



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



หลักสถิติ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2

ดร.เกรียง กิจบำรุงรัตน์



หลักสถิติ

เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป



ถ่ายเอกสารแทนการใช้หนังสือ
คือการทำลายภูมิปัญญาสร้างสรรค์

หลักสถิติ
เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป
ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2

ดร.เกรียง กิจบำรุงรัตน์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

2563

เกรียง กิจบุรารัตน์.

หลักสถิติ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป.

1. สถิติพื้นฐาน.

HA29.5

ISBN 978-616-314-596-3

ISBN (E-BOOK) 978-616-314-607-6

ลิขสิทธิ์ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียง กิจบุรารัตน์

สงวนลิขสิทธิ์

ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน 2563

จำนวน 200 เล่ม

ฉบับอิเล็กทรอนิกส์ (e-book) เดือนกรกฎาคม 2563

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ท่าพระจันทร์: อาคารธรรมศาสตร์ 60 ปี ชั้น U1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ถนนพระจันทร์ กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2223-9232

ศูนย์รังสิต: อาคารโคมบริหาร ชั้น 3 ห้อง 317 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12121

โทร. 0-2564-2859-60 โทรสาร 0-2564-2860

<http://www.thammasatpress.tu.ac.th>, e-mail: unipress@tu.ac.th

พิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พิมพ์ครั้งที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2562 จำนวน 100 เล่ม

พิมพ์ครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน 2563 จำนวน 200 เล่ม

ราคาเล่มละ 280.- บาท

สารบัญ

สารบัญภาพ	(9)
สารบัญตาราง	(9)
คำนำ	(11)
บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ (Introduction to Statistics)	1
ประวัติและวิวัฒนาการของสถิติ	2
ความหมายของสถิติ	3
ศัพท์สำคัญที่ควรรู้	6
ข้อมูลทางสถิติ	7
ขั้นตอนการดำเนินงานทางสถิติ	9
การเก็บรวบรวมข้อมูล	11
การสุ่มตัวอย่าง	13
การจัดกลุ่มและนำเสนอข้อมูล	20
สรุป	30
คำถามทบทวน	31
บทที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (Elementary Data Analysis)	35
การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง	35
1. ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	35
2. มัธยฐาน	39
3. ฐานนิยม	42
การวัดตำแหน่งของข้อมูล	45
การวัดการกระจาย	50
1. พิสัย	50
2. ส่วนเบี่ยงเบนควอร์ไทล์	51
3. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	52
4. ความแปรปรวน	52
5. สัมประสิทธิ์ของการแปรผัน	54
สรุป	55
คำถามทบทวน	57

บทที่ 3 ความน่าจะเป็น (Probability)	63
หลักการนับเบื้องต้น	63
วิธีเรียงสับเปลี่ยน	67
วิธีจัดหมู่	68
ความน่าจะเป็น	69
ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์	70
ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ 2 เหตุการณ์	73
ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไข	74
ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่เป็นอิสระต่อกัน	75
ทฤษฎีของเบส์	76
สรุป	80
คำถามทบทวน	81
บทที่ 4 ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็น (Random Variables and Probability Distribution)	87
ตัวแปรสุ่ม	88
การแจกแจงความน่าจะเป็น	90
การแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง	90
ค่าคาดหวังและความแปรปรวนของตัวแปรสุ่มแบบไม่ต่อเนื่อง	97
สรุป	100
คำถามทบทวน	101
บทที่ 5 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Probability Distribution)	107
การแจกแจงแบบสมมาตร	107
การแจกแจงแบบแบงูลี	108
การแจกแจงทวินาม	108
การแจกแจงไฮเพอร์จีโอเมตริก	115
การแจกแจงแบบปัวส์ซอง	118
สรุป	121
คำถามทบทวน	123

บทที่ 6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Probability Distribution)	127
การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบยูนิฟอร์ม	127
การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ	128
การแจกแจงแบบปกติมาตรฐาน	130
การประมาณค่าความน่าจะเป็นแบบทวินามด้วยการแจกแจงแบบปกติ	140
สรุป	143
คำถามทบทวน	144
บทที่ 7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of Parameters)	149
วิธีประมาณค่าประชากร	150
การประมาณค่าแบบจุด	150
การประมาณค่าแบบจุดกรณีประชากรเดียว	151
การประมาณค่าแบบช่วง	154
การประมาณค่าแบบช่วงกรณีประชากรเดียว	155
1. การประมาณค่าเฉลี่ยของประชากร	155
2. การประมาณค่าสัดส่วนประชากร	158
3. การประมาณค่าความแปรปรวนประชากร	160
สรุป	164
คำถามทบทวน	166
บทที่ 8 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing)	169
สมมติฐานเชิงสถิติ	169
ชนิดของสมมติฐาน	170
ประเภทของการทดสอบสมมติฐาน	170
ข้อผิดพลาดในการทดสอบสมมติฐาน	171
การตั้งสมมติฐาน	172
ขอบเขตการตัดสินใจในการทดสอบสมมติฐาน	173
ขั้นตอนของการทดสอบสมมติฐาน	174
การทดสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย 1 ประชากร	175
การทดสอบเกี่ยวกับค่าสัดส่วนของ 1 ประชากร	182
การทดสอบเกี่ยวกับค่าความแปรปรวน 1 ประชากร	183
การทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยของ 2 ประชากรที่เป็นอิสระกัน	185
การทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยประชากรที่เก็บมาเป็นคู่	193
สรุป	196
คำถามทบทวน	198

บทที่ 9 การทดสอบแบบไคกำลังสอง (Chi-Square Tests)	205
การทดสอบแบบไคกำลังสองหรือการทดสอบแบบไคสแควร์	205
การทดสอบภาวะสarusปสนิตี	208
การทดสอบความเป็นเอกภาพ	211
การทดสอบความเป็นอิสระกัน	215
การอ่านผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS	222
สรุป	225
คำถามทบทวน	226
บทที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA)	229
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว	232
การเปรียบเทียบเชิงพหุคูณ	243
การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสองทาง	248
สรุป	264
คำถามทบทวน	266
บทที่ 11 การวิเคราะห์ถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression Analysis & Correlation Analysis)	275
การวิเคราะห์ถดถอย	275
สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย	276
การวิเคราะห์ถดถอยอย่างง่าย	282
การวิเคราะห์ถดถอยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน	287
สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ	287
การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	292
ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณค่า	295
การทดสอบสมมติฐานในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	296
สรุป	301
คำถามทบทวน	302
ภาคผนวก: ตารางสถิติ	305
บรรณานุกรม	321
ดัชนี	323

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการดำเนินงานทางสถิติ
กับสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน

5

สารบัญตาราง

ตารางที่ 9.1	แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ป่วยจำแนกตามเพศ	205
ตารางที่ 9.2	แสดงจำนวนและร้อยละของผู้ป่วยจำแนกตามการสูบบุหรี่	206
ตารางที่ 9.3	แสดงจำนวนผู้ป่วยของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง จำแนกตามการสูบบุหรี่และการเป็นโรคมะเร็งปอด	206
ตารางที่ 9.4	แสดงการตอบสนองต่อyalดความดันโลหิตสูงของผู้ป่วย 500 คน	211

คำนำ

หนังสือ *หลักสถิติ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป* เล่มนี้ ได้เรียบเรียงขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาวิชาหลักสูตรระดับปริญญาตรีสำหรับนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักศึกษาใช้เป็นเอกสารประกอบการเรียนในวิชาดังกล่าว และเพื่อให้ผู้ที่สนใจในวิชาหลักสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปนี้ ได้ศึกษาและค้นคว้าหาความรู้อันเป็นประโยชน์ในอนาคต

เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 11 บท ประกอบด้วย บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ (Introduction to Statistics) บทที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น (Elementary Data Analysis) บทที่ 3 ความน่าจะเป็น (Probability) บทที่ 4 ตัวแปรสุ่มและการแจกแจงความน่าจะเป็น (Random Variables and Probability Distribution) บทที่ 5 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Probability Distribution) บทที่ 6 การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Probability Distribution) บทที่ 7 การประมาณค่าพารามิเตอร์ (Estimation of Parameters) บทที่ 8 การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) บทที่ 9 การทดสอบแบบไคกำลังสอง (Chi-Square Tests) บทที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และบทที่ 11 การวิเคราะห์ถดถอยและสหสัมพันธ์ (Regression Analysis & Correlation Analysis)

นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม SPSS FOR WINDOWS ในหนังสือนี้ด้วย

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือ *หลักสถิติ เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป* เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านพอสมควร และขอขอบพระคุณ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ให้ความรู้ในวิชานี้แก่ผู้เขียนเป็นอย่างมาก ณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียง กิจบำรุงรัตน์

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถิติ

(Introduction to Statistics)

ท่ามกลางโลกของเทคโนโลยีและระบบสารสนเทศในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าในสายงานใด เราอาจกล่าวได้ว่าผู้ใดที่มีข้อมูลที่ถูกต้อง สมบูรณ์และทันสมัยที่สุดจะเป็นผู้ที่มีอำนาจอยู่ในมือ แต่ถ้าพิจารณาให้ละเอียดกว่านั้นจะพบความจริงว่า อำนาจแห่งข้อมูลข่าวสารนั้นอาจจะไม่แตกต่างจากขยะกองโต หากปราศจากกรรมวิธีที่จะนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งส่วนหนึ่งของกรรมวิธีเหล่านี้จะประกอบด้วย การจัดเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การประมวลผล และการวิเคราะห์ ที่ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกกาลเวลา โดยขั้นตอนเหล่านี้ล้วนเป็นส่วนหนึ่งที่จะศึกษาหาความรู้ได้จากวิชาสถิติ

จากที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการแนะนำให้เห็นถึงประโยชน์ของการศึกษาวิชาสถิติไม่มากนักน้อย ซึ่งประโยชน์ที่ได้นั้นจัดได้ว่าเป็นประโยชน์ทางตรง ในขณะที่ตัวนักสถิติก็ยังมีประโยชน์ในทางอ้อมอีกมากมาย อาทิ เป็นพื้นฐานในการวิจัยหรือการประยุกต์ในทุกสาขาวิชา ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาลักษณะที่เล็กและใกล้ตัวเราที่สุด เช่น การศึกษาโครงสร้างของสารพันธุกรรม หรือการศึกษาเรื่องที่ใหญ่ครอบคลุมตัวเรา เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมในโลกใบนี้ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าสถิตินั้นมีประโยชน์และเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันอย่างมาก ถ้าเราสามารถศึกษาให้รู้กระจ่างในสาขาวิชานี้ ก็อาจกล่าวได้ว่า สถิติเป็นพื้นฐานของทุกสาขาวิชาก็ได้ เพียงแต่ว่าผู้ที่ศึกษาหรือผู้ที่จะทำการวิจัยมีความรู้เพียงพอไหมที่จะนำสถิติไปประยุกต์ใช้กับสิ่งที่ต้องการ

จากเหตุผลข้างต้นคงจะช่วยตอบข้อสงสัยของนักศึกษาได้บางส่วนว่า ทำไมจึงต้องเรียนวิชาสถิติ และถ้าพิจารณาโดยภาพรวมแล้ว อาจสรุปเกี่ยวกับเหตุผล และประโยชน์ของวิชาสถิติได้อย่างน้อย 5 ข้อดังนี้

1. ช่วยให้เข้าใจถึงเหตุผล แนวคิด และหลักการทางสถิติ ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวัน
2. เพื่อให้อ่านเอกสาร/ผลงานทางวิชาการได้เพราะถ้าขาดทักษะในการอ่านเอกสาร/ผลงานทางวิชาการที่มีลักษณะเฉพาะ จะทำให้การศึกษาอยู่ในวงแคบ
3. เพื่อนำเทคนิคทางสถิติไปใช้ศึกษาต่อในวิชาระดับสูง ไม่ว่าจะเป็นวิชาที่เกี่ยวกับการทดลอง ปฏิบัติ วิเคราะห์ผล หรือสุ่มตัวอย่าง
4. เป็นพื้นฐานสำหรับการวิจัย การประเมินผลโครงการต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางสถิติ
5. ที่สำคัญอันดับสุดท้ายก็คือ เพื่อที่จะสอบผ่านวิชาสถิติ นั่นเอง

ประวัติและวิวัฒนาการของสถิติ

สถิติตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “Statistics” ซึ่งแปลงมาจากศัพท์บัญญัติ “Statistik” ในภาษาเยอรมัน เป็นคำที่มีรากศัพท์เดียวกับคำว่า “State” นักปรัชญาชาวเยอรมัน Gottfried Achenwall เป็นผู้บัญญัติขึ้นใน ค.ศ. 1749 สถิติ หมายถึง ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารงานของรัฐ ขณะเดียวกันก็ถือว่าเป็นรัฐศาสตร์แขนงหนึ่งว่าด้วยการใช้ข้อมูลมาบริหารกิจการของรัฐ

ในยุคเดียวกันกับที่ Achenwall บัญญัติคำว่า Statistik ก็มีศาสตร์แขนงใหม่อีกแขนงหนึ่งเกิดขึ้นจากการที่นักคณิตศาสตร์หลายคนให้ความสนใจในการใช้คณิตศาสตร์มาประยุกต์ในเกมการพนัน โดยหวังที่จะคำนวณโอกาสที่จะเอาชนะคู่ต่อสู้ในเกมหนึ่งๆ ขณะเดียวกันก็วางระบบการเล่นเพื่อให้มีโอกาสที่จะชนะและได้กำไรสูงสุด นักคณิตศาสตร์เหล่านี้ อาทิ Blaise Pascal, Pierre Fermat, Chavalier de Mere เป็นต้น หรือแม้แต่การเดินเรือทะเลในสมัยกลางในยุโรปซึ่งในยุคนั้นมีความเสี่ยงมาก ก็เป็นจุดเริ่มต้นของการพนันว่าเรือจะได้กลับมาโดยปลอดภัยหรือไม่ คณิตศาสตร์ของเกมการพนันค่อยๆ วิวัฒนาการมาเรื่อยๆ ในช่วงระยะเวลา 300-400 ปีที่ผ่านมา ได้แก่ การค้นพบโค้งปกติ (normal curve) โดย De Moivre ในปี 1733 และนำเอาโค้งปกติมาอธิบายถึงการกระจายของการวัดหรือนับจำนวนใดๆ ซึ่งมีการนับหรือวัดหลายๆ ครั้งโดย Laplace และ Gauss ซึ่งการใช้โค้งปกติทำนองนี้เป็นต้นตำรับของทฤษฎีว่าด้วยขีดจำกัดเข้าสู่ส่วนกลาง (central limit theorem) โดย Bernoulli และนักคณิตศาสตร์อื่นๆ คณิตศาสตร์ของเกมการพนันในปัจจุบัน ที่รู้จักกันในชื่อทฤษฎีความน่าจะเป็น ถือได้ว่าเป็นศาสตร์ที่สำคัญที่สุดแขนงหนึ่ง พร้อมๆ กับการวิวัฒนาการทางทฤษฎีความน่าจะเป็นโดยทั่วไป การประกันวินาศภัยซึ่งอยู่ในโมเดลของเกมการพนันประเภทหนึ่งก็ได้ถูกวิวัฒนาการขึ้นเป็นศาสตร์วิทยาการประกันภัย (actuary science)

สถิติในความหมายที่เข้าใจในปัจจุบันเพิ่งจะเริ่มใช้ในปลายศตวรรษที่ 19 จากการค้นคิดของนักปรัชญาและนักทดลองชาวอังกฤษ 2 ท่านคือ Sir Francis Galton และ Karl Pearson ในปี ค.ศ. 1893 โดยนำเอาทฤษฎีความน่าจะเป็นและทฤษฎีความคลาดเคลื่อนมาประกอบการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของเขาในทางการเกษตร ทางพันธุศาสตร์ และทางชีววิทยา และในช่วง ค.ศ. 1895 ถึง ค.ศ. 1930 เป็นช่วงเวลาที่วิวัฒนาการทางสถิติแผ่ใหม่อย่างกว้างขวางที่สุด แนวคิดสำคัญทางทฤษฎีและเทคนิคทางสถิติเกิดขึ้นในช่วงเวลานี้แทบทั้งสิ้น เช่น การอธิบายความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและความคลาดเคลื่อนในการทดลองในรูปแบบของความน่าจะเป็น การทดสอบสมมติฐาน แนวคิดเกี่ยวกับการกระจายของตัวอย่าง (sampling distribution) เป็นต้น ซึ่งผู้ที่มีส่วนวางรากฐานให้แก่สถิติสมัยใหม่ ได้แก่ Sir Ronald A. Fisher, Jersey Neyman, Egon Pearson เป็นต้น และนักสถิติประยุกต์อีกผู้หนึ่งที่ได้ชื่อว่าเป็นบิดาแห่งวิชาสถิติสมัยใหม่คือ ออดอฟ เกอเตอเลต (Adolphe Quetelet) ชาวเบลเยียม ได้ใช้สถิติเป็นเครื่องมือในการศึกษาปรากฏการณ์ทางสังคม ศึกษาแบบแผนในการประกอบอาชีพการงาน อาชีพการงานมีความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับการก่ออาชีพการงานและอ้างว่าอาชีพการงานมีความสัมพันธ์ทางภูมิประเทศกับสถาบันทางสังคม

จะเห็นได้ว่า สถิติเริ่มนำมาใช้โดยนักปกครองในฐานะที่เป็นข้อมูลในการบริหารกิจการของรัฐ ในขณะที่อีกฝ่ายหนึ่งใช้ร่วมกับทฤษฎีความน่าจะเป็นซึ่งเริ่มจากคณิตศาสตร์ของเกมการพนันและนำมารวมกันทำให้เกิดสถิติสมัยใหม่ (modern statistics) ซึ่งเรียกศาสตร์นี้อย่างกว้างๆ ว่า สถิติอนุมาน (statistical inference)

ความหมายของสถิติ

จากหัวข้อที่แล้ว จะเห็นได้ว่ามนุษย์เราเกี่ยวข้องกับการใช้สถิติมาเป็นเวลาหลายร้อยปี โดยเริ่มจากการบันทึกค่าต่างๆ เช่น จำนวนคนเกิด คนตาย จำนวนประชากร สิ่งนี้เป็นจุดกำเนิดของสถิติ จากตัวเลขที่บันทึกเหล่านี้ทำให้เกิดแนวคิดและระเบียบวิธีการที่จะรวบรวมและตีความหมายข้อมูลที่รวบรวมได้ และในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมาสถิติได้มีการพัฒนาอย่างมาก จนปัจจุบันสถิติได้เข้าไปมีบทบาทกับหลากหลายสาขาวิชา เช่น เศรษฐศาสตร์ รัฐศาสตร์ บริหารธุรกิจ ชีววิทยา จิตวิทยา พยาบาลศาสตร์ แพทยศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ วิศวกรรมศาสตร์ ฯลฯ มีการนำสถิติไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาอื่นๆ โดยอาศัยระเบียบวิธีการทางสถิติอันเดียวกันนี้ไม่ว่าจะเป็นสาขาวิชาใดก็ตาม

หากสังเกตการดำเนินชีวิตในแต่ละวันที่มักเกี่ยวข้องกับคำว่า “สถิติ” หรือเกี่ยวข้องกับตัวเลขต่างๆ มากมาย ทั้งทางสื่อวิทยุ โทรทัศน์ หรือสิ่งพิมพ์ ตัวอย่างเช่น ภายในบ้านก็อาจจะมีการบันทึกค่าใช้จ่ายรายเดือน เพื่อตรวจสอบและควบคุมให้รายรับและรายจ่ายพอใช้ในแต่ละเดือน หรือองค์กร เช่น ในบริษัทที่มีการจดบันทึกข้อมูลต่างๆ บันทึกการขาย และมีการลงบัญชีเพื่อทำงบดุลต่างๆ เพื่อนำข้อมูล

ที่รวบรวมไว้ไปหาค่าสถิติเสนอให้ผู้บริหารได้รับทราบสภาพของกิจการ เป็นต้น ซึ่งคำว่า “สถิติ” ที่หลายคนพบเห็นจึงเกี่ยวข้องกับตัวเลข จนทำให้เกิดความเข้าใจผิดว่า วิชาการทางสถิติจะเกี่ยวข้องกับการจดบันทึกตัวเลขเท่านั้น หรืออาจเข้าใจว่าสถิติคงเกี่ยวกับการประมวลผลตัวเลขตามวิธีการทางสถิติ

แต่แท้จริงแล้วขอบเขตของคำว่า “สถิติ” มีความหมายกว้างมาก สถิติจัดได้ว่าเป็นศาสตร์สาขาหนึ่งของวิชาคณิตศาสตร์ เป็นวิชาการที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับทุกคน เพราะการดำรงชีวิตของเราอยู่กับการเปรียบเทียบ การวัด การประมาณค่าตลอดจนการนำตัวเลขมาเป็นเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ และสถิติยังเป็นเครื่องมือที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สรุปผลการทดลองต่างๆ ได้อย่างมากมาย โดยสถิติเป็นวิชาการที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลและการประมวลผลข้อมูล ในความหมายที่แท้จริง ยังรวมถึงระเบียบวิธีการทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับวิธีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูล นำเสนอวิเคราะห์ และตีความหมายข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ซึ่งจากที่กล่าวมา อาจสรุปความหมายของสถิติได้อย่างน้อย 2 ประการคือ สถิติในฐานะที่เป็นตัวเลขเรียกว่า ข้อมูลสถิติ และในฐานะที่เป็นวิชาเรียกว่า วิชาสถิติ

- สถิติในฐานะที่เป็นตัวเลขชุดหนึ่งที่รวบรวมขึ้นมาและผ่านการประมวลผลเบื้องต้น เพื่อแสดงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับลักษณะหรือคุณสมบัติของสิ่งบางสิ่ง ซึ่งเรียกว่า ข้อมูลสถิติ จะเห็นว่าข้อมูลสถิติเป็นข้อมูลชนิดหนึ่ง แต่ข้อมูลไม่จำเป็นต้องเป็นข้อมูลสถิติเสมอไป ข้อมูลสถิติจะมีเนื้อหาครอบคลุมในแทบทุกแขนงวิชา เช่น จำนวนแพทย์ จำนวนคนงานที่ว่างงาน ปริมาณสินค้าที่ขายประเภทต่างๆ สถิติภาพอาการ เป็นต้น

- สถิติในฐานะที่เป็นศาสตร์เรียกว่า สถิติศาสตร์ หรือวิชาสถิติ ซึ่งเป็นหลักการหรือกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การประมวล การนำเสนอ การวิเคราะห์ และการตีความหมายข้อมูล อาจแบ่งได้เป็น 2 สาขา คือ

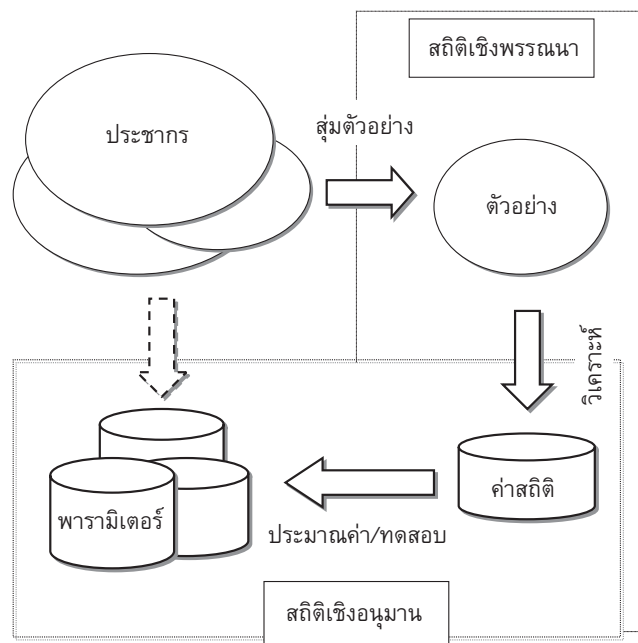
1. **สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics)** เป็นสถิติที่เกี่ยวกับการเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบต่างๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ กราฟ หรือรูปภาพ เป็นต้น และยังเกี่ยวกับการคำนวณค่าสถิติ (statistics) ต่างๆ เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัดส่วน ร้อยละ ซึ่งวิธีการเหล่านี้จัดได้ว่าเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ขั้นต้นโดยวิธีการดังกล่าวนี้ไม่ต้องอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นมาช่วยในการคำนวณ

2. **สถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics)** สถิติในส่วนนี้เป็นผลมาจากการรวมทฤษฎีความน่าจะเป็นกับการวิเคราะห์ข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อหาผลสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของประชากร โดยศึกษาจากตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากร วิธีการทางสถิติเชิงอนุมานที่นิยมใช้กันมีหลายอย่าง เช่น การประมาณค่าพารามิเตอร์ การทดสอบสมมติฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวน สหสัมพันธ์และสมการถดถอย เป็นต้น ดังนั้นทฤษฎีความน่าจะเป็นจึงมีส่วนสำคัญและต้องศึกษาให้เข้าใจก่อนที่จะศึกษาให้เข้าใจถึงสถิติเชิงอนุมาน

แบบทดสอบ 1.1

พิจารณาผลลัพธ์ในแต่ละข้อต่อไปนี้แล้วระบุว่าเป็นการใช้สถิติเชิงพรรณนา หรือสถิติเชิงอนุมาน

1. นักศึกษาที่ลงทะเบียนวิชาสถิติในปีการศึกษา 1/2558 เป็นนักศึกษาชายร้อยละ 15 และนักศึกษาหญิงร้อยละ 85 เป็นการใช้สถิติเชิง
2. ธนาคารแห่งหนึ่งต้องการประมาณระยะเวลาเฉลี่ยที่ผู้มาติดต่อกับธนาคารต้องรอนกว่าจะได้รับบริการ จึงได้สุ่มถามผู้ที่มาติดต่อกับธนาคารจำนวน 30 คน ถึงระยะเวลาที่ใช้อย่างน้อยกว่าจะได้รับบริการได้ผลสรุปว่า โดยเฉลี่ยแล้วผู้มาติดต่อกับธนาคารจะต้องรอประมาณ 25.4 นาที โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประมาณ 2.8 นาที เป็นการใช้สถิติเชิง
3. ผลการทดสอบเกี่ยวกับวิธีในการลดน้ำหนัก พบว่า การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอทำให้สามารถลดน้ำหนักได้โดยเฉลี่ยมากกว่าการลดน้ำหนักโดยการอดอาหาร โดยการทดสอบนี้ใช้ระดับนัยสำคัญ 0.05 เป็นการใช้สถิติเชิง



ภาพที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนการดำเนินงานทางสถิติ กับสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน
ที่มา: เกรียง กิจบำรุงรัตน์. (2561). *สถิติเบื้องต้น แนวคิดพร้อมแบบทดสอบ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, หน้า 14.

ศัพท์สำคัญที่ควรรู้

ประชากร (population หรือ universe) หมายถึง หน่วยทุกหน่วยในเรื่องที่เราสนใจศึกษา ซึ่งอาจเป็น คน สัตว์ สิ่งของ ฯลฯ ตัวอย่างเช่น ถ้าสนใจน้ำหนักแรกเกิดโดยเฉลี่ยของเด็กที่เกิดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 ประชากร คือ เด็กทุกคนที่เกิดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 ถ้าสนใจเรื่องโรคพิษสุนัขบ้า โดยเน้นศึกษาเฉพาะสุนัขในเขตกรุงเทพฯ ประชากรในเรื่องนี้ก็คือ สุนัขทุกตัวที่อยู่ในเขตกรุงเทพฯ หรือถ้าสนใจศึกษามลภาวะในอากาศเนื่องจากควันจากท่อไอเสียรถยนต์ ในที่นี้ประชากรคือ รถยนต์ทุกคัน

ตัวอย่าง (sample) หมายถึง บางหน่วยในเรื่องที่เราสนใจศึกษา หรือบางส่วนของประชากร เช่น สนใจศึกษาน้ำหนักแรกเกิดโดยเฉลี่ยของเด็กที่เกิดในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552 เราสามารถเลือกเด็กแรกเกิดบางคนมาศึกษาแทนเด็กทุกคนทั้งประเทศ เพราะฉะนั้นเด็กแรกเกิดบางคนก็คือตัวอย่าง

พารามิเตอร์ (parameter) หมายถึง ค่าที่แสดงถึงคุณลักษณะของประชากร โดยทั่วไปมักไม่ทราบค่า เช่น μ เป็นพารามิเตอร์ ใช้แทนค่าเฉลี่ยของประชากร หรือ σ ก็เป็นพารามิเตอร์เช่นกัน ใช้แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร เป็นต้น

สถิติ หรือ ค่าสถิติ (statistics) หมายถึง ค่าคงที่แสดงคุณลักษณะของตัวอย่าง เป็นค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่าง เช่น $\bar{x}$ แทนค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง หรือ S แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง เป็นต้น ซึ่งเมื่อได้ศึกษาในบทต่อไป เราจะใช้ค่าสถิติในการประมาณค่าพารามิเตอร์โดยใช้สถิติเชิงอนุมานเข้ามาช่วย

แบบทดสอบ 1.2 จงระบุประชากร และตัวอย่างของการศึกษาต่อไปนี้

1. ศึกษาน้ำหนักของเด็กแรกเกิดที่เกิดที่โรงพยาบาลราชวิถีเมื่อปี พ.ศ. 2557
ประชากร คือ
ตัวอย่าง คือ
2. ศึกษาความสูงเฉลี่ยของต้นถั่วงอกในห้องทดลองที่ปลูกด้วยดินสูตรใหม่
ประชากร คือ
ตัวอย่าง คือ
3. ศึกษาความคิดเห็นของนักศึกษามหาวิทยาลัยรังสิต ชั้นปีที่ 1 เกี่ยวกับกิจกรรมรณรงค์
ประชากร คือ
ตัวอย่าง คือ

ข้อมูลทางสถิติ

1. ความหมายของข้อมูล

ข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมากในยุคแห่งข่าวสารข้อมูล โดยเฉพาะในวิชาสถิติเราจำเป็นต้องเรียนรู้ถึงความหมายและประเภทของข้อมูลเพื่อจะได้วางแผนในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการและวิธีการที่ถูกต้องและเหมาะสม เพราะหากจำแนกข้อมูลผิดประเภทจะส่งผลให้เลือกใช้วิธีการทางสถิติที่ไม่เหมาะสม และทำให้การวิเคราะห์และสรุปผลผิดพลาดได้

ข้อมูล ตรงกับภาษาอังกฤษว่า data โดยทั่วไป ข้อมูล หมายถึง ความจริง ข้อเท็จจริงหรือเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งต่างๆ เช่น คน สัตว์ สิ่งของ สถานที่ ฯลฯ ซึ่งอาจจะเป็นตัวเลข ข้อความ ภาพ เสียง หรืออะไรก็ได้ที่เก็บรวบรวมจากสิ่งที่เราสนใจ ในทางสถิติข้อมูลเหล่านี้ต้องสามารถนำมาประมวลผลตามวิธีการทางสถิติได้ ตัวอย่างเช่น การสอบถามอายุของนักศึกษา 4 คน พบว่า มีอายุ 20, 18, 19 และ 21 ปี เราจะเรียกตัวเลขทั้งหมดนี้ว่า ข้อมูลอายุของนักศึกษา และเรียกตัวเลขแต่ละตัวว่า ค่าจากการสังเกตของข้อมูลอายุ

2. แหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูลนับเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญของการเก็บรวบรวมข้อมูล แหล่งข้อมูลโดยทั่วไป แบ่งออกเป็น 2 แหล่งคือ แหล่งปฐมภูมิ (primary source) และแหล่งทุติยภูมิ (secondary source) โดยมีรายละเอียดดังนี้

แหล่งปฐมภูมิ หมายถึง แหล่งข้อมูลที่ผู้ศึกษาไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งการเก็บข้อมูลจากแหล่งนี้ทำได้ 2 วิธีใหญ่ๆ คือ จากการสังเกตการณ์ หรือจากการสำรวจ

แหล่งทุติยภูมิ หมายถึง แหล่งข้อมูลต่างๆ ที่มีการรวบรวมจัดเก็บบันทึกไว้อย่างมีระบบ ซึ่งผู้ศึกษาสามารถนำไปใช้ได้โดยความยินยอมจากเจ้าของแหล่งข้อมูลนั้นๆ แหล่งข้อมูลแบบนี้แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

- แหล่งข้อมูลทุติยภูมิภายในคือ เอกสารภายในหน่วยงาน หรือเอกสารที่อยู่ใกล้ตัวผู้วิจัย เช่น รายงานประจำปีของบริษัท หรือบันทึกต่างๆ เป็นต้น
- แหล่งข้อมูลทุติยภูมิภายนอกคือ เอกสารที่ตีพิมพ์เผยแพร่ภายนอกหน่วยงาน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสารต่างๆ เป็นต้น

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิมีข้อดีตรงที่ประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และใช้บุคลากรน้อย แต่มีข้อจำกัดคือ ข้อมูลที่ได้มานั้นอาจไม่ครบถ้วน ไม่ถูกต้อง หรือไม่ทันสมัยตามที่ต้องการ เพราะไม่สามารถควบคุมคุณภาพของข้อมูลได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่ถูกผู้อื่นรวบรวมไว้ตามระบบ

งานของแต่ละที่ ในทางตรงกันข้ามกับแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ผู้ศึกษาสามารถกำหนดเนื้อหาได้ตามความต้องการ และควบคุมความถูกต้องได้เต็มที่ แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลานานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูล ดังนั้นการที่จะเลือกเก็บข้อมูลจากแหล่งใดย่อมขึ้นอยู่กับผู้ศึกษาและหัวข้อที่ศึกษานั้นๆ

3. ประเภทของข้อมูล

ก่อนที่จะเก็บข้อมูลนั้นต้องมีการวางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูลและวางแผนในการวิเคราะห์ข้อมูลไว้ล่วงหน้าเพื่อที่จะได้ข้อมูลตามที่ต้องการโดยไม่สิ้นเปลืองเวลาและงบประมาณ นอกจากนี้ควรจะจำแนกข้อมูลได้ว่าเป็นข้อมูลประเภทใดเพื่อที่จะเลือกวิธีวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม สำหรับหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการจำแนกข้อมูลซึ่งมีได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับคุณสมบัติหรือเงื่อนไขที่ใช้เป็นเกณฑ์ ในที่นี้จะจำแนกไว้ 2 ลักษณะคือ

จำแนกตามแหล่งที่เก็บ แยกได้เป็น 2 แบบคือ

- ข้อมูลปฐมภูมิคือ ข้อมูลที่เก็บมาจากแหล่งข้อมูลแบบปฐมภูมิ
- ข้อมูลทุติยภูมิคือ ข้อมูลที่เก็บมาจากแหล่งข้อมูลแบบทุติยภูมิ

จำแนกตามลักษณะของตัวแปร แยกได้เป็น 2 แบบคือ

(1) **ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data)** เป็นข้อมูลที่ถูกจัดหรือแบ่งออกเป็นกลุ่มหรือเป็นหมวดต่างๆ โดยอาศัย สถานภาพ คุณลักษณะ หรือคุณสมบัติต่างๆ ไม่สามารถวัดค่าออกมาเป็นตัวเลขเพื่อสื่อความหมายของตัวเลขโดยตรงได้ เช่น เพศ เชื้อชาติ ศาสนา อาชีพ สถานภาพ สมรส สถานที่อยู่ กลุ่มเลือด ความคิดเห็น สี กลิ่น ความชอบ เบอร์รองเท้า ระดับการศึกษา เป็นต้น ซึ่งข้อมูลลักษณะนี้จะมีค่าเป็นจำนวนเต็ม และนำไปคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ไม่ได้ เราสามารถจะแบ่งประเภทของข้อมูลนี้ได้เป็น 2 แบบย่อยๆ คือ

- **ข้อมูลนามสเกล (nominal scale data)** เป็นข้อมูลที่แยกออกจากกันเป็นกลุ่มๆ ได้โดยเด็ดขาด แต่บอกลำดับความมากน้อยไม่ได้ เช่น กลุ่มเลือดแยกเป็น A, B, AB, O รถประจำทางแยกเป็น สาย 8, 28, 125 เพศแยกเป็น ชาย หญิง สถานภาพสมรสแยกเป็น โสด สมรส หม้าย หย่า แยกกันอยู่ การได้รับวัคซีนแยกเป็น ได้รับ และไม่ได้รับ

- **ข้อมูลอันดับสเกล (ordinal scale data)** มีลักษณะคล้ายกับข้อมูลนามสเกล แต่ต่างกันที่รายการย่อยของตัวแปรที่แบ่งออกมานั้นสามารถบอกลำดับความมากน้อยได้ แต่บอกไม่ได้ว่ามากกว่าหรือน้อยกว่ากันกี่หน่วย เช่น ภาวะทุพโภชนาการแยกเป็นขาดสารอาหารระดับ 1, 2, 3 ความคิดเห็นเกี่ยวกับการทำแท้งโดยถูกต้องตามกฎหมายแยกเป็น ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ไม่เห็นด้วย ไม่มีความเห็น เห็นด้วย เห็นด้วยอย่างยิ่ง ความรุนแรงในระยะต่างๆ ของคนไข้ที่ป่วยเป็นโรคมะเร็งตับ ดังนั้นเป็นต้น

(2) **ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data)** เป็นข้อมูลที่แสดงเป็นตัวเลขหรือปริมาณ โดยถูกจัดหรือแบ่งออกโดยอาศัยวิธีการ ซึ่ง ตวง วัด และข้อมูลที่ได้จะมีค่าเป็นได้ทั้งค่าที่ต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ข้อมูลแบบนี้นำมาคำนวณโดยวิธีการทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวกับน้ำหนัก ความสูง รายได้ อุณหภูมิ ฯลฯ ข้อมูลลักษณะนี้จะแบ่งออกเป็น 2 แบบย่อยๆ คือ

- **ข้อมูลช่วงสเกล (interval scale data)** หมายถึงข้อมูลที่ทราบขนาดหรือระยะทางระหว่างจำนวนสองจำนวนในสเกลเดียวกัน และจำนวนศูนย์ไม่ใช่ศูนย์ที่แท้จริงเป็นเพียงค่าที่สมมติว่าเป็นศูนย์ เช่น อุณหภูมิของคนที่ไข้วัดได้ 98°F I.Q. (Intelligence Quotient) ของนายสามารถวัดได้ 120 GPA (grade point average) ของนางสาวมาลีวัดได้ 3.5 เป็นต้น จะเห็นว่าอุณหภูมิที่วัดได้ในสเกลเซลเซียสกับฟาเรนไฮต์นั้น ที่ 0°C จะมีค่าอุณหภูมิไม่เท่ากับที่ 0°F เป็นค่าศูนย์ที่กำหนดขึ้นเองไม่ใช่ศูนย์จริง คือ 0° ไม่ได้หมายถึงไม่มีอุณหภูมิเลยแต่เป็นการสมมติว่า ณ จุดนั้นมีค่าเป็นศูนย์ และ 0° ของแต่ละหน่วยแต่ละสเกลอาจจะต่างกันก็ได้ ในทำนองเดียวกัน ค่า I.Q. เท่ากับ 0 หรือ GPA เท่ากับ 0 มิใช่ความหมายว่าคนคนนั้น ไม่มีความรู้อะไรเลย กล่าวคือ ศูนย์นี้ไม่ใช่ศูนย์จริง แต่เป็นค่าศูนย์ที่กำหนดขึ้น

- **ข้อมูลอัตราส่วนสเกล (ratio scale data)** หมายถึงข้อมูลที่แตกต่างกันของสเกลเป็นความสัมพันธ์ที่แท้จริงในหน่วยที่วัด และค่าศูนย์เป็นศูนย์จริง (real zero) ที่เริ่มจากจุดกำเนิด (origin) เช่น อายุ (วัน/เดือน/ปี) ระยะทางจากบ้านถึงมหาวิทยาลัย (กม.) ร้อยละของนักศึกษาที่สอบไม่ผ่าน รายได้ของครอบครัว (บาท) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าค่าที่เป็นศูนย์หมายถึงไม่มีค่าจริงๆ เช่น อายุ 0 ปี ระยะทาง 0 กม. เมื่อเริ่มต้นที่ศูนย์ที่หมายถึงไม่มีค่าจริงๆ นั้น ย่อมทำให้อัตราส่วนระหว่างค่าในสเกลเดียวกัน มีค่าเท่ากับในอีกสเกลในเรื่องการวัดเรื่องเดียวกัน เช่น $1 \text{ นิ้ว} = 2.54 \text{ ซม.}$ $12 \text{ นิ้ว} = 30.48 \text{ ซม.}$ เพราะฉะนั้น $\frac{1}{12} = \frac{2.54}{30.48}$ อัตราส่วนนี้มีค่าเท่ากันคือ เท่ากับ 0.083

การจำแนกตัวแปรให้ถูกต้องนั้นมีประโยชน์ต่อการนำเสนอข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ถูกต้อง เนื่องจากวิธีการนำเสนอข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรแต่ละลักษณะนั้นแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการตีความหมายผิดๆ ได้

ขั้นตอนการดำเนินงานทางสถิติ

วิชาสถิติจัดได้ว่าเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ เนื่องจากในการทำงานที่เกี่ยวกับสถิตินั้น ต้องมีขั้นตอนในการดำเนินงานอย่างชัดเจนเป็นระบบอย่างมีระเบียบ เช่นเดียวกับการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ทั่วๆ ไป และในระหว่างดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ รวมถึงการตีความหมายและสรุปผล ก็ต้องใช้ความละเอียดอ่อนของศิลป์ในการจัดการควบคุม ดูแล และแปลความหมาย ในหัวข้อนี้จะพิจารณาเฉพาะ