Agricultural Sci. J. 34 : 4-6 (Suppl.) : 25-28 (2003) ว. วิทย. กษ. 34 : 4-6 (พิเศษ) : 25-28 (2546)

การศึกษาปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงที่ใช้ พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุม

Study on Design Factors of Mango Sizing Machine Using Programmable Logic Controller

ศิระษา เจ็งสุขสวัสดิ์[1] และ เสรี วงส์พิเชษฐ[2]
Sirasa Jengsooksawat[1] and Seree Wongpichet[2]

Abstract

The objective of this study is to study the appropriate factors for the design of a mango sizing machine using Programmable Logic Controller (PLC). The studies of the design factors consist of 3 parts yielding results as follows :

1) The weighing part: the appropriate scale range of mass-spring balance is 2,000 grams with absorption unit, and fixed with LED switch giving signal to the PLC.

2) The grading part: the appropriate inclination of sliding lane is 40 degrees and grader gate controlling with solenoids, and.

3) The PLC processing part: the cycle time for sizing one mango is 1.80, 1.60, 1.50 and 2.10 seconds for extra large, large, medium and small sizes, respectively, while the theoretical sizing capacity is 2,086 mangoes/hour.

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงที่ใช้พีแอลซีเป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขในการคัดขนาดมะม่วง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถคัดขนาดมะม่วงโดยใช้แรงงานคนและคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของมะม่วง สำหรับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานเพื่อออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วง ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1) ส่วนของการชั่งน้ำหนัก พบว่า เครื่องชั่งแบบมวล-สปริงที่เหมาะสมควรมีขนาดพิกัด 2,000 กรัม โดยติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทกและสวิตช์ทำงานด้วยแสงเพื่อส่งสัญญาณไปยังพีแอลซี

2) ส่วนของอุปกรณ์คัดขนาด พบว่า ควรมีมุมเอียงของรางคัดแยก 40 องศา และควบคุมการทำงานของบานคัดแยกโดยโซลินอยด์ และ

3) ส่วนของการประมวลผลซึ่งควบคุมด้วยพีแอลซี พบว่าวัฏจักรของการคัดขนาดมะม่วง 1 ผล ใช้เวลา 1.80 1.60 1.50 และ 2.10 วินาที สำหรับมะม่วงขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้สามารถคัดขนาดมะม่วงได้ 2,086 ผลต่อชั่วโมง

คำนำ

ในกระบวนการผลิตมะม่วง ปัญหาสำคัญในขั้นตอนของจัดการหลังการเก็บเกี่ยวคือการคัดขนาดผลมะม่วง เนื่องจากตลาดรับซื้อในปัจจุบันนิยมซื้อขายกันเฉพาะมะม่วงที่คัดขนาดแล้ว โดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการคัดขนาด ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขนาด คือ ขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก (วีระ, 2535) วิธีการคัดขนาดที่พบโดยทั่วไปทั้งในระดับเกษตรกรและผู้ประกอบการคือ ใช้แรงงานคนในการคัดขนาด เนื่องจากขนาดของมะม่วงทั้ง 4 ขนาดมีน้ำหนักใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นจึงต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญในการคัดขนาด ซึ่งการฝึกฝนให้มีทักษะต้องใช้เวลานาน จึงทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนแรงงานคัดขนาดในช่วงที่ผลผลิตออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก เพราะมะม่วงทั่วประเทศจะเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน (บัณฑิต, 2533) นอกจากนี้การคัดขนาดอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน มักทำให้คนงานเมื่อยล้า และส่งผลให้ขาดความแม่นยำในการคัดขนาด จากปัญหาดังกล่าวการสร้างเครื่องคัดขนาดมะม่วงที่มีความแม่นยำในการทำงาน ใช้งานได้สะดวก และมีราคาเหมาะสม จึงน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งที่จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้งานในระดับผู้ประกอบการรายย่อย โดยคาดว่าจะช่วยบรรเทาปัญหาการขาดแคลนแรงงานในการคัดขนาด และสามารถคัดขนาดได้ตรงตามความต้องการของตลาด ซึ่งการสร้าง

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตร คณะเทคโนโลยีและการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
[2] ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เครื่องคัดขนาดที่มีคุณลักษณะดังกล่าวมีความเป็นไปได้ โดยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ควบคุมอิเลคทรอนิค เช่น อุปกรณ์ควบคุมซึ่งทำงานตามชุดคำสั่งที่บันทึกไว้ (Programmable Logic Controller, PLC) ซึ่งมีราคาไม่แพง แต่อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ดังกล่าวได้ถูกออกแบบมาใช้ในสภาพแวดล้อมแบบโรงงานอุตสาหกรรม การนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านเครื่องจักรกลเกษตรซึ่งมีสภาพแวดล้อมแตกต่างจากโรงงานอุตสาหกรรมมาก จำเป็นจะต้องมีการศึกษาปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงให้สามารถรักษาคุณภาพด้านการคัดขนาดให้ตรงตามความต้องการของผู้ซื้อ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในภาวะที่ตลาดมีการแข่งขันสูง

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานประกอบไปด้วย

1. การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการคัดขนาดมะม่วง ได้แก่ การศึกษาความสามารถในการคัดขนาดมะม่วงโดยใช้แรงงานคน การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการของมะม่วง

2. การศึกษาปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงที่ใช้พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยได้แบ่งการศึกษาเป็น 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนของการชั่งน้ำหนัก ส่วนของการคัดขนาด และส่วนการประมวลผลการทำงานของพีแอลซี

3. การออกแบบและการตรวจสอบความเป็นไปได้ทางเทคนิคของแบบ

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขการคัดขนาดมะม่วง

จากการศึกษาพบว่าในการคัดมะม่วงในระดับเกษตรกรและผู้ประกอบการรายย่อยนั้น ยังใช้แรงงานคนในการปฏิบัติงาน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมีประสบการณ์ในการคัดขนาดมะม่วง 8–10 ปี ความสามารถในการคัดขนาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 1384 ผล/คน/ชั่วโมง ความถูกต้องในการคัดขนาดมีค่าเฉลี่ยเป็น 85 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมะม่วง ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบขนาดของเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับการคัดขนาดมะม่วง ประกอบด้วยการศึกษาลักษณะการกระจายน้ำหนักของมะม่วง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดกับน้ำหนักของผลมะม่วง และการศึกษามุมเสียดทานของผลมะม่วง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าปริมาณผลผลิตมะม่วงส่วนใหญ่มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 250–450 กรัม หรือประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด เมื่อนำมาแบ่งตามเกณฑ์ในการคัดขนาด พบว่าปริมาณผลผลิตมะม่วงขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก 5.46 21.64 41.67 และ 31.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีขนาดความกว้าง ความยาว และความหนาของผลมะม่วงที่ 95 เปอร์เซ็นต์ไตล์เป็น 80 164 และ 70 มิลลิเมตร ตามลำดับ มุมเสียดทานที่น้อยที่สุดที่ทำให้มะม่วงเคลื่อนที่บนพื้นโลหะคือ 22 องศา

2. การศึกษาปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงโดยใช้พีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุม

ผลการศึกษาการหาขนาดเครื่องชั่งที่เหมาะสม ซึ่งการศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการหาความเหมาะสมของเครื่องชั่งขนาดพิกัดกำลัง 1,000 2,000 และ 3,000 กรัม สำหรับใช้ในการคัดขนาดมะม่วง โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อน และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งจากผลการศึกษา (Table 1) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเครื่องชั่งขนาดพิกัดกำลัง 2,000 กรัม มีค่าน้อยกว่าเครื่องชั่งขนาดพิกัดกำลัง 1,000 และ 3,000 กรัม ดังนั้นในการศึกษาขั้นต่อไปจึงเลือกใช้เครื่องชั่งพิกัด 2,000 กรัม เป็นอุปกรณ์สำหรับชั่งน้ำหนักของเครื่องคัดขนาดมะม่วง

Table 1 A Comparison of 3 Balancs.

Balance range (g.)	Error (g.)	SD. (g.)
1000	0.9	2.2
2000	0.7	0.2
3000	1.5	3.2

ผลการศึกษาการเปรียบเทียบเวลาในการอ่านค่าน้ำหนักของเครื่องชั่ง ติดตั้งและไม่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทกเข้ากับเครื่องชั่ง ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าเครื่องชั่งที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทก ใช้เวลาในการเข้าสู่สมดุลน้อยกว่าเครื่องชั่งที่ไม่ได้ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทก ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาเวลาเข้าสู่สมดุลของเครื่องชั่งที่ติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทก เพื่อใช้กำหนดเวลาในการประมวลผลของเครื่องชั่งโดยใช้เวลาน้อยที่สุด ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าเวลาเข้าสู่สมดุลของ

เครื่องชั่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2–0.7 วินาที มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.5 วินาที มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.2 วินาที ดังนั้นเวลาที่ใช้มากที่สุดในการเข้าสู่สมดุลของเครื่องชั่งที่ครอบคลุม 100 เปอร์เซ็นต์ คือ 0.7 วินาที

ผลการศึกษาการทำงานของแถบรับแสงแอลดีอาร์ (Light Dependent Resister, LDR) ซึ่งในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการทำงานของสวิตช์ทำงานด้วยแสงที่จะติดตั้งในเครื่องชั่ง เพื่อใช้สำหรับส่งสัญญาณการอ่านน้ำหนักมะม่วงของเครื่องชั่งให้พีแอลซีประมวลผลเพื่อแบ่งขนาดของมะม่วง พบว่าขนาดของแถบรับแสงที่เล็กที่สุดที่แอลอีดีสามารถทำงานได้คือ 0.16 มิลลิเมตร และเมื่อนำไปทดสอบหาช่วงการทำงานของแถบรับแสง พบว่าอยู่ในช่วง 0.56 ถึง 0.80 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อนำช่วงการทำงานไปคำนวณหาช่วงความผิดพลาดในการอ่านน้ำหนักของเครื่องชั่งจะมีความผิดพลาดมากที่สุดที่ $\pm$10 กรัม

ผลการศึกษาเวลาที่เหมาะสมสำหรับใช้กำหนดการเปิดบานคัดขนาด เพื่อให้บานคัดขนาดสามารถทำงานรองรับมะม่วงทุกขนาดโดยไม่เกิดความเสียหายและใช้เวลาในการเคลื่อนที่น้อยที่สุด พบว่าในการกำหนดเวลาการเปิดบานคัดขนาดที่ระยะการเคลื่อนที่ 0 250 500 และ 750 มิลลิเมตร ไม่ควรต่ำกว่า 0.65 0.54 0.78 และ 1.17 วินาที ตามลำดับ

ผลการศึกษาเวลาในการทำงานของขดลวดโซลินอยด์ขนาด 1500 กรัม ความยาวระยะชัก 20 มิลลิเมตร ที่ใช้เป็นอุปกรณ์ในการเปิดบานคัดขนาด พบว่าเวลาที่ใช้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.05–0.12 วินาที มีค่าเฉลี่ยเป็น 0.10 วินาที มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.02 วินาที ซึ่งในการกำหนดเวลาสำหรับการเปิดบานคัดขนาดจะใช้เวลาที่ครอบคลุม 100 เปอร์เซ็นต์ไตล์ คือ 0.12 วินาที

ผลการประมวลผลการทำงานของพีแอลซี ในขั้นตอนนี้เป็นการนำปัจจัยต่างๆ ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มาประมวลเพื่อลำดับการทำงานในการคัดขนาดสำหรับกำหนดเงื่อนไขในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานลงในพีแอลซี ซึ่งมีลำดับการทำงานดังนี้

ผลมะม่วงจะถูกนำไปวางบนถาดชั่งน้ำหนักซึ่งใช้เวลาในการอ่านน้ำหนัก 0.70 วินาที แล้วจึงส่งสัญญาณไปยังพีแอลซี หลังจากนั้นพีแอลซีจะประมวลผลว่าเป็นมะม่วงขนาดใด แล้วสั่งไปที่ชุดคัดขนาดให้เปิดบานคัดขนาด หลังจากบานคัดขนาดเปิดพีแอลซีจะหน่วงเวลา 0.20 วินาที จากนั้นถาดชั่งน้ำหนักมะม่วงจะเปิดค้าง 0.60 วินาที เพื่อปล่อยผลมะม่วงลงสู่ชุดคัดขนาดแล้วปิดเพื่อรอรับมะม่วงผลต่อไป ซึ่งมะม่วงจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ไปสู่บานคัดขนาด กรณีถ้าเป็นขนาดเล็ก (น้อยกว่า 250 กรัม) จะเคลื่อนที่ลงสู่ภาชนะรองรับที่ปลายราง ขนาดกลาง (250.1–350 กรัม) จะเคลื่อนที่ลงสู่ช่องที่ 2 ขนาดใหญ่ (350–450 กรัม) จะเคลื่อนที่ลงสู่ช่องที่ 1 และขนาดใหญ่พิเศษ (มากกว่า 450 กรัม) จะเคลื่อนที่ลงสู่ช่องที่ 3 ซึ่งมะม่วงแต่ละขนาดจะใช้เวลาในเคลื่อนที่ลงช่องคัดขนาดเป็นเวลา 1.0 0.4 0.0 และ 0.7 วินาทีตามลำดับ และจะเพิ่มเวลาในการเคลื่อนที่ผ่านช่องคัดขนาดอีก 0.2 วินาที ยกเว้นขนาดใหญ่ซึ่งจะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ผ่านช่องคัดขนาด 0.7 วินาที หลังจากนั้นพีแอลซีจะสั่งให้บานคัดขนาดปิด ซึ่งเป็นการจบการทำงานสำหรับมะม่วง 1 ผล และตรวจสอบน้ำหนักสำหรับมะม่วงผลต่อไป (Figure 1) จากลำดับการทำงานดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานทางทฤษฎีพบว่า วัฏจักรในการคัดขนาดมะม่วง 1 ผล จะใช้เวลาในการคัดสำหรับมะม่วงขนาดเล็ก กลาง ใหญ่ และใหญ่พิเศษ เป็น 2.1 1.6 1.5 และ 1.8 วินาที ตามลำดับดังแสดงใน Table 3 และเมื่อวิเคราะห์ความสามารถในการทำงานจากปริมาณผลผลิตมะม่วงทั้งหมด พบว่าความสามารถในการคัดขนาดมะม่วงทางทฤษฎีเป็น 2086 ผล/ชั่วโมง มีความผิดพลาดในการคัดมะม่วงแต่ละขนาด $\pm$10 กรัม คิดเป็น 17.05 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณมะม่วงทั้งหมด

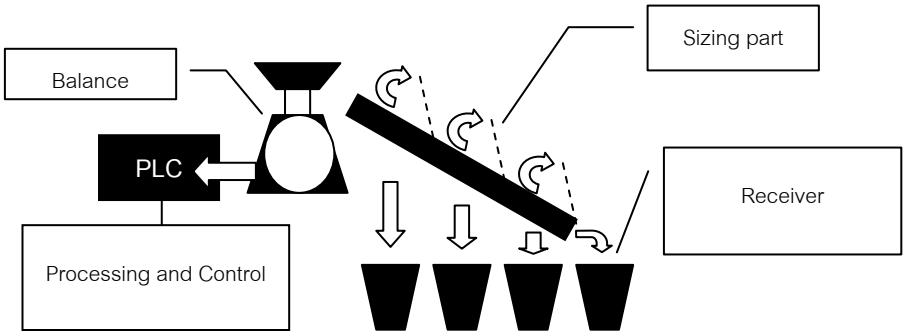

Figure 1 Schematic diagram of Mango sizing machine.

3. การออกแบบและการตรวจสอบความเป็นไปได้ทางเทคนิคของแบบ

หลังจากดำเนินการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ขั้นตอนต่อมาคือออกแบบการทำงานโดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดเป็นข้อกำหนดในการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วงสำหรับการทดสอบสมรรถนะการทำงานในห้องปฏิบัติการพบว่า ชุดทดสอบทำงานตามระบบที่กำหนด มีความสามารถในการคัดขนาด 1,390 ผลต่อชั่วโมง ความถูกต้องในการคัดขนาดมีค่าเฉลี่ย 97 เปอร์เซ็นต์

สรุป

การศึกษาเพื่อหาปัจจัยสำหรับการออกแบบเครื่องคัดขนาดมะม่วง ซึ่งประกอบด้วย ส่วนของการชั่งน้ำหนัก ส่วนของอุปกรณ์คัดขนาด และการประมวลผลการทำงานของพีแอลซี ซึ่งจากการศึกษาในส่วนของเครื่องชั่งพบว่า เครื่องชั่งที่เหมาะสมสำหรับคัดขนาดมะม่วงคือเครื่องชั่งขนาดพิกัดกำลัง 2,000 กรัม เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์หน่วงการกระแทกพบว่ามีค่าเวลาเข้าสู่สมดุล 0.70 วินาที เมื่อนำมาติดตั้งสวิตช์งานด้วยแสงสำหรับใช้ในการส่งสัญญาณการคัดขนาดไปยังพีแอลซี พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในการคัดขนาด $\pm$10 กรัม

จากการศึกษาอุปกรณ์คัดขนาด พบว่ามุมเอียงของอุปกรณ์ลำเลียงที่เหมาะสมคือ 40 องศา เวลาในการเคลื่อนที่ลงสู่อุปกรณ์คัดขนาดที่มีระยะทางในการเคลื่อนที่ต่างกัน คือที่ระยะทาง 250 500 และ 750 มิลลิเมตร เป็น 0.38 0.65 และ 1.00 วินาที ตามลำดับ และเวลาที่ผลมะม่วงใช้เคลื่อนที่ผ่านช่องคัดขนาดที่ระยะทาง 0 250 500 และ 750 มิลลิเมตร เป็น 0.65 0.16 0.13 และ 0.17 วินาที ตามลำดับ เวลาที่ช่องคัดขนาดเปิดออกเพื่อรอรับผลมะม่วงใช้เวลา 0.12 วินาที

จากการประมวลผลการทำงานของพีแอลซี โดยนำปัจจัยต่างๆ ที่ได้ศึกษามาแล้วในข้างต้นมากำหนดเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอนและลำดับการทำงาน พบว่าในหนึ่งวัฏจักรของการคัดขนาดมะม่วง 1 ผล จะใช้เวลา 1.80 1.60 1.50 และ 2.10 วินาที สำหรับมะม่วงขนาดใหญ่พิเศษ ขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ตามลำดับ ความสามารถในการคัดขนาดทางทฤษฎี 2,086 ผล/ชั่วโมง ในขณะที่แรงงานคนมีความสามารถในการคัดขนาด 1,384 ผล/คน/ชั่วโมง

คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

บัณฑิต จริโมภาส เสกสรร สีหวงษ์ และ ศุภชาติ สุขารมณ์. 2533. เครื่องคัดขนาดส้มโอและมะนาว. รายงานการวิจัยและพัฒนาไม่ตีพิมพ์เผยแพร่เสนอต่อศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน.

วีระ ภาคอุทัย และ เพียรศักดิ์ ภักดี. 2535. รายงานการศึกษาการตลาดมะม่วงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาเศรษฐศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.