



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืชด้วยระบบ
คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพถ่ายความร้อนในย่านอินฟราเรด

Detection of Foreign Bodies having Similar Physical Properties to Grains
using Computer-based Thermal Infrared Vision System

นางนงภัทรา หนูนาค

นายทวีพล ชื้อสัตย์

นายเอกสิทธิ์ ศรีธรรม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืชด้วยระบบ
คอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพถ่ายความร้อนในย่านอินฟราเรด

Detection of Foreign Bodies having Similar Physical Properties to Grains
using Computer-based Thermal Infrared Vision System

นางนงภัทรา หนูนาค

นายทวีพล ชื้อสัตย์

นายเอกสิทธิ์ ศรีธรรม

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยโครงการ “การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืชด้วยระบบคอมพิวเตอร์ประมวลผลภาพถ่ายความร้อนในย่านอินฟราเรด (Detection of Foreign Bodies having Similar Physical Properties to Grains using Computer-based Thermal Infrared Vision System)” ภายใต้แผนงานวิจัย “การวิจัยและพัฒนาระบบตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายเมล็ดพืช (Research and Development of Detecting System for Foreign Bodies Having Similar Physical Properties to Grains)” ขอขอบคุณภาควิชาชีพวิศวกรรมอาหาร และภาควิชาชีพวิศวกรรมการวัดและควบคุม สำหรับการอำนวยความสะดวกให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือวิจัย และสถานที่สำหรับการดำเนินงานวิจัย โดยการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งเงินทุนงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

นงภัทรา หนูนา
ทวีพล ชื้อสัตย์
เอกสิทธิ์ ศรีธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญภาพ.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม.....	5
2.2 การตรวจสอบและคัดแยกสิ่งแปลกปลอม.....	5
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และการทดลอง.....	21
3.1 การเตรียมวัสดุ.....	21
3.2 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับถ่ายภาพความร้อน.....	26
3.3 การทดลอง.....	30
3.4 การประมวลผลภาพถ่ายความร้อน.....	31
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	33
4.1 ความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน.....	33
4.2 เวลาในการให้ความร้อนและคายความร้อน.....	33
4.3 การประมวลผลภาพถ่ายความร้อน.....	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	62
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย.....	63
6.1 บทความวิจัย Thermal Image Resolution on Angular Emissivity Measurements using Infrared Thermography.....	63
6.2 บทความวิจัย Detection of Foreign Bodies in Roasted Coffee by using Active Thermography.....	64
เอกสารอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรมในการประมวลผลภาพ.....	70
ภาคผนวก ข สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินโครงการวิจัย.....	74
ประวัตินักวิจัย.....	76

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดพืช.....	13
2.2 ตัวอย่างความจุความร้อนจำเพาะของสิ่งแปลกปลอมและเมล็ดพืช.....	13
3.1 ข้อมูลพื้นฐานของวัสดุที่นำมาใช้ในการทดลอง.....	23
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	26
3.3 ส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับการถ่ายภาพความร้อน.....	30
4.1 ความจุความร้อนจำเพาะและสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม.....	34
4.2 ความจุความร้อนจำเพาะ น้ำหนักเฉลี่ย ความจุความร้อน พลังงานความร้อนที่วัดได้ และพลังงานที่กล้องถ่ายภาพความร้อนได้รับ.....	34
4.3 ค่าเปอร์เซ็นต์ในการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับลูกเต๋อด้วยวิธีการประมวลผลภาพความร้อน.....	50
4.4 ตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	54
4.5 ตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	55
4.6 ตำแหน่งของฟิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	56
4.7 ตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	57
4.8 ตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	58
4.9 ตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	59
4.10 ตำแหน่งของฟิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	60
4.11 ตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเต๋อ.....	61

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 การคัดแยกสิ่งแปลกปลอมโดยใช้แรงงานคน.....	6
2.2 (ก) เครื่องคัดแยกถั่วเหลือง (ข) ถั่วเหลืองและสิ่งแปลกปลอมในถังเก็บเมล็ด.....	7
2.3 เครื่องคัดแยกสี (Color sorter).....	9
2.4 (ก) หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกสี (ข) เมล็ดพืชที่ยังไม่แยกและเมล็ดพืชที่แยกแล้ว.....	9
2.5 การแผ่รังสีจากพื้นผิวแปรผันตามทิศทาง.....	10
2.6 ระบบการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุ.....	10
2.7 (ก) การให้ความร้อนกับพื้นผิวไม้ (ข) บริเวณที่เป็นโพรงจะสะสมความร้อนได้นานกว่า.....	12
2.8 การถ่ายภาพเมล็ดพืช (ก) กล้องควบคุมแสง (ข) การประมวลผลภาพจากโปรแกรม.....	16
2.9 (ก) ชุดอุปกรณ์สำหรับใช้ถ่ายภาพ (ข) ลูกเกตที่ใช้ในการตรวจสอบ.....	16
2.10 การกระจายความร้อนของการบรรจุแบบสุญญากาศ (ก) แบบไม่มีพื้นที่ว่าง บรรจุเต็มถุง 100% (ข) แบบมีพื้นที่ว่างโดยบรรจุ 85% (ค) หลังจากผ่านคลื่นความถี่วิทยุ.....	17
2.11 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมโดยกล้องถ่ายภาพความร้อน.....	18
2.12 ภาพถ่ายความร้อนของเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม (ก) เศษไม้กับลูกเกต (ข) เศษกระดาษ และ (ค) เศษหินกับเมล็ดอัลมอลด์.....	18
2.13 ภาพข้าวสาลีที่ถูกตัวด้วงรบกวนและไม่ถูกรบกวน.....	19
2.14 ภาพความร้อนที่ใช้ในการตรวจหาสิ่งแปลกปลอมที่ปนเปื้อนในขนมปังกรอบ.....	20
3.1 เมล็ดพืชตัวอย่าง.....	21
3.2 สิ่งแปลกปลอมตัวอย่าง (ก) หิน (ข) พิวเจอร์บอร์ด (ค) เศษไม้ และ (ง) เศษเชือก.....	22
3.3 ตัวอย่างการวัดขนาดตัวอย่าง ได้แก่.....	22
3.4 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน.....	26
3.5 ลักษณะการติดตั้งแหล่งให้ความร้อน (ก) หลอดไฟกลมประเภทหลอดไส้ ขนาด 100 วัตต์ และ (ข) หลอดไฟประเภทโคมไฟสปอร์ตไลท์ ขนาด 150 วัตต์.....	27
3.6 ถาดอะลูมิเนียมที่ผิวไม่มันวาว.....	28
3.7 ภาพเปรียบเทียบการแยกพื้นหลังของภาชนะที่ใส่ตัวอย่างทดลอง (ก) ถาดอะลูมิเนียมที่ผิวไม่มันวาว (ข) ถาดพลาสติก (พิวเจอร์บอร์ด) และ (ค) ถาดไม้.....	28
3.8 ชุดอุปกรณ์ทดลองสำหรับการถ่ายภาพความร้อน.....	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.9 การเรียงลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมเพื่อหาเวลาการให้ความร้อนกับเมล็ดพืชและสิ่งแปลกปลอม.....	30
3.10 การวางลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมในภาชนะอลูมิเนียมสำหรับถ่ายภาพความร้อน.....	31
3.11 ขั้นตอนการประมวลผลภาพ.....	32
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการใช้ ความร้อนที่เวลา 10 วินาที.....	36
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการใช้ ความร้อนที่เวลา 20 วินาที.....	36
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างระดับสีเทากับเวลาช่วงคายความร้อนสำหรับการใช้ ความร้อนที่เวลา 30 วินาที.....	37
4.4 ภาพจริงและภาพระดับสีเทาของลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจากโปรแกรม Smart view (ก) เชือก (ข) หิน (ค) ฟิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้.....	38
4.5 การแปลงเป็นภาพระดับสีเทา (ก) โปรแกรม Smart view (ข) โปรแกรม Image J.....	39
4.6 ภาพระดับสีเทาของลูกเต๋อยและสิ่งแปลกปลอมจากโปรแกรม Image J (ก) เชือก (ข) หิน (ค) ฟิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้.....	40
4.7 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับเชือก.....	41
4.8 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับหิน.....	42
4.9 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับฟิวเจอร์บอร์ด.....	42
4.10 แนวโน้มจากโกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับไม้.....	43
4.11 แนวโน้มจากโลคอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับเชือก.....	43
4.12 แนวโน้มจากโลคอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับหิน.....	44
4.13 แนวโน้มจากโลคอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับฟิวเจอร์บอร์ด.....	44
4.14 แนวโน้มจากโลคอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับไม้.....	45
4.15 การเลือกช่วงอุณหภูมิและช่วงเทรซโฮสต์ (ก) โกลบอลเทรซโฮสต์ในช่วง 175-255 ของลูกเต๋อยกับหิน (ข) โกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับเชือก (ค) โกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับฟิวเจอร์บอร์ดและ (ง) โกลบอลเทรซโฮสต์ของลูกเต๋อยกับไม้.....	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.16 ภาพการแยกส่วนภาพโดยใช้คำสั่งวอเทอร์เเฉด (ก) ลुकเดียวกับหิน (ข) ลुकเดียวกับเชือก (ค) ลुकเดียวกับฟิวเจอร์บอร์ด และ (ง) ลुकเดียวกับไม้.....	47
4.17 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของเชือกที่ปนมากับลูกเต๋อย.....	48
4.18 ภาพแสดงแนวแกน.....	48
4.19 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของหินที่ปนมากับลูกเต๋อย.....	49
4.20 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของฟิวเจอร์บอร์ดที่ปนมากับลูกเต๋อย.....	49
4.21 ภาพแสดงการระบุตำแหน่งของไม้ที่ปนมากับลูกเต๋อย.....	50
4.22 ภาพแสดงขั้นตอนการประมวลผลภาพ (ก) ภาพจริง (ข) ขั้นตอนที่ 1 (ค) ขั้นตอนที่ 2 (ง) ขั้นตอนที่ 3 และ (จ) ขั้นตอนที่ 4.....	51
4.23 ผลการตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมที่ปนมากับลูกเต๋อย (ก) เชือก (ข) หิน (ค) ฟิวเจอร์บอร์ด (ง) ไม้.....	52