

ระบบวัดขนาดปลาอัตโนมัติโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ

น.ส.สิมิลัน อาศัยพานิชย์ และ ดร.ฐิติวรรณ ศรีนาค

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

cotton_chan@hotmail.com, fengths@nontri.ku.ac.th

บทคัดย่อ

กระบวนการคัดแยกขนาดปลา ถือเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในอุตสาหกรรมประมงของประเทศไทย ปัจจุบันกระบวนการนี้ใช้แรงงานคนเป็นหลัก และยังมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร หากเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้กับกระบวนการนี้ได้ จะช่วยให้อุตสาหกรรมประมงได้ประโยชน์มากขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการให้เทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพกับข้อมูลภาพจากกล้องวิดีโอ โดยภาพปลาที่ไหลมาตามสายพาน จะผ่านระบบประมวลผลเพื่อวิเคราะห์หาความยาวของปลาตัวนั้นๆ และนำค่าความยาวที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูล ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นขนาดมาตรฐาน ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของระบบทางกลศาสตร์ ที่สามารถแยกขนาดปลาออกจากกันได้จริงต่อไป ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมนี้ได้ง่ายผ่านทางส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) โดยไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญเฉพาะด้าน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมประมงได้จริง

Abstract

Fish size classification process is one of the most important processes in the fishing industry in Thailand. Nowadays, the classification is operated manually by labor and thus ineffective. If we can increase the efficiency of this process, the fishing industry should get more advantages. We propose a method, which applies computer-based image processing techniques to analyze video camera's images. Images sequences of fish on the conveyor are taken and analyzed by our measurement system. The results are standard sizes by comparing with the data in a database. Then the fish standard size will be an input for a mechanical system, which can separate the fish. Users can use this program easily via the user interface without requiring specialized experiences. Thus, the system can be practically adapted for real use in the industry.

1. บทนำและแรงจูงใจของปัญหา

การคัดแยกขนาดปลานั้นมีวิธีการหลายแบบ ขึ้นกับชนิดของปลา เช่น ปลาบางชนิดจะแยกขนาดจากความยาวของตัวปลา

ในขณะที่ปลาบางชนิดจะแยกจากน้ำหนัก เป็นต้น [1] ซึ่งปลาชนิดที่แยกโดยวัดจากความยาวนั้นมีปริมาณมาก และต้องใช้ความละเอียดในการทำงานมากที่สุด ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงการทำงานในปัจจุบันที่ต้องใช้คนงานจำนวนมาก ใช้เวลาในการทำงานนาน และมีโอกาสผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากความล้าของคณงาน นอกจากนี้ ปลาที่ผ่านกระบวนการแยกขนาดด้วยมือของคณงานนั้น อาจชำรุดทำให้เกิดความเสียหายได้ ทั้งหมดเป็นสาเหตุให้ต้นทุนของกระบวนการผลิตนี้สูงขึ้น เป็นผลให้สินค้าในท้องตลาดราคาสูงขึ้นตามไปด้วย ผู้บริโภคจึงได้รับความเดือดร้อน หากเราสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อทุกๆ ฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นผู้ผลิต พ่อค้า และผู้บริโภค ซึ่งวิธีดังกล่าวก็คือการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพ มาช่วยในการคัดแยกขนาดปลา



รูปที่ 1 การแยกขนาดปลาโดยใช้แรงงานคนในปัจจุบัน

2. ที่มาและแนวทางของงานวิจัย

ในต่างประเทศโดยเฉพาะประเทศญี่ปุ่น เทคโนโลยีการคัดแยกปลาที่มีความก้าวหน้ามากกว่าในประเทศไทย อาทิ เช่น การนำเครื่องรับรู้แสง (Optical sensor) มาใช้ในการวัดขนาดของปลาในปี 1982 [2] และการนำวิทัศน์คอมพิวเตอร์ (Computer vision) เข้ามามีบทบาทในการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ของปลาผ่านข้อมูลที่บันทึกได้จากกล้องถ่ายภาพ หรือกล้องวิดีโอ เช่น การวัดความยาวของปลาแฮดดอก (Haddock) จากหัวจรดหางโดย Strachan, 1993 [3] การวัดขนาดของปลาโดย

ทดลองกับปลา 7 ชนิดโดย White et. al., 2006 [4] และการคัดแยกเกรดของปลาแอตแลนติกแซลมอน (Atlantic Salmon) โดย Misimi et. al., 2008. [5] เป็นต้น จากการสำรวจงานวิจัยเหล่านี้ กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพที่เกิดขึ้น เป็นไปในทิศทางเดียวกันดังต่อไปนี้

- 1) การนำเข้าข้อมูลภาพโดยการถ่ายรูป หรือถ่ายวิดีโอ
- 2) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ
- 3) การแยกส่วนภาพของปลาออกจากภาพพื้นหลัง
- 4) การปรับเปลี่ยนภาพปลาที่แยกออกมาเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์
- 5) การวิเคราะห์หาส่วนสำคัญของปลา
- 6) การวัดคุณสมบัติ อาทิ ขนาดของปลา
- 7) การแยกประเภทของปลาจากคุณสมบัติ

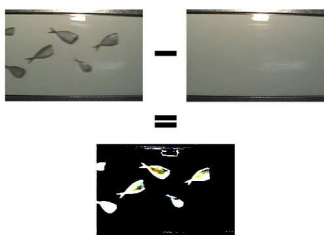
ซึ่งงานวิจัยนี้ ได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลภาพเหล่านี้ เป็นแนวทางในการหาความยาวของปลา และคัดแยกขนาดปลาต่อไป

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ได้ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพจากกล้องวิดีโอ ดังนั้น หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง จะเป็นเรื่องของการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) [6] เป็นสำคัญ

3.1 การลบพื้นหลังของภาพออก

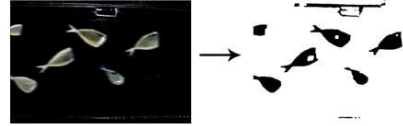
หลังจากที่โปรแกรมได้รับข้อมูลวิดีโอมาแล้ว จะแยกข้อมูลวิดีโอเป็นภาพเฟรม แต่ข้อมูลภาพที่ได้จะมีทั้งภาพของวัตถุปลาที่ต้องการ และภาพของสายพานที่เป็นพื้นหลัง ดังนั้น จึงต้องลบภาพพื้นหลังออก โดยการจับภาพของเฟรมแรกซึ่งเป็นภาพของสายพาน และนำภาพที่ได้ไปลบกับข้อมูลจากเฟรมอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การลบภาพพื้นหลังของเฟรมออก

3.2 การขีดแบ่ง (Threshold)

ผลลัพธ์จากการลบภาพพื้นหลัง อาจเห็นความแตกต่างของข้อมูลไม่ชัดเจนมากนัก จึงต้องเปลี่ยนผลลัพธ์ที่ได้เป็นข้อมูลสเกลสีเทา (Gray scale) และข้อมูลสองระดับ (Binary Image) ตามลำดับ ดังรูปที่ 3

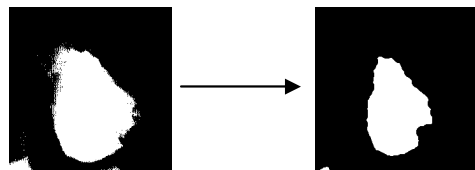


รูปที่ 3 การเปลี่ยนเป็นภาพสองระดับ

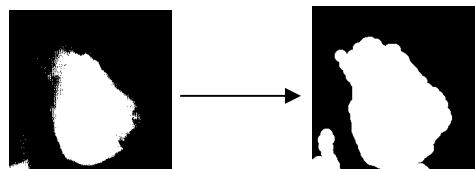
ซึ่งการเปลี่ยนข้อมูลเป็นข้อมูลสองระดับ จะใช้เทคนิคการขีดแบ่ง โดยมีเงื่อนไขว่า ถ้าความเข้มแสงที่จุดภาพตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง ให้จุดภาพตำแหน่งนั้นมีค่าเป็น 0 หรือเป็นสีดำ และถ้าจุดภาพใดมีค่าสูงกว่าค่าขีดแบ่งแล้ว ให้จุดภาพนั้นมีค่าเป็น 1 หรือเป็นสีขาว

3.3 การประมวลผลรูปร่างและโครงสร้างของภาพ

การปรับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ ให้เหมาะสมก่อนการประมวลผล จะทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมี 2 วิธีด้วยกัน ด้วยกัน ได้แก่ การลดขนาดจุดภาพ (Erosion) ดังรูปที่ 4 และการขยายขนาดจุดภาพ (Dilation) ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 ตัวอย่างการลดขนาดจุดภาพ



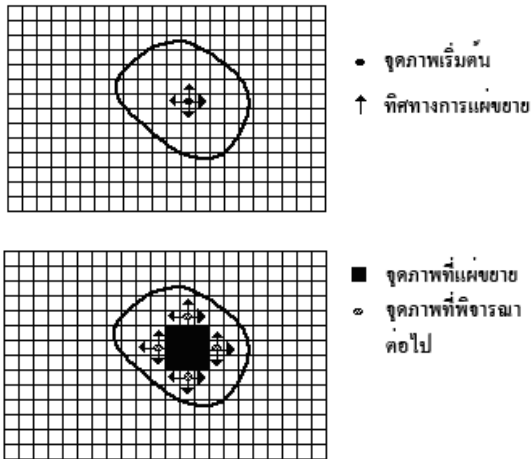
รูปที่ 5 ตัวอย่างการขยายขนาดจุดภาพ

โดยงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์ใช้ทั้ง 2 วิธีเพื่อให้ภาพวัตถุปลาที่ได้จากการลบพื้นหลังออกแล้ว มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการลดขนาดจุดภาพ จะช่วยให้ระบบสามารถวัดขนาดได้อย่าง

แม่นยำมากขึ้น เพราะวิธีการนี้จะลบจุดพิกเซลส่วนเกินที่รบกวน (noise) ออกไปจากวัตถุ จากนั้นได้ใช้เทคนิคการขยายขนาดจุดภาพ เพื่อเชื่อมภาพวัตถุปลาให้มีความต่อเนื่องมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น หากภาพปลาที่กล้องวีดีโอรับมา มีข้อหางที่แคบมาก ข้อหางจึงถูกลบออกในกระบวนการลบพื้นหลัง ทำให้ตัวปลาและหางปลาแยกออกจากกัน การขยายขนาดภาพจะช่วยรวมวัตถุตัวปลาและหางปลาเป็นวัตถุปลาเดียวกัน

3.4 การแผ่ขยายกลุ่ม

การแผ่ขยายกลุ่ม หรือ Region Grow โดยวิธีนี้จะเป็นการรวมเอาจุดภาพต่างๆ ที่มีการเชื่อมต่อและมีค่าความเข้มของแสงใกล้เคียงกันเข้าเป็น กลุ่มเดียวกัน เรียกว่า กลุ่ม (Region) ดังตัวอย่างในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ตัวอย่างการแผ่ขยายกลุ่ม

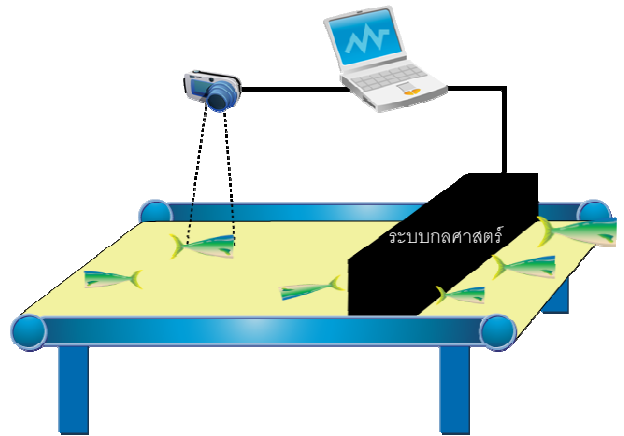
เนื่องจากภาพที่ได้จากกล้องวีดีโอ ประกอบด้วยวัตถุปลาจำนวนหลายตัว เทคนิคการแผ่ขยายกลุ่มจึงถูกนำมาใช้เพื่อแยกวัตถุปลาแต่ละตัวออกจากกัน และนำผลลัพธ์ที่ได้ เข้าสู่กระบวนการวัดขนาดต่อไป

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบคัดแยกขนาดปลาที่ไหลมาตามสายพาน ประกอบด้วยกล้องวีดีโอซึ่งแทนตามนุษย์, โปรแกรมประมวลผลภาพซึ่งแทนการวัดขนาดด้วยไม้บรรทัด และระบบทางกลศาสตร์ซึ่งแทนแรงงานมนุษย์ ดังรูปที่ 7 งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเฉพาะส่วนของ

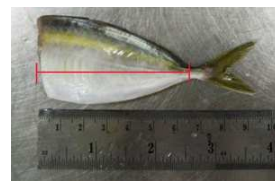
โปรแกรมประมวลผลที่รับข้อมูลจากกล้องวีดีโอเท่านั้น ไม่ได้พัฒนาระบบทางกลศาสตร์



รูปที่ 7 ระบบโดยรวม

4.2 วิธีการวัดขนาด

ปลาที่นำมาทดสอบกับระบบ จะผ่านกระบวนการตัดหัวแล้ว วิธีการวัดขนาดคือ วัดความยาวจากส่วนที่ยื่นออกมายาวที่สุดที่คงเหลืออยู่จากการตัดหัว ไปยังปลายข้อหาง ดังรูปที่ 8 โดยที่ปลาแต่ละตัวจะถูกวางบนสายพานที่วิ่งด้วยความเร็ว 0.3 - 0.4 เมตรต่อวินาที ภาพวีดีโอที่บันทึกได้ในตอนต้น จะต้องเป็นภาพสายพานที่ไม่มีปลาวางอยู่ก่อน ทั้งนี้เพื่อให้ได้ภาพพื้นหลังนำไปประมวลผล หัววัตถุปลาของภาพเฟรมต่อไปๆ จากนั้นปลาจะไหลผ่านกล้องวีดีโอ และนำข้อมูลวีดีโอที่ได้ไปวิเคราะห์หาความยาวต่อไป



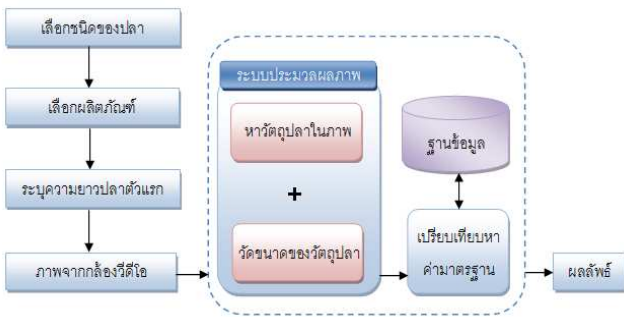
รูปที่ 8 การวัดขนาดปลาจากส่วนที่ยื่นออกมายาวที่สุดที่คงเหลืออยู่จากการตัดหัว ไปยังปลายข้อหาง

ปลาที่วางบนสายพานนั้น ต้องไม่ซ้อนทับกันหรือมาพร้อมๆ ในแนวเดียวกัน แต่สามารถวางปลาในทิศทางใดก็ได้ หากวัตถุปลามาพร้อมๆ ในแนวเดียวกันแล้ว ระบบอาจจะวัดขนาดปลาตัวเดิมซ้ำได้ เนื่องจากความไวต่อการวิเคราะห์ของระบบที่ต้องเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ระบบทางกลศาสตร์ก็ยากที่จะแยกปลาที่มาพร้อมๆ กันออกจากกันจริงได้ด้วย

ค่ามาตรฐานของขนาดปลาที่ได้นั้น นอกจากจะขึ้นกับชนิดของปลาแล้ว ยังขึ้นกับผลิตภัณฑ์ที่ปลาจะนำไปแปรรูปต่อไปด้วย ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากระบบนี้คือ ขนาดมาตรฐานของปลาแต่ละตัว ซึ่งพร้อมที่จะนำไปเป็นค่าเริ่มต้นของเครื่องจักรกลเพื่อที่จะใช้เทคโนโลยีทางกลศาสตร์ ในการจำแนกปลาที่มีขนาดต่างกันออกจากกันได้ และรวมปลาที่มีขนาดเดียวกันได้

4.3 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบของงานวิจัยนี้ ได้พัฒนาโดยใช้ภาษา C++ และ C# ทดสอบผ่านโปรแกรม Microsoft Visual Studio .NET 2005 และ Microsoft SQL Server 2005 สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลในฐานข้อมูล โดยมีโครงสร้างของซอฟต์แวร์ ดังรูปที่ 9

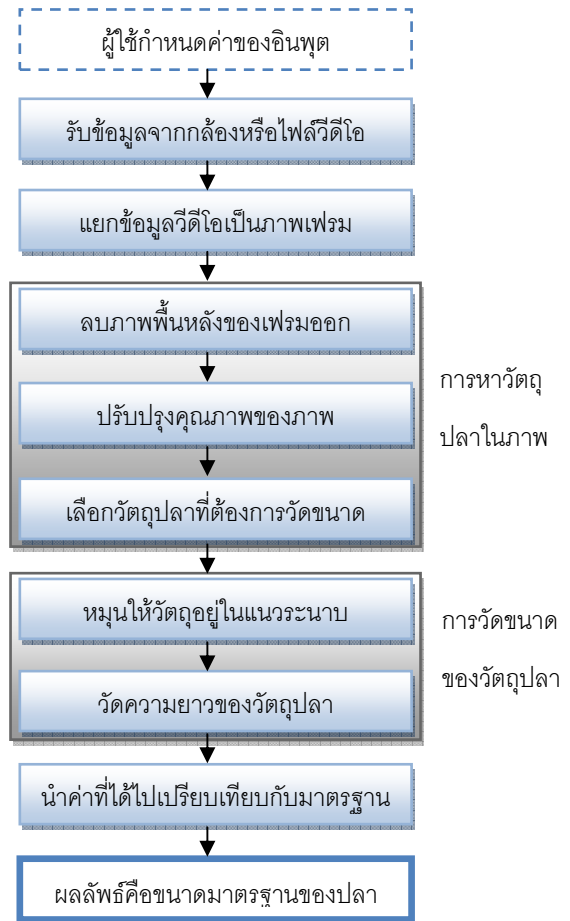


รูปที่ 9 โครงสร้างของซอฟต์แวร์

ข้อมูลนำเข้า (Input) ของระบบมีทั้งหมด 4 อย่างได้แก่

- ชนิดของปลาที่ผู้ใช้ต้องการให้วัดขนาด
- ผลิตภัณฑ์ของปลาชนิดนั้นๆ
- กำหนดความยาวของปลาตัวแรกที่จะไหลมาตามสายพานในหน่วยเซนติเมตร เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นในการเปรียบเทียบหาความยาวในหน่วยเซนติเมตรของปลาตัวต่อๆ มา
- สัญญาณภาพจากกล้องวีดีโอ ซึ่งภาพของปลาที่เข้ามานั้นจะต้องผ่านการเกลี่ยโดยพนักงานเพื่อป้องกันการซ้อนทับกัน และไม่มาพร้อมๆ ในแนวเดียวกัน ดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว

เมื่อโปรแกรมรับค่าข้อมูลนำเข้าทั้งหมดแล้ว การทำงานจะเข้าสู่กระบวนการประมวลผล ดังรูปที่ 10 จนได้ผลลัพธ์ออกเป็นความยาวมาตรฐานของปลาแต่ละตัว เช่น S, M, L เป็นต้น ตามลำดับของปลาที่มาตามสายพาน และแสดงผลในส่วนติดต่อผู้ใช้ต่อไปตามลำดับ



รูปที่ 10 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

5. การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบโปรแกรมนี้ทำโดยการเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโปรแกรมที่ได้พัฒนา กับวิธีปัจจุบันที่ใช้แรงงานคนงานในการแยกขนาดปลา ซึ่งผลลัพธ์จะเปรียบเทียบเฉพาะความถูกต้องและความเร็วในการทำงานเท่านั้น มิได้พิจารณาถึงปัจจัยอื่นๆ โดยการทดสอบได้แยกออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ การทดสอบการวัดขนาดมาตรฐานของปลาข้างเหลือง และปลาหมูตามลำดับ และในการทดสอบแต่ละครั้ง จะไม่นำผลลัพธ์ของปลาตัวแรกมาพิจารณา เนื่องจากเป็นค่าเริ่มต้น ที่ผู้ใช้ได้กำหนดขึ้นเอง

การทดสอบจะมีการวัดค่าเพื่อทดสอบทั้งหมด 3 ค่า ด้วยกัน

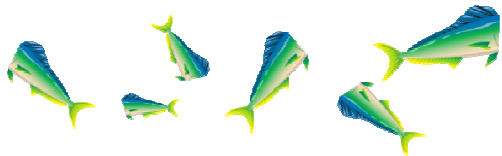
- 1) ค่าที่วัดได้จากโปรแกรม : ผลการวิเคราะห์ห้ข้อมูลวีดีโอของระบบ
- 2) ค่าที่วัดโดยใช้คนงาน : โดยใช้สายตาและไม้บรรทัด
- 3) ค่าความยาวจริง : ใช้ไม้บรรทัดวัดด้วยความละเอียด ค่ามีความถูกต้องมากที่สุด

จากนั้น นำค่าที่วัดได้ในหน่วยเซนติเมตรมาหาค่ามาตรฐาน (S, M, L เป็นต้น) ของขนาดปลาแต่ละตัวต่อไป ซึ่งผลการทดสอบ จะนำค่ามาตรฐานที่ได้จากโปรแกรม และจากการวัด โดยคนงานมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ได้จากค่าความยาวที่ถูกต้อง (Ground Truth)

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบระบบเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการแยกขนาดปลาของงานวิจัยนี้ได้แก่

- **ปลาข้างเหลืองและปลาหมู** ที่ผ่านกระบวนการตัดหัวแล้ว จำนวนชนิดละ 50 ตัว โดยที่ปลาไม่ได้เรียงตัวในแนวเดียวกันและวางตัวหลวมกันได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ตัวอย่างการวางปลาบนสายพาน

- **สายพาน** ความยาว 860 เซนติเมตร มี 2 สายพานด้วยกัน คือ สายพานสีเหลือง ความเร็ว 30 เซนติเมตรต่อวินาที และสายพานสีขาว ความเร็ว 40 เซนติเมตรต่อวินาที : ใช้เลื่อนตำแหน่งของปลาที่จะผ่านกล้องวิดีโอ โดยตั้งกล้องวิดีโอห่างจากสายพานให้สามารถมองเห็นปลาได้ทั้งตัว ซึ่งในการทดลองนี้ได้ตั้งสูงจากสายพาน 73 เซนติเมตร
- **คนงาน** จำนวน 2 คน ที่มีประสบการณ์ในการคัดแยกขนาดปลาเป็นเวลามากกว่า 3 เดือน : โดยการทดสอบการวัดความยาวจากโปรแกรม คนงานจะทำหน้าที่เกลี่ยปลาไม่ให้ซ้อนทับกันเท่านั้น ในขณะที่การทดสอบการวัดจากแรงงานคน คนงานจะทำหน้าที่วัดความยาว เสมือนการทำงานจริง โดยใช้ไม้บรรทัดหรือสายตาดูเป็นอุปกรณ์
- **กล้องวิดีโอ** แบบใช้สื่อบันทึกเทปมินิดีวี (Mini DV Cassette), จำนวน 340,000 จุดภาพ ความเร็ว 30 เฟรมต่อวินาที: ใช้บันทึกภาพปลาที่ไหลมาตามสายพาน เพื่อใช้ในการทดสอบโปรแกรม
- **หลอดไฟ** ขนาด 1,000 วัตต์ (Watt), ความสว่าง 2,500 ลักซ์ (Lux) : ใช้สำหรับให้ความสว่างกับฉากและวัตถุที่ถูก

บันทึกในกล้องวิดีโอ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ภาพได้ง่ายมากขึ้น

- **ไม้บรรทัด** ความยาว 30 เซนติเมตร : เป็นอุปกรณ์ใช้วัดความยาวของปลาในการทดสอบ และหาค่าความยาวจริง

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากการทดสอบปลาข้างเหลืองจำนวน 50 ตัว ได้ผลลัพธ์ออกมาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ผลการทดสอบการวัดขนาดปลาข้างเหลือง

	วัดจากโปรแกรม	วัดจากคนงาน
วัดถูกต้อง (ตัว)	43	45
วัดผิดพลาด (ตัว)	7	5
ใช้เวลา (วินาที)	33	64

เมื่อพิจารณาการวัดจากโปรแกรม

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = (43/50) \times 100 = 86.00\%$$

$$\text{ค่าความเร็ว} = (50/33) = 1.52 \text{ ตัว/วินาที}$$

เมื่อพิจารณาการวัดจากคนงาน

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = (45/50) \times 100 = 90.00\%$$

$$\text{ค่าความเร็ว} = (50/64) = 0.79 \text{ ตัว/วินาที}$$

จากการทดสอบปลาหมูจำนวน 50 ตัว ได้ผลลัพธ์ออกมาดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบการวัดขนาดปลาหมู

	วัดจากโปรแกรม	วัดจากคนงาน
วัดถูกต้อง (ตัว)	42	44
วัดผิดพลาด (ตัว)	8	6
ใช้เวลา (วินาที)	49	90

เมื่อพิจารณาการวัดจากโปรแกรม

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = (42/50) \times 100 = 84.00\%$$

$$\text{ค่าความเร็ว} = (50/49) = 1.02 \text{ ตัว/วินาที}$$

เมื่อพิจารณาการวัดจากคนงาน

$$\text{ค่าความถูกต้อง} = (44/50) \times 100 = 88.00\%$$

$$\text{ค่าความเร็ว} = (50/90) = 0.56 \text{ ตัว/วินาที}$$

จากการทดสอบระบบ พบว่า การวัดจากโปรแกรม แม้ว่าจะมีความผิดพลาดมากกว่าการวัดโดยใช้คนงานอยู่บ้าง แต่ก็สามารถปฏิบัติงานได้เร็วกว่ามาก และเมื่อพิจารณาความผิดพลาดจากการวัดผ่านทางโปรแกรม พบว่าเกิดจากสิ่งแวดล้อมของระบบ ที่ทำให้โปรแกรมประมวลผลผิดพลาด เช่น ปลาเกิดเงา เนื่องจากการให้แสงไฟที่ไม่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น ดังนั้น หากเรานำข้อผิดพลาดนี้ไปแก้ไขในการใช้งานจริง และสามารถพัฒนาโปรแกรมให้มีความแม่นยำมากขึ้น ก็จะทำให้โปรแกรมนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด

6. บทสรุป

ค่าเฉลี่ยของความถูกต้อง จากการทดสอบการทำงานของระบบคือ 85.00% สามารถสรุปได้ว่าระบบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพระดับหนึ่ง และแสดงให้เห็นว่า “ระบบวัดขนาดปลาอัตโนมัติ โดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากกล้องวีดีโอ” นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ แทนที่ระบบการทำงานแบบปัจจุบันที่แรงงานคนเป็นหลัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้นได้ โดยผู้พัฒนาจะนำข้อผิดพลาดที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมดไปแก้ไขปรับปรุง ให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

ผู้พัฒนามีแนวทางการพัฒนาต่อ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน

1) ส่วนระบบสายพานและสภาพแวดล้อม

สายพานมีความเร็วมากขึ้น สภาพแวดล้อมมีการปรับระบบให้มีความสว่างที่สมบูรณ์มากขึ้น

2) ส่วนการวิเคราะห์ภาพ

พัฒนาวิธีการให้ระบบสามารถรองรับ กับปัญหาแวดล้อมได้หลากหลายขึ้น เช่น การเกิดเงา หรือมีคราบน้ำบนสายพาน

3) การประยุกต์ใช้งานจริง

พัฒนาระบบทางกลศาสตร์ ให้สามารถแยกขนาดปลาออกจากกันได้จริง ยกตัวอย่างเช่น ระบบจะรับค่าผลลัพธ์จากงานวิจัยนี้ เป็นค่าเริ่มต้นของระบบการสลับของกลศาสตร์ (Switching) ทำให้ปลาที่มีขนาดต่างกัน ออกมาจากระบบในช่องที่ต่างกัน ในขณะที่ปลาขนาดเดียวกัน จะออกมาช่องเดียวกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้มีอุปการะคุณต่องานวิจัย ดังต่อไปนี้

- ผู้สนับสนุนทุนวิจัยคือ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ว-ท(ด)54.51) และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ผู้ให้ความความรู้ และคำแนะนำคือ คณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเพื่อน ๆ
- โรงงานโชคสมุทราสิน จ.สมุทรสาคร ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์ภายในโรงงาน และข้อมูลภาพปลา

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ, แนวปฏิบัติที่ดีด้านการป้องกันและลดมลพิษ อุตสาหกรรมอาหารทะเลแปรรูป: ประเภทปลา, คพ.02-117 เลขที่ 4/8, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มกราคม 2548 เอกสารอ้างอิงฉบับที่ 2.
- [2] Tayama, I., Shimadate, M., Kubota, N. and Nomure, Y., *Application for optical sensor to fish sorting*, Reito(Tokyo), Refrigeration 57, 1982, pp. 1146–1150.
- [3] Strachan., N. J. C., *Length measurement of fish by computer vision*. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 8, 1993, pp. 93-104.
- [4] White, D. J., Svellingen, C. and Strachan, N.J.C., *Automated measurement of species and length of fish by computer vision*. Fisheries Research. Vol. 80, 2006, pp. 203-210.
- [5] Misimu, E., Erikson, U. and Skavhaug, A., *Quality grading of Atlantic salmon (salmon salar) by Computer vision*. Journal of Food Science. Vol. 73, No. 5, 2008, pp. E211-E217.
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, (2nd Edition) 2002