ Good bacteria นั้นสร้างพฤติกรรม ย่อยสลายขยะและซากปฏิกูลที่ส่งกลิ่นเน่าเหม็น บทที่ 4 อภิปรายและวิจารณ์ผลและแสดงการเผยแพร่ผลงานผ่านสื่อมวลชนทางทีวีช่อง 9 และช่อง 11 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชน บทที่ 5 เป็นบทสรุปและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อให้ได้ต้นแบบระบบหุ่นยนต์ช่วยบำบัดขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ

(2) เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้สู่ชุมชนให้สามารถดัดแปลงต้นแบบระบบหุ่นยนต์ที่ได้ในข้อ (1) ไปใช้ประโยชน์ในท้องถิ่นหรือชุมชนของตน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เนื่องจากในส่วนงานวิจัยในเฟสแรกที่ผ่านมาในปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 จำกัดการศึกษาในขอบเขตของการใช้เทคโนโลยีตาหุ่นยนต์ร่วมกับวิธีประมวลภาพในการแยกขยะอันตรายผสานกับการใช้แขนกล ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจำกัดขอบเขตเกี่ยวกับเรื่องการบำบัดขยะอันตรายด้วยเทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์ โดยระบบหุ่นยนต์ที่นำมาใช้นี้จะไม่ใช้ตัวหุ่นยนต์ที่เป็นรูปร่างทั่วไป แต่เป็นส่วนหนึ่งที่เกี่ยวกับระบบการขับเคลื่อน โดยในที่นี้ จะขับเคลื่อนด้วยกระสวนอลวน [19,20]

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประเภทประยุกต์จึงมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์สุดท้ายและความเป็นประโยชน์ต่อชุมชนส่วนรวมมากกว่าการดำเนินงานทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการสืบค้นเอกสารวิจัยการใช้หุ่นยนต์ในงานกำจัดขยะในประเทศไทย ผู้วิจัยยังตรวจสอบไม่พบเอกสารเผยแพร่ในงานวิจัยดังกล่าว แต่ในต่างประเทศนั้นพบว่ามีการทำวิจัยการกำจัดขยะโดยอาศัยหุ่นยนต์มาเป็นเวลากว่าสิบปีแล้ว [3-6] ซึ่งมีผู้จดสิทธิบัตรการประดิษฐ์วิธีการกำจัดขยะเกี่ยวเนื่องด้วยหุ่นยนต์ซึ่งจดในสหรัฐอเมริกามากกว่าสิบชิ้นด้วยกัน [7-11, เป็นตัวอย่าง] และประเด็นหุ่นยนต์กำจัดขยะก็ยังคงมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและยังคงเป็นโจทย์วิจัยที่น่าสนใจ [12-16]

อนึ่ง รูปแบบของหุ่นยนต์ช่วยกำจัดขยะดังกล่าวข้างต้นนั้นมีการนำเสนอในหลายรูปแบบด้วยกัน ทั้งในส่วนที่เป็นแขนช่วยเก็บกวาด [13, 17] และในส่วนที่เป็นพาหนะกวาดไถเคลื่อนที่ [8, 10, 14] รวมถึงการออกแบบภาชนะเก็บกักขยะอันตรายโดยฝังไว้ใต้ดินซึ่งเป็นระบบที่ทำงานโดยหุ่นยนต์ที่ออกแบบไว้ [4, 7] อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวข้างต้นได้ออกแบบหุ่นยนต์ให้เหมาะสมกับงานและพื้นที่ในต่างประเทศและสภาพอากาศที่อาจต่างไปจากประเทศไทย ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะหารูปแบบระบบหุ่นยนต์ให้มีความเหมาะสมกับสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมขยะในประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม เพื่อเริ่มงานวิจัยอย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ผู้วิจัยจึงจัดระเบียบวิธีในการดำเนินงานโดยในเบื้องต้นของการพัฒนาระบบหุ่นยนต์ในระยะยาวนี้ มีความจำเป็นต้องสร้างระบบการคัดแยกขยะอันตรายเป็นเบื้องต้น ด้วยวิธีการทางประมวลผลภาพชั้นสูงด้วยวิธีเมตริกซ์ร่วมสัมพันธ์ซึ่งประมวลผลมาจากรูปแบบของฮีสโตรแกรมระดับเทาขั้นที่สองของภาพดังได้นำเสนอในรายงานการวิจัยฉบับที่ผ่านมาในงบประมาณปี พ.ศ. 2549 นำเสนอเกี่ยวกับการประสานงานของแขนกลโดยอาศัยเทคนิกการเคลื่อนที่แบบจีโนฟัซซีพีสแควร์ไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดี [19] เพื่อใช้ในงานบำบัดขยะอันตราย ดังนั้นในงานวิจัยฉบับนี้จึงรายงานในส่วนของระบบหุ่นยนต์ในการบำบัดขยะติดเชื้อ โดยมีโครงร่างดังนี้คือ บทที่ 1 กล่าวนำถึงภูมิหลัง ความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ และขอบเขตของงานวิจัย บทที่ 2 กล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งในที่นี้เป็นการนำเทคโนโลยีที่ได้จากการสร้างหุ่นยนต์อลวน [19, 20] ซึ่งเป็นงานวิจัยในอดีตของหัวหน้าโครงการมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้

2.2 วิธีการปั่นผสมด้วยสัญญานอลวนเพื่อผสมจุลชีวะกำจัดขยะติดเชื้อ

ผู้วิจัยและคณะ ได้นำระบบหุ่นยนต์อลวนมาใช้ในการสร้างระบบการปั่นผสมและควบคุมจ่ายน้ำของหัวฉีดสปริงเกิลโดยดัดแปลงให้หมุนตามการหมุนของมอเตอร์และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้แล้วโดยจะนำแบบที่ได้จากการออกแบบตามหลักการข้างล่างนี้ไปใช้ สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์และการศึกษากระสวนอลวนซึ่งจะนำไปใช้เป็นซอฟท์แวร์ในการขับหัวฉีดสปริงเกิลให้สามารถฉีดดับกลิ่นขยะในบริเวณข้างเคียงได้ตามต้องการ โดยสรุปรายงานได้ตามสังเขปดังนี้

การศึกษาในขั้นนี้เริ่มจากการตรวจสอบกระสวนอลวนแบบ Chua ซึ่งเป็นกระสวนอลวนที่สร้างจริงได้ง่ายและรวดเร็ว กระสวนอลวนแบบนี้มีรูปแบบสมการเป็น

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dy} &= \alpha(y - x - f(x)),\\ \frac{dy}{dx} &= x - y - z,\\ \frac{dz}{dt} &= -\beta y\end{aligned} \qquad (1)$$

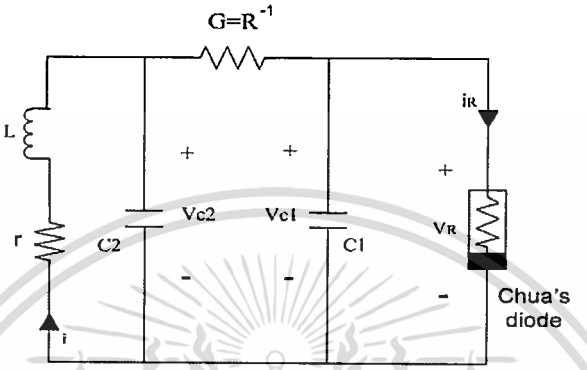
โดยพารามิเตอร์ที่ใช้ในที่นี้

$$\begin{aligned}f(x) &= bx + 0.5(a-b)(|\,x+1\,| - |\,x-1\,|),\\ \alpha &= 9,\ \beta = 10,\ a = -1/7,\ b = 2/7,\end{aligned} \qquad (2)$$

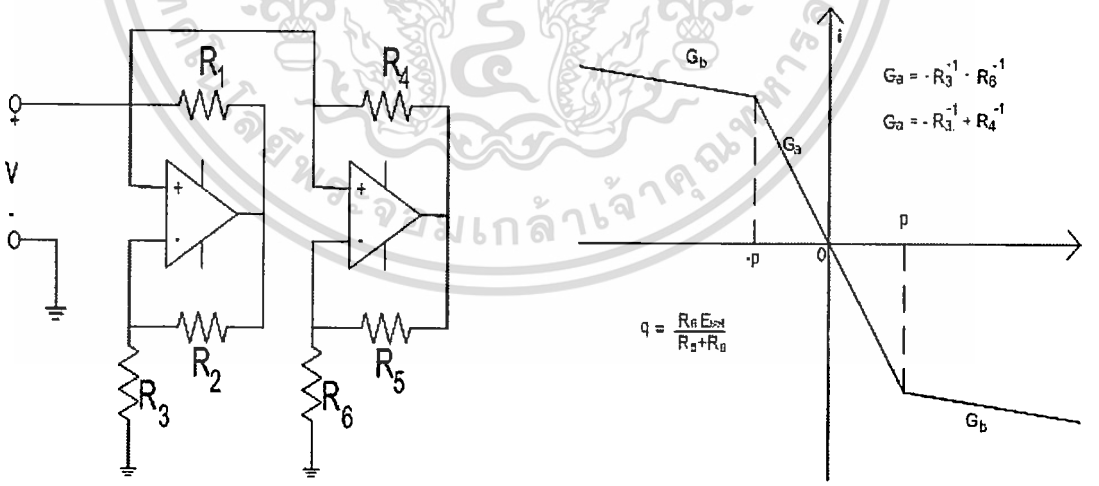
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (1) และ (2) สามารถเขียนเป็นวงจรอิเลคทรอนิคส์ได้ดังนี้ดังรูปที่ 1 ซึ่งมีคุณลักษณะแสดงดังรูปที่ 2

$$C_1 = 10^{-8}\,(10\text{nF})$$
$$C_2 = 10^{-7}\,(100\text{nF})$$
$$L = 2.0\times10^{-2}\,(20\text{mH})$$



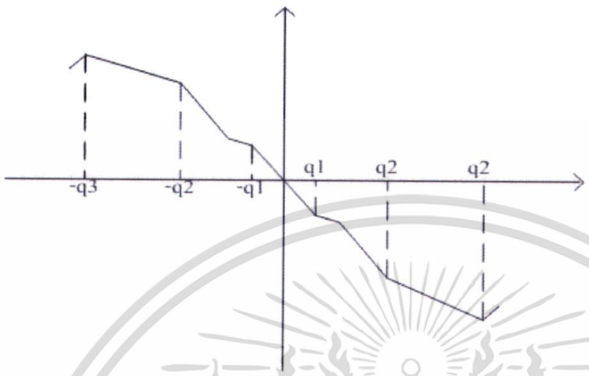
รูปที่ 2.1 วงจร Chua



รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเท่าและคุณลักษณะของวงจร Chua

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากออกแบบวงจรเป็นแบบ 4 scroll จะได้คุณสมบัติและวงจรเทียบเท่าดังรูปที่ 2.3 และ 2.4 ตามลำดับ

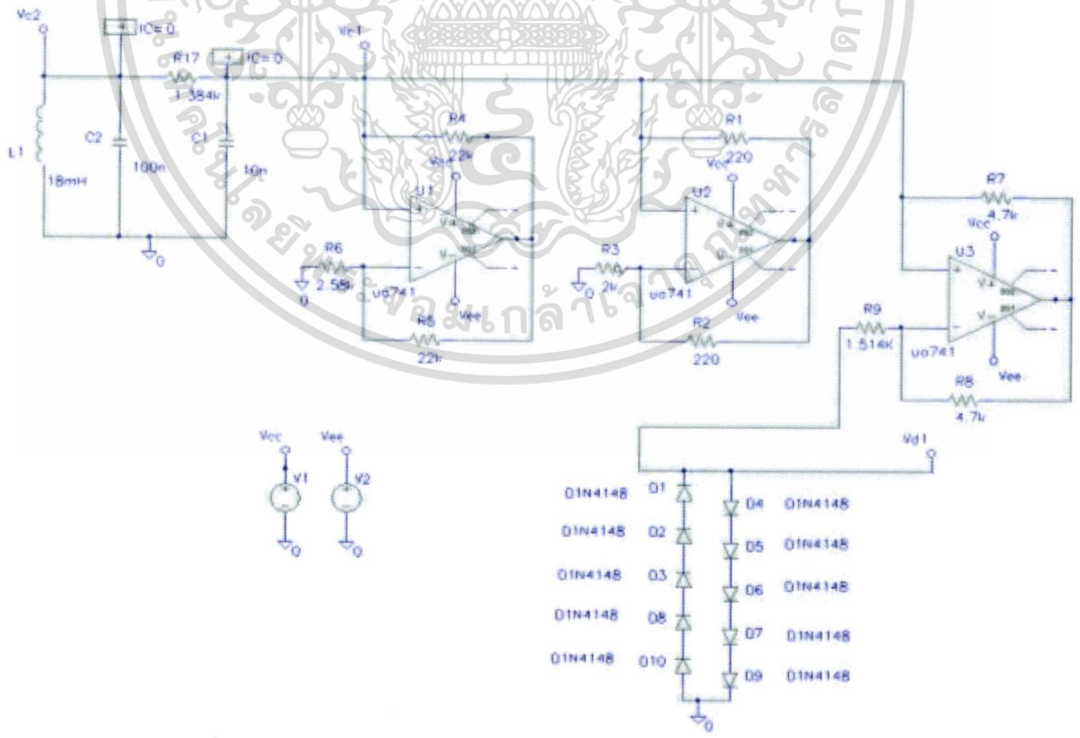


$$q_1 = \frac{R_6}{R_5 + R_6} E_{sat}$$

$$q_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} E_{sat}$$

$$q_3 = \frac{R_9}{R_8 + R_9} E_{sat}$$

รูปที่ 2.3 คุณลักษณะของวงจร Chua แบบ 4 scroll



รูปที่ 2.4 วงจร Chua แบบ 4 scroll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างและทดลองวงจรอลวนแบบ Chua ซึ่งมีข้อดีคือ สร้างง่ายและสามารถปรับแต่งพารามิเตอร์ได้ง่ายกว่าวงจรในรูปแบบอื่นนั้นจะนำเสนอในบทที่ 3 ถัดไป ซึ่งวงจรดังกล่าวจะนำมาขับมอเตอร์เพื่อปั่นผสมจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดสภาพเน่าติดเชื้อของกองขยะ ซึ่งใช้วิธีการทางชีวภาพเพื่อจัดการกับปัญหาสิ่งแวดล้อมดังเป็นจุดเด่นของงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

3.1 การศึกษานำร่อง

ผู้วิจัยได้เลือกวิธีการทางชีวภาพในการบำบัดขยะติดเชื้อ จึงได้เริ่มต้นศึกษานำร่องพิสูจน์ประสิทธิผล โดยเริ่มจากปัญหาขยะที่เป็นเศษอาหารบริเวณโรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ได้ส่งกลิ่นเน่าเหม็นให้กับบริเวณใกล้เคียง เป็นการรบกวนผู้ที่ผ่านไปมาในบริเวณดังกล่าวอย่างยิ่ง ตลอดจนการขาดวินัยในการทิ้งขยะของแม่ค้าและผู้ที่มาทิ้งซึ่งไม่ทิ้งลงในถังขยะแต่กลับทิ้งในบริเวณโรงเรือนทำให้มีขยะตกค้างที่ทาง กทม ไม่ได้เก็บเหลือไว้ ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ขยะติดเชื้อส่งกลิ่นเน่าเหม็นทั่วบริเวณโรงเรือนพักรถเข็นขยะ ณ โรงอาหารของคณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นเหม็นรบกวนดังกล่าวนี้ จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้นในช่วงเปิดเทอม เหตุเพราะเศษอาหารที่มาจากโรงอาหารมีปริมาณมากขึ้น และรถเก็บขยะของ กทม ไม่ได้มาเก็บขยะทุกวันหากในบางครั้ง มาวันเว้นวัน ซึ่งก่อนนี้ในช่วงเดือน ต.ค. 2547 – พ.ค. 2548 รถเก็บขยะจะมาในช่วงเย็นคือประมาณ 17.30 น ถึง 18.00 น. แต่ตั้งแต่เดือน มิ.ย. 2548 เป็นต้นมา รถขยะจะมาในช่วงเช้ามืด คือ ประมาณ 5.00 น. ถึง 6.00 น. ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากสถิติที่ได้จดบันทึกไว้โดยแผนกอาคารของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยที่ทำหน้าที่จดบันทึกให้ดังกล่าวดังแสดงในภาคผนวก ก.

หัวหน้าโครงการได้เดินทางไปศึกษาระบบการบำบัดขยะ ณ ที่ต่าง ๆ ที่มีผู้เชี่ยวชาญประจำอยู่ในประเทศ อาทิ เช่น การบำบัดขยะ “ไม่มีวันเต็ม” ของเทศบาลอำเภอท่าลาด จ. เพชรบุรี ซึ่งไร้กลิ่น ไร้มลพิษ แม้ว่าบริเวณนั้นจะมีขยะกว่า 30 ตัน ซึ่งต่อมาได้เชิญผู้เชี่ยวชาญมาช่วยให้คำปรึกษาดังแสดงตามเอกสารแนบในภาคผนวก ค. รวมทั้งได้เดินทางไปดูงานบำบัดขยะของบริษัทชั้นนำของไทยคือ บริษัทวงษ์พาณิชย์ สาขาใหญ่ (Headquarter) จ. พิษณุโลก และได้ศึกษาการกำจัดขยะของเทศบาลเมืองพิษณุโลกซึ่งได้ลอกเลียนแบบการกำจัดขยะจุลชีพมาจากประเทศเยอรมันนี

จากการศึกษาโดยการดูงานและการศึกษาเชิงเอกสาร รวมทั้งการอบรมเพิ่มเติมในเรื่องของการกำจัดขยะ หัวหน้าโครงการได้ประสานความร่วมมือในเบื้องต้นไปยังหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทั้งในคณะวิศวกรรมศาสตร์ และหน่วยงานภายนอกเพื่อขอความช่วยเหลือและจัดซื้อจุลินทรีย์คัดสรร จำนวน 9 ชนิดที่ทำหน้าที่ดับกลิ่นและย่อยสลายขยะเน่าในเวลาอันรวดเร็ว ผู้วิจัยได้รับความร่วมมืออย่างดีจากท่านรองคณบดี สัญลักษณ์ กิ่งทอง ที่กรุณาอนุเคราะห์จัดหาคนงานในการเตรียมโรงเรือนและร่วมกันทดลองตรวจสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์คัดสรรก่อนทำการบรรจุในระบบจ่ายอัตโนมัติ

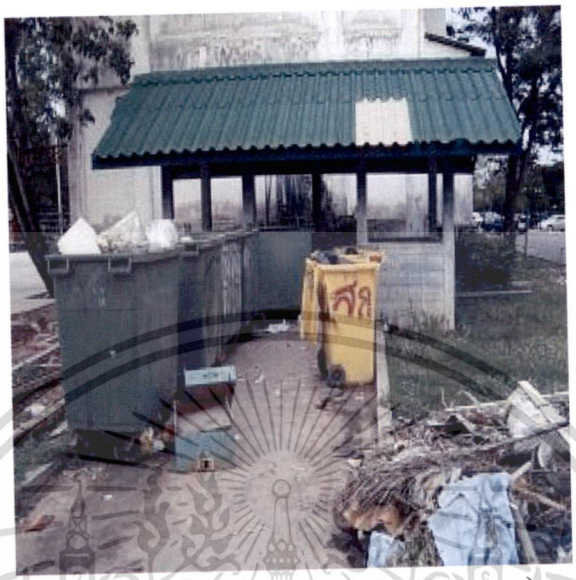
ในการทดลองเบื้องต้นคณะผู้ทดสอบในรูปที่ 3.2 ได้ทำการทดสอบจุดที่ส่งกลิ่นเน่าเหม็นที่สุดในบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้แก่บริเวณโรงเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กักเก็บ ณ โรงอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์ รูปที่ 3.3 และ ห้องน้ำชายตึก กิจกรรมนักศึกษาที่เป็นจุดที่สกปรกที่สุด ดังรูปที่ 3.4-3.7 พบว่า สปอร์จุลินทรีย์คัดสรรที่ผสมน้ำในอัตราส่วน 1 ช้อนชาต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถดับกลิ่นปฏิกูลให้หมดกลิ่นได้ภายในระยะเวลาหนึ่งนาทีเท่านั้น! นอกจากนี้ คณะผู้ทดสอบได้ทำการทดสอบกับสระน้ำที่กำลังเน่า ทำให้ปลาขาดออกซิเจนและลอยขึ้นมาตายจำนวนมาก สระน้ำดังกล่าวนี้ อยู่ข้างภาควิชาโทรคมนาคม ดังรูปที่ 3.8 – 3.10 จากการทดลอง โดยเติมจุลินทรีย์ จำนวน 15 กิโลกรัม ลงในสระน้ำ พบว่า สภาพน้ำมีการปรับจากสีเขียวเข้มเป็นสีที่จางลงในเวลาสองถึงสามวัน และสภาพที่เป็นฝ้าจับบนผิวน้ำหายไปในเวลาไม่กี่นาทีหลังจากบำบัด จากการติดตามผลในสามสัปดาห์ต่อมา (26 มิถุนายน 2548) ไม่พบว่ามีปลาตายในสระน้ำดังกล่าว ทำให้มั่นใจได้ว่าจุลินทรีย์คัดสรร มีประสิทธิภาพที่ดีและเหมาะสมที่จะนำมาบำบัดขยะบริเวณโรงเรือนกักเก็บ ณ โรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

รูปที่ 3.2 คณะผู้ทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์คัดสรร 9 ชนิด ที่ย่อยสลายปฏิกูลต่างชนิด

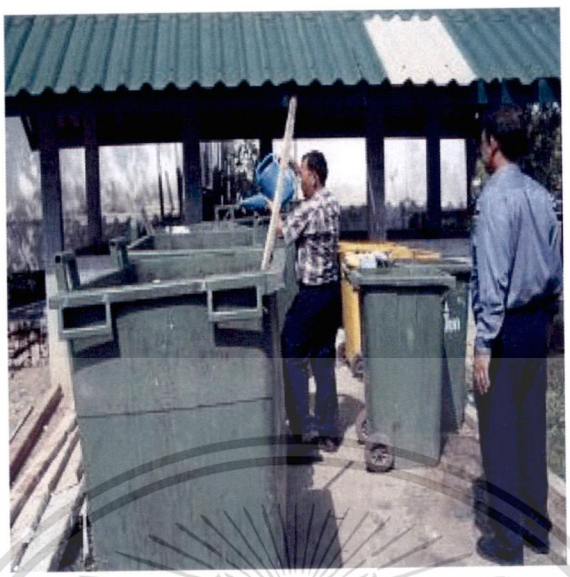
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ภาพรวมโรงเรือนกักเก็บรถเข็นขยะ (ก่อนดัดแปลง)
ณ บริเวณข้างตึกกิจกรรมนักศึกษา

รูปที่ 3.4 สภาพขยะในรถเข็น ที่มีปริมาณไม่พอเพียงกับความต้องการ
เนื่องจากรถขยะไม่ได้มาเก็บทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

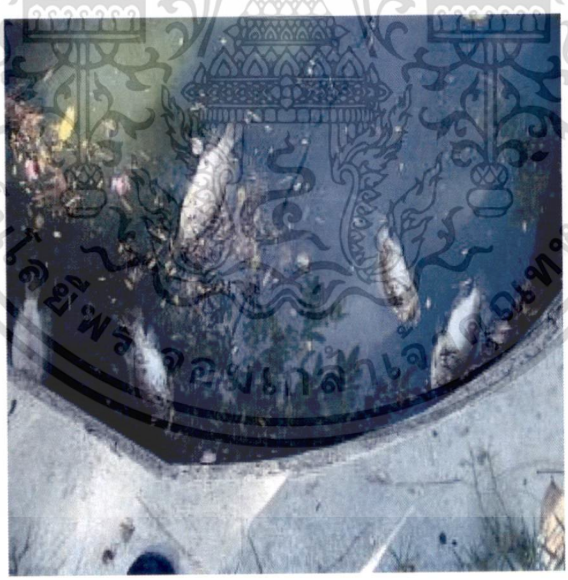


รูปที่ 3.5 คุณไกรศร กรุงวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการบำบัดขยะมาช่วยในการทดสอบ

รูปที่ 3.6 สภาพห้องน้ำชายตึกกิจกรรมนักศึกษาที่ส่งกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

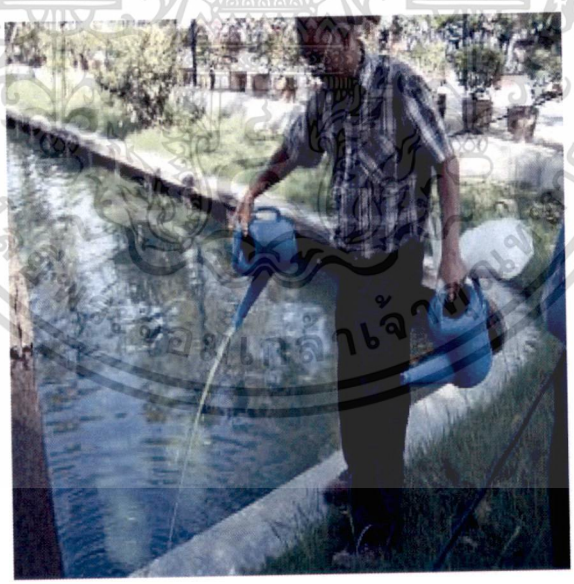
รูปที่ 3.7 สภาพห้องน้ำชายตึกกิจกรรมนักศึกษาที่ส่งกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง (ต่อ)



รูปที่ 3.8 สภาพน้ำในสระข้างตึกภาควิชาโทรคมนาคม ก่อนการบำบัดด้วยจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 ผู้ทดสอบทำการใส่จุลินทรีย์เพื่อปรับสภาพการขาดออกซิเจนของน้ำในสระ

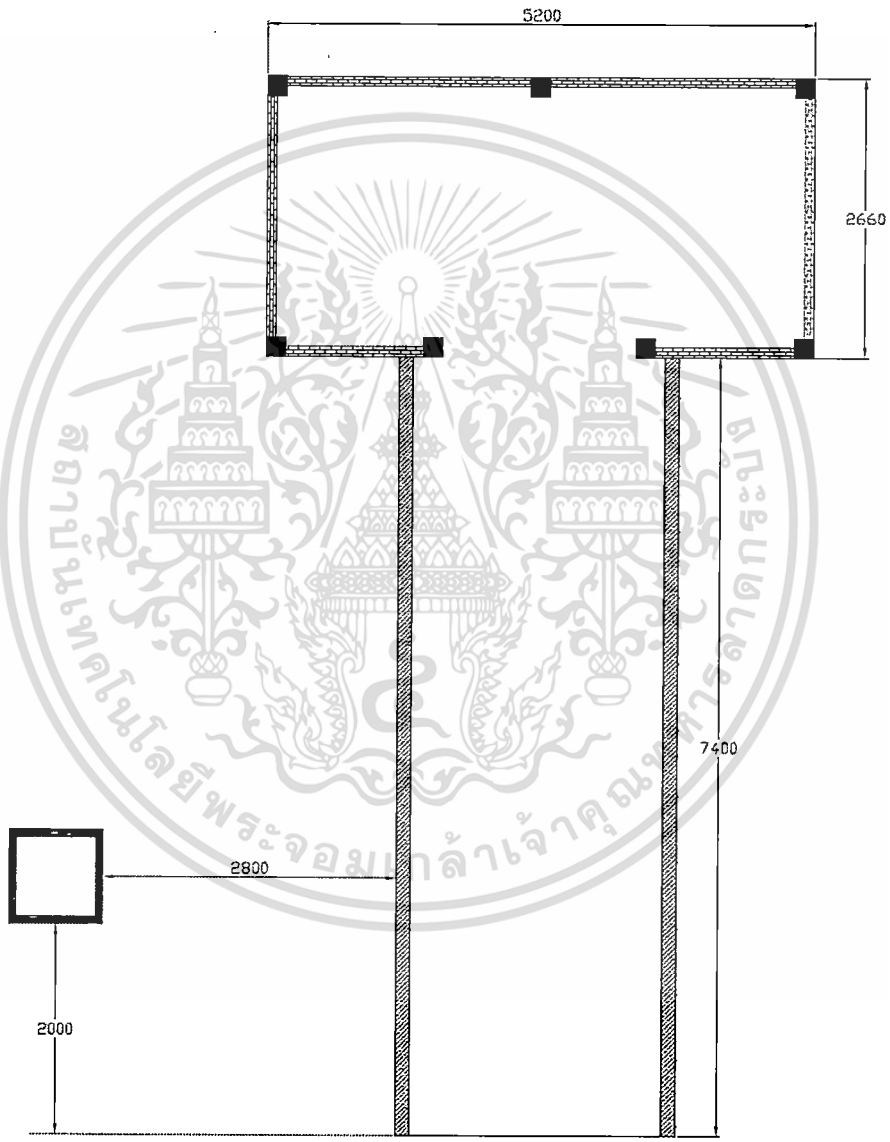


รูปที่ 3.10 ตรวจสภาพน้ำในสระเทียบกับก่อนใส่ในอีกยี่สิบนาทีต่อมา ฝ้าบนผิวน้ำลดลงอย่างเห็นได้ชัดจากการตรวจสอบด้วยตาเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างโรงเรือนกักเก็บขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ

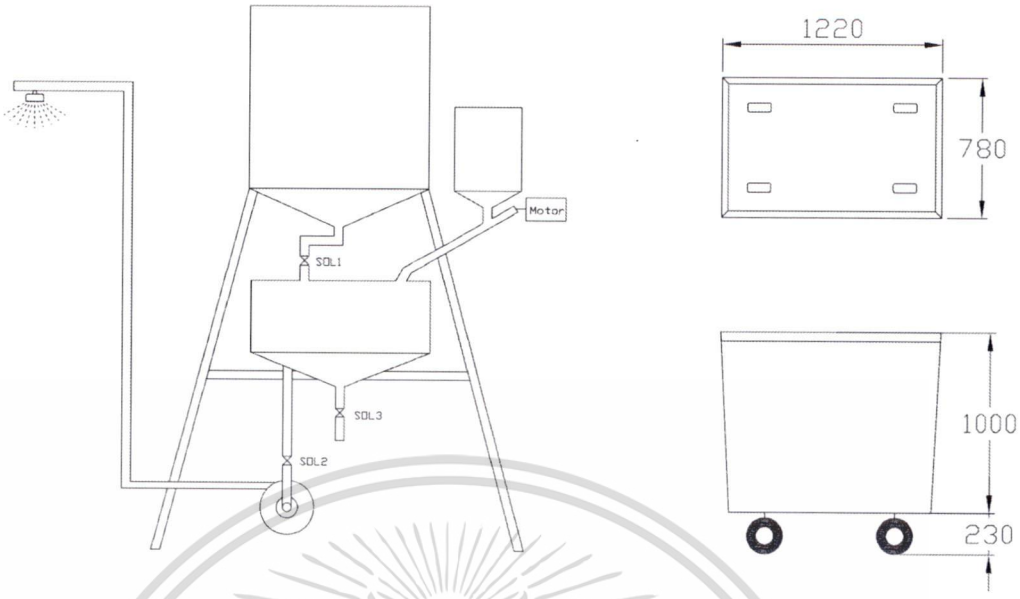
หลังจากที่ได้ศึกษานำร่องในหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้คณะผู้วิจัยมีความมั่นใจว่าการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางชีวภาพร่วมกับการประยุกต์เทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์จะสัมฤทธิผลด้วยดี คณะผู้วิจัยจึงได้ปรับปรุงโรงเรือนดังแสดงในภาคผนวก ข. โดยได้ออกแบบตามที่แสดงในรูปที่ 3.11-3.12



รูปที่ 3.11 ขนาดแบบโรงเรือนฉบับปรับปรุงสำหรับกักเก็บขยะอันตรายและขยะติดเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.12 แบบเครื่องผสมจุลินทรีย์ชนิดดีสำหรับบำบัดขยะติดเชื้อ

จากแบบในข้างต้นผู้วิจัย ได้ปรับปรุงโรงเรือนและสร้างระบบหุ่นยนต์บำบัดขยะติดเชื้ออัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.13 และได้ผลสัมฤทธิ์ในการบำบัดขยะติดเชื้ออันเป็นเป้าหมายหลัก ยังได้นำพามาซึ่งชื่อเสียงและคุณูปการณ์แก่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังแสดงบ่งชี้จากการที่โทรทัศน์ช่อง 9 อสมท ได้นำเรื่องราวต้นแบบระบบบำบัดขยะต้นแบบติดตั้ง ณ โรงอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ ดังรูปที่ 3.13 จากการถ่ายทอดข่าวสั้นทันเทคโนโลยีในช่วงหลังข่าวในวันที่ 26 ธันวาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่งานวิจัยได้รับงบประมาณอุดหนุนของเงินงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2549 ซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2548 เป็นเหตุให้หัวหน้าโครงการต้องรับรองอาคันตุกะที่สนใจจำนวนมากเข้ามาเยี่ยมชมต้นแบบต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งผู้มาเยี่ยมชมเป็น อบต อบจ เทศบาลและบริษัทหลายแห่งที่ต้องการนำวิธีการที่ได้สาธิตให้เห็นไปใช้ กับหน่วยงานของตน

84573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.13 ต้นแบบโรงเรือนกำจัดกลิ่นขยะที่ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อเฟสที่ผ่านมาและด้วยงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2549

รูปที่ 3.14 ผู้สื่อข่าวช่อง 9 อสมท และทีมงานมาถ่ายทำรายการและได้เผยแพร่ต้นแบบที่ได้รับการสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อเฟสที่ผ่านมาและด้วยงบประมาณแผ่นดิน ปี 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการปรับปรุงโรงเรือนระบบต้นแบบนอกจากจะช่วยกำจัดกลิ่นขยะและบำบัดการติดเชื้อแล้ว ยังทำให้พฤติกรรมของแม่ค้าและผู้ที่นำขยะมาทิ้งเปลี่ยนไป ไม่มักง่ายนำมาถมในตัวโรงเรือนเหมือนเมื่อก่อน อีกด้วย

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จใน "การสร้าง" เครื่องต้นแบบที่ผ่านมานั้น ไม่สำคัญเท่าความสำเร็จในการ "รักษา" ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะนี้ก็คือ เมื่อโครงการสำเร็จลงแล้ว กลับขาดผู้ดูแลรักษาทำความสะอาดทั้งในส่วนของตัวเครื่องและโรงเรือน แม้ว่า ต้นแบบกำจัดกลิ่นขยะที่อาศัยแบตทีเรียในการทำงานกำจัดกลิ่นด้วยกระบวนการชีวภาพนี้จะสามารถกำจัดกลิ่นในรถกักเก็บขยะเน่าเหม็นได้ก็ตาม แต่ตัวเครื่องเองนั้นไม่สามารถทำความสะอาดตนเองจากกากของสปอร์แบตทีเรีย และทำความสะอาดโรงเรือนได้ อีกทั้งไม่อาจที่จะจัดการกำปัญหาแมวจรจัดที่อาศัยในบริเวณอาหารซึ่งเข้ามาคุ้ยเขี่ยเศษอาหารจากรถเข็นกักเก็บขยะมากินในบริเวณตัวโรงเรือน ส่งผลให้พื้นโรงเรือนและพื้นรองรับอุปกรณ์ของเครื่องสกปรกไปด้วยก้างปลา ถุงพลาสติก และเศษอาหารที่เหลือจากการกินของบรรดาแมวและขยะที่ปลิวมากับสายลมปะทะและสถิตย์อยู่ในโรงเรือน

นอกจากนี้ กุญแจตู้ควบคุม ได้หายไปทำให้ไม่สามารถเปิดระบบสลับการทำงานระหว่างระบบอัตโนมัติกับระบบควบคุมโดยผู้ควบคุม (manual) สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาที่คาดไม่ถึง (unforseen) เพราะเป็นเรื่องที่เกิดตามมาจากปัจจัยรบกวนจรจากภายนอกไม่ใช่ปัจจัยทางเทคนิคที่มุ่งแก้ปัญหาในเรื่องการกำจัดกลิ่นที่ผ่านมา ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัย จึงคิดวิธีที่จะทำให้เกิดความยั่งยืนในการ "รักษา" เครื่องต้นแบบให้ได้รับการดูแลที่ถูกต้องและต่อเนื่อง ดังนั้น โจทย์ปัญหาวิจัยประยุกต์ในครั้งนี้จึงเป็นการหาคำตอบด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม ง่าย และต้นทุนต่ำ (appropriate technology) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น และได้ผลสัมฤทธิ์ตามที่จะรายงานในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ผลสัมฤทธิของโปรแกรมปรับปรุงต้นแบบด้วยงบประมาณแผ่นดิน ปี พ.ศ. 2550

เนื่องจากโครงการนี้เป็นโครงการวิศวกรรมประยุกต์โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมและวิธีการง่าย ๆ เพื่อบำรุงรักษาอุปกรณ์และสมบัติของคณะวิศวกรรมศาสตร์และต้นแบบระบบหุ่นยนต์สำหรับบำบัดขยะติดเชื้อให้คงสภาพที่ดีและพร้อมใช้งาน (high avialability) ดังนั้นแต่ละขั้นตอนผู้วิจัยออกแบบให้มีการบำรุงรักษาที่ง่ายและสามารถทำได้โดยผู้ปฏิบัติงานที่ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถในเรื่องระบบอัตโนมัติชั้นสูง เทคโนโลยีหลักก็คือการประยุกต์ PLC มาเป็นตัวควบคุมระบบการจ่ายน้ำและการลำเลียงผสมแบตทีเรียเพื่อบำบัดกลิ่น ตลอดจนฉีดจ่ายน้ำทิ้งไปรดต้นไม้ที่ประดับเป็นภูมิทัศน์รอบโรงเรือนและทำความสะอาดพื้นโรงเรือน งานหลักที่ได้ทำสัมฤทธิ์ผลแล้วในโครงการนี้มีดังนี้คือ

2.1 การปรับปรุงส่วนของโรงเรือน

- ซ่อมไฟส่องสว่าง
- ซ่อมกระเบื้องโรงเรือนที่แตกร้าว
- ทำความสะอาด ขัดและทาสีใหม่ให้ดูสะอาดและสวยงาม
- ปรับแนวภูมิทัศน์รอบบริเวณให้ดูเรียบร้อย
- ปลูกต้นไม้จัดสวนหย่อมให้ดูสวยงาม
- ถมบริเวณที่เป็นน้ำขังและฝังกลบขยะที่เกลื่อนรอบบริเวณ
- ล้อมรั้วโปร่งป้องกันการคุ้ยเขี่ยขยะจากสุนัขและแมวในบริเวณโรงเรือน

ในส่วนของการปรับปรุงเพื่อให้ได้สภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด (optimization) ในเฟสนี้ซึ่งเป็นการแก้ข้อบกพร่องจากปีที่แล้วสำเร็จด้วยดีดังแสดงในรูปที่ 3.15-3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 สภาพภูมิทัศน์รอบโรงเรือนหลังจากปรับปรุงแล้ว

รูปที่ 3.16 สภาพภูมิทัศน์จากมุมมองภาควิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.17 แนวโรงเรือนทางด้านข้างติดสนามโภไคอุดม ได้ตีปิดผาท่อน้ำทิ้งเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่นักศึกษาอาจผลัดตกลงไป และป้องกันความสกปรกจากการปนเปื้อนของขยะที่กระจายลงในบ่อน้ำทิ้ง

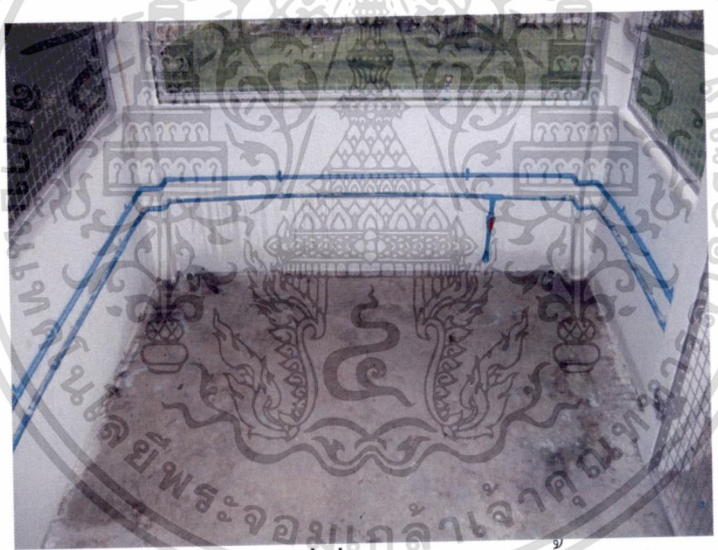
2.2 การปรับปรุงส่วนของเครื่องต้นแบบ

- เปลี่ยนวาล์วที่ชำรุด
- ซ่อมแกนหมุนจ่ายแบททีเรียที่ติดขัดเสียหายจากกากสปอร์อุดตัน
- ซ่อมปั้มและมอเตอร์ที่เสียหายจากการขาดการดูแลต่อเนื่อง
- ออกแบบใหม่และเปลี่ยนถังผสมกวนน้ำและสปอร์แบตทีเรีย
- เปลี่ยนหัวสปริงเกิลและดัดแปลงการจ่ายฉีดให้ครอบคลุมบริเวณยังผล
- ติดตั้งระบบไฟเตือนระหว่างเครื่องทำงาน

ในการปรับปรุงในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 3.18-3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.18 ต้นแบบและระบบทำความสะอาดที่ได้ปรับปรุงใหม่ด้วยการปั่นผสมประยุกต์จากเทคโนโลยีหุ่นยนต์อลวน



รูปที่ 3.19 ระบบท่อทำความสะอาดที่เชื่อมต่อกับระบบตั้งเวลาผ่านชุดควบคุมอัตโนมัติ

2.3 การดำเนินการ

- จัดหาแบตทีเรียให้เพียงพอต่อการใช้งานจริงจนสิ้นงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

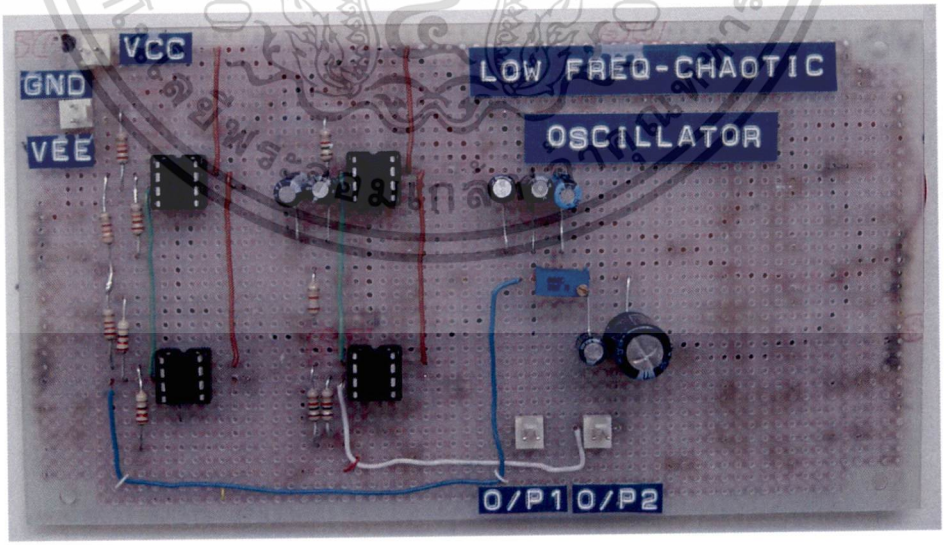
- จัดทำเอกสารเผยแพร่แจกแบบการสร้างในงานนิทรรศการลาดกระบังนิทรรศน์ในเดือน พ.ย. 2549 ที่ผ่านมา (งบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2550 เริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2549)

ผลสัมฤทธิ์ในขั้นการทำงานได้ผลดังแสดงขั้นตอนได้โดยย่อดังนี้

1. เมื่อถึงเวลาเครื่องจะทำงานโดยการผสมจุลลินทรีย์กับน้ำ
2. เมื่อผสมเสร็จจะทำการฉีดพ่นในขยะติดเชื้อ
3. เมื่อฉีดขยะเสร็จแล้วจะทำการล้างถังโดยนำน้ำไปรดต้นไม้รอบโรงเรือน
4. หลังจากนั้นจะทำการล้างพื้นโรงเรือนโดยอัตโนมัติ

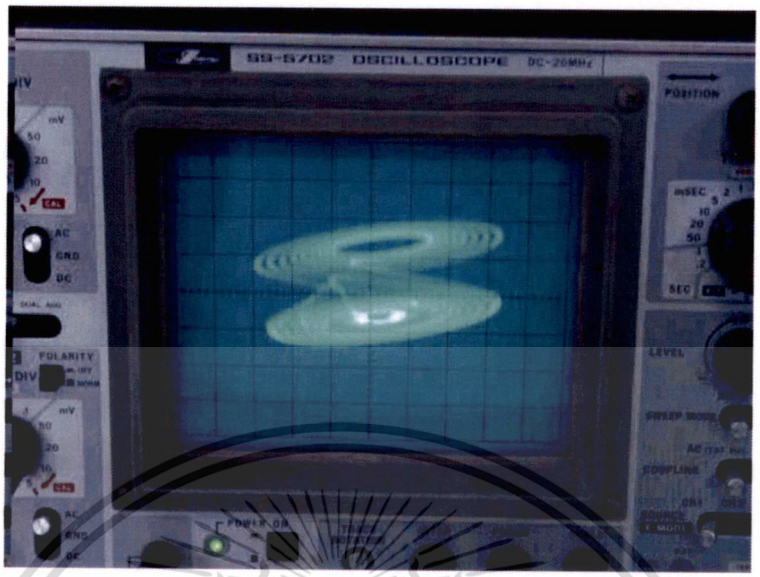
3.4 การสร้างและการทดลองขับสัญญาณอลวนเพื่อปั่นผสมจุลชีพ

ในส่วนเทคนิควิจัย ผู้วิจัยได้นำเทคโนโลยีระบบหุ่นยนต์อลวนที่กล่าวไว้ในบทที่ผ่านมา คือบทที่ 2 มาสร้างวงจรทดลอง โดยผลการทดลองที่ได้ในการสร้างวงจรสัญญาณอลวนแบบ Chua ในระนาบ x-y แสดงได้ดังรูปที่ 3.20 และ 3.21 ตามลำดับ



รูปที่ 3.20 วงจรทดลองขับสัญญาณอลวนสำหรับถังปั่นผสมและการขับสปริงเกิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 สัญญานอลวนสำหรับสปริงเกิลที่วัดได้จากวงจรในรูปที่ 3.20

กระสวนการขับด้วยสัญญาณอลวนนี้ใช้ขับมอเตอร์ในการปั่นผสมจุลชีพชนิดดีกับน้ำเพื่อใช้ในการบำบัดขยะ และใช้ขับหัวฉีดฝอยละอองน้ำผสมจุลชีพเพื่อบังคับบริเวณฉีดฝอยละอองให้กระจายทั่วบริเวณยังผลรายละเอียดของผลการทดลองที่ได้แสดงในวีดีทัศน์ที่แนบมากับรายงานฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อภิปรายผลการวิจัยและวิจารณ์

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลงานในเชิงคุณภาพโดยอาศัยหลักฐานเชิงประจักษ์โดยมุ่งการใช้งานจริง และเพื่อให้เป็นต้นแบบแก่องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ได้แก่ องค์การบริหารส่วนตำบล องค์การบริหารส่วนจังหวัด และเทศบาลในทุกระดับ สามารถนำงานวิจัยดังกล่าวไปประยุกต์กับการบำบัดขยะติดเชื้อดังได้นำเสนอในงานวิจัยนี้และจากการเผยแพร่ทางสื่อโทรทัศน์ช่อง 9 อสมท และช่อง 11 ที่ผ่านมา ได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพราะมีองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นหลายองค์กรได้แวะเวียนเข้ามาดูระบบเพื่อนำไปเลียนแบบ ผู้วิจัยได้ร่วมต่อยอดโครงการโดยร่วมกับบริษัทอุสาพัฒนา จำกัด พัฒนากังหันลมบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลชีพโดยอาศัยแนวคิดเดียวกันนี้ ซึ่งผู้สนใจสามารถดูได้ ณ องค์การบริหารส่วนตำบล บางบัวทอง นอกจากนี้ยังได้เผยแพร่ผลงานวิชาการที่ได้จากการวิจัยนี้ต่อการประชุมวิชาการทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าระดับนานาชาติ ณ ประเทศเกาหลี ดังแสดงในภาคผนวก ง.

การสร้างระบบทำความสะอาดอัตโนมัติสำหรับระบบหุ่นยนต์บำบัดขยะติดเชื้ออัตโนมัติตามต้นแบบแนวคิด (conceptual design)นี้แบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่หนึ่ง ได้แก่ส่วนอุปกรณ์เสริมเพื่อทำความสะอาดพื้น และตัวโรงเรือนตลอดจนการปรับภูมิทัศน์ และส่วนที่สองได้แก่ ส่วนการทำความสะอาดอุปกรณ์ถังผสมสปอร์ซึ่งมักเกิดการอุดตันและเน่าจากสปอร์แบตทีเรียที่ทิ้งไม่หมด ซึ่งในส่วนของผสมแบตทีเรียกับน้ำ หากเป็นน้ำสกปรก แบตทีเรียจะช่วยย่อยสลายทำให้ปรับสภาพน้ำได้ดีขึ้น แต่หากทิ้งไว้กับน้ำสะอาดและคงค้างเป็นระยะเวลานานพอควร แบตทีเรียสายพันธุ์ช่วยสลายซากปฏิกูลเหล่านี้จะตายเพราะขาดอาหาร แต่สายพันธุ์อื่นที่ทำให้น้ำเน่าเหม็นที่มีอยู่ทั่วไปในสภาพแวดล้อมจะทำให้เกิดการเน่าในถังตกค้างที่ผสมฉีดระหว่างน้ำประปาและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบตทีเรียที่ใช้ไม่หมด งานวิจัยนี้จึงต้องปรับปรุงถังต้นแบบเพื่อแก้ปัญหากรณีนี้ ด้วยการออกแบบส่วนนี้จะต้องออกแบบซ้ำวน (redesign) สำหรับถังผสม ซึ่งออกแบบโดยอาศัยความรู้ชลพลศาสตร์ ระบบปั่นผสมแบบอลวนและวิศวกรรมควบคุมแรงดันน้ำให้ทำความสะอาดระบบทั้งสองโดยอัตโนมัติ ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

แม้ว่าต้นแบบระบบหุ่นยนต์ช่วยบำบัดขยะอันตรายที่สัมฤทธิ์ผลในเฟสที่แล้วและระบบหุ่นยนต์ช่วยบำบัดขยะติดเชื้อในเฟสนี้มีผลสัมฤทธิ์ที่น่าพอใจ เพราะสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการ ซึ่งได้ตั้งให้ทำงานอัตโนมัติในช่วงเวลาเช้ามืดประมาณ 5 นาฬิกา ของทุก ๆ วัน ก่อนรถเก็บขยะของ กทม. จะเข้ามาดำเนินการเก็บขยะที่โรงกักเก็บ แต่กระนั้นก็ตาม เมื่อโครงการสิ้นสุดลง งบประมาณในการดูแลก็หมดไปด้วย ส่งผลให้ขาดความต่อเนื่องในการดำเนินการ ความท้าทายจึงอยู่ที่ว่าทำอย่างไรจึงจะทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนาเป็นไปได้อย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการอภิปรายผลและวิจารณ์ในบทที่ 4 ได้ข้อสรุปและข้อเสนอแนะดังนี้

1. สภาพขยะติดเชื้อเน่าเหม็นสามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการทางชีวภาพโดยใช้จุลชีวะชนิดดีที่สามารถปรับสภาพสิ่งแวดล้อม โดยผลจากการย่อยสลายซากปฏิกูลเน่าเหม็นสามารถนำไปทำปุ๋ยรดน้ำต้นไม้ให้กับเกษตรกรได้
2. เพื่อประหยัดเวลาและแรงงานในการจัดการดูแล ควรใช้เทคโนโลยีที่ได้จากระบบหุ่นยนต์ดังแสดงสาธิตในงานวิจัยนี้มาใช้ เพราะการสัมผัสกับขยะติดเชื้อโดยตรงอาจทำให้ผู้ปฏิบัติหน้าที่สามารถติดเชื้อบางอย่างจากกองขยะได้
3. การดำเนินการในการวิจัยครั้งนี้เน้นหนักไปทางการทำการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยการใช้ความรู้ทางวิศวกรรมระบบควบคุมโดยอาศัยเทคโนโลยีหุ่นยนต์ร่วมกับวิธีการทางชีวภาพ ซึ่งเป็นเชิงวิศวกรรมศาสตร์ประยุกต์ทางด้านการมุ่งแก้ปัญหาโจทย์ในชีวิตประจำวันซึ่งจัดเป็นงานทางด้านกระแสล่าง (downstream research) สำหรับในด้านการทำวิจัยชั้นสูงเพื่อต่อยอดองค์ความรู้ (upstream research) ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่า สามารถดำเนินการต่อยอดได้โดยอาศัยการใช้สัญญาณอลวนในการปั่นผสมและเทคนิคการขับการฉีดควบคุมฝอยละอองน้ำจุลชีพราดบนกองขยะ
4. ในการประยุกต์การสาธิตการบำบัดขยะติดเชื้อในรายงานฉบับนี้ ทางองค์การบริหารส่วนท้องถิ่น และเทศบาลในจังหวัดต่าง ๆ สามารถติดต่อขอรับแบบและวิธีการจากผู้วิจัยได้โดยไม่คิดมูลค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] สุรการนต์ โรจนไพรวงศ์ (2546) *สถานการณ์สิ่งแวดล้อมไทย 2544-2545* บริษัทอัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

[2] *http://www.learn.in.th/articles/biod01/biosituation.html*

[3] Colbaugh, R., Glass, K., and Jamshidi, M., "Impedance control for hazardous waste handling applications," *Proceedings of the 30th IEEE Conference on Decision and Control*, 11-13 Dec. 1991, pp. 684 – 691.

[4] Christensen, B., Drotning, W., and Thunborg, S., "Model based, sensor directed remediation of underground storage tanks," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 9-11 April 1991, pp.1377 – 1383.

[5] Abel, E., and Siva, K.V., "Nuclear telerobotics and dextrous controllers," *IEEE International Workshop on Intelligent Robotics*, 3-6 July 1990, pp. 363 – 371.

[6] Holliday, M., Dougan, A.,Gavel, D., Gustaveson, D., Johnson, R., Kettering, B., and Wilhelmsen, K., "Demonstration of automated robotic workcell for hazardous waste characterization," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 2-6 May 1993, pp.788 – 794.

[7] US Patent No. 5,293,887, *Robotic tank cleaning system and method.*

[8] US Patent No. 4,709,265, *Remote Control Mobile surveillance systems.*

[9] US Patent No. 6,682,287, *Segmented link robot for waste removal* .

[10] US Patent No. 5,435,405, *Reconfigurable mobile vehicle with magnetic tracks.*

[11] US Patent No. 6,379,393, *Prosthetic, orthotic, and other rehabilitative robotic assistive devices actuated by smart materials.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Kim, K., Lee, H., Park, J., and Yang, M., "Robotic contamination cleaning system," *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System*, 30 Sept.-5 Oct. 2002, pp.1874 – 1879.

[13] Cox, D.J., "Mock-up of hazardous material handling tasks using a dual-arm robotic system,", *Proceedings of the 5th Biannual World Automation Congress*, Vol. 14 , 9-13 June 2002, pp.527 – 532.

[14] Byler, E., Chun, W., Hoff, W., and Layne, D., "Autonomous hazardous waste drum inspection vehicle," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, Vol. 2 , Iss.1 , March 1995, pp. 6 – 17.

[15] Harpel, B.M., Dugan, J.B., Walker, I.D., and Cavallaro, J.R.; "Analysis of robots for hazardous environments," *Proceedings on Reliability and Maintainability Symposium*, 13-16 Jan. 1997, pp.111 – 116.

[16] Pin, F.G., "Some considerations on robotics for environmental friendliness," *IEEE Workshop on Advanced Robotics.*, 8-9 Nov. 1993, pp.113 – 120.

[17] Bicchi, A., and Tonietti, G, "Fast and "soft-arm" tactics [robot arm design]," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, Vol.11, No. 2, June 2004, pp. 22- 33.

[18] T. Onboonare , S. Charumartphan and P . Sooraksa. "A Geno-Fuzzy P^2ID Controller for Mobile Robots". *Processdings of the Third Asian Conference on Industrial Automation and Robotics*, Bangkok, Thailand,pp. 189-192, May. 8-9, 2003.

[19] Jansri, A., Kolmkarn, K., and Sooraksa, P., " On comparison of attractors for chaotic mobile robots," *Proc. IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2536- 2541, 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[20] Klomkarn, K., and Sooraksa, P., "Implementation on "No-CPU" Chaotic Robots," *Proc. The 5th Asian Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics*, 2005.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก . บันทึกการเก็บขยะ ณ โรงกักเก็บคณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางการเก็บขยะ

เดือน กุมภาพันธ์ 2548 เดือน มีนาคม 2548

วัน	เวลา	จำนวนขยะ	วัน	เวลา	จำนวนขยะ
1	—	ญ. 1 ถัง —	1		
2	17.45 น.	ญ. 5 ถัง ค. 4 ถัง	2		
3	—	ญ. 1 ถัง —	3		
4	17.45 น.	ญ. 5 ถัง ว. 4 ถัง	4		
5	—	ญ. 2 ถัง —	5		
6	—	ญ. 2 ถัง —	6		
7	18.15 น.	ญ. 4 ถัง ค. 2 ถัง	7		
8	—	ญ. 2 ถัง ล. 1 ถัง	8		
9	17.45 น.	ญ. 4 ถัง ค. 3 ถัง	9		
10	—	ญ. 2 ถัง ค. 2 ถัง	10		
11	17.45 น.	ญ. 5 ถัง ล. 5 ถัง	11		
12	—	ญ. 4 ถัง ล. 1 ถัง	12		
13	—	ญ. 5 ถัง ล. 2 ถัง	13		
14	18.00 น.	ญ. 5 ถัง ล. 5 ถัง	14		
15	—	ญ. 2 ถัง ล. 2 ถัง	15		
16		ญ. 3 ถัง ล. 3 ถัง	16		
17	18.00 น.	ญ. 5 ถัง ล. 4 ถัง	17		
18	—	ญ. 2 ถัง ล. 2 ถัง	18		
19	18.00 น.	ญ. 4 ถัง ล. 3 ถัง	19		
20	17.45 น.	ญ. 1 ถัง —	20		
21	18.00 น.	ญ. 2 ถัง —	21		
22	—	ญ. 2 ถัง ล. 1 ถัง	22		
23	17.30 น.	ญ. 4 ถัง ล. 2 ถัง	23		
24	—	ญ. 2 ถัง —	24		
25	17.45 น.	ญ. 4 ถัง ล. 2 ถัง	25		
26	—	—	26		
27	—	—	27		
28	18.00 น.	ญ. 3 ถัง ล. 2 ถัง	28		
29			29		
30			30		
31			31		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข . อนุกรมเหตุการณ์โครงการโดยย่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Motivation:

แรงจูงใจแรกของการทำงานเริ่มจากผู้วิจัยพบสภาพกลิ่นที่เน่าเหม็นและสภาพดังรูป

เมื่อเดินเข้ามาดูใกล้ ๆ ก็พบความไร้ระเบียบในการจัดการขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

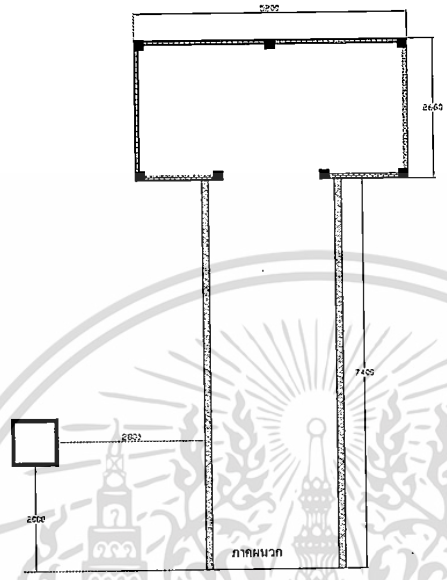
นี่คือสภาพโรงเรือนก่อนการปรับปรุง

สภาพการขาดการดูแลรักษาเห็นได้โดยง่าย

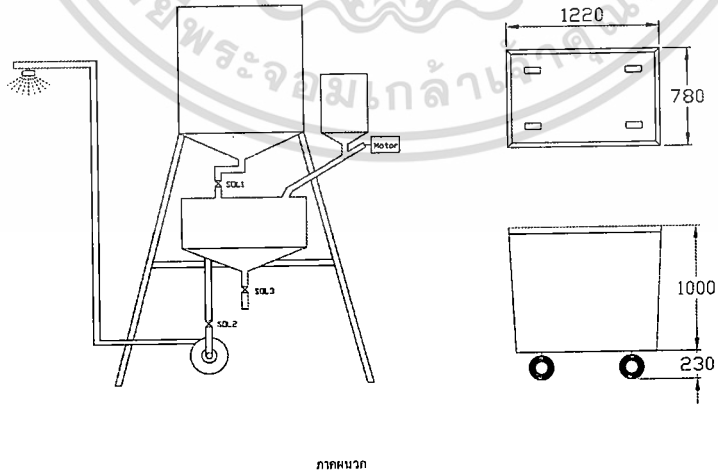
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยแรงบันดาลใจดังกล่าวผู้วิจัยจึงคิดออกแบบปรับปรุง



ต้นแบบแนวคิดแรกของเครื่องบำบัดกลิ่นขยะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pilot Study:

จากปัญหาปลาลอยตายจำนวนมากในสระน้ำหน้าตึกภาคโทรคมนาคม ประมาณปลายปี พ.ศ. 2548 ระหว่างเฟสแรกของการวิจัยปีด้วยงบประมาณปี พ.ศ. 2549

ภาคผนวก

คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเบื้องต้นโดยใช้แบคทีเรียสายพันธุ์คัดสรรจำนวน 20 กก มาทดลองบำบัดน้ำเสียเพื่อตรวจสอบสมรรถนะของระบบบำบัดขยะเน่าเหม็นโดยอาศัยแบคทีเรียเหล่านี้ ซึ่งได้มาจากความรู้ของผู้เชี่ยวชาญแบคทีเรีย คุณไกรศร กรุงวงศ์ ที่ได้อนุเคราะห์ให้ความกระจ่างในการบำบัด

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

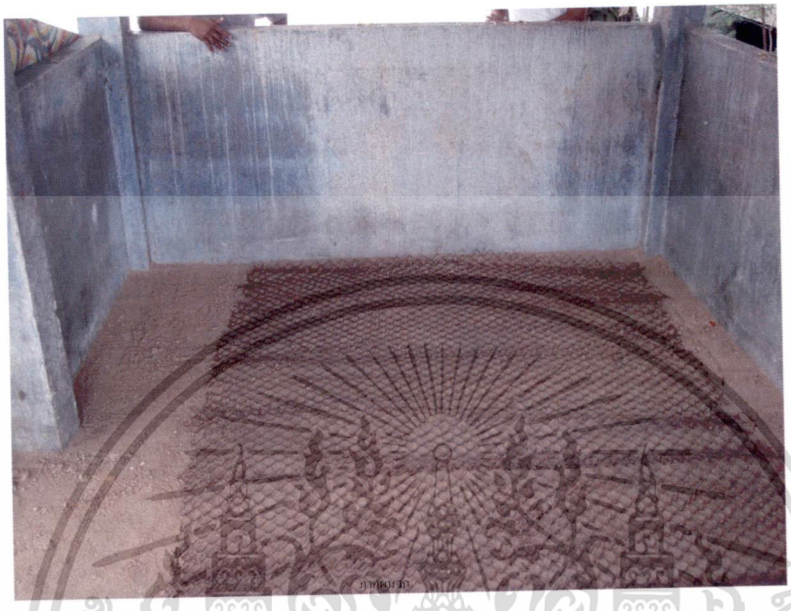
หลังจากทำการบำบัดได้ 40 นาทีสภาพน้ำหน้าตึกภาควิชาโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ดีขึ้นมากโดยกลับมาใส จึงเพิ่มความเชื่อมั่นในแบตทีเรียที่จะนำมาใช้บำบัดกลิ่น

ภาคผนวก

เริ่มทำการปรับพื้นอาคาร ประมาณต้นปี พ.ศ. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับพื้นและเริ่มงานปูน



งานปรับพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Implementation:

หัวหน้าโครงการและคณะตรวจรายการที่ต้องปรับปรุงและเพิ่มเติม

ภาคผนวก

Implementation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Implementation

Implementation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Implementation: ทดสอบการไฟส่องสว่างกลางคืน

Implementation

ภาพที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Implementation

ภาพตัวอย่าง

Implementation

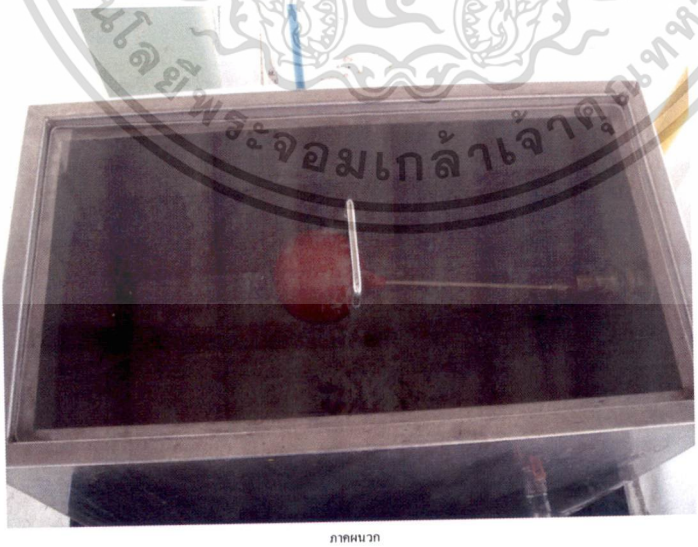
ภาพตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Implementation

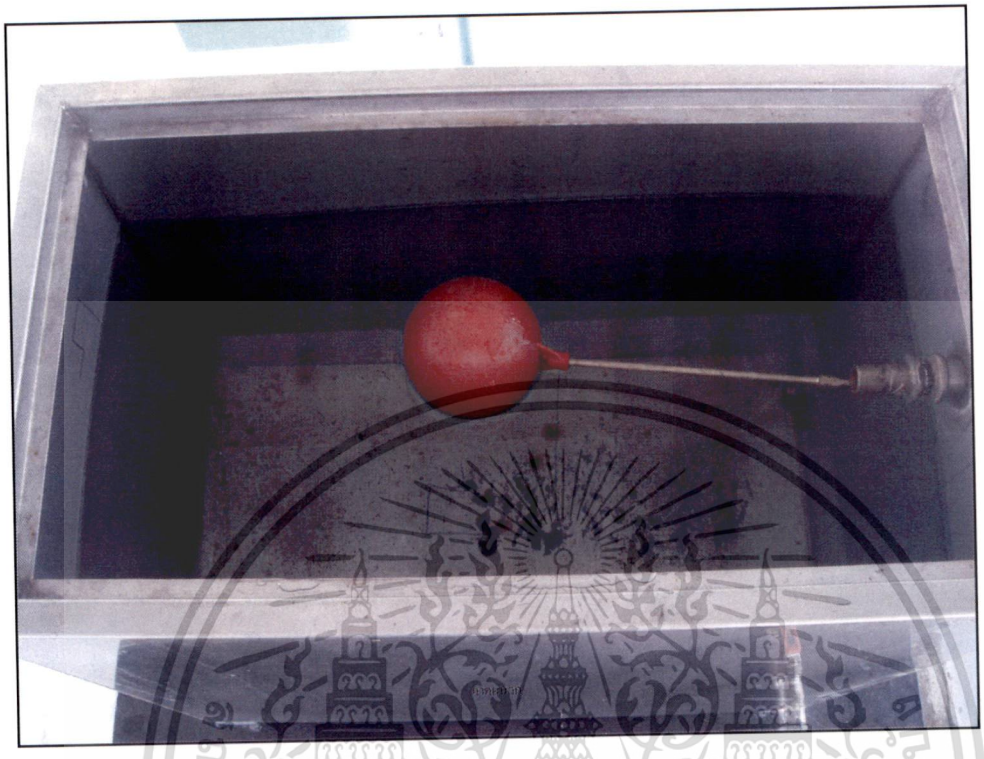
ภาคผนวก

Operation

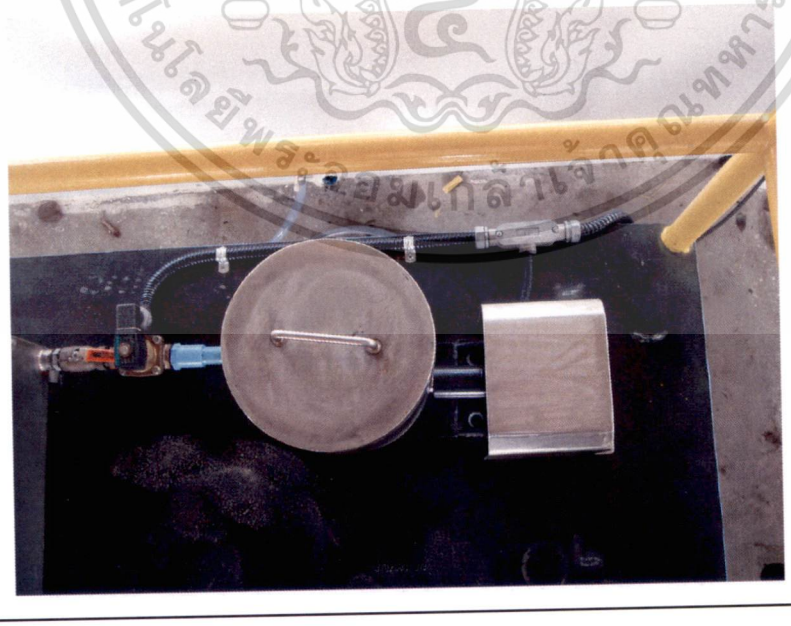


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Operation: ถังเก็บสปอร์แบตทีเรีย



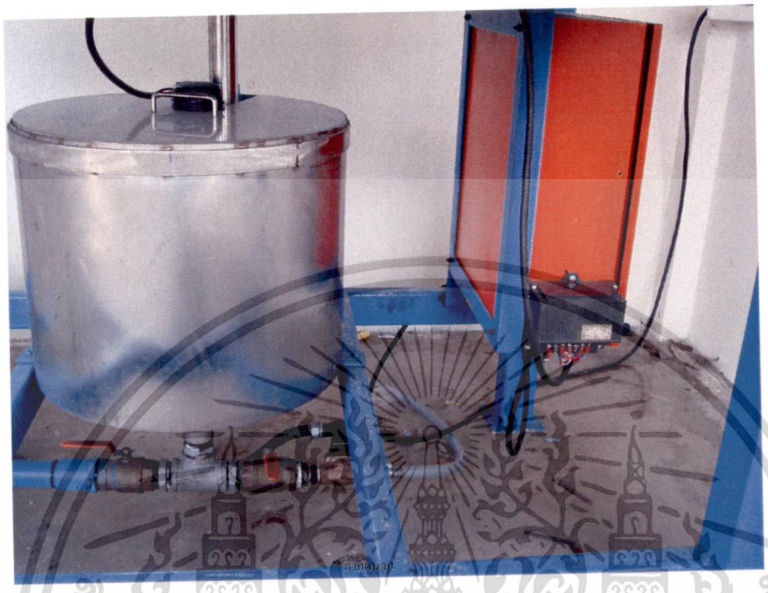
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operation

Operation: แบตที่เรียในรูปผงสปอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

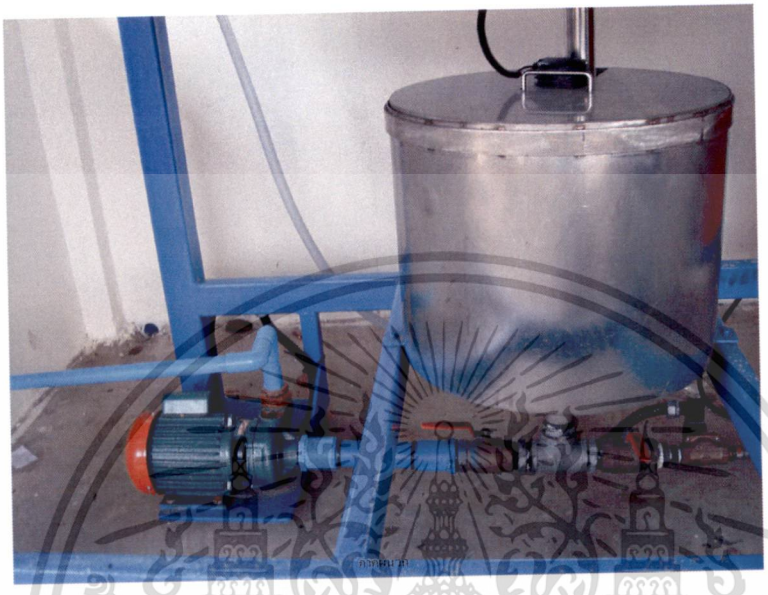
Operation



Operation: ชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Operation



Operation: การทดลองฉีดน้ำผสมแบคทีเรียเพื่อบำบัดขยะติดเชื้อ

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค . หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญการบำบัดขยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG TEL. 0-2737-3000, 0-2326-4111

CHALONGKRUNG Rd, LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND 10520 FAX. 0-2326-5000

วันที่ 25 เมษายน 2548

เรียน คุณไกรศร กรุงวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีความประสงค์ขอเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญด้านการบำบัดขยะ มาให้คำปรึกษาโครงการ "ระบบอัตโนมัติช่วยบำบัดขยะติดเชื้อ" โดยมี รศ. ดร. ปิติเขต สู้รักษา เป็นหัวหน้าโครงการ

จึงขอเรียนเชิญท่านเพื่ออนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษาโครงการดังได้แจ้งไว้ในข้างต้น และขอเรียนเชิญประชุมในวันพฤหัสบดีที่ 28 เมษายน พ.ศ. 2548 ณ ห้องปฏิบัติการ Info-dynamics Lab เวลา 10.00-12.00 น. และขอแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้

(รศ. ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช)
หัวหน้าภาควิศวกรรมสารสนเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG TEL. 0-2737-3000, 0-2326-4111

CHALONGKRUNG Rd, LADKRABANG, BANGKOK, THAILAND 10520 FAX. 0-2326-5000

วันที่ 1 มิถุนายน 2548

เรียน คุณไกรศร กรุงวงศ์

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมีความประสงค์ขอเชิญท่านในฐานะผู้เชี่ยวชาญด้านการบำบัดขยะ มาให้คำปรึกษาโครงการ "ระบบอัตโนมัติช่วยบำบัดขยะติดเชื้อ" โดยมี รศ. ดร. ปิติเขต สู้รักษา เป็นหัวหน้าโครงการ

จึงขอเรียนเชิญท่านเพื่ออนุเคราะห์เป็นที่ปรึกษาโครงการดังได้แจ้งไว้ในข้างต้น และขอแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้

(รศ. ดร. ถวิล พึ่งมา)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

สำเนาถึง: รศ. ดร. ปิติเขต สู้รักษา รศ. ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช (หัวหน้าภาควิศวกรรมสารสนเทศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง . การเผยแพร่ผลงานวิชาการ ณ ที่ประชุมวิชาการ ระดับนานาชาติ ณ ประเทศเกาหลี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Odor Treatment System for Waste Management

Suwilai Areejit [1] and Pitikhate Sooraksa [2]

[1] Department of Information Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Bangkok, Thailand
(Tel : +66-2-346-5091; E-mail: ar_suwilai@hotmail.com)
[2] Department of Information Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang , Bangkok, Thailand
(Tel : +66-2-737-3000; E-mail: pitikhate@gmail.com)

Abstract: This project is an applied research using automation technology for environment. The goal of the research is to build a prototype for waste treatment annihilating obnoxious odors. Good bacteria, which is unharmful for human, is employed for the treatment by means of automatic spraying technique. The output of the research is the prototype as desired and the outcome is knowledge transferring to communities. Based on Thai TV news about this KMITL automatic waste treatment machine, the prototype has received a great attention from many local administrative governments of many provinces in Thailand.

Keywords: Waste, Odor, Treatment

1. INTRODUCTION

According to Pollution Control Department, in recent years, the department received 754 complaints about pollution problems from nationwide. The most concerned problem of those complaints was Odor, 40%. Those ranked after Odor were Smoke/Dust, Wastewater , Noise , Solid Waste , Hazardous Waste and Other, respectively [1] as shown in Fig. 1. The report also revealed that, "in comparison to the nationwide, there were 528 petitions from total of 754 or 70% of public complaint on pollution were sent from these provinces respectively : Bangkok, Samutprakan, Nakhonpathom, Samutsakhon and Nonthaburi." It is easy to see that the larger the city and its vicinity, the higher the number of problems from waste would be. This problem is not only serious issues for Thailand, but also true for elsewhere in the major cities of the world.

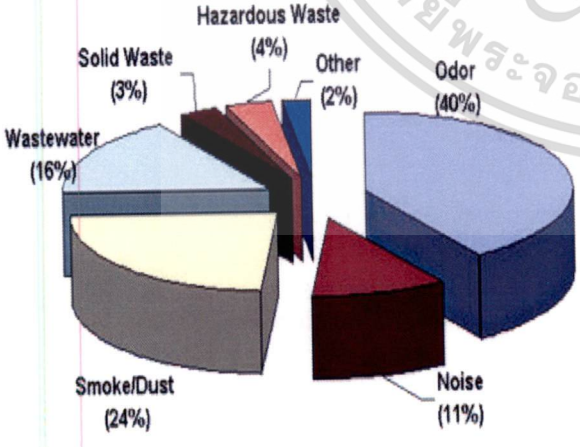


Fig. 1 Number of public complaints categorized by Pollution Control Department. [1]

The afore mentioned is the motivation of this work for implementation of the odor treatment system for waste management using tools in control engineering. The methods and ideas used here are inspired in part by [2-4]. The work is definitely the cutting-edge one, but it is indeed the appropriate one for dealing with odor by integrating available tools and utilities for waste treatment that the local organization can be imitated or modified the proposed system.

2. MICRO-ORGANISMS FOR ODOR TREATMENT

This section briefly mentions about biological filtration that involves bacteria and other micro -organisms those can convert bio-waste into less toxic substances. A biological filter can convert toxic ammonia from waste, excess food, decaying or dying plant mater, and rotten meat into Nitrite, and toxic Nitrite into Nitrate. Nitrate is relatively harmless, however, Nitrate will also contribute to a plant growth. Biological filtration occurs as the water passes over any surface that the bacteria processing the waste can grow on.

Plants can use some nitrogenous waste as fertilizer, though they will only be able to process this as they photosynthesize during the day. The concentration of nitrogenous waste used by plants will be so minimal as to make no significant difference in water quality. At night, however, plants respire just as animals do, and will be producing nitrogenous waste. Besides the Nitrogen fixing group, four more kinds of bacteria are used in this project, which are Filamentous fungi, Photosynthetic micro-organisms, Zynogumic or Fermented microorganisms, and Lactic acids groups. These microorganisms are employed in the pilot study mentioned in the next section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. TEST FOR THE EFFECTIVENESS OF MICRO-ORGANISMS

In the pilot study for the effectiveness of microorganisms, the authors put the amount of 20 kilograms of the bacteria into a KMITL pool which seriously needs a water treatment, as can be easily seen from Fig. 2. The proportion of bacteria to the water is a tea spoon per 20 gallons of water. According to the observation, the water became clear after thirty minutes of putting the bacteria into the pool as shown in Fig. 3. This ensures that the bacteria can be exploited to use for automatic feeding machine for the odor annihilator. Next section describes the design and implementation.

Fig. 2 Many dead fishes indicate the water pollutions in a KMITL pool.

Fig. 3 More clear after the treatment.

4. DESIGN AND IMPLEMENTATION

Figure 4 shows the design for an automatic control system for odor treatment. The system composes of a bacteria storage, water subsystem, sprinkle control subsystem, and the support IT unit. The system functions can be described as follows:

a. The timer is set for launching the operation time of the system.
b. During the operation time, water level and bacteria level are checked. If the level indicates the OK output, the controller will tell valves to open and the mixing process of bacteria and water would begin.
c. After the mixing process has been done, the sprinkle subsystem is activated, and the pumps are also drawn the water from the storage tank to spray the bacteria. The sprinkle unit can be program to spray in any pattern.
d. The timer tells the system to shut down. Note that the operating time depends on size of the waste causing bad smell.
e. The system can be remotely monitored and controlled via SMS by a mobile phone.

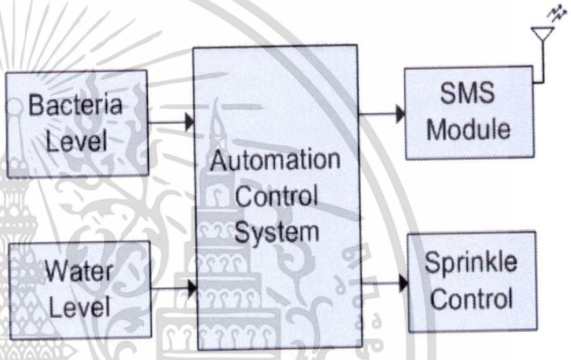


Fig. 4 Overall system design.

Structure of the house for installing the odor treatment system may design as shown in Figs. 5-8. According to our experiment, the cleaner the house, the better change of the human behaviors for throwaway the garbage would be.

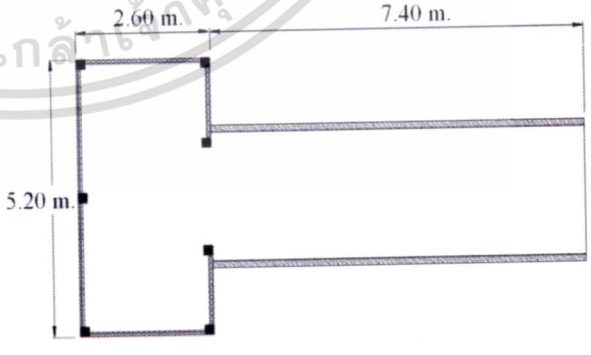


Fig. 5 Size of house for installing the odor treatment system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

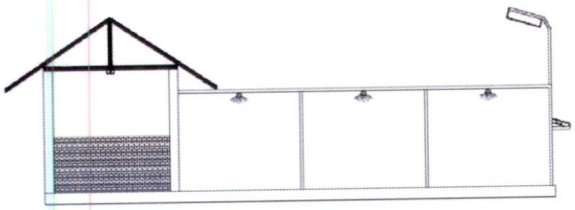


Fig. 6 A house for installing the odor treatment system.

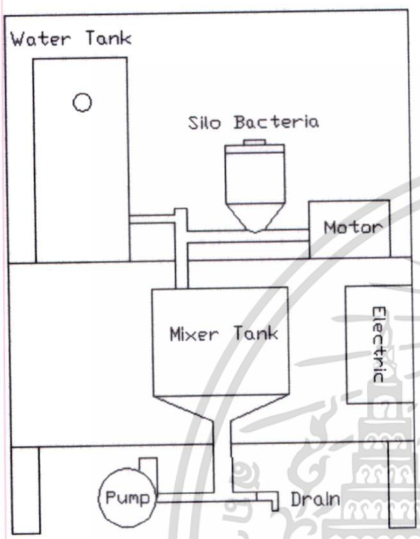


Fig. 7 Odor treatment machine system.

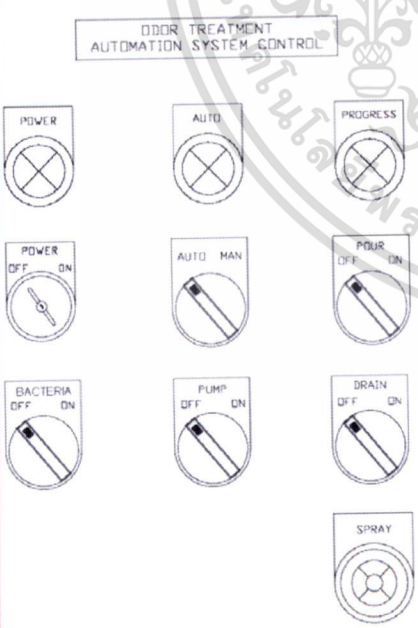


Fig. 8 Control panel of odor treatment machine system.

In our case the system is implemented and built as shown in Fig. 9. The system is simple but cost effective and is the most useful one to help keep better environment for the community, compared to the time before installing the system at the facility location.

Fig. 9 KMITL odor treatment system.

5. EXPERIMENTAL RESULTS

In our system, each operation time is set for 8 hours apart to the others. In other words, the system operates three times a day. In the experiment, bacteria to water ratio is set to be 1 tea spoon for 20 gallon of water. The system works well in the sense that the system is able to eliminate the bad smell causing from the rotten waste completely within a few minutes.

6. CONCLUDING REMARKS

The odor treatment system is designed and implemented using a basic control engineering. The system is simple yet effective both in cost and performance. The system can eliminate bad smell odor causing by rotten or infected waste within a few minutes. The IT functions like SMS and Bluetooth communication are implemented to monitor and control the system remotely. The ultimate goal of this work is to transfer the technology to the local community for every district or Tambol of Thailand.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the National Research Council of Thailand for financial support of the work.

REFERENCES

[1] http://pcdv1.pcd.go.th/Information/petition/stat_2003.htm

[2] "*A Comparative Study on Odor Regulation in Japan*" Sung Bong Yang, School of Chemistry and Biological University of Ulsan, Korea, pp. 77 -105, 2003

[3] Prof. Dr.-Ing. Franz-Bernd Frechen, "*State of the Art of Odour Measurement*" Odor Measurement Review Ministry of the Environment, Government of Japan pp. 149-155, 2004

[4] A.Yuwono and P. Schulze Lammers. "*Odor Pollution in the Environment and the Detection Instrumentation*" Agricultural Engineering International : the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Vol. VI., pp. 1-33, 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้