CHAPTER 2

ทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision Theory)

โจทย์ธุรกิจ

ข้อความ

“ขอบคุณสำหรับแผนการผลิตที่คุณแนะนำครับ แต่เรายังมีปัญหาใหม่เกิดขึ้น... ฝ่ายบริหารกำลังลังเลว่าจะใช้กลยุทธ์ไหนต่อในไตรมาสหน้า เพราะสถานการณ์ตลาดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา บางสัปดาห์โต๊ะทำงานขายดี บางสัปดาห์กลับเป็นตู้เอกสารที่มาแรง บางทีก็มีปัญหาขนส่งวัตถุดิบจากซัพพลายเออร์อีก ถ้าจะวางกลยุทธ์ที่เหมาะสม เราควรเลือกแนวทางการผลิตแบบใด?”

คุณสมชายกลับมาอีกครั้ง หลังจากบริษัท ABC Furniture ใช้แบบจำลองเชิงเส้นเพื่อตัดสินใจจำนวนการผลิตโต๊ะทำงานและตู้เก็บเอกสารในแต่ละสัปดาห์ได้แล้ว ซึ่งทำให้ได้ผลดีในช่วงแรก ๆ ที่ใช้งาน แต่ผ่านไปสักพักฝ่ายการตลาดพบว่ามีปัจจัยภายนอกมากระทบทำให้ไม่สามารถใช้แค่เกณฑ์ภายในด้านกำไรมาพิจารณาได้อย่างเดียว และสถานการณ์ตลาดเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว — ทำให้ฝ่ายการผลิตต้องเผชิญกับความไม่แน่นอนหลายด้าน เช่น

- ราคาขายเปลี่ยนแปลง
- ความต้องการของลูกค้าเปลี่ยนไป
- มีปัญหาการขนส่งวัตถุดิบ
- คู่แข่งออกรุ่นใหม่ที่มีราคาถูกกว่า

เพื่อช่วยในการวางแผน บริษัทจึงอยากรู้ว่า หากมีสถานการณ์ที่ไม่แน่นอน (uncertain states of nature) เกิดขึ้น บริษัทควรเลือกแนวทางการผลิตแบบใดเพื่อรับมือ

คำถามชวนคิด:

- คุณคิดว่าบริษัท ABC Furniture กำลังเผชิญกับปัญหาแบบใด? ทำไม LP ไม่ตอบโจทย์?
- คุณต้องการข้อมูลอะไรเพิ่มเติมก่อนจะตอบคำถามของคุณสมชายได้?
- คุณจะเริ่มต้นจัดกลุ่มหรือจำแนกทางเลือกในการตัดสินใจอย่างไร?
- หากไม่สามารถรู้อนาคตได้แน่ชัด คุณจะวิเคราะห์หรือวางแผนอย่างไร?
- ลองจินตนาการว่าบริษัทอาจมี “หลายสถานการณ์ตลาด” ที่อาจเกิดขึ้น คุณจะจัดโครงสร้างปัญหาเพื่อเปรียบเทียบตัวเลือกได้อย่างไร?
- คุณคาดหวังว่าข้อมูลลักษณะใดจะช่วยให้การตัดสินใจแม่นยำมากขึ้น?

บทนำ

(Draft Version)[1]

- ในบางครั้ง ก็มีทางเลือกที่จะต้องตัดสินใจเลือก
- เป้าหมายคือทางเลือกที่ดีที่สุด รู้โอกาส/ความน่าจะเป็นในการเกิด
- แต่ก็มีรูปแบบของสถานการณ์ได้หลากหลาย ขึ้นกับการเกิดขึ้นของทางเลือกที่มี: (1) ภายใต้ความแน่นอน (ง่าย) (2) ภายใต้ความเสี่ยง (***) และ (3) ภายใต้ความไม่แน่นอน (ออกสอบ) ไม่รู้อะไรเลย
- ซึ่งการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอนนั้นจะใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็นเข้ามาช่วย: ค่าคาดหวัง (expected value)

2.1 ลักษณะการแสดงข้อมูล

เราสามารถแสดงข้อมูลเพื่อความง่ายในการอ่านได้ 2 รูปดังนี้

1. เมทริกซ์การตัดสินใจ (decision matrix) เป็นการแสดงผลจากลัพธ์ (เช่น กำไร) ระหว่างตัวเลือก (option) และเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ที่อาจจะเกิดขึ้น

บังคับไม่ได้ และไม่รู้ว่าจะเกิดแบบไหน

เลือกได้ กลยุทธ์

	เหตุการณ์ 1	เหตุการณ์ 2	$\cdots$	เหตุการณ์ n
ทางเลือก 1				
ทางเลือก 2				
$\vdots$				
ทางเลือก m				

ผลลัพธ์ที่จะพิจารณา ของแต่ละทางเลือก และแต่ละเหตุการณ์

2. ต้นไม้การตัดสินใจ (decision tree) เป็นลักษณะของการแสดงความต่อเนื่องของเหตุการณ์การเลือกโดยอาศัยจุดยอด (node) เชื่อมต่อกัน และปลายกิ่งสุดท้ายจะแสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

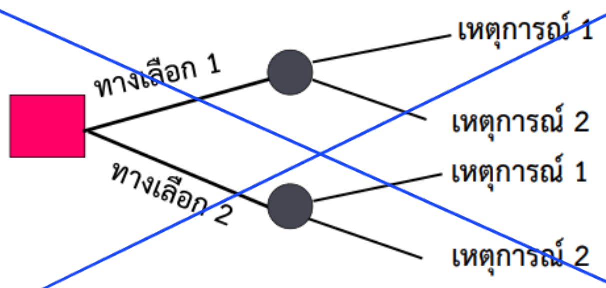


Figure 2.1. Enter Caption

[1] draft for teaching in class, not for text book this semester

ตัวอย่าง 2.1.1: ตัวอย่างการสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจ และต้นไม้การตัดสินใจ

ณ บริษัทสมมติแห่งหนึ่ง ต้องการตัดสินใจว่าจะจัดนิทรรศการขนาดเล็ก หรือขนาดกลาง หรือขนาดใหญ่ โดยจากการประเมิณเบื้องต้นพบว่าถ้าขายบัตรเข้างานได้หมด จะได้กำไร 8 ล้านบาท, 15 ล้านบาท และ 25 ล้านบาทเรียงตามขนาดของงาน ในขณะที่ถ้าขายได้ 50% ของบัตรทั้งหมดจะได้กำไร 4 ล้านบาท, 15 ล้านบาท และ 10 ล้านบาทตามลำดับ และถ้าขายได้เพียงแค่ 10% ของบัตรทั้งหมดจะได้กำไร 3 ล้าน บาท และขาดทุน 1 ล้านบาทและ 10 ล้านบาทตามลำดับขนาดของงาน จากเหตุการณ์ดังกล่าว จะสร้างเมทริกซ์การตัดสินใจและต้นไม้การตัดสินใจได้ดังนี้

ทางเลือก : ขนาดของนิทรรศการ (เล็ก / กลาง / ใหญ่)

เหตุการณ์ : ปริมาณบัตรที่จะขายได้ (ขายหมด / 50% / 10%)

กำไร

ขนาด \ ปริมาณ	ขายหมด	50%	10%
เล็ก	8	4	3
กลาง	15	15	−1
ใหญ่	25	10	−10

(ล้านบาท)

2.2 การตัดสินใจภายใต้สภาวะความแน่นอน

- เมื่อทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์ใดขึ้น
- ถึงจะไม่ realistic ในหลาย ๆ กรณี แต่บางครั้งเราก็ต้องพิจารณาในรูปแบบนี้
- เพราะง่ายและตรงไปตรงมา

ตัวอย่าง 2.2.1: การตัดสินใจภายใต้สภาวะความแน่นอน

จากเมทริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่าง 2.1.1 จะตัดสินใจภายใต้สภาวะความแน่นอนของแต่ละเหตุการณ์ได้อย่างไรบ้าง

กำไร

ขนาด \ ปริมาณ	ขายหมด	50%	10%
เล็ก	8	4	3
กลาง	15	15	−1
ใหญ่	25	10	−10

ถ้ารู้ว่าขายได้หมด → เลือกใหญ่

ถ้ารู้ว่าขายได้ 50% → เลือกกลาง

ถ้ารู้ว่าขายได้ 10% → เลือกเล็ก

2.3 การตัดสินใจภายใต้สภาวะความเสี่ยง

- ไม่ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์ใด
- แต่พอมีข้อมูลเพื่อคาดการณ์ความน่าจะเป็นของการเกิดแต่ละเหตุการณ์ได้
- ใช้แนวคิดเรื่องของความน่าจะเป็นเข้ามาช่วย

2.3.1 ค่าคาดหวัง (Expected Value)

นิยาม 2.3.1: ค่าคาดหวัง

ภายใต้การทดลองเชิงการสุ่มหนึ่ง ถ้าผลจอบแทนทั้งหมดที่เป็นไปได้คือ $X = X_1, X_2, X_3, \ldots$ (อาจจะมีจำกัดหรือไม่จำกัดเหตุการณ์ก็ได้) โดยที่มีความน่าจะเป็นการได้ผลตอบแทนเป็น $P(X) = P(X_1), P(X_2), P(X_3), \ldots$ ตามลำดับ แล้ว**ค่าคาดหวัง**ของผลตอบแทนจะคำนวณโดย

ค่าเฉลี่ยในสถิติ

$$E(X) := X_1 P(X_1) + X_2 P(X_2) + X_3 P(X_3) + \cdots$$

ซึ่งค่าคาดหวังในเชิงความน่าจะเป็นเปรียบเสมือนค่าเฉลี่ยในเชิงสถิติที่จะบอกแนวโน้มการได้ว่ามักจะได้ค่าไหนเป็นส่วนใหญ่

เอามาบวกกัน (ค่าที่ได้ • โอกาส)

ตัวอย่าง 2.3.1: ค่าคาดหวังของเหตุการณ์อย่างง่าย

สมมติว่าพนันด้วยการโยนเหรียญไม่เที่ยงตรงอันหนึ่งโดยมีโอกาสออกหัว 0.3 และออกก้อย 0.7 ในการพนันนี้มีกฎว่าถ้าออกหัวผู้เล่นจะได้เงิน 5 บาท ในขณะที่ถ้าออกก้อยผู้เล่นจะเสียเงิน 3 บาท ในการเล่นพนันครั้งนี้ผู้เล่นจะเสียเปรียบหรือว่าได้เปรียบอยู่กี่บาท

ได้ 5 บาท : $(5)(0.3) = 1.5$

เสีย 3 บาท : $(-3)(0.7) = -2.1$ +

$\underline{\underline{-0.6}}$ ← ค่าคาดหวัง

ค่าคาดหวัง = (สิ่งที่ได้จากหัว)(โอกาสออกหัว) + (สิ่งที่ได้จากก้อย)(โอกาสออกก้อย)

$= (5)(0.3) + (-3)(0.7) = -0.6$

เสียเปรียบอยู่ 0.6 บาท

2.3.2 เกณฑ์ผลตอบแทน

ตัวอย่าง 2.3.2: การตัดสินใจภายใต้สภาวะความเสี่ยง:ค่าคาดหวังของผลตอบแทน

จากเมทริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่าง 2.1.1 ซึ่งคือ

โอกาส 0.3 0.4 0.3

(หน่วย: ล้านบาท)	ขายได้หมด	ขายได้ 50%	ขายได้ 10%
ขนาดเล็ก	8	4	3
ขนาดกลาง	15	15	-1
ขนาดใหญ่	25	10	-10

และจากการสำรวจสถิติเก่า ๆ พบว่า โอกาสที่จะขายได้หมดมี 0.3 ในขณะที่ขายได้ครึ่งหนึ่งของงานจะมีโอกาสที่ 0.4 และขายได้เพียง 10% ของงานจะมีโอกาสอยู่ที่ 0.3 เนื่องจากเราไม่ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์แบบไหนขึ้น แต่เราทราบความน่าจะเป็นที่จะเกิด เราจึงต้องใช้ค่าคาดหวังเข้ามาช่วย

1. เราต้องหาค่าคาดหวังของอะไร (ระบุตัวแปรสุ่ม) โดยที่แยกคิดตามอะไร (ตามขนาดงานหรือตามปริมาณการขายบัตรได้)
   กำไรที่ได้
2. จงหาค่าคาดหวังตามที่ตั้งไว้
3. และจากค่าคาดหวังที่ได้ ควรเลือกจัดงานขนาดใด
4. ข้อมูลเรื่องความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ นักศึกษาคิดว่าหาได้จากไหนบ้าง (ยกตัวอย่างแหล่งข้อมูล หรือสิ่งที่ขอเพิ่มจากลูกค้า)

! หาค่าคาดหวังของแต่ละทางเลือก แล้วเอามาเปรียบเทียบ

ค่าคาดหวังของกำไรเมื่อจัดงานขนาดเล็ก $= \overset{2.4}{(8)(0.3)} + \overset{1.6}{(4)(0.4)} + \overset{0.9}{(3)(0.3)} = 4.9$ ล้านบาท

" " กลาง $= \overset{4.5}{(15)(0.3)} + \overset{6.0}{(15)(0.4)} + \overset{-0.3}{(-1)(0.3)} = 10.2$ ล้านบาท

" " ใหญ่ $= \overset{7.5}{(25)(0.3)} + \overset{4.0}{(10)(0.4)} + \overset{-3}{(-10)(0.3)} = 8.5$ ล้านบาท

ต้องจัดขนาดกลาง เพราะกำไรโดยเฉลี่ยมีค่ามากสุด
(10.2 ล้านบาท)

2.3.3 เกณฑ์ค่าเสียโอกาส (opportunity loss)

ถ้าเลือกถูก

- นอกจากคำนวณจากผลตอบแทนแล้ว เรายังสามารถคำนวณโดยอาศัยเกณฑ์ค่าเสียโอกาส
- ค่าเสียโอกาส = ผลตอบแทนที่ควรได้สูงสุด - ผลตอบแทนกรณีเลือกตัวเลือกดังกล่าว
- และใช้ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส (Expected Opportunity Loss: EOL) เป็นตัวตัดสินใจ

ถ้าเลือกถูก → ค่าเสียโอกาส = 0 (ยิ่งต่ำยิ่งดี)

ตัวอย่าง 2.3.3: การตัดสินใจภายใต้สภาวะความเสี่ยง:ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส

จากเมทริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่าง 2.1.1 ซึ่งคือ

(หน่วย: ล้านบาท)	ขายได้หมด (0.3)	ขายได้ 50% (0.4)	ขายได้ 10% (0.3)
ขนาดเล็ก	8	4	3
ขนาดกลาง	15	15	-1
ขนาดใหญ่	25	10	-10

และจากการสำรวจสถิติเก่า ๆ พบว่า โอกาสที่จะขายได้หมดมี 0.3 ในขณะที่ขายได้ครึ่งหนึ่งของงานจะมีโอกาสที่ 0.4 และขายได้เพียง 10% ของงานจะมีโอกาสอยู่ที่ 0.3 เนื่องจากเราไม่ทราบว่าจะเกิดเหตุการณ์แบบไหนขึ้น แต่เราทราบความน่าจะเป็นที่จะเกิด เราจึงต้องใช้ค่าคาดหวังเข้ามาช่วย

1. จงคำนวณค่าเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้นในแต่ละเหตุการณ์
2. จงหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส
3. และจากค่าคาดหวังที่ได้ ควรเลือกจัดงานขนาดใด

ตารางค่าเสียโอกาส

ถ้าเลือกถูกต้องได้กำไร 25 ล้าน

กำไรสูงสุด = 15 ล้าน

กำไรสูงสุด = 3 ล้าน

	หมด 0.3	50% 0.4	10% 0.3	EOL
เล็ก	25 − 8 = 17	15 − 4 = 11	3 − 3 = 0	17(0.3) + 11(0.4) + 0(0.3) = 9.5
กลาง	25 − 15 = 10	15 − 15 = 0	3 − (−1) = 4	10(0.3) + 0(0.4) + 4(0.3) = 4.2
ใหญ่	25 − 25 = 0	15 − 10 = 5	3 − (−10) = 13	0(0.3) + 5(0.4) + 13(0.3) = 5.9

ถ้าใช้เกณฑ์ค่าเสียโอกาส จะได้ทางเลือก ขนาดกลาง

2.3.4 ค่าคาดหวังของข่าวสารที่สมบูรณ์

- ถ้าเราทราบเหตุการณ์ที่จะเกิดได้ จะทำให้เลือกตัวเลือกที่ทำกำไรได้สูงสุดแน่นอน (มีข่าวสารสมบูรณ์)

$$\text{ค่าคาดหวังของข่าวสารที่สมบูรณ์} = E\,(\text{ผลตอบแทนสูงสุดของแต่ละเหตุการณ์})$$

- แต่ถ้าเราไม่มีข่าวสารอะไรเลย เราจะตัดสินใจได้เพียงแค่ค่าคาดหวังของผลตอบแทนในแต่ละตัวเลือก และเลือกตัวเลือกที่ให้ค่าคาดหวังมากที่สุด

$$\text{ค่าคาดหวังที่สูงที่สุดเมื่อไม่มีข่าวสาร} = \max_{\text{ตัวเลือก}} E\,(\text{ผลตอบแทนตามเหตุการณ์})$$

- เราจึงวัดผลความต่างระหว่างค่าคาดหวังที่จะทำผลตอบแทนได้สูงสุดเมื่อมีข่าวสารสมบูรณ์เทียบกับค่าคาดหวังที่สูงที่สุดเมื่อไม่มีข่าวสาร
- เรียกว่า **ค่าคาดหวังของข่าวสารที่สมบูรณ์** (Expected Value of Perfect Information: EVPI)

$$EVPI = \text{ค่าคาดหวังเมื่อมีข่าวสารสมบูรณ์} - \text{ค่าคาดหวังที่สูงที่สุดเมื่อไม่มีข่าวสาร}$$

ตัวอย่าง 2.3.4: การตัดสินใจภายใต้สภาวะความเสี่ยง:ค่าคาดหวังของข่าวสารที่สมบูรณ์

จากเมทริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่าง 2.1.1 ซึ่งคือ

(หน่วย: ล้านบาท)	ขายได้หมด	ขายได้ 50%	ขายได้ 10%
ขนาดเล็ก	8	4	3
ขนาดกลาง	15	15	-1
ขนาดใหญ่	25	10	-10

และจากการสำรวจสถิติเก่า ๆ พบว่า โอกาสที่จะขายได้หมดมี 0.3 ในขณะที่ขายได้ครึ่งหนึ่งของงานจะมีโอกาสที่ 0.4 และขายได้เพียง 10% ของงานจะมีโอกาสอยู่ที่ 0.3 จงคำนวณหา EVPI และอภิปรายค่าที่ได้ในแง่ของการลงทุนทำ R&D เพิ่มเติม

ผลพลอยได้อย่างหนึ่งที่น่าสนใจคือไม่ว่าเราจะใช้เกณฑ์ใดก็ตาม เราจะได้วิธีการตัดสินใจเดียวกันเสมอ

ทฤษฎีบท 2.3.1: ปัญหาคู่กันของเกณฑ์ผลตอบแทนและเกณฑ์ค่าเสียโอกาส

ผลการตัดสินใจที่ได้จากค่าคาดหวังของผลตอบแทนจะเหมือนกับผลการตัดสินใจจากค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส

จะได้ทางเลือกเดียวกัน

$$\cancel{\arg\max_{\text{ตัวเลือก}} E\left(\text{ผลตอบแทน}\right) = \arg\min_{\text{ตัวเลือก}} E\left(\text{ค่าเสียโอกาส}\right)}$$

และทำให้เราได้ผลตามมาว่า

บทตาม 2.3.1: EVPI กับ EOL

$$EVPI = \min_{\text{ตัวเลือก}} E\left(\text{ค่าเสียโอกาส}\right)$$

(ข้ามได้) เพื่อความง่ายสำหรับนักศึกษาที่ไม่คุ้นเคยกับการคิดคณิตศาสตร์แบบนามธรรม ขอกำหนดให้เรามีทางเลือก 3 ทางเลือก และเหตุการณ์ 4 เหตุการณ์

Exercise 2.3.1: คำถามช่วยไกด์

1. กำหนดให้เมทริกซ์ผลตอบแทนคือ $D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & x_{34} \end{bmatrix}$ และเวกเตอร์ความน่าจะเป็นคือ $\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$ แล้วเราจะสามารถใช้ D และ $\vec{p}$ เขียนแสดงค่าคาดหวังของผลตอบแทนได้อย่างไร
   (Ans: $\vec{E}\left(\text{ผลตอบแทน}\right) = D\vec{p}$)
2. เพื่อที่จะเขียนเมทริกซ์ที่แสดงถึงค่าเสียโอกาส ขอสมมติว่าให้ในเหตุการณ์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีผลตอบแทนที่ได้มากที่สุดเป็น $x_{11}, x_{32}, x_{23}, x_{24}$ ตามลำดับ กล่าวคือในเหตุการณ์ที่ 1, 2, 3 และ 4 นั้นทางเลือกที่ 1, 3, 2 และ 2 จะให้ผลตอบแทนเยอะสุดตามลำดับ จงเขียนค่าเสียโอกาสรายตัวเลือกให้อยู่ในรูปเมทริกซ์
3. ถ้าไม่กำหนดแบบเจาะจงว่าตัวเลือกใดให้ผลตอบแทนมากที่สุดในแต่ละเหตุการณ์ แต่สมมติว่าให้ผลตอบแทนที่มากที่สุดของเหตุการณ์ที่ 1, 2, 3 และ 4 มีผลตอบแทนที่ได้มากที่สุดเป็น M_1, M_2, M_3, M_4 ตามลำดับ จงเขียนค่าเสียโอกาสรายตัวเลือกให้อยู่ในรูปเมทริกซ์
   (Ans: $M - D$ โดยที่ทุกแถวของ M คือ M_1, M_2, M_3, M_4)
4. จงหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส
   (Ans: $\vec{E}\left(\text{ค่าเสียโอกาส}\right) = M\vec{p} - D\vec{p}$)
5. คราวนี้เราจะสามารถพิสูจน์ผลใน 2.3.1 โดยใช้ผลจากข้อ 1 และข้อ 4

2.4 การตัดสินใจภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอน

ไม่รู้ความน่าจะเป็น

maximax criterion

เหมาะกับผู้ตัดสินใจที่มีนิสัยกล้าได้กล้าเสีย โดยเลือกค่าผลลัพธ์สูงสุด (Maximum payoff) ของแต่ละทางเลือก แล้วเลือกค่าที่มากที่สุดในบรรดานั้น

ในแต่ละทางเลือกได้ค่าสูงสุดเท่าไหร่

⇓

แล้วเอามาหาค่าสูงสุดอีกที

$$\text{Maximax} = \max_i \left(\max_j a_{ij} \right)$$

โดยที่ a_{ij} คือค่าผลลัพธ์ของกลยุทธ์ i เมื่อเกิดเหตุการณ์ j

maximin criterion

เหมาะกับผู้ตัดสินใจที่ระมัดระวัง โดยเลือกค่าผลลัพธ์ต่ำสุด (Minimum payoff) ของแต่ละทางเลือก แล้วเลือกค่าที่มากที่สุดในบรรดานั้น

ในแต่ละทางเลือก หาค่าต่ำสุดก่อน

⇓

เอามาหาค่ามากสุดอีกที

$$\text{Maximin} = \max_i \left(\min_j a_{ij} \right)$$

minimax regret criterion

คำนวณ “ความเสียใจ” (regret) โดยการหาผลต่างระหว่างผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละสถานการณ์ กับค่าของแต่ละกลยุทธ์ แล้วเลือกกลยุทธ์ที่มี regret สูงสุดน้อยที่สุด

$$r_{ij} = \max_i a_{ij} - a_{ij}, \qquad \text{Minimax Regret} = \min_i \left(\max_j r_{ij} \right)$$

Laplace criterion

ถือว่าทุกสถานการณ์มีโอกาสเกิดเท่ากัน แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของแต่ละกลยุทธ์ จากนั้นเลือกค่าที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด

$$\text{Laplace} = \max_i \left(\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \right)$$

โดยที่ n คือจำนวนเหตุการณ์ที่เป็นไปได้

Hurwicz criterion

ประนีประนอมระหว่าง maximax และ maximin โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ α ที่สะท้อนระดับความมองโลกในแง่ดี

$$\text{Hurwicz}_i = \alpha \cdot \max_j a_{ij} + (1-\alpha) \cdot \min_j a_{ij}$$

โดย $0 \le \alpha \le 1$ และเลือกกลยุทธ์ที่ให้ค่าดังกล่าวสูงสุด

ตัวอย่าง 2.4.1: การตัดสินใจภายใต้สภาวะความไม่แน่นอน

จากเมทริกซ์การตัดสินใจที่ได้จากตัวอย่าง 2.1.1 ซึ่งคือ

(หน่วย: ล้านบาท)	ขายได้หมด	ขายได้ 50%	ขายได้ 10%
ขนาดเล็ก	8	4	3
ขนาดกลาง	15	15	-1
ขนาดใหญ่	25	10	-10

จงคำนวณค่าตามเกณฑ์ต่าง ๆ และเปรียบเทียบผลการตัดสินใจที่ได้

maximax

	หมด	50%	10%	max ในแต่ละทางเลือก
เล็ก	8	4	3	8
กลาง	15	15	-1	15
ใหญ่	25	10	-10	25

max = 25

เลือกขนาดใหญ่ภายใต้เกณฑ์ maximax

maximin

	หมด	50%	10%	min ในแต่ละทางเลือก
เล็ก	8	4	3	3
กลาง	15	15	-1	-1
ใหญ่	25	10	-10	-10

max = 3 ล้านบาท

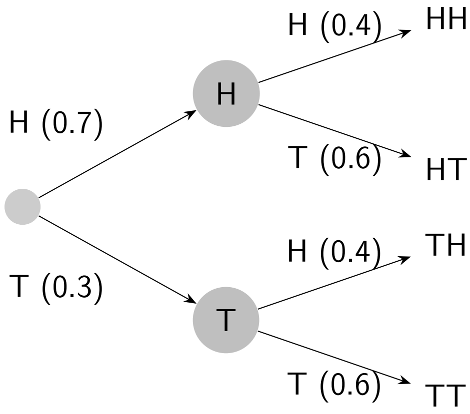
เลือกขนาดเล็กภายใต้เกณฑ์ maximin

2.5 การใช้ต้นไม้การตัดสินใจ

ไม่ใช่การคำนวณใหม่ แต่เป็นวิธีการคิดสิ่งเดิมโดยใช้แผนภาพเข้ามาช่วย

2.5.1 การคิดค่าคาดหวังด้วยแผนภาพต้นไม้ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์

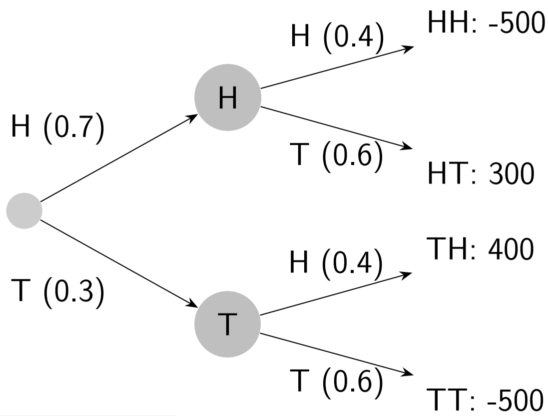
การคิดเกี่ยวกับเหตุการณ์ความน่าจะเป็นนั้นสามารถเขียนในรูปแบบการวาดแผนภาพต้นไม้เพื่อพิจารณาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน ตัวอย่างเช่น การโยนเหรียญ 2 เหรียญต่อเนื่องกัน โดยเหรียญแรกเป็นเหรียญไม่เที่ยงตรงที่มีโอกาสออกหัว 0.7 และออกก้อย 0.3 ในขณะที่เหรียญที่สองเป็นเหรียญที่มีโอกาสออกหัว 0.4 และออกก้อย 0.6 ถ้าเราพิจารณาความน่าจะเป็นที่จะได้ เราสามารถวาดแผนภาพได้ดังนี้



ซึ่งสามารถนำมาช่วยคิดค่าความน่าจะเป็นได้โดยอาศัยลักษณะการคูณของสายต่อเนื่อง เช่น[2]

$$P(HT) = P(H)\,P(T) = 0.7 \times 0.6 = 0.42$$

และในกรณีที่มีเรื่องของผลลัพท์เพื่อนำมาคิดค่าคาดหวังของผลลัพธ์นั้น เราอาจจะเขียนแผนภาพต้นไม้เพิ่มเติมได้ดังนี้



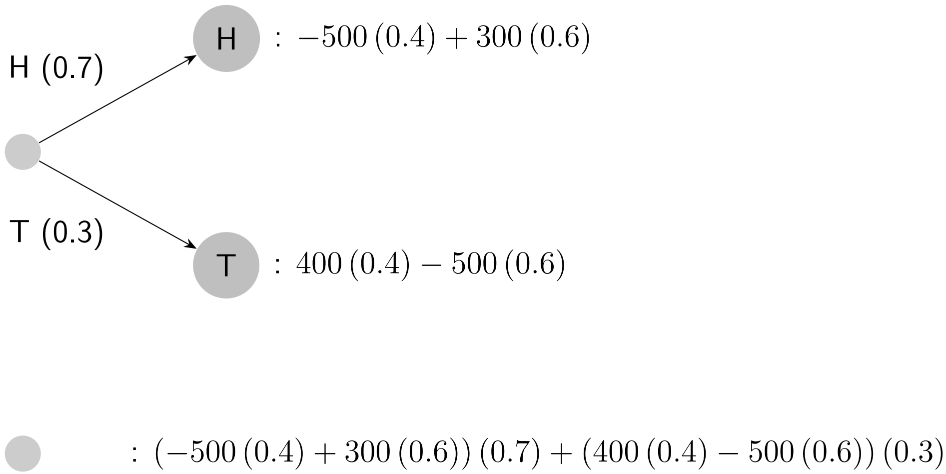
[2]เราพิจารณากรณีง่าย ซึ่งคือกรณีที่เหตุการณ์ทั้ง 2 ขั้นตอนอิสระจากกัน

ซึ่งเราสามารถคิดค่าคาดหวังของผลลัพธ์ได้ตามแบบนิยามของค่าคาดหวังได้เป็น

$$
\begin{aligned}
E\left(\text{ผลลัพธ์}\right) &= -500P\left(HH\right) + 300P\left(HT\right) + 400P\left(TH\right) - 500P\left(TT\right) \\
&= -500\left(0.7\right)\left(0.4\right) + 300\left(0.7\right)\left(0.6\right) + 400\left(0.3\right)\left(0.4\right) - 500\left(0.3\right)\left(0.6\right)
\end{aligned}
$$

แต่ถ้าพิจารณาตามลำดับขั้นการคำนวณตามแผนภาพต้นไม้ เราสามารถจัดรูปได้เป็น

$$
\begin{aligned}
E\left(\text{ผลลัพธ์}\right) &= -500\left(0.7\right)\left(0.4\right) + 300\left(0.7\right)\left(0.6\right) + 400\left(0.3\right)\left(0.4\right) - 500\left(0.3\right)\left(0.6\right) \\
&= \left(-500\left(0.4\right) + 300\left(0.6\right)\right)\left(0.7\right) + \left(400\left(0.4\right) - 500\left(0.6\right)\right)\left(0.3\right) \\
&= \text{ค่าคาดหวังที่ต้นไม่ย่อยที่เหรียญแรกออกหัว}\left(0.7\right) + \text{ค่าคาดหวังที่ต้นไม่ย่อยที่เหรียญแรกออกก้อย}\left(0.3\right)
\end{aligned}
$$



กล่าวคือ ในกรณีที่เรามีแผนภาพลำดับของการเกิดเหตุกาเมี่รณ์ในรูปแบบของแผนภาพต้นไม้ เราสามารถคิดค่าคาดหวังของทั้งต้นไม้นั้นได้โดยคิดจาดค่าคาดหวังของต้นไม้ย่อยก่อน หรือก็คือคิดไต่ขึ้นมาจากปลายกิ่งไล่ไปหาจุดรากของแผนภาพ

2.5.2 เมื่อมีตัวเลือกเข้ามาเกี่ยวข้อง

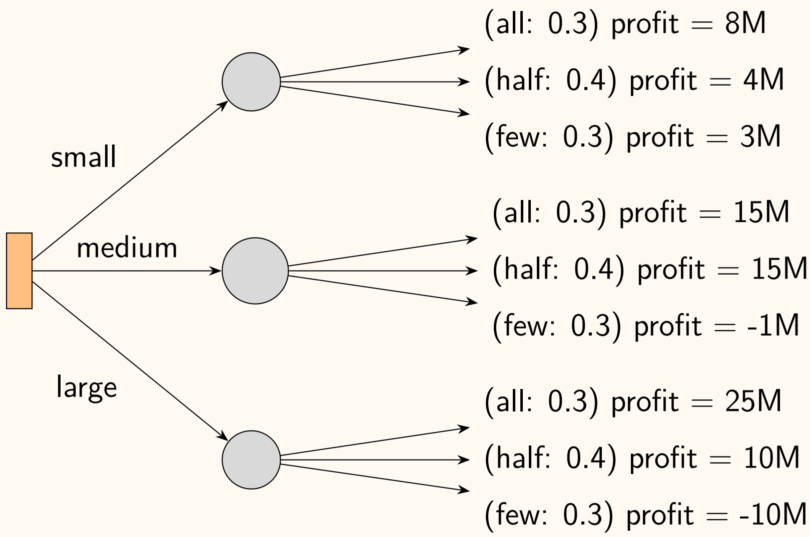
ความแตกต่างสำคัญระหว่างตัวเลือกและเหตุการณ์คือ ตัวเลือกเป็นสิ่งที่เรากำหนดให้เป็นขึ้นกับข้อมูลที่มี ในขณะที่เหตุการณ์คือสิ่งที่เราควบคุมไม่ได้ ยิ่งเฉพาะในการตัดสินใจภายใต้ความเสี่ยงนั้น เหตุการณ์จะเป็นสิ่งที่มีค่าความน่าจะเป็นมาเป็นตัวควบคุมโอกาสที่จะเกิด

ในหัวข้อที่ผ่านมา เป็นพื้นฐานการคำนวณค่าความน่าจะเป็นและค่าคาดหวังโดยใช้แผนภาพต้นไม้เป็นเครื่องมือช่วยให้เราคำนวยณได้อย่างเป็นระบบมากขึ้น ซึ่งมีเพียงแค่ลำดับของเหตุการณ์ที่เข้ามาพิจารณาเท่านั้น ยังไม่มีตัวเลือกอยู่ในแผนภาพต้นไม้

เมื่อมีตัวเลือกเข้ามาเกี่ยวข้อง แผนภาพต้นไม้จะไม่สามารถคิดด้วยหลักความน่าจะเป็นของทั้งแผนภาพได้ แต่จะใช้วิธีการตัดสินใจเลือกตัวเลือกไล่ลำดับไปจากปลายกิ่งไปราก (ขวาไปซ้าย) โดยการเลือกทางเลือกที่ให้ค่าคาดหวังของผลตอบแทนที่มากที่สุด

ตัวอย่าง 2.5.1: การตัดสินใจโดยใช้ต้นไม้การตัดสินใจ

จากเหตุการณ์ในตัวอย่าง 2.1.1 เราจะสามารถวาดแผนภาพต้นไม้ได้ดังนี้



โดยที่โอกาสที่จะขายได้หมดมี 0.3 ในขณะที่ขายได้ครึ่งหนึ่งของงานจะมีโอกาสที่ 0.4 และขายได้เพียง 10% ของงานจะมีโอกาสอยู่ที่ 0.3 จงเขียนขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้แผนภาพต้นไม้การตัดสินนี้ (แบ่งส่วนแผนภาพต้นไม้ความน่าจะเป็นขึ้นมาก่อนเพื่อหาค่าคาดหวัง แล้วค่อยตัดสินใจด้วยค่าคาดหวังของแต่ละต้นไม้ย่อย)

ตัวอย่าง 2.5.2: การตัดสินใจโดยใช้ต้นไม้การตัดสินใจ 2

บริษัท ABC กำลังพิจารณาว่าควรจะเปิดตัวผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่ตลาดหรือไม่ โดยมีทางเลือกหลายขั้นตอนซับซ้อนที่ต้องประเมินต้นทุน ความไม่แน่นอน และผลตอบแทนที่อาจเกิดขึ้น ดังนี้:

- **ขั้นตอนที่ 1: การทดสอบผลิตภัณฑ์**
  - บริษัทสามารถเลือกที่จะทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ก่อน โดยมีโอกาส:
    - 80% ที่ผลิตภัณฑ์ **ผ่าน** การทดสอบ
    - 20% ที่ผลิตภัณฑ์ **ไม่ผ่าน** การทดสอบ และบริษัทจะขาดทุนทันที 100,000 บาท
  - หากผ่านการทดสอบ จะเข้าสู่ขั้นตอนถัดไป คือการทดสอบตลาด
- **ขั้นตอนที่ 2: การทดสอบตลาด**
  - ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบ จะถูกนำไปทดสอบตลาดกับกลุ่มลูกค้าตัวอย่าง โดยมีโอกาส:
    - 90% ที่ตลาด **ยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่**
    - 10% ที่ตลาด **ไม่ยอมรับ** และบริษัทจะขาดทุน 250,000 บาท
  - หากตลาดยอมรับ จะเข้าสู่การตัดสินใจว่าจะนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาดหรือไม่
- **ขั้นตอนที่ 3: การตัดสินใจเปิดตัวผลิตภัณฑ์**
  1. **หากเปิดตัวผลิตภัณฑ์** ความสำเร็จในตลาดมีระดับและผลตอบแทนต่างกัน:
     - ยอดขายสูง $(40\%) \rightarrow$ กำไร 1,450,000 บาท
     - ยอดขายปานกลาง $(40\%) \rightarrow$ กำไร 450,000 บาท
     - ยอดขายต่ำ $(20\%) \rightarrow$ ขาดทุน 150,000 บาท
  2. **หากไม่เปิดตัว** จะยอมขาดทุนค่าทดสอบตลาด 250,000 บาท
- **ทางเลือกทางลัด: ข้ามการทดสอบผลิตภัณฑ์และเข้าสู่ตลาดทันที**
  - หากบริษัทเลือกข้ามขั้นตอนและนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาดทันที:
    - ยอดขายสูง $(10\%) \rightarrow$ กำไร 1,700,000 บาท
    - ยอดขายปานกลาง $(40\%) \rightarrow$ กำไร 700,000 บาท
    - ยอดขายต่ำ $(50\%) \rightarrow$ กำไร 100,000 บาท

บริษัทควรดำเนินการตามทางเลือกใด เพื่อให้ได้ **ผลตอบแทนคาดหวังสูงสุด** ภายใต้ต้นทุนและความไม่แน่นอนในแต่ละขั้นตอน?

2.6 การใช้โปรแกรม QM for Windows

Assignment (need revise)

PART A:

หลังจากบริษัท ABC Furniture ได้ใช้การวิเคราะห์เชิงเส้นในการวางแผนการผลิตช่วงไตรมาสก่อนหน้า บริษัทได้รับผลลัพธ์ที่ดีในช่วงแรก แต่ปัจจุบันกลับพบว่าไม่สามารถพึ่งพาแบบจำลองเดิมได้ตลอดเวลา เนื่องจากมีความไม่แน่นอนในตลาดสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่น ราคาวัตถุดิบผันผวน การแข่งขันสูง และความต้องการของลูกค้าที่แปรเปลี่ยนตลอด

สถานการณ์ทางเลือก: สำหรับไตรมาสถัดไป ฝ่ายผลิตเสนอ 3 กลยุทธ์ให้ฝ่ายบริหารพิจารณา:

- **กลยุทธ์ A:** เพิ่มกำลังผลิต “โต๊ะทำงาน” ให้มากที่สุด โดยลดสัดส่วนตู้เก็บเอกสารลง
- **กลยุทธ์ B:** เพิ่มกำลังผลิต “ตู้เก็บเอกสาร” ให้มากที่สุด โดยลดสัดส่วนโต๊ะทำงานลง
- **กลยุทธ์ C:** กระจายการผลิตแบบสมดุลระหว่างทั้งสองประเภท

สถานการณ์ตลาด (States of Nature): ฝ่ายการตลาดระบุว่าสถานการณ์ตลาดอาจเป็นไปได้ 3 แบบในไตรมาสหน้า:

- **สถานการณ์ 1 (S1) — โต๊ะบูม:** โต๊ะทำงานขายดีมาก ตู้ขายได้น้อย
- **สถานการณ์ 2 (S2) — ตลาดสมดุล:** สินค้าทั้งสองขายได้ใกล้เคียงกัน
- **สถานการณ์ 3 (S3) — ตู้บูม:** ตู้เอกสารขายดีมาก โต๊ะขายได้น้อย

ฝ่ายบริหารต้องการทราบว่า ภายใต้แต่ละกลยุทธ์นั้น ถ้าเกิดสถานการณ์ตลาดแต่ละแบบ จะได้กำไรเท่าไร โดยฝ่ายวิเคราะห์ประเมินกำไร (หน่วย: พันบาท) ดังตาราง:

การบ้านข้อ 1

กลยุทธ์การผลิต	S1: โต๊ะบูม	S2: สมดุล	S3: ตู้บูม
A (เน้นโต๊ะ)	1,500	900	100
B (เน้นตู้)	200	800	1,400
C (สมดุล)	800	850	700

คำสั่ง:

1. วิเคราะห์การตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน โดยใช้เกณฑ์ต่อไปนี้:
   - Maximax Criterion
   - Maximin Criterion
   - Laplace Criterion
   - Hurwicz Criterion (ใช้ $\alpha = 0.6$)
   - Minimax Regret Criterion
2. แต่ละเกณฑ์แนะนำกลยุทธ์ใด? อธิบายว่าแต่ละเกณฑ์สะท้อนทัศนคติความเสี่ยงแบบใด?
3. ใช้โปรแกรม **QM for Windows** เพื่อคำนวณและตรวจสอบผลลัพธ์ พร้อมแนบภาพประกอบผลลัพธ์

PART B:

หลังจากฝ่ายบริหารบริษัท ABC Furniture ได้พิจารณาตารางผลตอบแทนจากกลยุทธ์ต่าง ๆ แล้ว ยังคงมีความลังเล เนื่องจากบริษัทไม่สามารถคาดการณ์สถานการณ์ตลาดล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ

คุณสมชายจึงเสนอแนวคิดว่า *"หากบริษัทจ้างนักวิเคราะห์ตลาดมืออาชีพมาช่วยประเมินแนวโน้มตลาดก่อนได้หรือไม่?"* ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการจ้างทีมวิเคราะห์ภายนอกอยู่ที่ 150,000 บาท ทีมวิเคราะห์จะให้ผลลัพธ์เป็น **สัญญาณตลาดล่วงหน้า** (Market Signal) ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบคือ:

- **สัญญาณบวก (Positive Signal):** แสดงว่าตลาดมีแนวโน้มดี
- **สัญญาณลบ (Negative Signal):** แสดงว่าตลาดมีแนวโน้มผันผวนหรือถดถอย

บริษัทสามารถเลือกที่จะ "เปิดกลยุทธ์ A, B หรือ C" หลังจากได้รับสัญญาณจากนักวิเคราะห์ก็ได้ หรือจะตัดสินใจ "ไม่เปลี่ยนแผน" ก็ได้เช่นกัน

ข้อมูลความแม่นยำของนักวิเคราะห์ตลาด จากประวัติ:

- หากสถานการณ์ตลาดเป็น **S1 (โต๊ะบูม)** $\longrightarrow$ ให้สัญญาณบวก 80%, สัญญาณลบ 20%
- หากสถานการณ์ตลาดเป็น **S2 (สมดุล)** $\longrightarrow$ ให้สัญญาณบวก 50%, สัญญาณลบ 50%
- หากสถานการณ์ตลาดเป็น **S3 (ตู้บูม)** $\longrightarrow$ ให้สัญญาณบวก 30%, สัญญาณลบ 70%

ความน่าจะเป็นของแต่ละสถานการณ์ตลาด (ตามฝ่ายการตลาดประเมิน): S1: 25%, S2: 50%, S3: 25%

คำสั่ง:

1. วาดแผนภาพ Decision Tree ที่เริ่มจากทางเลือก "จ้างนักวิเคราะห์" หรือ "ไม่จ้าง"
2. แสดงการแตกเหตุการณ์ตามลำดับ: สัญญาณ □ สถานการณ์ตลาด □ กลยุทธ์การผลิต □ ผลตอบแทนสุทธิ (หักค่าจ้าง)
3. คำนวณ **Expected Monetary Value (EMV)** ของแต่ละทางเลือก (รวมต้นทุน 150,000 กรณีที่จ้าง)
4. สร้างโมเดลนี้ใน **QM for Windows** เพื่อยืนยันผลลัพธ์ พร้อมแนบภาพผลลัพธ์
5. คุณคิดว่าการจ้างนักวิเคราะห์มีความคุ้มค่าหรือไม่?

CHAPTER 3

(การสุ่ม)

ทฤษฎีการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

โจทย์ธุรกิจ: ความไม่แน่นอนในกระบวนการผลิตของ ABC Furniture

ข้อความจากคุณสมชาย

”หลังจากที่เราได้วางแผนการผลิตและกลยุทธ์รับมือกับตลาดที่ไม่แน่นอนผ่านแบบจำลองเชิงเส้นและทฤษฎีการตัดสินใจเรียบร้อยแล้ว แต่สิ่งที่เรายังไม่สามารถคาดการณ์ได้แน่นอน คือเวลาที่ต้องใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิตจริง ๆ บางครั้งแรงงานลาป่วย บางครั้งเครื่องจักรเสีย หรือบางสัปดาห์มีคำสั่งซื้อเร่งด่วนแทรกเข้ามา เราจึงอยากจำลองสถานการณ์เหล่านี้ เพื่อดูว่าจะกระทบต่อการผลิตและการจัดส่งอย่างไร และควรจะปรับการจัดการโรงงานอย่างไรดี”

บริษัท ABC Furniture กำลังเผชิญกับความไม่แน่นอนใน **ระยะเวลาการผลิตแต่ละชิ้นงาน** และ **ปริมาณคำสั่งซื้อที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา** โดยเฉพาะในช่วงโปรโมชั่นและเทศกาลยอดนิยม ซึ่งอาจทำให้กระบวนการผลิตไม่สามารถดำเนินไปตามแผนได้

เพื่อรองรับเหตุการณ์ที่คาดเดาไม่ได้เหล่านี้ ผู้จัดการฝ่ายผลิตต้องการเครื่องมือในการ “ทดลอง” และ “คาดการณ์ผลลัพธ์” ของทางเลือกที่เป็นไปได้ โดยไม่ต้องเสี่ยงจริงในโลกธุรกิจจริง ซึ่งนำไปสู่แนวคิดของ **การจำลองสถานการณ์ (Simulation)** ที่จะช่วยให้บริษัทสามารถวิเคราะห์ผลกระทบจากตัวแปรสุ่มต่าง ๆ ต่อกระบวนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำถามชวนคิด:

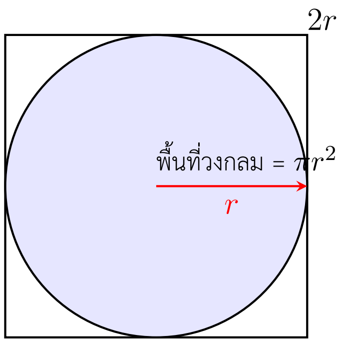
- ในสถานการณ์แบบนี้ คุณคิดว่า “สูตรคำนวณตายตัว” ที่เคยใช้ในบทก่อน ๆ ยังเหมาะสมอยู่หรือไม่?
- คุณจะเก็บข้อมูลอะไรเพื่อใช้ในการจำลองเหตุการณ์ในกระบวนการผลิต?
- คุณจะจำลองขั้นตอนใดในกระบวนการผลิตก่อน เช่น เวลาในการประกอบสินค้า การขนส่ง หรือการเตรียมวัตถุดิบ?
- ถ้าคุณลอง “สุ่มเหตุการณ์” ต่าง ๆ แล้วพบว่าเกิดความล่าช้าเป็นประจำ คุณจะวางแผนการผลิตใหม่อย่างไร?
- ถ้าต้องเขียนโปรแกรมจำลองขั้นตอนการผลิต คุณจะออกแบบลำดับเหตุการณ์หรือเงื่อนไขไว้อย่างไร?
- ผลลัพธ์ของการจำลองแบบใดที่จะช่วยให้ฝ่ายผลิตวางแผนจัดกำลังคนและเครื่องจักรได้ดีขึ้น?

3.1 แนวคิดเบื้องต้นของการจำลอง

- บางสถานการณ์อาจไม่สามารถเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ตัวแบบเพื่ออธิบายสถานการณ์ได้เพราะระบบมีความซับซ้อนมากเกินไปหรือมีเงื่อนไขบางประการที่ทำให้ไม่สามารถใช้ตัวแบบที่มีอยู่แล้วได้
- ทำให้ต้องสุ่มภายใต้ข้อมูลที่มีเพื่อประมาณค่าจากการทำการทดลองสุ่มหลาย ๆ การทดลอง
- ในหัวข้อกรณีตัวอย่างที่จะกล่าวถึงถัดไป เป็นตัวอย่างพื้นฐานที่แสดงให้เห็นว่าการทำการทดลองสุ่มโดยที่จำลองสถานการณ์ให้เหมือน (หรือคล้าย) เหตุการณ์จริงจะสามารถประมาณค่าผลเฉลยให้ใกล้เคียงค่าจริงได้

3.1.1 กรณีตัวอย่าง: การหาค่า π

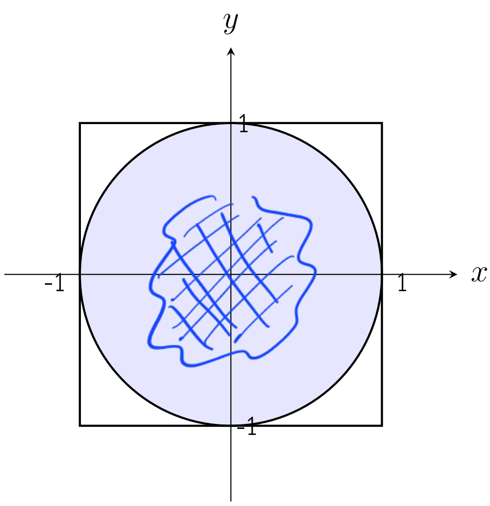
จากชุดความรู้เบื้องต้นที่เรามีคือ $\pi = \frac{\pi r^2}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{(2r)^2} \boxed{= 4\left(\frac{\text{พื้นที่วงกลม}}{\text{พื้นที่สี่เหลี่ยมจตุรัสที่แนบวงกลม}}\right)}$



พื้นที่สี่เหลี่ยม = $(2r)^2 = 4r^2$

แต่เราไม่รู้ว่าค่า π คือเท่าไหร่ เราจึงออกแบบการทดลองที่ถูกออกแบบให้อธิบายชุดความรู้ที่เรามีได้ ซึ่งก็คือการสุ่มโยนจุดเข้าไปในรูปสี่เหลี่ยม แล้วหาอัตราส่วนของจำนวนจุดที่อยู่ภายในวงกลม (แสดงถึงพื้นที่วงกลม) ต่อจำนวนจุดทั้งหมดที่โยนเข้าไป (แสดงถึงพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส) แล้วนำอัตราส่วนที่ได้มาคูณกับ 4 จะได้ค่าประมาณของ π

เพื่อให้การสุ่มสามารถถูกควบคุมและวัดผลได้ เราจึงต้องใช้ระบบพิกัดฉากเข้ามาช่วยในการแสดงผล โดยที่เราจะให้จุดศูนย์กลางของวงกลมวางที่จุดกำเนิด และรัศมีของวงกลมมีค่าเท่ากับ $r = 1$



และเงื่อนไขการสุ่มจุด (x, y) เป็นไปดังนี้

- การสุ่มเป็นแบบ uniform กล่าวคือทุกตำแหน่งมีโอกาสเท่ากัน
- สุ่ม x และ y อยู่ในช่วง $[-1, 1]$ เพื่อให้มั่นใจว่าอยู่ภายในสี่เหลี่ยมจตุรัส

ทั้งนี้ การตรวจสอบว่าจุด (x, y) อยู่ในวงกลมหรือไม่ เราสามารถเช็คได้ด้วยเงื่อนไขว่า

$$x^2 + y^2 \leq 1$$

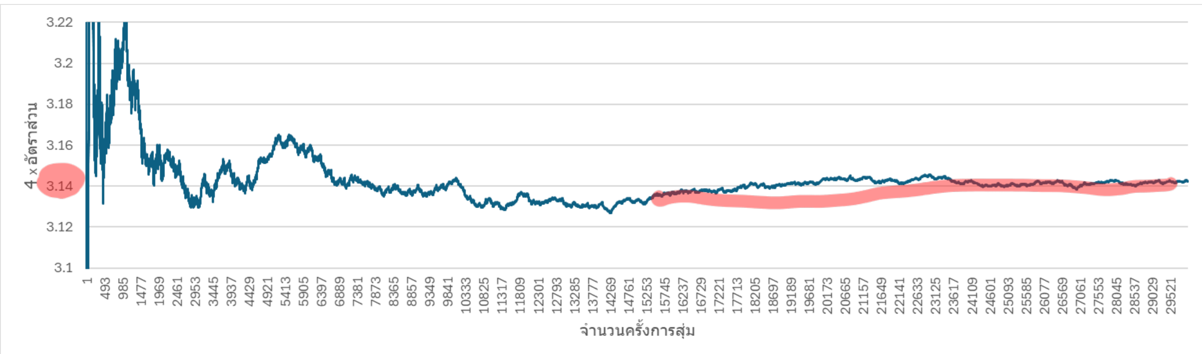
ซึ่งเราสามารถใช้ Excel ช่วยในการสุ่มได้ดังนี้

- Column A: ครั้งที่ทดลอง
- Column B-C: สุ่ม x และ y ด้วยคำสั่ง =RANDARRAY(จำนวนครั้งที่ทดลอง,2,-1,1,FALSE)
- Column D: เช็คว่าจุดอยู่ในวงกลมหรือไม่โดยใช้ ColumnB^2 + ColumnC^2 <= 1
- Column E: นับจำนวนจุดที่อยู่ในวงกลมตั้งแต่การทดลองที่ 1 จนถึงการทดลองปัจจุบัน
- Column F: หาค่า 4*อัตราส่วน

ตัวอย่าง 5 แถวแรกและ 5 แถวสุดท้ายของตารางกรณีสุ่ม 30000 ครั้ง:

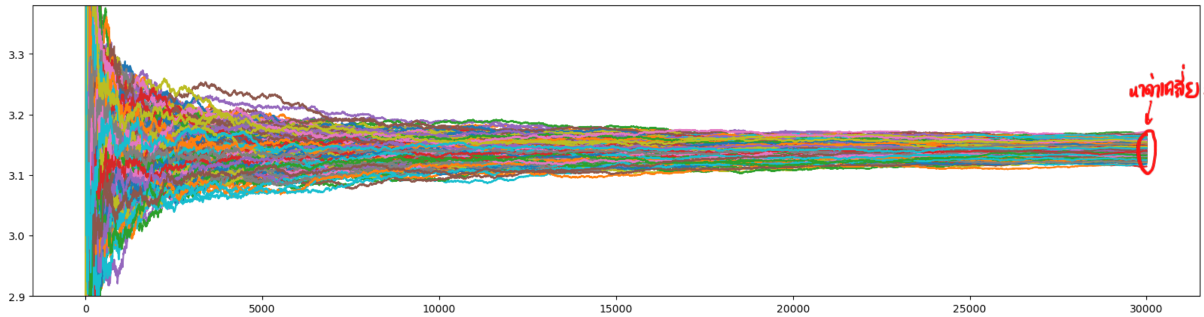
A	B	C	D	E	F
ครั้งที่สุ่ม	สุ่ม x	สุ่ม y	x^2+y^2<=1	num in circle	4*ratio
1	-0.10709	-0.4236	TRUE	1	4
2	-0.49781	0.11569	TRUE	2	4
3	0.56874	-0.82837	FALSE	2	2.66667
4	-0.79338	-0.63925	FALSE	2	2
5	0.32044	-0.98582	FALSE	2	1.6
A	B	C	D	E	F
29996	-0.80188	-0.40379	TRUE	23565	3.14242
29997	0.93949	0.58746	FALSE	23565	3.14231
29998	-0.37564	0.87125	TRUE	23566	3.14234
29999	-0.41641	-0.6536	TRUE	23567	3.14237
30000	-0.27141	-0.63152	TRUE	23568	3.1424

และเมื่อลองทำการพล็อตกราฟของค่าที่เราสนใจ (Column F) จะได้ดังรูป



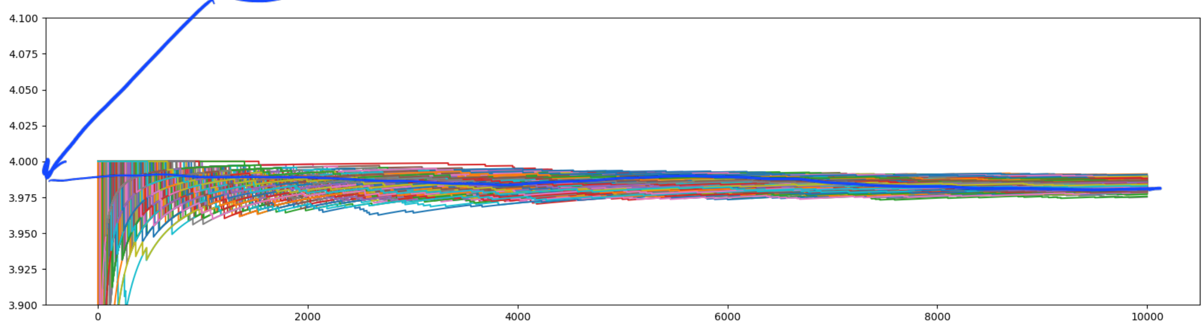
ซึ่งจะเห็นว่ายิ่งเราทำการสุ่มมากขึ้นเท่าไหร่ ค่าที่เราตั้งไว้ (4 เท่าของอัตราส่วน) เพื่อวัดสิ่งที่เราอยากค้นหา (ค่า π) จะยิ่งเข้าใกล้ค่าที่เราอยากค้นหาดังกล่าวมากขึ้นเรื่อยๆ

สามารถออกแบบการทดลองในทำนองเดียวกันคือทำการทดลองสุ่ม 30000 จุดหลาย ๆ รอบแล้วหาค่าเฉลี่ยค่าของรอบสุ่มที่ 30000 ของทุกชุดการทดลองก็ได้เช่นกันโดยรูปด้านล่างคือตัวอย่างการทดลองที่ทำการทดลอง 500 รอบ ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยของค่าอัตราส่วนรอบที่ 30000 อยู่ที่ 3.141638 จากค่าประมาณจริง ๆ ของ $\pi \approx 3.1415926$ (ถ้าทำใน Excel อาจจะเจอปัญหาเรื่อง memory ไม่พอ แต่จะมีความแม่นยำกว่าการทดลองรอบเดียว เลยอาจต้องใช้เครื่องมือเช่นเขียน Python)



หาค่าเฉลี่ย ≈ 3.141638

ทั้งนี้ จะเห็นว่าเรามีการกำหนดเงื่อนไขการสุ่ม ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดของการจะจำลองสถานการณ์ ตัวอย่างเช่นกรณีนี้ก็คือต้องสุ่มแบบ Uniform เนื่องจากลักษณะการคำนวณอัตราส่วนของพื้นที่นั้นมีสมมติฐานว่าทุกจุดพื้นที่จะต้องมีความสำคัญเท่ากัน ไม่มีจุดใดจุดหนึ่งที่มีโอกาสมากกว่าจุดอื่นเพื่อไม่ให้เกิดอคติ (bias) ในการสุ่ม เช่นในตัวอย่างเดิม ถ้าเราเปลี่ยนสมมติฐานตั้งต้นให้สุ่มแบบ Normal Distribution ที่มีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ 0.3 ที่จะมีโอกาสสุ่มได้บริเวณจุดกำเนิดมากกว่าจุดขอบ ๆ ซึ่งจะแสดงพฤติกรรมว่าจุดนอกวงกลมมีโอกาสน้อยกว่าจุดในวงกลม จะได้ว่าผลการประมาณค่าเปลี่ยนเป็น 3.9844 แทนที่จะเข้าใกล้ค่า π ตามรูป



หมายเหตุ (สำหรับอ่านเพิ่มเติม)

ตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างที่มีทฤษฎีเบื้องหลังและสามารถพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์เพื่อยืนยันว่าผลที่ได้จากการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี (อาจมีคลาดเคลื่อนเล็กน้อย) เนื่องจากเป็นสถานการณ์ที่สามารถอธิบายได้ด้วยการแจกแจงความน่าจะเป็นที่ไม่ซับซ้อน (ซึ่งไม่ค่อยพบในโลกจริงที่มักจะเป็นระบบที่ซับซ้อน)

กรณีที่ X, Y แจกแจงแบบคงที่

Proof. กำหนดให้ X, Y เป็นตัวแปรสุ่มอิสระ ซึ่งแจกแจงแบบสม่ำเสมอ (Uniform) บนช่วง $[-1, 1]$ ดังนั้นคู่ (X, Y) จะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีด้านยาว 2 หน่วย และมีพื้นที่รวมเท่ากับ 4 หน่วยตาราง
นิยามเหตุการณ์ A ว่าเป็นเหตุการณ์ที่จุด (X, Y) ตกอยู่ภายในวงกลมรัศมี 1 ซึ่งมีสมการคือ $X^2 + Y^2 \leq 1$
จะได้ว่า

$$P\left((X, Y) \in A\right) = \frac{\text{พื้นที่ของวงกลม}}{\text{พื้นที่ของสี่เหลี่ยมจัตุรัส}} = \frac{\pi \cdot 1^2}{4} = \frac{\pi}{4}$$

เมื่อสุ่มจุด N จุดจากการแจกแจงนี้ ให้ S เป็นจำนวนจุดที่ตกในวงกลม จะได้ว่า $S = \sum_{i=1}^{N} \mathbf{1}_{(X_i, Y_i) \in A}$
ดังนั้นสัดส่วนของจุดที่อยู่ในวงกลมคือ $Z = \frac{S}{N}$ ซึ่งเป็นตัวแปรสุ่ม และค่าคาดหมายคือ:

$$\mathbb{E}\left[Z\right] = \mathbb{E}\left[\frac{S}{N}\right] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} \mathbb{E}\left[\mathbf{1}_{(X_i, Y_i) \in A}\right] = P\left((X, Y) \in A\right) = \frac{\pi}{4}$$

นั่นคือ ค่าคาดหวังของสัดส่วนของจุดที่อยู่ในวงกลมจะมีค่าเท่ากับ $\frac{\pi}{4}$ เสมอ โดยไม่ขึ้นกับจำนวนจุด N □

กรณีที่ $X, Y \sim \mathcal{N}\left(0, 0.09\right)$ (ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน $\sigma = 0.3$)

Proof. เนื่องจากบทพิสูจน์ในส่วนของตัวแปรสุ่ม Z ไม่ขึ้นกับการแจกแจงของตัวแปรสุ่ม X, Y ดังนั้น เราจึงยังสามารถได้ผลว่า

$$\mathbb{E}\left[Z\right] = \mathbb{E}\left[\frac{S}{N}\right] = P\left((X, Y) \in A\right)$$

เหลือแค่หาค่าความน่าจะเป็น $P\left((X, Y) \in A\right) = P\left(X^2 + Y^2 \leq 1\right)$ พิจารณาตัวแปรสุ่ม $R^2 = X^2 + Y^2$ ซึ่งจากนิยามของการแจกแจง Chi-square (ผลรวมกำลังสองของตัวแปรสุ่มที่มีการแจกแจงปกติมาตรฐาน) จะได้ว่า

$$\frac{R^2}{0.09} = \frac{X^2 + Y^2}{\sigma^2} = \left(\frac{X}{\sigma}\right)^2 + \left(\frac{Y}{\sigma}\right)^2 \sim \chi^2\left(2\right)$$

ดังนั้น $P\left(R^2 \leq 1\right) = P\left(\chi^2\left(2\right) \leq \frac{1}{0.09}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{1}{2 \times 0.09}\right)$
เพราะฉะนั้น $E[4Z] = 4P\left(R^2 \leq 1\right) = 4\left(1 - \exp\left(-\frac{1}{2 \times 0.09}\right)\right) \approx 3.9845$ □

3.2 ตัวแบบและขั้นตอนการจำลองสถานการณ์ (Simulation Process)

จากตัวอย่างที่แล้ว เราได้เห็นกระบวนการที่สำคัญของการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์, การเก็บข้อมูล, การเลือกตัวแบบ, การสุ่มตัวอย่าง และการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลอง ในหัวข้อนี้เราจะสรุปขั้นตอนที่จำเป็นทั้งหมดในการจำลองสถานการณ์ทั่วไป ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ทางธุรกิจต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

กระบวนการในการจำลองสถานการณ์ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้:

1. **กำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง (Define Simulation Objective)**
   ขั้นตอนแรกคือการระบุให้ชัดเจนว่าการจำลองครั้งนี้มีเป้าหมายอะไร เช่น บริษัท ABC Furniture ต้องการจำลองระยะเวลาในการผลิตสินค้าเพื่อดูว่าจะส่งผลต่อการส่งมอบสินค้าได้ทันตามกำหนดหรือไม่
2. **กำหนดตัวแบบและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (Identify the Model and Relevant Variables)**
   หลังจากรู้วัตถุประสงค์แล้ว เราต้องกำหนดว่าอะไรคือสิ่งที่เราจะจำลอง ในทางธุรกิจอาจมีตัวแปรเช่น เวลามาถึงของลูกค้า, ระยะเวลาการผลิตสินค้า, ระยะเวลาการให้บริการ, หรือแม้กระทั่งปริมาณความต้องการของตลาดในแต่ละช่วงเวลา เป็นต้น
3. **เก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบจริง (Data Collection)**
   เมื่อระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้องแล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการเก็บข้อมูลเพื่อระบุลักษณะทางสถิติของตัวแปรนั้น ๆ เช่น การเก็บข้อมูลเวลาการผลิตจริงย้อนหลังหลายสัปดาห์ หรือข้อมูลพฤติกรรมของลูกค้าที่เกิดขึ้นจริงในอดีต

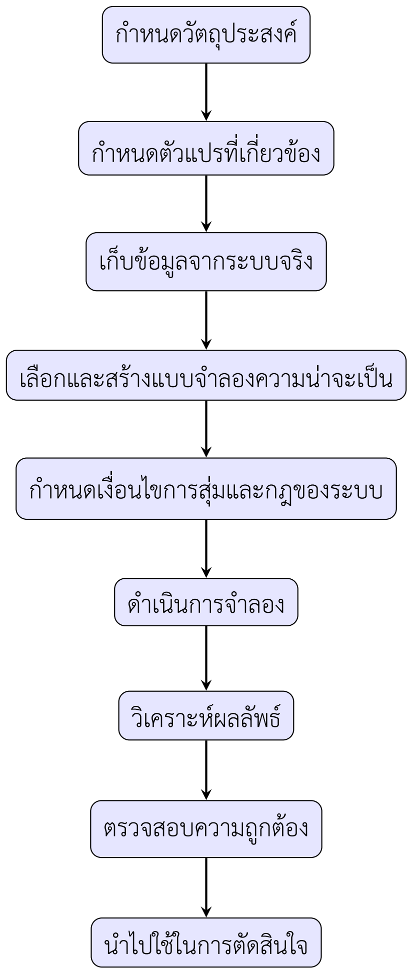
ส่วนใหญ่ไม่รู้การแจกแจงที่แท้จริง

4. **เลือกและสร้างแบบจำลองความน่าจะเป็น (Select and Build Probability Models)**
   หลังจากเก็บข้อมูล เราจึงนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เพื่อระบุการแจกแจงความน่าจะเป็นที่เหมาะสม เช่น เวลาการผลิตอาจเป็นแบบ Normal หรือ Exponential, จำนวนลูกค้าที่เข้าร้านอาจมีการแจกแจงแบบ Poisson หรือแบบ Uniform ดังในตัวอย่างที่ผ่านมาที่เราใช้ Uniform ในการประมาณค่า π
5. **กำหนดเงื่อนไขการสุ่มและกฎของระบบ (Define Randomness Conditions and System Rules)**
   ขั้นตอนนี้คือการออกแบบกลไกของการจำลอง เช่น จะสุ่มตัวแปรต่าง ๆ อย่างไร ต้องใช้เครื่องมืออะไร มีเงื่อนไขและข้อจำกัดของระบบอย่างไรบ้าง เช่น บริษัท ABC Furniture อาจตั้งเงื่อนไขว่าหากการผลิตล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนดจะส่งผลต่อกำหนดการจัดส่งสินค้าอย่างไร เป็นต้น
6. **ดำเนินการจำลองสถานการณ์ (Perform Simulation Runs)**
   เมื่อโมเดลพร้อมแล้ว จะต้องดำเนินการจำลองซ้ำหลายครั้ง (replications) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สะท้อนพฤติกรรมระบบจริงอย่างถูกต้องชัดเจน โดยอาจดำเนินการซ้ำหลายร้อยหรือหลายพันครั้งขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา
7. **วิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการจำลอง (Analyze Simulation Results)**
   หลังจากที่ทำการทดลองจำลองซ้ำหลาย ๆ รอบแล้ว เราจะนำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์เชิงสถิติ เช่น การหาค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่สนใจ เช่น โอกาสที่สินค้าไม่สามารถส่งมอบทันเวลา หรือเวลารอคอยเฉลี่ยของลูกค้า เป็นต้น
8. **ตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำของตัวแบบ (Validate and Verify the Model)**
   ก่อนนำไปใช้งานจริง เราต้องตรวจสอบว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองนั้นตรงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในระบบจริงมากแค่ไหน หาก

ผลที่ได้จากตัวแบบมีความคลาดเคลื่อนสูง เราต้องกลับไปตรวจสอบข้อมูลหรือโมเดลที่ใช้ใหม่

9. **การนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ (Implementation and Decision Making)**
ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำผลที่ได้จาก Simulation ไปใช้ในการตัดสินใจจริงในธุรกิจ เช่น บริษัท ABC Furniture อาจนำผลการจำลองไปกำหนดแผนการผลิตและจัดการทรัพยากรใหม่เพื่อลดความเสี่ยงในการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

กระบวนการทั้งหมดนี้สามารถสรุปออกมาในลักษณะของแผนภาพดังนี้



โดยในหัวข้อถัดไป เราจะศึกษาและเจาะลึกเทคนิคการสุ่มแบบ Monte Carlo ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของกระบวนการจำลองสถานการณ์ในธุรกิจ เพื่อให้เห็นภาพการประยุกต์ใช้กระบวนการจำลองได้อย่างเป็นระบบยิ่งขึ้น

3.3 การสุ่มตัวอย่างแบบ Monte Carlo ในการจำลองสถานการณ์ในธุรกิจ

การจำลองแบบมอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation) เป็นเทคนิคที่ใช้วิธีการสุ่มตัวแปรเข้ามาช่วยในการประเมินผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่ไม่แน่นอน เทคนิคนี้มีรากฐานจากแนวคิดในทฤษฎีความน่าจะเป็นและสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปัญหาที่ต้องการศึกษามีความซับซ้อนเกินกว่าจะหาคำตอบได้ด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงพีชคณิตแบบตรง

แก่นของมอนติคาร์โลคือการ “สุ่มค่าตัวแปรตามการแจกแจงที่กำหนด” เพื่อนำไปแทนค่าในโมเดล แล้วคำนวณผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นทำซ้ำการสุ่มจำนวนมากเพื่อดูพฤติกรรมรวมของผลลัพธ์ เช่น ค่าคาดหมาย ค่ามากสุด ค่าน้อยสุด หรือค่าที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่กำหนด โดยตัวอย่างการแจกแจงที่นิยมใช้งานกันอยู่แล้วมีดังนี้

- ถ้าค่าใช้จ่ายในอนาคตมีความไม่แน่นอน อาจสุ่มค่าใช้จ่ายจากการแจกแจง Normal หรือ Triangular
- ถ้าความต้องการสินค้าในอนาคตขึ้นอยู่กับพฤติกรรมผู้บริโภค อาจสุ่มจำนวนจากการแจกแจง Poisson
- ถ้าความสำเร็จของกระบวนการหรือขั้นตอนมีแค่ 2 ผลลัพธ์ (สำเร็จ/ล้มเหลว ในภาษาของการแจกแจงความน่าจะเป็น) อาจใช้การแจกแจงแบบ Bernoulli หรือ Binomial
- ถ้าจำนวนลูกค้าในช่วงเวลาหนึ่งมีความแปรผัน อาจใช้การแจกแจง Poisson เพื่อสุ่มจำนวนลูกค้า
- ถ้าเวลาระหว่างลูกค้ารายถัดไปมีลักษณะสุ่มและต่อเนื่อง อาจใช้การแจกแจง Exponential เพื่อสุ่มระยะเวลาการรอลูกค้าเข้าร้าน

ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ๆ และการเก็บข้อมูลและลายละเอียดพฤติกรรมทางธุรกิจให้ละเอียดพอจะช่วยทำให้เราเลือกการแจกแจงของตัวแปรได้แม่นยำและใกล้เคียงความเป็นจริงได้ (อาจจะใช้เรื่องการทำ goodness of fit test มาช่วยตรวจสอบในขั้นตอนการตรวจสอบได้)

5 ขั้นตอนการทำ Monte Carol Simulation

1. **กำหนดการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสำคัญ**
   ระบุ *ตัวแปรสำคัญ* ที่ต้องการจำลอง เช่น ความต้องการสินค้า เวลารอ จำนวนลูกค้าในแต่ละวัน ฯลฯ จากนั้นคำนวณ *ความน่าจะเป็น* โดยใช้ข้อมูลในอดีต เช่น ความถี่ของแต่ละเหตุการณ์หารด้วยความถี่รวมทั้งหมด
2. **สร้างการแจกแจงความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability)**
   สร้างคอลัมน์ความน่าจะเป็นสะสม โดยการบวกค่าความน่าจะเป็นในข้อก่อนหน้าแบบสะสมต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นขอบเขตในการแมปกับช่วงของเลขสุ่ม
3. **กำหนดช่วงของเลขสุ่ม (Random Number Interval)** ดูตามถี่สะสม
   แปลงความน่าจะเป็นสะสมให้เป็นช่วงของเลขสุ่ม เช่น 00–99 หรือ 000–999 โดยการจับคู่ค่าที่เป็นไปได้กับช่วงของตัวเลข เช่น ความน่าจะเป็น 0.2 อาจแทนด้วยเลขสุ่ม 00–19
4. **สร้างเลขสุ่ม (Generate Random Numbers)**
   สร้างเลขสุ่มจำนวนหนึ่งโดยใช้เครื่องมือ เช่น ตารางเลขสุ่ม Excel หรือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อสุ่มค่าที่จะนำไปใช้ในการทดลองจำลองแต่ละรอบ
5. **จำลองการทดลองหลายรอบ (Simulate a Series of Trials)**
   ทำการจำลองสถานการณ์โดยใช้เลขสุ่มในแต่ละรอบ เพื่อระบุค่าที่เกิดขึ้น แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ เช่น หาค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน หรือพฤติกรรมของระบบในระยะยาว

ตัวอย่าง 3.3.1: การจำลองความต้องการยางรถยนต์

บริษัท ไทยไทร์ จำกัด เป็นผู้จัดจำหน่ายยางรถยนต์หลายประเภทในประเทศไทย โดยมียางรถยนต์รุ่นยอดนิยมรุ่นหนึ่งที่มียอดขายสูงเป็นพิเศษ ฝ่ายคลังสินค้าสังเกตว่าต้นทุนจากการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory Cost) ของยางรุ่นนี้เริ่มสูงขึ้น และต้องการนโยบายการบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสม เพื่อดูแนวโน้มความต้องการยางในแต่ละวัน ผู้จัดการจึงตัดสินใจใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อดูความต้องการรายวันเป็นเวลา 10 วัน

1. จงหาค่าความต้องการยางเฉลี่ยต่อวัน (จากการแจกแจงความน่าจะเป็นดั้งเดิม) ค่าคาดหวัง
2. จงหาค่าความต้องการยางเฉลี่ยต่อวันจากการจำลองสถานการณ์

อยากจำลอง

: ได้มาจากการเก็บข้อมูล

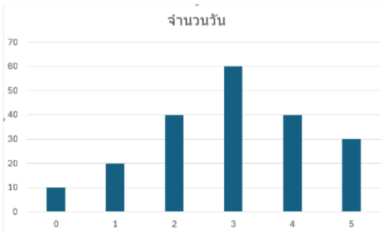
จำนวนที่ต้องการต่อวัน (เส้น)	ความถี่ (วัน)
0	5% 10
1	10% 20
2	20% 40
3	30% 60
4	20% 40
5	15% 30
รวม	200

ต้องสร้างสถานการณ์การสุ่มที่สุ่มแล้วได้ความน่าจะเป็นตามข้อมูลที่เก็บมาได้

ของจำนวนความต้องการ

$$\text{ค่าคาดหวัง} = (0)(0.05)+(1)(0.1)+(2)(0.2)+3(0.3)+4(0.2)+(5)(0.15)$$
$$= 0+0.1+0.4+0.9+0.8+0.75$$
$$= 2.95$$

(เฉลี่ยแล้วจะขายได้ ≈ 3 เส้นต่อวัน)



จำนวนที่ต้องการต่อวัน (เส้น)	ความถี่ (วัน)	ความถี่สะสม	ตำแหน่ง
0	10	10	1~10
1	20	30	11~30
2	40	70	31~70
3	60	130	71~130
4	40	170	131~170
5	30	200	171~200
รวม	200		

1
2
⋮
200

ทำการสุ่ม (กำหนดจำนวนครั้งได้เอง)

เอามาหาค่าเฉลี่ย

ตัวอย่าง 3.3.2: Inventory Analysis Usecase

คุณภูวเดชเป็นเจ้าของร้านเครื่องมือช่างชื่อ **เจริญวัสดุภัณฑ์** ซึ่งจำหน่ายเครื่องมือช่างหลากหลายประเภท และสินค้าที่ขายดีและทำกำไรสูงคือ **สว่านไฟฟ้ารุ่น Ace** คุณภูวเดชต้องการหานโยบายการจัดเก็บสินค้าคงคลังที่ต้นทุนต่ำที่สุดสำหรับสินค้ารุ่นนี้ แต่เนื่องจากว่าไม่สามารถควบคุมปัจจัยภายนอกบางประการได้ จึงตัดสินใจใช้วิธีการ **การจำลองสถานการณ์ (Simulation)** เพื่อช่วยในการตัดสินใจ

ในปัญหานี้ ตัวแปรที่ควบคุมได้ (Controllable Inputs) คือ

- **จำนวนที่สั่งแต่ละครั้ง (Order Quantity)** และ
- **จุดสั่งซื้อใหม่ (Reorder Point)**

ส่วนตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrollable Inputs) คือ

- **ความต้องการต่อวัน (Daily Demand)** ซึ่งมีความผันแปร
- **ระยะเวลาในการจัดส่ง (Lead Time)** ซึ่งมีความไม่แน่นอนเช่นกัน

คุณภูวเดชได้เก็บข้อมูลยอดขายจริงของสว่านรุ่น Ace ตลอด 300 วัน โดยสรุปไว้ในตารางดังนี้:

ระยะการสุ่ม 00–99

ความต้องการต่อวัน (ตัว)	ความถี่ (วัน)	ความถี่สะสม	ช่วงสุ่ม	ความน่าจะเป็น	Prob สะสม
0	15	15	00–04	15/300	0.05
1	30	45	05–14	30/300	0.15
2	60	105	15–34	60/300	0.35
3	120	225	35–74	120/300	0.75
4	45	270	75–89	45/300	0.9
5	30	300	90–99	30/300	1
รวม	**300**			1	

เมื่อมีการสั่งซื้อสินค้า จะต้องรอสินค้าจัดส่งภายใน 1 ถึง 3 วัน โดยมีข้อมูลสรุปจากคำสั่งซื้อ 50 รายการที่ผ่านมาตามตารางต่อไปนี้:

1~50

ระยะเวลาในการส่งสินค้า (วัน)	ความถี่ (ครั้ง)	ช่วงสุ่ม	ความน่าจะเป็น	สะสม
1	10	00–19	10/50	10/50 = 20%
2	25	20–69	25/50	35/50 = 70%
3	15	70–99	15/50	50/50 = 100%
รวม	**50**		1	

คุณภูวเดชต้องการทดลองใช้นโยบาย **สั่งซื้อเมื่อสินค้าคงเหลือน้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 ชิ้น โดยสั่งครั้งละ 10 ชิ้น** และกำหนดให้ในวันแรกมีสินค้าในสต็อก 10 ชิ้น

ข้อมูลต้นทุนประกอบด้วย:

- ค่าดำเนินการสั่งซื้อสินค้าแต่ละครั้ง = 10 บาท
- ค่าถือครองสินค้าต่อปี = 6 บาทต่อชิ้น หรือเท่ากับ 0.03 บาทต่อชิ้นต่อวัน (คิดจากปีละ 200 วัน)
- ค่าขาดแคลนสินค้าหรือลูกค้าไม่ได้สินค้า = 8 บาทต่อครั้ง

กำหนดให้ร้านเปิดบริการ 200 วันต่อปี และใช้ตัวเลขสุ่มต่อไปนี้ในการทดลอง:

06 63 57 94 52 69 32 ~~30 48 88~~

คำถาม

a) จงคำนวณ **ตารางแจกแจงความน่าจะเป็น, ความน่าจะเป็นสะสม และช่วงตัวเลขสุ่ม** (Random Number Interval) สำหรับทั้งสองตาราง

b) จากนโยบายการสั่งซื้อที่กำหนดไว้ ($Q = 10$, $ROP = 5$) จงคำนวณ **ต้นทุนเฉลี่ยต่อวัน** ของร้านในช่วง ~~10~~ 7 วันแรก จากการจำลองสถานการณ์

คำใบ้: ต้นทุนรวมต่อวัน = ค่าสั่งซื้อเฉลี่ยต่อวัน + ค่าถือครองเฉลี่ยต่อวัน + ค่าขาดแคลนเฉลี่ยต่อวัน

วันที่	เลขสุ่ม	จำนวนสินค้าตอนเริ่มวัน	ความต้องการ	เหลือ	สั่งหรือไม่	สั่ง	ถือครอง	ขาด	ต้นทุน
1	06	10	1	9	✗	0	0.3	0	0.3
2	63	9	3	6	✗	0	0.27	0	0.27
3	57	6	3	3	✓	10	0.18	0	10.18
4	94	3	5 ✓	0	✓	10	0.09	16	10.09
5	52	10	3 ✓	7	✗	0	0.30	0	0.30
6	69	7	3 ✓	4	✓	10	0.21	0	10.21
7	32	14	2	12	✗	0	0.42	0	0.42
									31.77

+10

+10

เฉลี่ยต้นทุนต่อวัน $= \frac{31.77}{7} = 4.53$

ขายได้ = 18 ตัว

ต้องขายอย่างน้อยตัวละ $\frac{31.77}{18} = 1.76$ ก็จะไม่ขาดทุน