

การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยา ด้วยสถิติเบื้องต้น



กรรณนิภา โมทนะเทศ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



การวิเคราะห์ข้อมูล ทางธรณีวิทยา ด้วยสถิติเบื้องต้น

กรรณนิภา โมทนะเทศ
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาด้วยสถิติเบื้องต้น

บรรณาธิการ: กรกฎ งานวงศ์พาณิชย์

ISBN (e-book): 978-616-620-065-2

ผู้แต่ง: กรรณนิภา โมทนาเทศ

เจ้าของและผู้จัดพิมพ์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
สำนักงานบริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์: 0 5394 3603-4
<https://cmupress.cmu.ac.th>
E-mail: cmupress.th@gmail.com

พิมพ์ครั้งที่ 1: ตุลาคม 2568

ราคา: 425 บาท

หนังสือเล่มนี้ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องและต่างสถาบัน เพื่อตรวจสอบและรับรองการเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ ประเภทหนังสือหรือตำรา ซึ่งจัดพิมพ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่เรียบร้อยแล้ว
© สงวนลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537 ห้ามลอกเลียนแบบ ทำซ้ำ ดัดแปลง ส่วนหนึ่งส่วนใดของตำราเล่มนี้ รวมทั้งการจัดเก็บ
ถ่ายทอด ไม่ว่ารูปแบบหรือวิธีการใด ๆ ด้วยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ การถ่ายภาพ การบันทึกหรือวิธีการอื่นใด
โดยไม่ได้รับอนุญาต

คำนำ

ธรณีวิทยาเป็นศาสตร์ที่ศึกษาโลกของเรา ความเป็นมาและการเปลี่ยนแปลงผ่านกาลเวลา ความท้าทายในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาอยู่ที่ความซับซ้อนของระบบธรรมชาติและความหลากหลายของข้อมูลที่ต้องวิเคราะห์ สถิติจึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้นักธรณีวิทยาสามารถทำความเข้าใจ แปลความและสรุปองค์ความรู้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ หนังสือเล่มนี้มุ่งหวังที่จะเป็นคู่มือที่ช่วยเปิดประตูโลกของการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาด้วยเทคนิคทางสถิติเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาไม่เพียงแต่ต้องอาศัยความรู้ทางด้านธรณีวิทยาเท่านั้น หากยังต้องมีความเข้าใจในหลักการทางสถิติที่จะช่วยในการประมวลผล แปลความหมายและสรุปข้อมูลอย่างเป็นระบบ หนังสือเล่มนี้จะช่วยให้ผู้อ่านสามารถจัดการกับความท้าทายเหล่านี้ด้วยเครื่องมือทางสถิติที่นำเสนออย่างเป็นระบบและเข้าใจง่าย โดยได้รวบรวมเนื้อหาที่ครอบคลุมตั้งแต่พื้นฐานของสถิติทางธรณีวิทยา การแปลงข้อมูล เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยสถิติเบื้องต้น ไปจนถึงการทดสอบทางสถิติที่ซับซ้อนขึ้น อาทิ การทดสอบทีและการทดสอบเอฟ รวมถึงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

แต่ละบทในหนังสือถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเรียนรู้และเข้าใจอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เริ่มจากการทำความเข้าใจกับข้อมูลทางธรณีวิทยา การเตรียมข้อมูล และการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติที่เหมาะสม ไม่ว่าจะเป็นนักศึกษา นักวิจัย หรือนักปฏิบัติงานด้านธรณีวิทยา หนังสือเล่มนี้จะเป็นแหล่งความรู้ที่มีประโยชน์ในการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูล

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือ “การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาด้วยสถิติเบื้องต้น” เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้และการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาของผู้อ่านทุกท่านต่อไป

กรรณนิภา โมทนะเทศ

ตุลาคม 2568

สารบัญ

คำนิยาม	iii
คำนำ	iv
สารบัญ	v
สารบัญรูป	viii
สารบัญตาราง	x

1 สถิติทางรรณีวิทยาและข้อมูลทางรรณีวิทยา 1

1.1 แนวคิดพื้นฐานของสถิติทางรรณีวิทยา	2
1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของข้อมูล	4
1.3 ข้อมูล	7
1.4 ลักษณะของลำดับในเชิงรรณีวิทยา	7
1.5 สรุปท้ายบท	9

2 การแปลงข้อมูลทางรรณีวิทยา 11

2.1 การแปลงลอการิทึม	12
2.2 การแปลงแบบอื่น ๆ	17
2.3 ตัวอย่างการแปลงข้อมูลทางรรณีวิทยา	18
2.4 สรุปท้ายบท	20

3 สถิติเบื้องต้นสำหรับข้อมูลทางรรณีวิทยา 21

3.1 การแจกแจง	22
3.2 ค่าสถิติเบื้องต้น	25
3.3 การเปรียบเทียบประชากรปรกติ	32
3.4 การทดสอบค่าเฉลี่ย	36
3.5 ค่าความน่าจะเป็น	41
3.6 นัยสำคัญ	42
3.7 ช่วงความเชื่อมั่น	43
3.8 สรุปท้ายบท	45

4 สถิติทดสอบทีสำหรับข้อมูลทางรรณวิทย์ **47**

4.1 การแจกแจงแบบที	47
4.2 ชั้นแห่งความเป็นอิสระ	48
4.3 ช่วงความเชื่อมั่นบนพื้นฐานของการทดสอบที	52
4.4 การทดสอบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มตัวอย่าง	53
4.5 ตัวอย่างของการวิเคราะห์ข้อมูลทางรรณวิทย์ด้วยสถิติทดสอบที	55
4.6 สรุปท้ายบท	59

5 สถิติทดสอบเอฟสำหรับข้อมูลทางรรณวิทย์ **61**

5.1 การแจกแจงแบบเอฟ	61
5.2 การทดสอบเอฟของความเท่าเทียมกันของค่าความแปรปรวน	62
5.3 การวิเคราะห์ความแปรปรวน	65
5.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทาง	72
5.5 ตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูลทางรรณวิทย์ด้วยสถิติทดสอบเอฟ	77
5.6 สรุปท้ายบท	80

6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์สำหรับข้อมูลทางรรณวิทย์ **83**

6.1 ความสัมพันธ์	84
6.2 รูปแบบความสัมพันธ์	85
6.3 ตัวบ่งชี้รวมของความสัมพันธ์	89
6.4 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	90
6.5 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	92
6.6 ตัวอย่างของการวิเคราะห์ข้อมูลทางรรณวิทย์ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	95
6.7 สรุปท้ายบท	103

7	การประยุกต์ใช้สถิติขั้นสูงสำหรับข้อมูลทางธรณีวิทยา	105
7.1	ข้อควรพิจารณาในการใช้สถิติกับข้อมูลทางธรณีวิทยา	105
7.2	เทคนิคการวิเคราะห์ขั้นสูง	108
7.3	การวิเคราะห์ความไม่แน่นอนและความเสี่ยง	110
7.4	แนวโน้มของการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยา	110
7.5	ข้อควรระวังและข้อจำกัดของการประยุกต์ใช้เทคนิคขั้นสูง	112
7.6	สรุปท้ายบท	113
	แบบฝึกหัดท้ายบท	115
	บรรณานุกรม	128
	อภิธานศัพท์	134
	ดัชนี	140

1

สถิติทางธรณีวิทยา และข้อมูลทางธรณีวิทยา

การศึกษธรณีวิทยาในยุคปัจจุบันได้เข้าสู่ช่วงเปลี่ยนผ่านที่สำคัญ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการพัฒนาเครื่องมือสำรวจทำให้นักธรณีวิทยาสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมากจากการสำรวจได้ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเหล่านี้จะมีประโยชน์อย่างแท้จริงต่อเมื่อสามารถนำมาวิเคราะห์และแปลความได้อย่างถูกต้องและมีระบบ การประยุกต์ใช้สถิติและเทคนิคเชิงปริมาณในการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงกลายเป็นเครื่องมือที่จำเป็นและช่วยให้นักธรณีวิทยาสามารถค้นหาแนวโน้ม รูปแบบและความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลซับซ้อน ซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้จากการสังเกตเพียงผิวเผิน นอกจากนี้ วิธีการทางสถิติยังช่วยลดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจ ทำให้การประเมินทรัพยากรธรรมชาติ ตลอดจนการวางแผนด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมมีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้สถิติกับข้อมูลทางธรณีวิทยามีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากการวิเคราะห์ทางสถิติทั่วไป เนื่องจากข้อจำกัดทางธรรมชาติของการเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยา เช่น ตำแหน่งของหลุมเจาะที่ไม่สามารถออกแบบได้อย่างอิสระ จำนวนตัวอย่างที่มีข้อจำกัดเนื่องจากค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงมักใช้กระบวนการแบบกึ่งสถิติ ซึ่งต้องอาศัยความเข้าใจในกระบวนการทางธรณีวิทยาและประสบการณ์ของนักธรณีวิทยาในการแปลความผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 1 ของหนังสือเล่มนี้จึงมุ่งเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับสถิติทางธรณีวิทยาและลักษณะเฉพาะของข้อมูลทางธรณีวิทยา ผู้อ่านจะได้ทำความเข้าใจกับองค์ประกอบพื้นฐานของข้อมูลระบบการวัดแต่ละประเภท และลักษณะของข้อมูลแบบเป็นลำดับที่พบได้ทั่วไปในงานธรณีวิทยา ความเข้าใจเหล่านี้จะเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้เทคนิคทางสถิติในบทต่อ ๆ ไปของหนังสือ

1.1 แนวคิดพื้นฐานของสถิติทางธรณีวิทยา

เทคนิคทั้งหมดของธรณีวิทยาเชิงปริมาณที่กล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้ ถือได้ว่าเป็นการนำขั้นตอนทางสถิติ มาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยา หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการแบบกึ่งสถิติ (quasi-statistical procedure) โดยกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลบางอย่างได้รับการพัฒนาที่เข้มงวดและเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติ ส่วนกระบวนการอื่นเป็นการนำไปใช้แบบเฉพาะกิจ เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้จะต้องตัดสินโดยคำนึงถึงความเป็นเหตุ ความเป็นผล และความเป็นไปได้ในทางธรณีวิทยา ซึ่งในความเป็นจริง ไม่มีทฤษฎีทั่วไปเกี่ยวกับธรรมชาติของข้อมูลประชากรทั้งหมดทางธรณีวิทยา และเช่นเดียวกับการทดสอบทางสถิติทั่วไป เทคนิคทางภูมิคณิตศาสตร์ (geomathematical technique) ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่กล่าวว่า ข้อมูลเกี่ยวกับปรากฏการณ์ สามารถอนุมานได้จากการทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างจำนวนหนึ่งที่รวบรวมมาจากการสังเกตการณ์ที่เป็นไปได้ชุดใหญ่ ที่มีขนาดของข้อมูลใหญ่กว่าอย่างมาก

ยกตัวอย่างของการทำแผนที่โครงสร้างใต้พื้นผิวดินเพื่อการสำรวจทรัพยากรปิโตรเลียม ข้อมูลได้มาจากหลุมเจาะที่กระจายกระจายในพื้นที่ศึกษา ระดับความลึกของระนาบชั้นหิน (horizon) ที่วัดได้จากหลุมใดหลุมหนึ่ง ถือเป็นการสังเกตครั้งเดียว แน่แน่นอนว่าการวัดระดับความลึกของระนาบชั้นหิน สามารถทำได้ไม่จำกัดจำนวนก็ต่อเมื่อมีจำนวนหลุมเจาะที่ไม่จำกัดจำนวน ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถทำได้ เนื่องจากการเจาะสำรวจถูกจำกัดไว้เฉพาะหลุมที่อยู่ในพื้นที่ที่มีข้อมูลจากการสำรวจเบื้องต้นไปแล้ว และอาจจะขออนุญาตทำการเจาะหลุมทดสอบ (test hole) เพิ่มเติมได้อีกเพียงไม่กี่หลุมเท่านั้น ซึ่งในสถานการณ์นี้ นักธรณีวิทยาต้องระบุตำแหน่งของระนาบชั้นหินที่สนใจว่าอยู่ที่ระดับความลึกระหว่างหลุมเจาะแต่ละหลุมอย่างไรด้วยปริมาณข้อมูลที่มีอย่างจำกัด ดังนั้น ปัญหาจึงคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่แตกต่างตรงที่ไม่สามารถออกแบบรูปแบบของหลุมเจาะได้อย่างอิสระและข้อมูลที่สำรวจจากแต่ละระดับความลึกมีข้อจำกัดอันเกิดจากธรรมชาติของการเก็บข้อมูล อย่างไรก็ตาม นักธรณีวิทยายังสามารถนำเทคนิคการทำแผนที่เชิงปริมาณที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนทางสถิติหรือนำแนวคิดพื้นฐานทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำแผนที่เชิงปริมาณได้

อย่างไรก็ตาม ปริมาณของข้อมูลไม่ใช่ข้อจำกัดเสมอไป ยกตัวอย่างของการสำรวจและพัฒนาเหมือง เป็นเวลาหลายปีที่นักธรณีวิทยาและวิศวกรเหมืองแร่ได้ร่วมมือกัน ออกแบบแผนการสุ่มเก็บตัวอย่างและออกแบบแผนการขุดเจาะสำรวจ และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ มีจำนวนผลงานตีพิมพ์อันเป็นที่ยอมรับทางวิชาการมากมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบสำรวจและเก็บตัวอย่างในเหมืองโดยอาศัยหลักการทางสถิติที่ซับซ้อนหลายประการในการพิจารณาข้อมูลประเภทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับมูลค่าของเหมือง

อาทิ การประมาณคุณภาพของแร่และขอบเขตแหล่งแร่ทองแดงในประเทศชิลี โดยนำข้อมูลคุณภาพของแร่ทองแดงที่ได้จากหลุมสำรวจจำนวน 12,793 หลุม และนำเทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่แบบ Kriging และ Co-Kriging มาใช้ในการประเมินคุณภาพของแร่ทองแดงของตำแหน่งที่ไม่มีข้อมูล (Ortiz and Emery, 2006) และการวิเคราะห์คุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาของหินที่มีรอยแตก เพื่อประโยชน์ในการออกแบบเหมืองในประเทศแคนาดา โดยวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูลคุณภาพของหินจากหลุมเจาะ อันประกอบด้วย ความถี่ของรอยแตก ทิศทางการวางตัวของรอยแตก ลักษณะของความขรุขระของรอยแตก และประเภทของวัตถุหรือแร่ที่พบในช่องว่างของรอยแตก และค่าคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของชั้นหิน (Mayer et al., 2014) เป็นต้น

เมื่อนักธรณีวิทยาสามารถควบคุมวิธีการและตำแหน่งในการเก็บตัวอย่างหินได้ ความสำเร็จของนักธรณีวิทยาและวิศวกรเหมืองแร่ในการประเมินแหล่งสะสมแร่ จึงเป็นเครื่องพิสูจน์ถึงพลังของการนำขั้นตอนทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยา

การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาในหลายสถานการณ์นั้น นักธรณีวิทยาจำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลภายใต้ข้อจำกัดที่หลากหลายอันเป็นธรรมชาติของการทำงาน เช่น ในกรณีของการสำรวจทรัพยากรปิโตรเลียม ถ้าหากตำแหน่งของหลุมสำรวจปิโตรเลียมไม่สอดคล้องกับแผนการสุ่มตัวอย่างที่ออกแบบไว้ล่วงหน้า ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนของหลุมสำรวจแต่ละหลุมจะทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การเพิ่มจำนวนหลุมสำรวจจึงไม่อาจเกิดขึ้นได้เสมอไป หรือในกรณีของนักบรรพชีวินวิทยา จำนวนและความสมบูรณ์ของฟอสซิลที่สามารถรวบรวมได้จากหินโผล่เป็นสิ่งที่นักบรรพชีวินวิทยาไม่สามารถควบคุมได้ และอาจจะมีฟอสซิลจำนวนหนึ่ง ที่ยังถูกฝังอยู่ใต้พื้นผิวดินและไม่สามารถเก็บรวบรวมได้ ดังนั้น อุปสรรคในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงไม่ใช่การมีจำนวนข้อมูลมากเกินไป แต่คือการมีข้อมูลน้อยเกินไปต่างหาก

ทั้งนี้ ข้อมูลทางธรณีวิทยาสามารถนำไปบูรณาการใช้ประโยชน์ในหลากหลายสาขาวิชา และมีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ นักธรณีวิทยาจึงต้องตระหนักถึงอคติที่อาจเกิดขึ้นในการวิเคราะห์ข้อมูลอันเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลอันมีที่มาจากการทดลองที่ไม่มีการควบคุม (uncontrolled experiments) ซึ่งผู้เก็บข้อมูลไม่สามารถควบคุมคุณสมบัติของหินที่พบในบริเวณที่สำรวจ การเข้าถึงพื้นที่ที่สำรวจมีข้อจำกัด หรือกรรมวิธีของการเก็บข้อมูลบางอย่างไม่สามารถทำในบริเวณที่สำรวจได้ ดังนั้น การประยุกต์ใช้ขั้นตอนทางสถิติกับข้อมูลทางธรณีวิทยาจึงอยู่นอกขอบเขตของสถิติแบบดั้งเดิมหรืออาจเรียกว่าเป็นแบบกึ่งสถิติ ซึ่งไม่มีสมมติฐานใดอยู่ และสิ่งที่ดีที่สุดที่ได้จากกระบวนการแบบกึ่งสถิติคือการตัดสินใจและการวิเคราะห์ข้อมูลอันมีอยู่อย่างจำกัดที่ดีที่สุดโดยนักธรณีวิทยาที่มีประสบการณ์และเข้าใจถึงกระบวนการทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษานั้น ๆ อย่างถ่องแท้

1.2 องค์ประกอบพื้นฐานของข้อมูล

1.2.1 วัตถุ

ข้อมูลอาจจะมาจากแหล่งที่มาของข้อมูลได้หลากหลายแหล่ง เช่น พีช สัตว์ บุคคล แร่ ดิน หิน ช่วงเวลา เป็นต้น และเกือบทุกอย่างสามารถเป็นแหล่งที่เป็นไปได้ของข้อมูล โดยอาจกล่าวว่า แหล่งที่มาของข้อมูลคือวัตถุ (object) ก็ได้ แม้ว่าแนวคิดโดยทั่วไปมักจะไม่ใช่คำว่า วัตถุ กับแหล่งข้อมูล ที่ไม่ใช่ทางกายภาพหรือจับต้องไม่ได้ เช่น ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ ช่วงเวลา หรือกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การประมูล การเลือกตั้ง เป็นต้น ดังนั้นคำศัพท์ทางเลือกอีกคำคือ หน่วยสังเกตการณ์ (observational unit) หรือ หน่วยวิเคราะห์ (analytical unit) ทั้งนี้ ประเด็นที่ควรให้ความสำคัญก็คือ ไม่ว่าที่มาของแหล่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกเรียกว่าอะไรก็ตาม ความเข้าใจของผู้ศึกษาต่อที่มาของแหล่งข้อมูล มีความสำคัญมากกว่า

ทุกสาขาวิชา ไม่ว่าจะเป็น วิทยาศาสตร์ การศึกษา อุตสาหกรรม การแพทย์ ฯลฯ ล้วนมีหัวข้อที่สนใจเป็นของตัวเอง ตัวอย่างเช่น ในโลกของธุรกิจ วัตถุที่สนใจอาจจะเป็นพนักงานหรือลูกค้าซึ่งถือเป็นบุคคล การประมูลหรือการเสนอขายหุ้นซึ่งเป็นประเภทของกิจกรรม ในการศึกษาคุณภาพของหินต้นกำเนิดทรัพยากรปิโตรเลียม วัตถุที่สนใจอาจจะเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุ ประเภทของอินทรีย์วัตถุ และค่าการสะท้อนแสงของตัวอย่างหินต้นกำเนิดทรัพยากรปิโตรเลียม โดยวัตถุที่คล้ายคลึงกันสามารถพบเจอได้ในสาขาวิชาอื่นได้เช่นกัน ดังนั้น เมื่อกล่าวถึงวัตถุ จึงมีความหมายที่หลากหลาย เป็นได้หลายอย่าง ขึ้นอยู่กับเป้าหมายของการวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน

1.2.2 ตัวแปร

ในการเชื่อมโยงระหว่างโลกที่สังเกตได้กับโลกแห่งตัวเลข จำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติของการสังเกตที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่ต้องการศึกษา โดยแต่ละวัตถุประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น เมื่อพิจารณาเม็ดตะกอนที่เป็นส่วนประกอบในหินกรวดมน คุณลักษณะของเม็ดตะกอน ประกอบด้วย ความกลมมน ความกลมเกลี้ยง ขนาดตามแนวแกนยาว ขนาดตามแนวแกนสั้น ความหนาแน่น น้ำหนัก แร่ประกอบ เป็นต้น

คุณสมบัติหรือคุณลักษณะเหล่านี้ของวัตถุที่มีค่าที่แตกต่างกันตั้งแต่สองค่าขึ้นไปจะเรียกว่า ตัวแปร (variable) เช่นเดียวกับที่วัตถุถูกกำหนดในแง่ของค่าของตัวแปร ตัวแปรจะมีความหมายต่อเมื่อเป็นคุณสมบัติหรือคุณลักษณะที่พบได้ในวัตถุเท่านั้น ไม่มีวัตถุหรือตัวแปรอยู่ในสูญญากาศ เช่น ตัวแปรความหนาแน่นจะไม่มีค่าความหมาย หากวัตถุที่ศึกษาไม่มีคุณสมบัตินี้ และเช่นเดียวกันกรณีของวัตถุ โดยทุกสาขาวิชามีตัวแปรที่สนใจที่แตกต่างกัน เช่น ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตัวแปรที่สนใจคือวิธีการสอนและคะแนนที่ผู้เรียนทำได้ก่อนและหลังการเรียน ซึ่งแตกต่างจากตัวแปรในเม็ดตะกอน

ความเข้าใจที่ถ่องแท้เกี่ยวกับธรรมชาติพื้นฐานของตัวแปร สามารถทำได้โดยการเชื่อมโยงตัวแปรเข้ากับวัตถุที่เหมาะสม วัตถุและตัวแปรมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยไม่สามารถศึกษาวัตถุหรือตัวแปรเพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งได้ หากแต่ต้องคำนึงถึงตัวแปรที่มากำกับวัตถุ ซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

1.2.3 ระบบการวัด

การวัด คือค่าตัวเลขซึ่งสะท้อนถึงขนาดหรือปริมาณของคุณสมบัติหรือคุณลักษณะบางอย่าง ค่าตัวเลขจะกำหนดตามมาตราการวัด (measurement scale) ซึ่งสามารถนำมากำหนดประเภทของการวิเคราะห์ที่สามารถทำได้จากข้อมูลที่มีอีกด้วย มาตราการวัดแบ่งเป็น 4 มาตรา ประกอบด้วย มาตรานามบัญญัติ (nominal scale) มาตราอันดับ (ordinal scale) มาตราอันตรภาค (interval scale) และมาตราอัตราส่วน (ratio scale) อธิบายได้ดังนี้

1.2.3.1 มาตรานามบัญญัติ

มาตรานามบัญญัติเป็นมาตรการจำแนกประเภทของการสังเกตเป็นประเภทหรือเป็นหมวดหมู่ที่ไม่เกิดร่วมกันและไม่มีอันดับเท่ากัน หมวดหมู่นี้สามารถระบุได้ด้วยชื่อ เช่น สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรืออาจระบุด้วยตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ เช่น A B และ C หรือตัวเลข อย่างไรก็ตามตัวเลขจะใช้เป็นตัวระบุเท่านั้น ไม่ได้มีความหมายแฝงว่า 2 นั้นมากกว่าเป็นสองเท่าของ 1 หรือ 4 นั้นมากกว่า 3 ตัวแปรแบบไบนารี เช่น 1 และ 0 จัดอยู่ในหมวดหมู่นี้เช่นกัน เนื่องจาก 1 และ 0 เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้บ่งชี้สถานะ “ใช่” และ “ไม่ใช่” หรือ “เปิด” และ “ปิด” ตามลำดับ เช่นเดียวกับการจำแนกประเภทของซากดึกดำบรรพ์ตามประเภท การจำแนกซากดึกดำบรรพ์ขึ้นหนึ่งว่าเป็นแบคทีเรีย และอีกชิ้นหนึ่งเป็นซากดึกดำบรรพ์โครนอยด์ ไม่ได้บอกเป็นนัยถึงความสำคัญหรือขนาดของซากดึกดำบรรพ์ทั้งสองชิ้นแต่อย่างใด

จำนวนของการสังเกตที่เกิดขึ้นในแต่ละหมวดหมู่สามารถนับได้ และการทดสอบแบบไม่มีพารามิเตอร์บางอย่างจัดอยู่ในมาตรานามบัญญัติ ตัวอย่างที่หนึ่งคือสถิติขั้นพื้นฐานทั่วไปนิยมใช้คือจำนวนของการออกหัวหรือการออกก้อยในการทดลองโยนเหรียญ เช่น ในการโยนเหรียญ 100 ครั้ง อาจออกหัวและออกก้อยอย่างละ 50 ครั้ง เป็นต้น หรือตัวอย่างทางธรณีวิทยาที่เทียบเท่ากับปัญหานี้ เช่น ในการศึกษาแผ่นหินบางของหินแกรนิต ซึ่งประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ และไบโอไทต์ แร่แต่ละชนิดคือแต่ละหมวดหมู่ในมาตรานามบัญญัติ โดยผู้ศึกษาสามารถนับจำนวนแร่แต่ละชนิดที่พบในแผ่นหินบางภายใต้การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์ และจำนวนของแร่แต่ละชนิดสามารถนำไปวิเคราะห์เพิ่มเติมต่อไปได้

1.2.3.2 มาตราอันดับ

มาตราอันดับเป็นมาตรการจำแนกประเภทของการสังเกตออกเป็นลำดับขั้น เช่น ระดับความพึงพอใจที่แบ่งเป็น 5 ระดับ เช่น 5 คือพึงพอใจมากที่สุด 4 คือพึงพอใจมาก 3 คือพึงพอใจ 2 คือ

พิงพอไจน้อย และ 1 คือพิงพอไจน้อยที่สุด เป็นต้น และตัวอย่างที่นักธรณีวิทยาค้นเคย คือ มาตรฐานวัดความแข็งของโมห์ส (Moh's hardness scale) โดยความแข็งของแร่เพิ่มขึ้นตามอันดับที่สูงขึ้นจาก 1 ถึง 10 แต่ความแตกต่างระหว่างความแข็งแต่ละอันดับมีช่วงกว้างไม่เท่ากัน ความแตกต่างของความแข็งสัมพันธ์ระหว่างเพชร (ความแข็งอันดับ 10) และคอรัันดัม (ความแข็งอันดับ 9) นั้นมากกว่าช่วงต่างของความแข็งทั้งหมดตั้งแต่ 1 ถึง 9 ในทำนองเดียวกัน หินแปรอาจถูกจัดอันดับตามระดับของการแปรสภาพ ซึ่งสะท้อนถึงความรุนแรงของการแปรสภาพของหินตั้งต้น และการแปรสภาพระดับต่าง ๆ ไม่ได้แสดงถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความดันที่มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

1.2.3.3 มาตรฐานทราก

มาตรฐานทรากเป็นมาตราการจำแนกประเภทของการสังเกตที่เป็นคุณสมบัติของมาตรานามบัญญัติและมาตรฐานอันดับ และความแตกต่างระหว่างแต่ละอันดับของข้อมูลที่วัดด้วยมาตรฐานทรากมีค่าเท่ากัน ตัวอย่างที่พบได้ในชีวิตประจำวันคืออุณหภูมิ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิระหว่าง 10 ถึง 20 องศาเซลเซียส นั้น เหมือนกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิระหว่าง 90 ถึง 100 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติที่วัดด้วยมาตรฐานทรากไม่มีศูนย์ที่แท้จริง เช่น อุณหภูมิที่ 0 องศาเซลเซียส ไม่ได้หมายความว่าไม่มีความร้อนอยู่เลย อุณหภูมิติดลบที่มีค่าน้อยกว่าศูนย์จึงเกิดขึ้นได้ จุดเริ่มต้นของมาตรวัดอุณหภูมิในหน่วยเซลเซียสถูกกำหนดไว้ที่จุดที่ตรงกับจุดเยือกแข็งของน้ำ ในขณะที่จุดเริ่มต้นในระดับฟาเรนไฮต์เป็นอุณหภูมิที่จุดเยือกแข็งของสารผสมระหว่างหิมะและเกลือ (Wild, 2021; Luebering, 2024) ในการแปลงจากมาตราการวัดหนึ่งไปเป็นอีกมาตราการวัดหนึ่งต้องดำเนินการสองขั้นตอน ได้แก่ การคูณเพื่อเปลี่ยนมาตราส่วน และการบวกหรือการลบเพื่อเปลี่ยนต้นกำเนิดของมาตราการวัดนั้น ๆ

1.2.3.4 มาตรฐานอัตราส่วน

มาตรฐานอัตราส่วนเป็นมาตราการจำแนกประเภทของการสังเกตที่มีคุณสมบัติของมาตรานามบัญญัติ มาตรฐานอันดับ และมาตรฐานทราก และมีศูนย์ที่แท้จริงอีกด้วย ยกตัวอย่างของการวัดความยาวของซากดึกดำบรรพ์ใบไม้ ใบไม้ที่มีความยาว 10 เซนติเมตร มีความยาวเป็นสองเท่าของซากดึกดำบรรพ์ใบไม้ที่มีความยาว 5 เซนติเมตร และซากดึกดำบรรพ์ใบไม้ที่มีความยาวเป็นศูนย์ ไม่มีตัวตน เนื่องจากไม่มีความยาวเลย อีกทั้งยังเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ความยาวติดลบเป็นไปไม่ได้ หากต้องการแปลงจากมาตราส่วนอัตราส่วนหนึ่งไปเป็นอีกมาตราส่วนหนึ่ง เช่น จากนิ้วเป็นเซนติเมตร ทำได้โดยการนำความยาวในหน่วยนิ้วมาคูณด้วยค่าคงที่ 2.54

มาตรฐานอัตราส่วนเป็นรูปแบบของการวัดที่สูงที่สุดที่สามารถนำมาผ่านการคำนวณทางคณิตศาสตร์และสถิติทุกประเภท แม้ว่าในทางทฤษฎีแล้วมาตรฐานทรากจะให้ข้อมูลน้อยกว่ามาตรฐานอัตราส่วน แต่ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยส่วนใหญ่ มาตรวัดทั้งสองสามารถใช้ในลักษณะเดียวกันหรือคล้ายคลึงกันได้ ข้อมูลทางธรณีวิทยาเกือบทั้งหมด ใช้มาตรฐานทรากหรือมาตรฐานอัตราส่วน เนื่องจากคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของวัตถุที่นักธรณีวิทยาสนใจ ประกอบด้วยคุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐาน เช่น ความยาว ปริมาตร มวล เป็นต้น

ในการบันทึกคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของวัตถุใดวัตถุหนึ่ง อาจจะประกอบด้วยมาตรการวัดสองประเภท เช่น ในการวิเคราะห์พื้นผิวแนวโน้ม (trend surface analysis) ตัวแปรอิสระตัวหนึ่งถูกวัดในมาตราอัตราส่วน เช่น ปริมาณแร่ดินเหนียวที่พบในดิน ในขณะที่พิกัดทางภูมิศาสตร์ถูกวัดในมาตราอันดับ เนื่องจากพิกัดทางภูมิศาสตร์ไม่มีศูนย์เริ่มต้นที่แท้จริง จุดเริ่มต้นของพิกัดทางภูมิศาสตร์ถูกกำหนดขึ้นและนำมาใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งเท่านั้น

1.3 ข้อมูล

จากที่ได้อธิบายถึงความเกี่ยวเนื่องระหว่างองค์ประกอบพื้นฐานของข้อมูลในหัวข้อก่อนหน้านี้แล้ว จึงสามารถเชื่อมโยงได้ว่า ข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของข้อมูล คือ (1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative data) ได้แก่ ข้อมูลนามบัญญัติ (nominal data) เช่น ชนิดของหิน ชนิดของแร่ และ ข้อมูลเชิงอันดับ (ordinal data) เช่น ความเข้มข้นของการรบกวนตะกอน (bioturbation intensity) มาตราวัดความแข็งของโมห์ส และ (2) ข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data) ได้แก่ ข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete data) เช่น จำนวนครั้งของการตอกในการสำรวจชั้นดินแบบการตอกทดสอบมาตรฐาน (standard penetration test) และข้อมูลแบบต่อเนื่อง (continuous data) เช่น อุณหภูมิ ความเร็วลมแนวตั้ง (vertical wind speed) เป็นต้น

ข้อมูลแบบเป็นลำดับ (sequential data) คือ ข้อมูลที่แสดงลักษณะเฉพาะด้วยตำแหน่งลำดับของการจัดเก็บข้อมูล และตำแหน่งที่จุดข้อมูลเกิดขึ้นภายในลำดับนั้นมีความสำคัญ ชุดข้อมูลประเภทนี้พบได้ทั่วไปในธรณีวิทยา เช่น การทดสอบทางธรณีเคมีหรือแร่วิทยาตามแนวเส้นสำรวจหรือหลุมเจาะ ข้อมูลหลุมสำรวจที่ได้จากการขบวนการหยั่งธรณีหลุมเจาะ (wireline logging) ในการสำรวจและผลิตทรัพยากรปิโตรเลียม เป็นต้น นอกจากนี้ยังรวมถึง การบันทึกข้อมูลทางธรณีวิทยาในแต่ละช่วงเวลา หรือข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) เช่น คุณภาพและปริมาณน้ำที่สถานีตรวจวัดน้ำในแต่ละเดือน ประวัติของกำลังการผลิตก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น

1.4 ลักษณะของลำดับในเชิงธรณีวิทยา

ก่อนที่จะดำเนินการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยา นักธรณีวิทยาจำเป็นต้องเข้าใจธรรมชาติของข้อมูล วิธีการเก็บข้อมูล และประเภทของข้อมูล ข้อมูลแบบเป็นลำดับในทางธรณีวิทยามีทั้งรูปแบบของตัวแปรที่สื่อถึงขนาด เช่น การบันทึกความต้านทานไฟฟ้าของหลุมเจาะ ความต้านทานไฟฟ้าวัดได้ในหน่วยโอห์มและระดับความลึกของหลุมเจาะที่วัดได้ในหน่วยฟุตหรือเมตร กล่าวคือชั้นหินที่มีความต้านทานไฟฟ้า 10 โอห์ม มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าชั้นหินที่มีความต้านทานไฟฟ้า 5 โอห์มถึง 2 เท่า ตำแหน่งของชั้นหินในหลุมเจาะที่ระดับความลึก 100 เมตร อยู่ยู่ที่ระดับความลึก

ที่มากกว่าชั้นหินในหลุมเจาะที่ระดับความลึก 50 เมตรถึง 2 เทา เป็นต้น หรือประวัติของกำลังการผลิตก๊าซธรรมชาติในอดีต ปริมาณก๊าซธรรมชาติวัดได้ในหน่วยลูกบาศก์ฟุต โดยที่ก๊าซธรรมชาติปริมาณ 1,000 ลูกบาศก์ฟุต มีปริมาณมากกว่าก๊าซธรรมชาติปริมาณ 100 ลูกบาศก์ฟุตถึง 10 เทาตัว และเวลาบันทึกในรูปแบบของวัน เดือน ปี พ.ศ. หรือ ค.ศ. เช่น ระยะห่างระหว่างปี ค.ศ. 2000 ถึง 2010 มีระยะเวลาเท่ากับระยะห่างระหว่างปี ค.ศ. 2020 ถึง 2030 เป็นต้น

รูปแบบของตัวแปรอีกประเภทหนึ่งที่พบในข้อมูลทางธรณีวิทยา คือ ข้อมูลที่ไม่ได้มีขนาดหรือไม่มีหน่วยที่เกิดจากการวัดได้โดยตรงตัวแปรในตัวอย่างข้างต้น ยกตัวอย่างดังนี้ ในการบันทึกลำดับชั้นหินที่ประกอบด้วยหินตะกอน หรือวัฏจักรชั้นตะกอน (cyclothem) ลำดับของชั้นหินตะกอนที่พบจากด้านล่างขึ้นด้านบน คือ หินปูน-หินทราย-หินปูน-หินดินดาน-หินปูน-ถ่านหิน ในกรณีนี้ ข้อมูลที่สำคัญคือลำดับของการสะสมตัวของชั้นหินตะกอน แต่เราไม่สามารถกำหนดขนาดที่มีความหมายให้กับลำดับชั้นหินตะกอนได้แน่นอนว่าความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินตะกอนที่พบที่อยู่ในรูปแบบของชนิดของชั้นหินตะกอนแต่ละชั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมบรรพกาลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของการตกสะสมของตะกอนที่ต่างกัน ทั้งนี้ ความหนาของชั้นหินตะกอนแต่ละชั้นยังไม่สามารถนำมาประมาณระยะเวลาของการตกสะสมตัวของตะกอนแต่ละชั้นได้ หากพิจารณาเพียงแต่ความหนาของชั้นหินตะกอนแต่ละชั้นเพียงอย่างเดียว ก็อาจส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลวัฏจักรชั้นตะกอนไม่ถูกต้อง

ดังนั้น การที่ชั้นที่ 3 และชั้นที่ 6 ของวัฏจักรชั้นตะกอนในบริเวณที่ศึกษานี้พบชั้นของหินปูนและชั้นถ่านหินตามลำดับ ไม่มีความสำคัญใด ๆ ที่สามารถแสดงเป็นตัวเลขได้ กล่าวคือ ตำแหน่งที่ 6 ไม่ใช่ตำแหน่งที่เป็น 2 เทาของตำแหน่งที่ 3 ในทำนองเดียวกัน การกำหนดสัญลักษณ์เชิงตัวเลขให้แก่ชั้นหินตะกอนแต่ละประเภท เช่น หินปูนมีค่าเท่ากับ 1 หินทรายเท่ากับ 2 หินดินดานเท่ากับ 3 และถ่านหินเท่ากับ 4 ทำให้รูปแบบของการบันทึกวัฏจักรชั้นตะกอนสามารถบันทึกได้เป็น 1-2-1-3-1-4 ซึ่งไม่ได้แสดงถึงขนาดหรือระยะเวลาของการสะสมตัวของชั้นตะกอนแต่อย่างใด เป็นเพียงการกำหนดรูปแบบการบันทึกข้อมูลที่แตกต่างกัน

ทั้งนี้ หากมีข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระยะทางหรือระยะเวลาของตัวอย่างของวัฏจักรชั้นตะกอนที่กล่าวมาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับการสะสมตัวของชั้นตะกอนแต่ละชั้นได้ เช่น หากทราบอายุของซากดึกดำบรรพ์ที่พบในแต่ละชั้นของหินตะกอนหรืออายุของแร่จากการหาอายุจากธาตุกัมมันตรังสี (radiometric dating) สามารถนำระยะเวลามาเชื่อมโยงและพิจารณาความสัมพันธ์กับความหนาหรือระดับความลึกของชั้นหินตะกอนแต่ละชั้นได้ ในขณะเดียวกัน การพบหรือการไม่พบซากดึกดำบรรพ์หรือแร่แต่ละชนิดในชั้นหินตะกอนแต่ละชั้นสามารถบันทึกในรูปแบบของระยะทาง ซึ่งในกรณีนี้คือระดับความลึกต่าง ๆ จากระดับอ้างอิง ทั้งนี้ ข้อมูลของระดับความลึกนี้ ก็ไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้ว่าซากดึกดำบรรพ์หรือแร่ที่พบในระดับความลึกที่ลึกกว่านี้มีความสำคัญต่อวัฏจักรของชั้นตะกอนมากกว่าหรือน้อยกว่าซากดึกดำบรรพ์หรือแร่ที่พบในระดับตื้น

ข้อมูลที่มีลักษณะต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลที่จัดเรียงตามความต่อเนื่องในแง่ของเวลาหรือระยะทางก็ตาม มักเรียกว่าเป็นข้อมูลแบบอนุกรม (series) หรือลำดับ (sequence) โดยลักษณะของข้อมูลเป็นตัวกำหนดขอบเขตของคำถามที่สามารถศึกษาและวิเคราะห์จากข้อมูลเหล่านั้นได้ อาทิ ในกรณีของการศึกษาข้อมูลลำดับชั้นหิน (stratigraphic succession) แน่นอนว่าไม่สามารถดึงข้อมูลเกี่ยวกับเวลาจากข้อมูลของลำดับชั้นหินได้โดยตรงเนื่องจากไม่ทราบช่วงเวลาของการตกทับถมของชั้นตะกอนแต่ละชั้น ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าหากพบชั้นหินที่มีความหนาเท่านี้ หมายความว่าชั้นหินนี้ใช้ระยะเวลาในการตกทับถมของตะกอนกี่ปี ดังนั้นจึงต้องการข้อมูลอื่นเพิ่มเติมที่สามารถนำมาระบุเกี่ยวกับเวลาหรืออายุของแต่ละชั้นหินเพิ่มเติม

1.5 สรุปท้ายบท

บทนี้นำเสนอแนวคิดพื้นฐานเกี่ยวกับสถิติทางธรณีวิทยาและข้อมูลทางธรณีวิทยา ประเด็นที่สำคัญประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาเป็นกระบวนการแบบกึ่งสถิติ เนื่องจากข้อจำกัดในการเก็บข้อมูล นักธรณีวิทยาจึงจำเป็นต้องตัดสินใจในการวิเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่อย่างจำกัด โดยอาศัยประสบการณ์และความเข้าใจในกระบวนการทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาเป็นหลัก

องค์ประกอบพื้นฐานของข้อมูลประกอบด้วย วัตถุ ซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งที่มาของข้อมูล และตัวแปรซึ่งเป็นคุณสมบัติหรือคุณลักษณะของวัตถุ ระบบการวัดจำแนกได้เป็น 4 มาตรา ดังนี้ มาตรานามบัญญัติ มาตราอันดับ มาตราอันตรภาค และมาตราอัตราส่วน

ข้อมูลสามารถจัดหมวดหมู่ได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลนามบัญญัติและข้อมูลเชิงอันดับ และข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งแบ่งออกเป็นข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่องและข้อมูลแบบต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังมีข้อมูลแบบเป็นลำดับ ซึ่งพบได้ทั่วไปในงานด้านธรณีวิทยา อาทิ ข้อมูลจากการทดสอบทางธรณีเคมีที่ระดับความลึกต่าง ๆ ข้อมูลหลุมสำรวจ และข้อมูลอนุกรมเวลา เป็นต้น ในด้านลักษณะของลำดับในเชิงธรณีวิทยา ข้อมูลอาจมีทั้งรูปแบบที่สื่อถึงขนาดที่วัดได้โดยตรงและรูปแบบที่ไม่สามารถกำหนดขนาดได้ เช่น ลำดับชั้นหิน ซึ่งการวิเคราะห์จำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลอื่นเพิ่มเติม อาทิ อายุของซากดึกดำบรรพ์หรือการหาอายุจากธาตุกัมมันตรังสีที่พบในชั้นดินหรือชั้นหินที่ระดับความลึกนั้น ๆ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



หนังสือเล่มนี้ออกแบบมาเพื่อการเรียนรู้และยกระดับความสามารถด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาโดยบูรณาการความรู้พื้นฐานทางสถิติเข้ากับการประยุกต์ใช้จริงอย่างเป็นระบบ โดยรวบรวมความรู้พื้นฐานด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาด้วยเทคนิคทางสถิติอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ครอบคลุมหลักการสถิติเบื้องต้น การแปลงข้อมูล การทดสอบทางสถิติ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตลอดจนการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางสถิติเข้ากับปัญหาในสาขาธรณีวิทยา หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับ นักศึกษาธรณีวิทยา นักวิจัยและนักปฏิบัติงานด้านธรณีวิทยาที่ต้องการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อทำความเข้าใจและตีความข้อมูลทางธรณีวิทยาได้อย่างมีประสิทธิภาพ



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

