

การประยุกต์ใช้ เซ็นเซอร์ Ultra-Wideband ในการตรวจจับปลวก Application of Ultra-Wideband sensor on Termites Detection

ธรรณิษฐ์ ศิริธรรม ณรงค์กรณ์ ชุณหกุล ญัฐพล พงนะลาวัณย์ และ ขวาลิต กิตติชัยการ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: thannit@hotmail.com, narongkorn.ck@hotmail.com,

nut_k_ang15@hotmail.com, fengck@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ปลวกได้สร้างภัยคุกคามอย่างมากแก่อาคารที่อยู่อาศัยของมนุษย์ ด้วยพฤติกรรมการกัดกินเนื้อไม้และการขยายรังของปลวก ทำให้โครงสร้างภายในอาคารที่สร้างจากไม้เกิดความเสียหายได้ ปลวกมักจะซ่อนตัวอยู่ภายในผนัง บนฝ้า หรือภายใต้พื้นบ้านหรืออาคาร ทำให้การกำจัดปลวกนั้นจำเป็นต้องมีการเจาะหรือรื้อโครงสร้างภายในอาคาร หากไม่มีความแม่นยำในการตรวจหาปลวก อาจจะนำมาซึ่งความเสียหายโดยไม่จำเป็นได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปยังการใช้เทคโนโลยีรูปแบบใหม่ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์ที่ใช้สัญญาณแบบ Ultra-Wideband สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งต่าง ๆ ได้ โดยสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางต่าง ๆ เช่น ผนังปูนหรือแผ่นไม้ โดยในวิธีการศึกษาจะ มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ภาษา Python ในการสั่งงานเซ็นเซอร์

ผลจากการศึกษาพบว่าเซ็นเซอร์ Ultra-Wideband สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งต่าง ๆ ได้ในระยะไกลถึง 9 เมตร โดยสัญญาณที่พบแสดงให้เห็นว่าวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวที่ต่างกันก็จะให้สัญญาณที่แตกต่างกัน วัตถุที่มีขนาดใหญ่ สัญญาณที่ได้จะมีขนาดกว้างมาก ส่วนวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวเร็ว ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณจะสูง นอกจากนี้เซ็นเซอร์ยังสามารถบอกจำนวนของสิ่งที่เคลื่อนไหวขนาดใหญ่ ๆ ได้อีกด้วย จากการทดสอบหน่วยงานพบว่าเซ็นเซอร์ตัวนี้สามารถตรวจจับปลวกได้จริง ซึ่งนำไปสู่การป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอาคารบ้านเรือนได้อย่างทันท่วงที

คำสำคัญ: เซ็นเซอร์; ปลวก; ภาษาไพธอน; อัลตราไวด์แบนด์

Abstract

At present, termites are dangerous to a construction of the houses by their behavior in eating wood and expanding their habitat. Because termites always hide behind the wall, above the ceiling or underneath the floor, drilling holes on these obstructions are inevitably. With inaccuracy in detection, it leads to unnecessary damage of your house.

Therefore this research aims to applying new technology Ultra-Wideband Sensor in detecting movement of any objects by penetrating through all obstructions such as concrete or wooden wall. In this study, an in house developed computer program using python is used to control the sensor.

From the result obtained, it was found that Ultra-Wideband Sensor can detect movement of the objects at maximum distance of 9 meters. From the signal obtained, it shows that objects in different motion give different signal. The big objects give a wider bandwidth. Moreover, objects with fast movement can show high amplitude and this sensor also can identify the number of big moving objects. Finally, after testing this sensor on site, it can detect the termites very well and give very accurate results.

Keywords:  sensor; termites; python; Ultra-Wideband

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ปลวกได้สร้างภัยคุกคามอย่างมากแก่อาคารที่อยู่อาศัยของมนุษย์ ด้วยพฤติกรรมการกัดกินเนื้อไม้และการขยายรังของปลวก ทำให้โครงสร้างภายในอาคารที่สร้างจากไม้เกิดความเสียหายได้ ปลวกมักจะซ่อนตัวอยู่ภายในผนัง บันได หรือภายใต้พื้นบ้านหรืออาคาร ทำให้การกำจัดปลวกนั้นจำเป็นต้องมีการเจาะหรือรื้อโครงสร้างภายในอาคาร หากไม่มีความแม่นยำในการตรวจหาปลวก อาจจะทำให้เกิดความเสียหายโดยไม่จำเป็นได้ ในประเทศไทยวิธีการตรวจสอบว่ามีปลวกอาศัยอยู่ภายในโครงสร้างอาคารหรือไม่นั้น ในปัจจุบันวิธีที่เป็นที่นิยมได้แก่การใช้ไม้เคาะไปตามพื้นหรือบริเวณที่คาดว่าจะมีปลวกอาศัยอยู่และอาศัยการฟังเสียงจากการเคาะ แม้วิธีนี้จะเป็นการตรวจสอบที่ง่ายและสะดวกที่สุด แต่เป็นวิธีที่มีความแม่นยำต่ำและไม่มีความน่าเชื่อถือ

การใช้ประโยชน์จากการสั่นของคลื่นทางกล (acoustic emission) ในการตรวจจับปลวกนั้น ได้ถูกนำเสนอโดย [1] ในปี 1990 โดยกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากปลวกนั้นสามารถตรวจจับได้จากคลื่นทางกลที่พวกมันปล่อยออกมา ซึ่งผลที่ได้มานั้นยังคงต้องมีการพัฒนาอีกมากในการตรวจจับที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยในปี 2015 [2] ได้ใช้หลักการการสั่นของคลื่นทางกลมาประยุกต์กับการตรวจหาแมลงกินเนื้อไม้ (xylophagous insect) เนื่องจากวิธีนี้มีคลื่นรบกวนเกิดขึ้นในขณะการตรวจจับ ไม่ว่าจะเป็นคลื่นที่เกิดจากตัวเครื่องมือวัดเองหรือสัญญาณรบกวน (noise) ทำให้ได้ผลที่ไม่แม่นยำ

ในปัจจุบันวิธีที่ได้รับความนิยมคือการตรวจจับพลังงานความร้อนที่เกิดมาจากปลวก ซึ่งจะถูกปล่อยออกมาในช่วงคลื่นอินฟราเรด ซึ่งมีช่วงคลื่นมากกว่า 700 nm จึงต้องใช้กล้องอินฟราเรดหรือกล้องตรวจจับความร้อนมาตรวจวัดพลังงานความร้อนที่ถูกปล่อยออกมา โดย [3] ได้นำมาประยุกต์ในการตรวจจับปลวก จะได้ว่าหากกล้องอินฟราเรดตรวจพบพลังงานความร้อนที่มากกว่าปกติ ณ บริเวณที่ตรวจสอบจะสามารถสันนิษฐานได้ว่ามีรังปลวกอยู่ ณ บริเวณนั้น เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ตรวจพบได้นั้นเกิดมาจากการสั่นดาป (metabolism) ของปลวกภายในรัง แต่ด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปที่มีราคาสูง ทำให้วิธีนี้เหมาะกับงานระดับกลางถึงใหญ่มากกว่างานระดับเล็ก อีกทั้งปลวกถือเป็นสัตว์เลือดเย็นทำให้อุณหภูมิบนตัวมันนั้นมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม หากนำปลวกจำนวนน้อยมาตรวจจับด้วยกล้องอินฟราเรด ผลลัพธ์ที่ได้จะมีลักษณะใกล้เคียงกันกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงเป็นการยากหากต้องการตรวจจับปลวกในปริมาณน้อย ทั้งนี้ค่าพลังงานความร้อนที่สามารถตรวจจับได้นั้น อาจไม่จำเป็นต้องมีต้นกำเนิดมาจากปลวกแต่เพียงอย่างเดียว อาจจะเป็นท่อน้ำร้อนที่ฝังตามผนังหรือสิ่งอื่นๆ จึงทำให้ค่าความแม่นยำเป็นที่ยอมรับเพียงแค่ระดับหนึ่ง

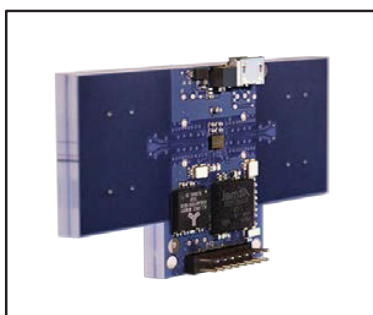
ช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยพัฒนาต่อยอดคุณสมบัติต่างๆ ของคลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ให้ดีขึ้นเพื่อการตอบสนองของผู้บริโภค การพัฒนาระบบคลื่นช่วงรับข้อมูลขนาดใหญ่ (Ultra-wideband, UWB) เป็นหนึ่งในคลื่นที่มีการพัฒนาต่อเนื่อง ซึ่งนับว่า

เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการสื่อสารแบบไร้สาย (wireless communication system) และเรดาร์ตรวจจับวัตถุ ลักษณะเด่นของ UWB นั้นคือมีช่วงคลื่นความถี่ (bandwidth) ที่กว้าง จึงมีข้อได้เปรียบในการรับส่งข้อมูลขนาดใหญ่ในระยะทางไม่ไกลมากโดยใช้พลังงานน้อย อีกทั้งยังมีความสามารถในการทะลุผ่านสิ่งกีดขวาง ซึ่งคลื่นช่วงความถี่แคบไม่สามารถทำได้ [4] และ [5] ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการนำ UWB มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับปลวกที่อาศัยอยู่ภายในผนังหรือฝ้าตามอาคารบ้านเรือน เนื่องจาก UWB สามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้เป็นอย่างดี โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้คือการตรวจสอบการเคลื่อนไหวของปลวกภายในระยะ 1 เมตร

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 อุปกรณ์

รายงานวิจัยนี้จะใช้เซ็นเซอร์ที่สามารถส่งคลื่น Ultra-Wideband ออกมา ดังแสดงในภาพที่ 1 ในการตรวจจับปลวก ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่ใช้สำหรับตั้งค่าเพื่อใช้ในการตรวจจับและส่วนที่ตรวจสอบการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยสามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตได้ในระยะทางไกลถึง 9 เมตร และสามารถกำหนดค่า Sensitivity ได้ตั้งแต่ 1-9



ภาพที่ 1 เซ็นเซอร์ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2 วิธีการทดลอง

นำเซ็นเซอร์มาทดสอบสัญญาณและตรวจจับการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ โดยมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยให้ชื่อว่า “Termite Detecting Program”

ในการส่งงานเซ็นเซอร์ โดยโปรแกรมนี้ได้พัฒนามาจากภาษา Python ซึ่งเซ็นเซอร์จะถูกบรรจุอยู่ในกล่องที่ได้มีการออกแบบขึ้นเอง เพื่อให้สามารถระบายความร้อนได้ดีและสะดวกต่อการใช้งาน ในส่วนของการทดลองได้มีการแบ่งออกเป็นทั้งสิ้น 6 การทดลอง

2.2.1 การทดลองเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิต โดยนำแผ่นพลาสติกไปวางหน้าเซ็นเซอร์

2.2.2 การทดสอบค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์เพื่อหาค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ

2.2.3 การทดลองเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 1 คน โดยให้มีการเคลื่อนไหวในลักษณะต่าง ๆ และใช้ค่า Sensitivity ที่เหมาะสมเพื่อสังเกตความแตกต่างของสัญญาณที่แสดงในแต่ละท่าทาง

2.2.4 การทดลองเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 2 คน โดยให้มีการเคลื่อนไหวในลักษณะต่าง ๆ และใช้ค่า Sensitivity ที่เหมาะสม เพื่อศึกษาว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตได้มากกว่า 1 สิ่ง หรือไม่

2.2.5 การทดลองเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น หนอน ปลวก และ มด โดยใช้ค่า Sensitivity ที่เหมาะสมเพื่อสังเกตความแตกต่างของสัญญาณ โดยจะเจาะจงผลการทดสอบของมดและปลวก เนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถอาศัยอยู่ในโครงสร้างบ้านเรือนได้ เช่น ตามฝ้าผนัง

2.2.6 การทดลองเพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของปลวกที่หน้างานจริง เพื่อทำการประยุกต์ใช้งานเซ็นเซอร์ในการตรวจจับหาที่อยู่อาศัยของปลวกในบ้านเรือนของผู้คน โดยไปตรวจบริเวณที่ปลวกมักจะทำรังอาศัยอยู่ เช่น บริเวณวงกบประตู ฝ้าผนัง ฝ้าเพดาน และใต้บันได เป็นต้น ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวจะบันทึกผลจำนวน 50 ครั้ง และนำสัญญาณที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 1

3. ผลการทดลอง



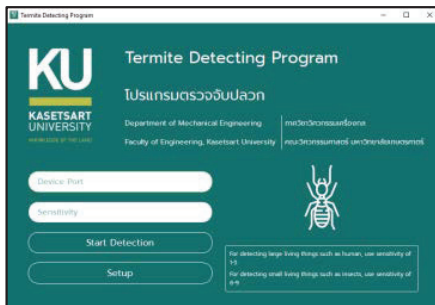
3.1 ผลการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อ การตรวจจับปลวก

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้
ภาษา Python เพื่อสั่งงาน ซึ่งโปรแกรมนี้เป็นโปรแกรม
ที่สะดวกต่อการใช้งาน เหมาะสำหรับผู้ใช้งานทุกระดับ
ดังแสดงในภาพที่ 2-3

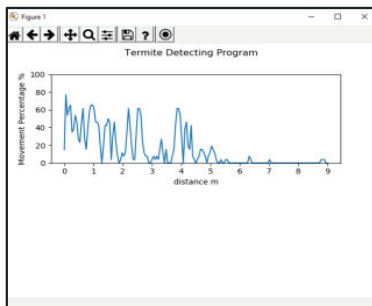
ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดการทดลอง

การทดลอง ที่	สิ่งที่นำมา ทดสอบ	ระยะ (เมตร)	ค่า Sensitivity	จำนวน (ครั้ง)
2.2.1	แผ่นพลาสติก	2	2	50
2.2.2	คน 1 คน ยืนโบกมือ	2	1-9	50
	คน 1 คน เดินลำตัวขนาน กับเซ็นเซอร์	2		
	คน 1 คน เดินลำตัวตั้งฉาก กับเซ็นเซอร์	2		
	คน 1 คน คลาน	2		
	กลุ่มหนอนในกล่อง	1		
	หนอนคลานนอก กล่อง	1		
	ปลวก 1 รัง	1		
2.2.3	คน 1 คน ยืนโบกมือ	2	2	50
	คน 1 คน เดิน ลำตัวขนานกับ เซ็นเซอร์	2		
	คน 1 คน เดิน ลำตัวตั้งฉากกับ เซ็นเซอร์	2		
	คน 1 คน คลาน	2		

การทดลอง ที่	สิ่งที่นำมา ทดสอบ	ระยะ (เมตร)	ค่า Sensitivity	จำนวน (ครั้ง)
2.2.4	คน 2 คน ยืนโบกมือ ยืนไม่ซ้อนกัน	2 และ 4	2	50
	คน 2 คน ยืนโบกมือ ยืนซ้อนกัน	2 และ 4		
	คน 2 คน เดินลำตัวตั้งฉาก กับเซ็นเซอร์ เดินไม่ซ้อนกัน	2 และ 4		
	คน 2 คน เดินลำตัวตั้งฉาก กับเซ็นเซอร์ เดินซ้อนกัน	2 และ 4		
	คน 2 คน คลาน คลานไม่ซ้อนกัน	2 และ 4		
	คน 2 คน คลาน คลานซ้อนกัน	2 และ 4		
2.2.5	มดแดง 1 รัง	1	9	50
	มดดำ 1 รัง	1		
	มดเหม็น 1 รัง	1		
	กลุ่มหนอนในกล่อง	1		
	หนอนคลาน นอกกล่อง	1		
	กลุ่มหนอนใน กล่อง 2 กล่อง	1 และ 3		
	หนอนคลาน นอกกล่อง 2 กอง	1 และ 3		
	ปลวก 1 รัง	1		
	ปลวก 2 รัง	1 และ 3		
	ปลวก 1 รัง และหนอนใน กล่อง 1 กล่อง	1 และ 3		
2.2.6	ตรวจจับการเคลื่อนไหว ของปลวกที่หน้างานจริง		9	50



ภาพที่ 2 หน้าต่างเริ่มต้นของ
Termite Detecting Program



ภาพที่ 3 หน้าต่างแสดงผลสัญญาณที่ได้รับจาก
การเคลื่อนไหว

3.2 ผลการออกแบบกล่องบรรจุเซ็นเซอร์

จากการใช้งานเซ็นเซอร์ พบว่ามีปัญหา 2 อย่างคือการจัดวางเซ็นเซอร์เพื่อใช้งานและความร้อนของเซ็นเซอร์ที่ปล่อยออกมา เป็นผลให้มีการออกแบบกล่องบรรจุเซ็นเซอร์ให้สามารถระบายความร้อนได้ดี และสะดวกต่อการใช้งาน โดยตัวกล่องสร้างจากการพิมพ์ 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 4



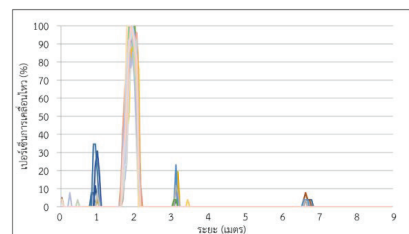
ภาพที่ 4 กล่องบรรจุเซ็นเซอร์ ที่ได้จากการพิมพ์ 3 มิติ

3.3 ผลการทดลองตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งไม่มีชีวิต

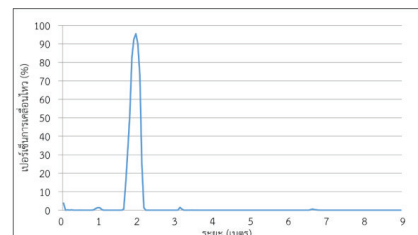
จากการทดลองเก็บผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์โดยการแขวนแผ่นพลาสติกหน้าเซ็นเซอร์ที่ระยะ 2 เมตร ตั้งแต่เวลา 1-50 วินาที ทำให้ทราบว่าเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งไม่มีชีวิตได้ และได้ทำการหาสัญญาณเฉลี่ย พบว่ากราฟมีรูปร่างคล้ายพาราโบลาคว่ำ มีแอมพลิจูดเท่ากับ 70% ตามแกน y ดังแสดงในภาพที่ 5-6

3.4 ผลการทดสอบค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์

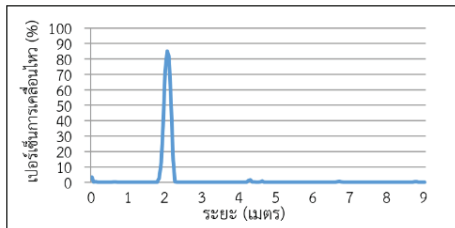
จากการทดสอบพบว่าเมื่อเพิ่มค่า Sensitivity จะทำให้ค่าแอมพลิจูดเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันสัญญาณรบกวนก็จะเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามหากค่า Sensitivity ยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากจะทำให้ค่าแอมพลิจูดเกือบถึงค่าจำกัดคือ 100% แล้ว คลื่นรบกวนก็จะเพิ่มขึ้นจนทำให้ไม่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จากการศึกษายังพบว่าค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมที่สุดจะไม่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนของการเคลื่อนไหวของสิ่งใหญ่ ๆ เช่น คน โบกมือ คนเดิน คนคลาน มีค่าเท่ากับ 2 ดังแสดงในภาพที่ 7



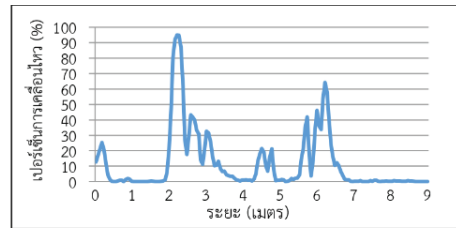
ภาพที่ 5 กราฟแสดงสัญญาณของการแขวน
แผ่นพลาสติกที่ระยะ 2 เมตร ที่เวลา 1-50 วินาที



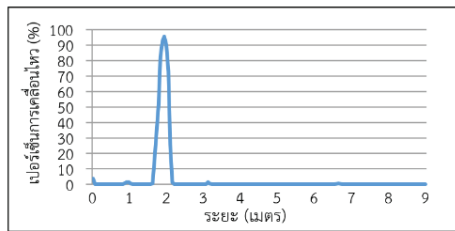
ภาพที่ 6 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของการแขวน
แผ่นพลาสติกที่ระยะ 2 เมตร



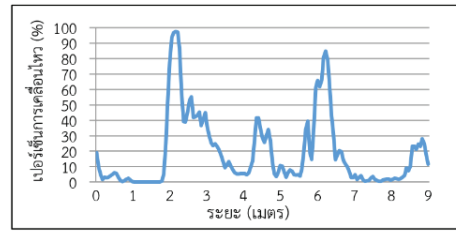
ก) sensitivity = 1



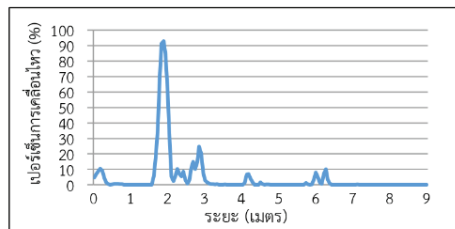
ข) sensitivity = 6



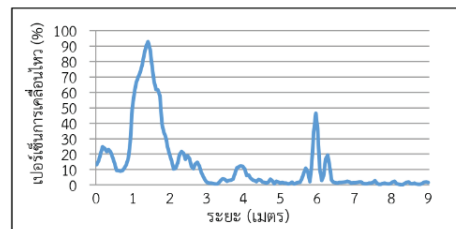
ค) sensitivity = 2



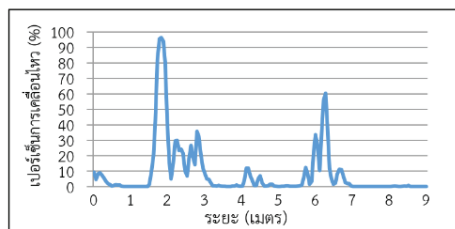
ง) sensitivity = 7



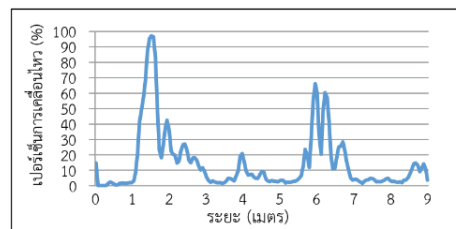
จ) sensitivity = 3



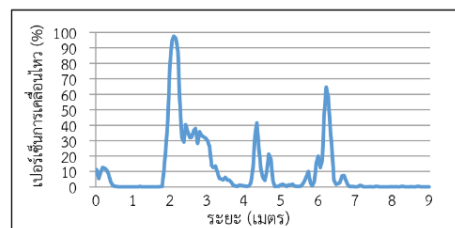
ฉ) sensitivity = 8



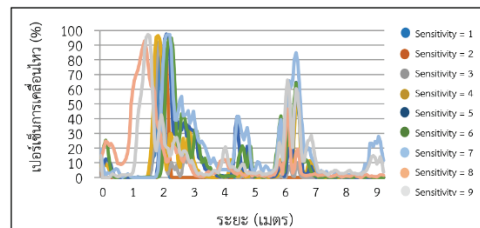
ช) sensitivity = 4



ซ) sensitivity = 9



ด) sensitivity = 5

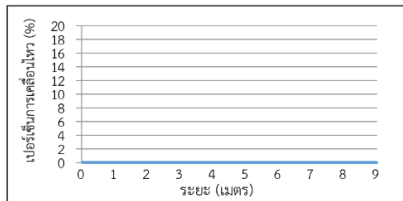


ฎ) sensitivity = 1-9

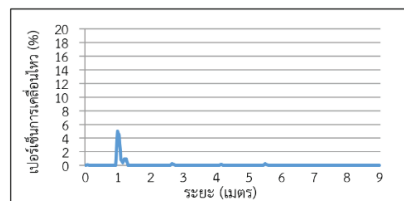
ภาพที่ 7 แสดงค่า sensitivity ในการตรวจจับ
การเคลื่อนไหวของคน 1 คน ยืนโบกมือที่ระยะ 2 เมตร

สำหรับการทดสอบตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น หนอน ปลวก และมด พบว่าการเพิ่มค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์ จะไม่มีผลต่อสัญญาณรบกวน เนื่องจากการเคลื่อนไหวของ

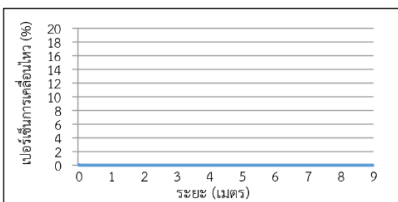
สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กนั้น ไม่เร็วพอที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน ซึ่งค่า Sensitivity ของเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมที่สุดของการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กคือ 9 ดังแสดงในภาพที่ 8



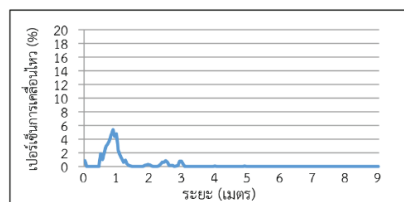
ก) sensitivity = 1



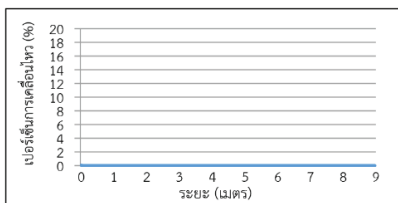
ฉ) sensitivity = 6



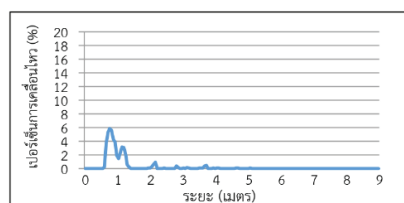
ข) sensitivity = 2



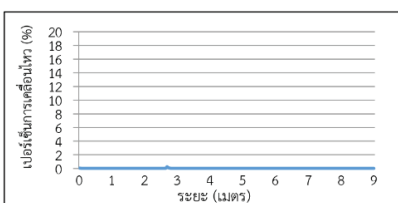
ค) sensitivity = 7



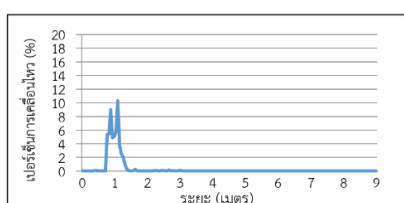
ค) sensitivity = 3



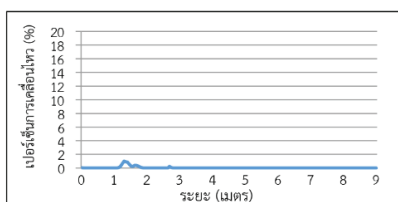
ง) sensitivity = 8



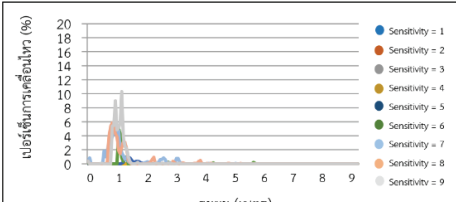
ง) sensitivity = 4



จ) sensitivity = 9



ฉ) sensitivity = 5

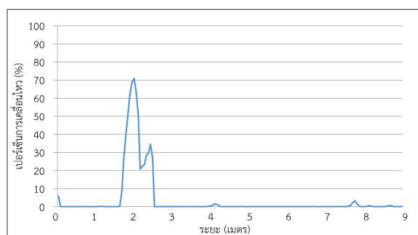


ญ) sensitivity = 1-9

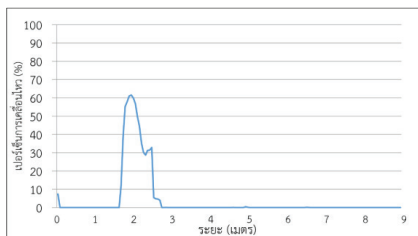
ภาพที่ 8 แสดงค่า sensitivity ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของหนอนคลานนอกกล่องที่ระยะ 1 เมตร

3.5 ผลการทดสอบตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 1 คน

จากการเปรียบเทียบสัญญาณของการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่าง ๆ พบว่าการเคลื่อนไหวของคน 1 คนที่อยู่กับที่ เช่น การยืนโบกมือนั้น รูปแบบของสัญญาณที่แสดงออกมามีคล้ายคลึงกับพาราโบลาคว่ำมีจุดยอด 1 จุด แต่จะแตกต่างกับการเคลื่อนไหวของคน 1 คนที่เคลื่อนที่ไปมาหน้าเซ็นเซอร์ เช่น การเดิน และการคลาน รูปแบบของสัญญาณที่แสดงออกมานั้นจะคล้ายคลึงกับพาราโบลาคว่ำมีจุดยอดมากกว่า 1 จุด นอกจากนี้ค่าแอมพลิจูดของสัญญาณที่ตรวจจับได้จากคนโบกมือนั้นจะมีค่าสูงกว่าคนเดินและคนคลานตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 9



ก) คน 1 คน เดินลำตัวขนานกับเซ็นเซอร์

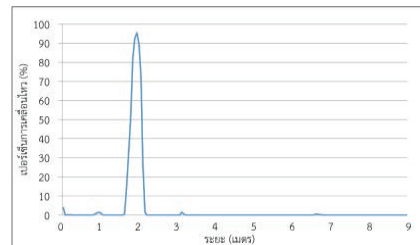


ข) คน 1 คน เดินลำตัวตั้งฉากกับเซ็นเซอร์

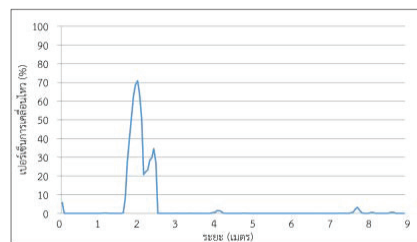
ภาพที่ 9 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของคน 1 คน ยืนโบกมือ เดิน และคลานตามลำดับ

จากการเปรียบเทียบสัญญาณของการเดิน ลำตัวตั้งฉากและลำตัวขนานกับเซ็นเซอร์ ทำให้ทราบว่าความกว้างของกราฟนั้นบ่งบอกถึงความหนาของ

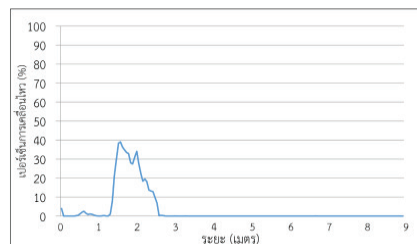
วัตถุ ซึ่งการที่คน 1 คน เดินลำตัวตั้งฉากกับเซ็นเซอร์ นั้นจะให้ค่าความหนาของกราฟ มากกว่าคน 1 คน เดินลำตัวขนานกับเซ็นเซอร์ ดังแสดงในภาพที่ 10



ก) คนยืนโบกมือ



ข) คนเดิน



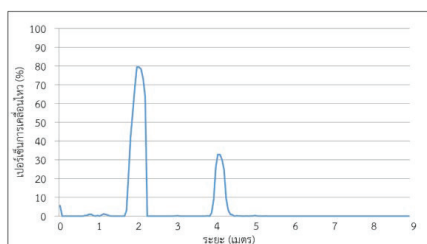
ค) คนคลาน

ภาพที่ 10 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของคน 1 คน เดินลำตัวขนานและตั้งฉากกับเซ็นเซอร์ตามลำดับ

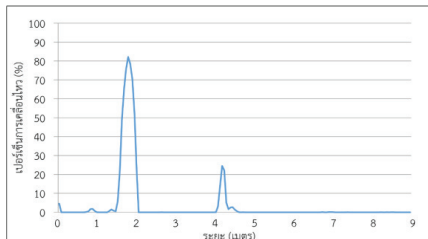
3.6 ผลการทดสอบตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 2 คน

จากการเปรียบเทียบสัญญาณของการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่าง ๆ ของคน 2 คน ที่ตำแหน่งซ้อนกัน และไม่ซ้อนกัน พบว่าการเคลื่อนไหวของคน 2 คน ไม่ว่าจะยืนโบกมือ เดินหรือคลาน จะได้รูปแบบของ

สัญญาณเหมือนเดิม เพียงแต่จะได้จำนวนของสัญญาณเป็น 2 สัญญาณ ตามจำนวนคน นอกจากนี้ตำแหน่งของการเคลื่อนไหวที่ซ้อนกันและไม่ซ้อนกัน ส่งผลให้ค่าแอมพลิจูดของกราฟตำแหน่งที่ 2 ต่ำกว่าค่าแอมพลิจูดของกราฟตำแหน่งที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าตำแหน่งของการเคลื่อนไหวซ้อนกันนั้นจะส่งให้ค่าแอมพลิจูดของกราฟตำแหน่งที่ 2 ต่ำกว่าตำแหน่งที่ 1 มากๆ อย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 11



ก) ยืนโบกมือไม่ซ้อนกัน

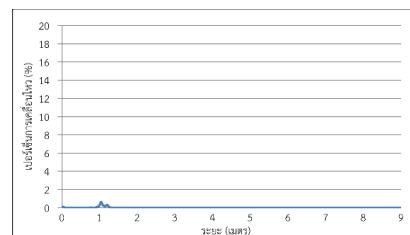


ข) ยืนโบกมือซ้อนกัน

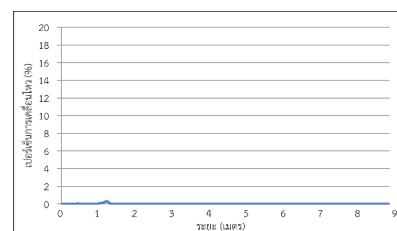
ภาพที่ 11 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของคน 2 คน ยืนโบกมือที่ระยะ 2 และ 4 เมตร

3.7 ผลการทดสอบตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก

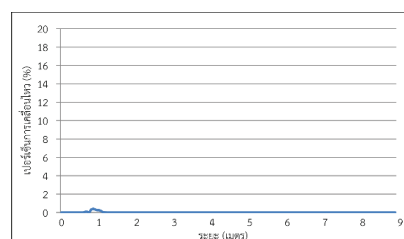
จากการวิเคราะห์สัญญาณการเคลื่อนไหวของมด 3 ชนิดคือ มดแดง มดดำ และมดเหม็น พบว่าแอมพลิจูดของกราฟมีค่าน้อยมาก เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่ไม่เร็วและถี่เท่าปลวกและหนอน ดังแสดงในภาพที่ 12



ก) มดแดง 1 รัง



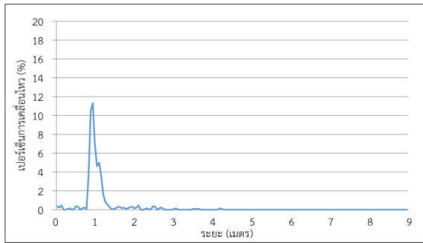
ข) มดดำ 1 รัง



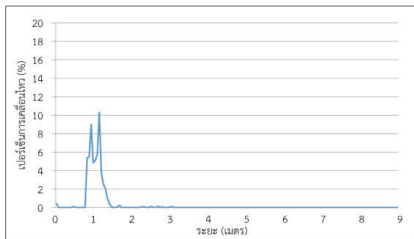
ค) มดเหม็น 1 รัง

ภาพที่ 12 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของมด 1 รัง ที่ระยะ 1 เมตร

จากการเปรียบเทียบสัญญาณการเคลื่อนไหวของกลุ่มหนอนในกล่องและหนอนคลานนอกกล่อง พบว่ารูปแบบของสัญญาณมีความแตกต่างกัน โดยที่รูปแบบสัญญาณของกลุ่มหนอนในกล่องจะมียอดกราฟ 1 ยอด คล้ายคลึงกับคนยืนโบกมือ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของหนอนถูกจำกัดแต่ภายในกล่อง และหนอนเคลื่อนที่ได้ลำบากเนื่องจากหนอนมีปริมาณมากและแออัดทับซ้อนกันอยู่ในกล่อง ส่วนสัญญาณที่ตรวจจับได้ของหนอนคลานนอกกล่องพบว่า มีจุดยอดมากกว่า 1 จุด คล้ายคลึงกับคนเดินและคลาน เนื่องจากหนอนสามารถคลานไปมาได้อย่างอิสระดังแสดงในภาพที่ 13



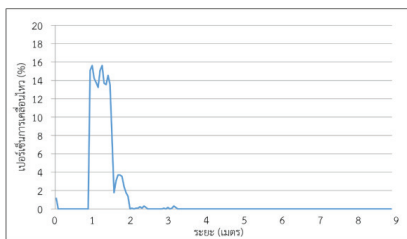
ก) กลุ่มหมอนในกล่อง



ข) หมอนคานนอกกล่อง

ภาพที่ 13 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของกลุ่มหมอนในกล่องและหมอนคานนอกกล่อง ที่ระยะ 1 เมตร ตามลำดับ

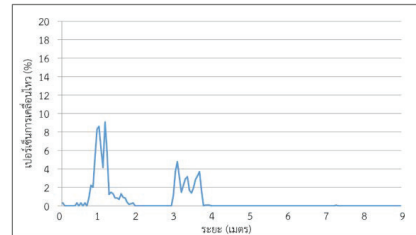
จากการวิเคราะห์สัญญาณการเคลื่อนไหวของปลวก 1 รัง พบว่ากราฟมีจุดยอดมากกว่า 1 จุด ซึ่งคล้ายคลึงกับคนเดินและคาน เนื่องจากปลวกมีการเคลื่อนที่อยู่ในรังได้อย่างอิสระ ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของรังปลวก 1 รัง ที่ระยะ 1 เมตร

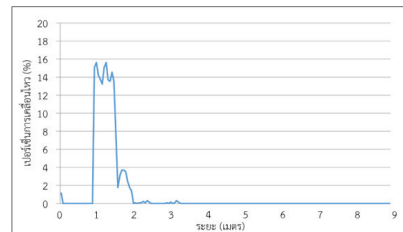
จากการเปรียบเทียบสัญญาณของการเคลื่อนไหวโดยการแบ่งสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเป็น 2 กลุ่ม ในที่นี้คือหมอนในกล่อง 2 กล่อง หมอนคานนอกกล่อง 2 กอง และปลวก 2 รัง พบว่าการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะได้รูปแบบของสัญญาณเหมือนเดิม เพียงแต่จะได้จำนวนของสัญญาณเป็น 2 สัญญาณ ตามจำนวน

กลุ่ม นอกจากนี้ยังพบว่าแอมพลิจูดของกราฟตำแหน่งที่ 2 ต่ำกว่าค่าแอมพลิจูดของกราฟตำแหน่งที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 3.6 ดังแสดงในภาพที่ 15

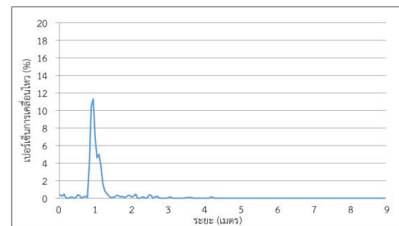


ภาพที่ 15 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของหมอนคานนอกกล่อง 2 กอง ที่ระยะ 1 และ 3 เมตร

จากการเปรียบเทียบสัญญาณการเคลื่อนไหวของปลวก 1 รัง และกลุ่มหมอนในกล่อง 1 กล่อง พบว่ารูปแบบของสัญญาณเหมือนเดิมแต่จะมีสัญญาณ 2 ชุด ซึ่งแสดงถึงปลวก 1 รัง และกลุ่มหมอนในกล่อง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าแอมพลิจูดของกลุ่มหมอนในกล่อง มีค่าต่ำกว่าปลวก 1 รัง เนื่องจากปลวกมีการเคลื่อนไหวที่เร็วและถี่กว่าหมอน ดังแสดงในภาพที่ 16 รวมทั้งรังปลวกอยู่ใกล้เซ็นเซอร์มากกว่าหมอน ดังแสดงในภาพที่ 17 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่ 3.6

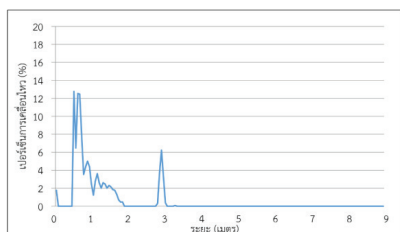


ก) ปลวก 1 รัง



ข) กลุ่มหมอนในกล่อง

ภาพที่ 16 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของปลวก 1 รัง และ กลุ่มหมอนในกล่อง 1 กล่อง ที่ระยะ 1 เมตรตามลำดับ



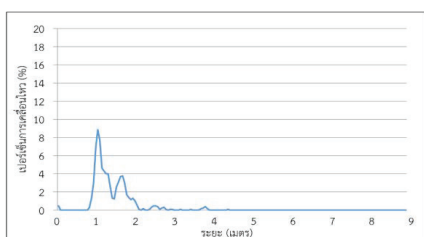
ภาพที่ 17 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของปลวก 1 รัง และ หนอนในกล่อง 1 กล่อง ที่ระยะ 1 และ 3 เมตร

3.8 ผลการทดสอบตรวจจับการเคลื่อนไหวของปลวกที่หน้างานจริง

โดยทั่วไปในการตรวจจับปลวกตามบ้านเรือนของบริษัทกำจัดปลวก พนักงานมักจะตรวจสอบบริเวณที่มีจะพบปลวกอยู่เป็นประจำ เช่น ตามวงกบประตูหรือหน้าต่าง ผนัง หรือบริเวณที่มีความอับชื้นเช่น ห้องเก็บของใต้บันได

1) รังปลวกในวงกบประตูที่ระยะ 1 เมตร

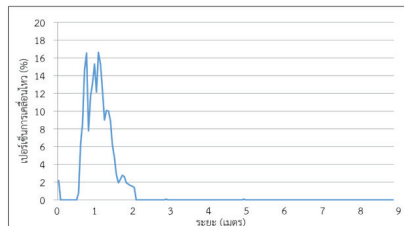
จากการทดลองเก็บผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ของรังปลวกในวงกบประตู ที่ระยะ 1 เมตร ตั้งแต่ เวลา 1-50 วินาที แล้วได้ทำการหาสัญญาณเฉลี่ยพบว่ากราฟมีรูปร่างคล้ายพาราโบลาคว่ำมีจุดยอดมากกว่า 1 จุด และมีแอมพลิจูดเท่ากับ 6% ตามแกน y ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของรังปลวกในวงกบประตู ที่ระยะ 1 เมตร

2) ปลวกในผนังที่ระยะ 1 เมตร

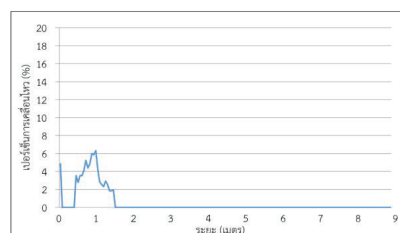
จากการทดลองเก็บผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ของรังปลวกในผนังที่ระยะ 1 เมตร ตั้งแต่ เวลา 1-50 วินาที แล้วได้ทำการหาสัญญาณเฉลี่ยพบว่ากราฟมีรูปร่างคล้ายพาราโบลาคว่ำมีจุดยอดมากกว่า 1 จุด และมีแอมพลิจูดเท่ากับ 16% ตามแกน y ดังแสดงในภาพที่ 19



ภาพที่ 19 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของรังปลวกในผนังที่ระยะ 1 เมตร

3) รังปลวกใต้บันไดที่ระยะ 1 เมตร

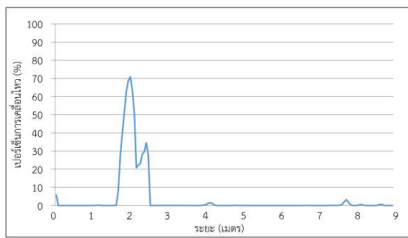
จากการทดลองเก็บผลสัญญาณจากเซ็นเซอร์ของรังปลวกใต้บันไดที่ระยะ 1 เมตร ตั้งแต่ เวลา 1-50 วินาที แล้วได้ทำการหาสัญญาณเฉลี่ยพบว่ากราฟมีรูปร่างคล้ายพาราโบลาคว่ำมีจุดยอดมากกว่า 1 จุด และมีแอมพลิจูดเท่ากับ 9% ตามแกน y ดังแสดงในภาพที่ 20



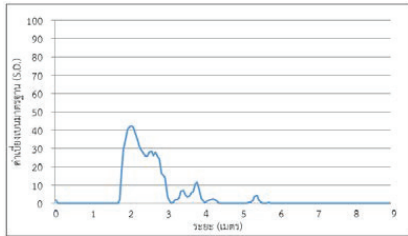
ภาพที่ 20 กราฟแสดงสัญญาณเฉลี่ยของรังปลวกใต้บันไดที่ระยะ 1 เมตร

3.9 ผลการวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสัญญาณ

ผลจากการวิเคราะห์ค่า S.D. ของสัญญาณเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน ปลวก หนอน และมด พบว่าในทุกกรณีค่า S.D. ที่ได้นั้นมีค่าค่อนข้างสูง ซึ่งหมายความว่ามีการกระจายข้อมูลที่กว้างเนื่องจากข้อมูลมีค่าที่แตกต่างกันมาก สาเหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะเซ็นเซอร์จะตรวจจับการเคลื่อนไหว ทำให้ข้อมูลหรือสัญญาณที่ตรวจจับได้ในแต่ละช่วงเวลามีค่าแตกต่างกัน ภาพที่ 21 แสดงผลจากการวิเคราะห์สัญญาณการตรวจจับการเคลื่อนไหวของคน 1 คน เดินลำตัวขนานกับเซ็นเซอร์



ก) ค่าเฉลี่ยของสัญญาณที่วัดได้จากเซ็นเซอร์



ข) ค่า S.D. ของสัญญาณที่วัดได้จากเซ็นเซอร์

ภาพที่ 21 กราฟแสดงสัญญาณและค่า S.D.

4. สรุปผลการทดลอง

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ภาษา Python ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ควบคุมเซ็นเซอร์ในการตรวจจับปลวกได้เป็นอย่างดี สามารถใช้งานได้ง่ายเหมาะกับผู้ใช้งานทุกระดับ สามารถบันทึกผลของสัญญาณและเก็บค่าเป็นตัวเลขในรูปแบบของโปรแกรม Excel ได้เป็นวินาทีต่อวินาที ซึ่งนำไปสู่การหาสัญญาณเฉลี่ยที่เหมาะสมแก่การนำไปวิเคราะห์ต่อได้ กล้องบรรจุเซ็นเซอร์ได้รับการออกแบบและสร้าง เพื่อช่วยแก้ปัญหาในการบรรจุเซ็นเซอร์และปกป้องไม่ให้เกิดความเสียหาย รวมถึงสามารถระบายความร้อนออกจากเซ็นเซอร์ได้ดี

ผลของสัญญาณที่ได้จากการตรวจสอบการเคลื่อนไหวของสิ่งต่างๆ นั้น พบว่า เซ็นเซอร์สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งไม่มีชีวิตและมีชีวิตได้จากการวิเคราะห์ค่า Sensitivity ทำให้พบว่าค่าที่เหมาะสมที่สุด ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งใหญ่ๆ เช่น มนุษย์ คือ 2 และ ค่า Sensitivity ที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของสิ่งเล็กๆ เช่น มด หนอน และปลวก คือ 9

จากการวิเคราะห์สัญญาณพบว่าจำนวนยอดกราฟที่แสดง สามารถบอกได้ว่าสิ่งที่กำลังทดสอบอยู่นั้นเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ ส่วนแอมพลิจูดของกราฟแสดงถึงความเร็วของการเคลื่อนไหว และความกว้าง

ของกราฟแสดงถึงความหนาของสิ่งที่นำมาทดสอบ จำนวนรูปกราฟที่เกิดขึ้นบ่งบอกถึงจำนวนของสิ่งที่มาทดสอบ เช่น จำนวนคน จำนวนกองหนอน จำนวนรังปลวก หากมีการตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนไหวมากกว่า 2 สิ่งค่าแอมพลิจูดของวัตถุที่ใกล้เคียงเซ็นเซอร์จะสูงกว่าวัตถุที่ไกลกว่าเสมอ ถ้าการเคลื่อนไหวนั้นมีอัตราที่เท่ากัน

ผลการทดสอบการเคลื่อนไหวของมดทั้ง 3 ชนิด นั้น พบว่ามีแอมพลิจูดที่น้อยมากจนแทบจะเป็นศูนย์ ซึ่งเป็นผลทำให้ผู้ใช้งานมั่นใจได้ว่าเซ็นเซอร์นี้สามารถบอกตำแหน่งที่อยู่อาศัยของปลวกในจุดที่มองไม่เห็น เช่น ภายในผนังบ้าน ได้โดยไม่ต้องกังวลว่าจะเป็นมดที่ทำรังอยู่

อย่างไรก็ตาม รูปแบบของกราฟสัญญาณการเคลื่อนไหวที่ตรวจได้จากปลวก และหนอน มีความคล้ายคลึงกับการเคลื่อนไหวของมนุษย์ แต่จะมีแอมพลิจูดที่ต่ำกว่ามาก เนื่องจากการเคลื่อนไหวที่ช้ากว่า เมื่อนำเซ็นเซอร์ไปใช้ในการตรวจสอบหน้างานจริงเพื่อค้นหาตำแหน่งที่อยู่ของปลวก พบว่าสามารถบ่งบอกตำแหน่งของรังปลวกที่ซ่อนอยู่ภายในอาคารบ้านเรือนได้อย่างแม่นยำ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท ศิริเจริญ โสม เซอร์วิส จำกัด ที่ช่วยจัดหาสถานที่ในการทดสอบปลวกหน้างานจริง และขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มอบทุนวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Fujii Y. and Noguchi M. (1990). Using acoustic emission monitoring to detect termite activity in wood. Forest Prod.J., 40: 34-36.
- [2] Le Conte S., Vaiedelich S., Thomas J.H., Muliava V., De Reyer V., and Maurin (2015). Acoustic emission to detect xylophagous insects in wooden musical instrument. Journal of Cultural Heritage, 16: 338-343.
- [3] Ruddock R. W. (2010). Basic Infrared Thermography Principles. Terrence O'Hanlon.
- [4] Taylor J.D. (Ed.) (2001). Ultra-Wideband Radar technology. CRC press: USA.
- [5] Taylor J.D. (Ed.) (1995). Introduction to Ultra-Wideband Radar System. Florida: USA