การกระจายความเสี่ยงตามเวลาเมื่อปัจจัยเสี่ยงเป็นแนวเดินแบบสุ่ม

นางสาวสมใจ กุลจิราธนโชติ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถิติศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถิติ ภาควิชาสถิติ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2549

DIVERSIFICATION OVER TIME WHEN RISK FACTOR IS A RANDOM WALK

Miss Somjai Kunjiratanachot

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Statistics

Department of Statistics

Faculty of Commerce and Accountancy

Chulalongkorn University

Academic Year 2006

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การกระจายความเสี่ยงตามเวลาเมื่อปัจจัยเสี่ยงเป็นแนวเดินแบบสุ่ม
โดย	นางสาวสมใจ กุลจิราธนโชติ
สาขาวิชา	สถิติ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์

คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

ดนุชา คุณพนิชกิจ ....คณบดีคณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดนุชา คุณพนิชกิจ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพล ดุรงค์วัฒนา)

เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ .... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์)

ผกาวดี ศิริรังษี ....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี)

นางสาวสมใจ กุลจิราธนโชติ : การกระจายความเสี่ยงตามเวลาเมื่อปัจจัยเสี่ยงเป็นแนวเดินแบบสุ่ม (DIVERSIFICATION OVER TIME WHEN RISK FACTOR IS A RANDOM WALK) อาจารย์ ที่ปรึกษา: อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์, จำนวน106 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อศึกษารูปแบบของการลงทุนเมื่อกำไรมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยตัวแบบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาคำตอบที่เหมาะสม พิจารณาจากค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสที่มีค่าน้อยที่สุด ประกอบด้วยตัวแบบ ดังนี้ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

ผลของการวิจัยหาคำตอบของน้ำหนักที่เหมาะสมจากทั้ง 5 ตัวแบบ ได้ผลว่าสัดส่วนของน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของทั้ง 5 ตัวแบบมีรูปแบบการกระจายของน้ำหนักไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ 4 ตัวแบบแรกรูปแบบการกระจายของน้ำหนักจะมีความสมมาตรกัน หลังจากนั้นทำการพิจารณาวิธีการฮิวริสติกอย่างง่าย เพื่อนำมาคำนวณหาคำตอบของน้ำหนักที่เหมาะสมจากตัวแบบ ทั้ง 5 ตัวแบบโดยประมาณซึ่งวิธีการฮิวริสติกที่นำมาใช้คำนวณ ประกอบด้วย 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การลงทุนตามความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น
2. การเฉลี่ยการลงทุนในแต่ละวันให้มีจำนวนเท่ากัน

เปรียบเทียบรูปแบบของวิธีการฮิวริสติกที่นำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบของน้ำหนักทั้ง 2 รูปแบบ กับ ทั้ง 5 ตัวแบบ ด้วยหลักเกณฑ์ 2 วิธี คือ

1. การคำนวณหาระยะห่างของชุดข้อมูล 2 ชุด
2. วิธีการแทนค่าเพื่อเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส

ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบรูปแบบของวิธีการฮิวริสติกที่นำมาใช้ในการคำนวณหาคำตอบของน้ำหนัก ทั้ง 5 ตัวแบบ สรุปได้ว่า รูปแบบของการลงทุนที่ใช้การกระจายเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวันให้มีจำนวนเท่ากัน เป็นรูปแบบที่มีความเหมาะสมและมีความใกล้เคียงกับ ทั้ง 5 ตัวแบบมากกว่ารูปแบบของการลงทุนที่พิจารณาตามความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น

ภาควิชาสถิติ ลายมือชื่อนิสิต สมใจ กุลจิราธนโชติ
สาขาวิชาสถิติ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2549

4782405826 : MAJOR STATISTICS

KEY WORD: RANDOM WALK / DIVERSIFICATION / OPPORTUNITY LOSS.

SOMJAI KUNJIRATANACHOT: DIVERSIFICATION OVER TIME WHEN RISK FACTOR IS A RANDOM WALK. THESIS ADVISOR: SEKSAN KIATSUPAIBUL, Ph.D., 106 pp.

The objective of this study is to investigate diversification patterns when the profits are under uncertainty. This research studies five models when objective functions are quadratic opportunity loss function, cube opportunity loss function, biquadratic opportunity loss function, fifth power opportunity loss function and piecewise linear opportunity loss function and find optimal solutions for the five models.

The five models are based on the minimization of the expected opportunity loss. The conclusion is that, for all of the five models, the weight patterns are nearly similar, and the weight patterns of the first four models are symmetric around the midpoint.

The following two simple heuristics are investigated:

1. The diversification by using maximal time probability
2. Equal weight

The two heuristics are compared with the optimal solutions from the five models by employing the following two criteria:

1. Euclidean distance
2. Comparison expected opportunity loss base on replacement

The comparison shows that the equal weight heuristic seems more appropriate than the maximal time probability.

Department Statistics

Field of study Statistics

Academic year 2006

Student's signature......Somjai kunjiratanachot.

Advisor's signature......Seksan Kiatsupaibul

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ อาจารย์ ดร.เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ พร้อมทั้งคอยช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ตลอดมา จนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุพล ดุรงค์วัฒนา ในฐานะประธานสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ผกาวดี ศิริรังษี ในฐานะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ประจำภาควิชาสถิติที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และพี่น้อง ของผู้วิจัยที่ช่วยส่งเสริม คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนให้ผู้วิจัยได้มีโอกาสทางการศึกษาเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนางสาว ศิริลักษณ์ ชัยโชณิชย์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดมา

สารบัญ

หน้า

หน้า

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

หน้า

สารบัญภาพ

บทที่ 1

บทนำ

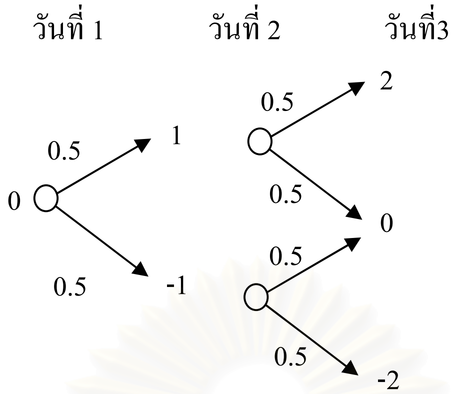
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตัดสินใจเป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของการดำเนินงานทางด้านเศรษฐกิจ และเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาวะของระบบเศรษฐกิจ จะเห็นได้ว่า การตัดสินใจลงทุนในธุรกิจแต่ละประเภทนั้นล้วนต้องอาศัยหลักเกณฑ์ และวิธีการที่มีเหตุผลเข้ามาวิเคราะห์ ตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ในการพิจารณารวมถึงความไม่แน่นอนที่อาจจะเกิดขึ้น เข้ามาใช้ในการพิจารณาก่อนที่จะตัดสินใจ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ได้ทางเลือกที่ดีที่สุด เช่น อาจจะพิจารณาออกมาในรูปของตัวเงิน ค่าเสียโอกาส หรืออรรถประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านของธุรกิจที่มีความไม่แน่นอนในการขึ้นลงของกำไรตลอดเวลา ทำให้การตัดสินภายใต้สถานการณ์ต่างๆ เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมมีความยุ่งยากมากยิ่งขึ้นซึ่งโดยเฉพาะ รูปแบบของกำไรที่มีการขึ้นลงเป็นแบบแนวเดินแบบสุ่ม (Random Walk) เป็นรูปแบบพื้นฐาน ที่มีโครงสร้างง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถประยุกต์ได้กว้าง ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นที่จะพิจารณาวิเคราะห์หาทางเลือกในการตัดสินใจตามเวลา เมื่อปัจจัยเสี่ยง หรือ กำไร มีรูปแบบเป็น Random Walk โดยอาศัยความพอใจของผู้ลงทุนเป็นเกณฑ์

ตัวอย่าง ถ้ากำหนดให้กำไรของข้าวมีการขึ้นลงแบบ Random Walk ผู้ลงทุนมีข้าวอยู่ 10 กิโลกรัม และกำหนดช่วงเวลาในการขายข้าว 3 วัน ผู้ลงทุนต้องตัดสินใจ ขายข้าวในเวลาดังกล่าว จะเห็นว่าการตัดสินใจหาทางเลือกที่เหมาะสมนั้น ผู้ลงทุนต้องพิจารณาว่า จะจัดสรรทรัพยากรอย่างไรเพื่อให้เกิดความเสี่ยงน้อยสุด ในสถานการณ์ที่กำไรมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง

กำหนดให้กำไรในการขายข้าวมีการขึ้น และลงด้วยความน่าจะเป็นเท่ากัน คือ เท่ากับ 0.5 สมมติให้กำไรของข้าวเริ่มต้น ที่ 0 บาท กำไรของข้าวขึ้น เป็น 1 บาท ด้วยความน่าจะเป็น เท่ากับ 0.5 หรือ กำไรของข้าวจะลง (ขาดทุน) เป็น -1 บาท ด้วยความน่าจะเป็น เท่ากับ 0.5

สามารถเขียนแผนภาพต้นไม้ได้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 แผนภาพต้นไม้

จากรูปข้างบนกำไรในการขายข้าวมีโอกาสขึ้นและลงด้วยความน่าจะเป็นเท่ากัน ดังนี้

วันที่ 1 กำไรของข้าวเริ่มต้นที่ 0 บาท

วันที่ 2 กำไรของข้าวขึ้นไปที่ 1 บาท ด้วยความน่าจะเป็น 0.5 หรือ กำไรของข้าวอาจจะลงไปที่ -1 บาท ด้วย ความน่าจะเป็น 0.5

วันที่ 3 กำไรของข้าวจะพิจารณาจาก

- กรณีกำไรของข้าว ในวันที่ 2 กำไรของข้าวเท่ากับ 1 บาท

กำไรของข้าวในวันที่ 3 จะขึ้นไปเป็น 1+1 เท่ากับ 2 บาท หรือ กำไรของข้าวอาจจะลงไปเป็น 1 + (-1) เท่ากับ 0 บาท

- กรณีกำไรของข้าว ในวันที่ 2 กำไรของข้าว เท่ากับ - 1 บาท

กำไรของข้าวในวันที่ 3 จะขึ้นไปเป็น (-1) + 1 เท่ากับ 0 บาท หรือ กำไรของข้าวอาจจะ ลงไปที่ (-1) + (-1) เท่ากับ -2 บาท

กำหนด X_k เป็นตัวแปรสุ่มของกำไร ณ เวลา (วัน) ที่ k โดยที่ k = 1, 2, 3

X_1 = 0 ด้วยความน่าจะเป็น 1

$$X_2 = \begin{cases} 1 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } 0.5 \\ -1 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } 0.5 \end{cases}$$

$$X_3 = \begin{cases} 2 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } 0.25 \\ 0 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } 0.5 \\ -2 & \text{ด้วยความน่าจะเป็น } 0.25 \end{cases}$$

ดังนั้นสิ่งที่ผู้ลงทุนจะพิจารณาคือจะทำการลงทุนขายวันที่ 1 ถึง วันที่ 3 อย่างไรเพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความพอใจสูงสุด จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดดังนี้

ตารางที่ 1.1 สถานการณ์

	กำไร ในวันที่ 1	กำไร ในวันที่ 2	กำไร ในวันที่ 3	ความน่าจะเป็น
สถานการณ์ที่ 1	0	1	2	0.25
สถานการณ์ที่ 2	0	1	0	0.25
สถานการณ์ที่ 3	0	-1	0	0.25
สถานการณ์ที่ 4	0	-1	-2	0.25

ทางเลือกทั้งหมดที่จะขายข้าวก็คือการขายข้าวในแต่ละวันด้วยน้ำหนักต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 1.2 ทางเลือกของการลงน้ำหนักในการขายข้าว

	น้ำหนักที่ขายข้าว ในวันที่ 1 (w_1)	น้ำหนักที่ขายข้าว ในวันที่ 2 (w_2)	น้ำหนักที่ขายข้าว ในวันที่ 3 (w_3)
ทางเลือกที่ 1	0	0	10
ทางเลือกที่ 2	0	1	9
ทางเลือกที่ 3	0	2	8
ทางเลือกที่ 4	0	3	7
…	…	…	…
ทางเลือกที่ 12	1	0	9
ทางเลือกที่ 13	1	1	8
…	…	…	…
ทางเลือกที 61	8	0	2
ทางเลือกที 62	8	1	1
…	…	…	…
ทางเลือกที 66	10	0	0

การตัดสินใจที่จะขายข้าวในแต่ละวันอย่างไรเพื่อให้ได้กำไรสูงสุด ในกรณีนี้หมายถึง ผู้ตัดสินใจจะเลือกทางเลือกในการขายข้าว โดยพิจารณาจากผลกำไรที่จะได้รับจากการขายว่าทางเลือกใดให้ผลกำไรสูงสุด เมื่อตัดสินใจเลือกทางเลือกหนึ่งๆ และเกิดเหตุการณ์ (สถานการณ์ ทั้ง 4 สถานการณ์) เกิดขึ้น ดังนั้น การพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมในการขายข้าว จะพิจารณาจากค่าคาดหวังของผลกำไรในแต่ละทางเลือก

1.1.1 การตัดสินใจโดยพิจารณาค่าคาดหวังของผลกำไร

จะพิจารณาจากค่าคาดหวังของผลกำไรของแต่ละทางเลือก แล้วเลือกทางเลือกที่ให้ค่าคาดหวังของผลกำไรสูงที่สุด

กำหนด V_i = เป็นมูลค่าของทางเลือก i โดยที่ i = 1, 2,..., m

$$V_i = w_{i1}X_1 + w_{i2}X_2 + w_{i3}X_3$$

$$\mathrm{E}[\mathrm{V_i}] = \sum_{j}^{4} v_{ij}\, p_j$$

p_j = ความน่าจะเป็นที่สถานการณ์ j เกิดขึ้น เมื่อ $j =$ 1,2,3,4

$$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = 0.25$$

v_{ij} = กำไรที่เกิดจากการเลือกทางเลือก i เมื่อเกิดสถานการณ์ j เกิดขึ้น

X_k = เป็นตัวแปรสุ่มของกำไร ณ วันที่ k

w_{ik} = เป็น จำนวนน้ำหนักของข้าวที่ขายทางเลือกที่ i ในเวลา (วัน) ที่ k

ตารางที่ 1.3 แสดงผลกำไรของแต่ละทางเลือก (เครื่องหมายลบในตาราง หมายถึง ขาดทุน)

	สถานการณ์ ที่ 1 (0,1,2)	สถานการณ์ ที่ 2 (0,1,0)	สถานการณ์ ที่ 3 (0,-1,0)	สถานการณ์ ที่ 4 (0,-1,-2)
ทางเลือกที่ 1 (0,0,10)	20	0	0	-20
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	19	1	-1	-19
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	18	2	-2	-18
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	17	3	-3	-17
…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	18	0	0	-18
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	17	1	-1	-17
…	…	…	…	…
ทางเลือกที 61 (8,0,2)	4	0	0	-4
ทางเลือกที 62 (8,1,1)	3	1	-1	-3
…	…	…	…	…
ทางเลือกที 66 (10,0,0)	0	0	0	0

จากตารางแสดงผลกำไรในแต่ละทางเลือกเมื่อกำไรมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1.4 แสดงค่าคาดหวังของผลกำไรของแต่ละทางเลือก

	สถานการณ์ ที่ 1 (0,1,2)	สถานการณ์ ที่ 2 (0,1,0)	สถานการณ์ ที่ 3 (0,-1,0)	สถานการณ์ ที่ 4 (0,-1,-2)	ค่าคาดหวังของผลกำไรในแต่ละทางเลือก
ทางเลือกที่ 1 (0,0,10)	20*0.25	0*0.25	0*0.25	-20*0.25	0
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	19*0.25	1*0.25	-1*0.25	-19*0.25	0
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	18*0.25	2*0.25	-2*0.25	-18*0.25	0
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	17*0.25	3*0.25	-3*0.25	-17*0.25	0
…	…	…	…	…	0
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	18*0.25	0*0.25	0*0.25	-18*0.25	0
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	17*0.25	1*0.25	-1*0.25	-17*0.25	0
…	…	…	…	…	0
ทางเลือกที 61 (8,0,2)	4*0.25	0*0.25	0*0.25	-4*0.25	0
ทางเลือกที 62 (8,1,1)	3*0.25	1*0.25	-1*0.25	-3 *0.25	0
…	…	…	…	…	0
ทางเลือกที 66 (10,0,0)	0*0.25	0*0.25	0*0.25	0*0.25	0

เมื่อพิจารณาจากตารางผลกำไร และตารางค่าคาดหวังของผลกำไรของสถานการณ์ทั้งหมดในแต่ละทางเลือกจะเห็นได้ว่ามีค่าคาดหวังของผลกำไรในแต่ละทางเลือกมีค่าเท่ากับ 0 ในทุกทางเลือก แสดงว่าไม่ว่าจะตัดสินใจขายข้าวในแต่ละวันด้วยน้ำหนักเท่าไรก็จะทำให้ค่าคาดหวังของผลกำไรที่ได้ในแต่ละทางเลือกไม่แตกต่างกัน

เนื่องจากว่าการตัดสินใจโดยพิจารณาจากค่าคาดหวังของผลกำไรไม่สามารถทำให้ผู้ลงทุนตัดสินใจเลือกทางเลือกในการลงทุนที่เหมาะสมได้ ดังนั้นผู้ลงทุนจึงเลือกที่จะพิจารณาจากความแปรปรวนของผลกำไรเพื่อเป็นอีกแนวทางในการตัดสินใจ ดังจะแสดงต่อไปนี้

1.1.2 การตัดสินใจโดยพิจารณาความแปรปรวนของผลกำไร

กำหนด V_i = เป็นมูลค่าของทางเลือก i โดยที่ i = 1 , 2 ,…, m

ทำการคำนวณความแปรปรวนของแต่ละทางเลือกที่ i เมื่อ i = 1,2,…,m ดังนี้

$$V_i = w_{i1}X_1 + w_{i2}X_2 + w_{i3}X_3$$

ค่าความแปรปรวนเมื่อเลือกทางเลือก V_i คือ $Var[V_i]$

$$Var(V_i) = \sum_{k=1}^{n} w_{ik}^2 Var(X_k) + 2 \sum_{1 \le g < k \le n}^{n} w_{ig} w_{ik} Cov(X_g, X_k)$$

สามารถแจกแจงความแปรปรวนของทางเลือกV_i ได้ดังนี้

$$Var[V_i] = w_{i1}^2 Var[X_1] + w_{i2}^2 Var[X_2] + w_{i3}^2 Var[X_3] + 2w_{i1}w_{i2}Cov[X_1, X_2]$$
$$+ 2w_{i1}w_{i3}Cov[X_1, X_3] + 2w_{i2}w_{i3}Cov[X_2, X_3]$$

X_k = เป็นตัวแปรสุ่มของกำไร ณ วันที่ k $, k = 1,2,...,n$

w_{ik} = เป็นจำนวนน้ำหนักของข้าวที่ขายทางเลือกที่ i ในเวลา (วัน) ที่ k

โดยพิจาณาจากทางเลือกที่ให้ค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด (ความเสี่ยงน้อยที่สุด) พิจารณา

$$Var[X_1] = E[X_1^2] - [E[X_1]]^2 = 0\text{-}0 = 0$$
$$Var[X_2] = E[X_2^2] - [E[X_2]]^2 = 1\text{-}0 = 1$$
$$Var[X_3] = E[X_3^2] - [E[X_3]]^2 = 2\text{-}0 = 2$$
$$Cov[X_1, X_2] = E[X_1X_2] - E[X_1]E[X_2] = 0 - 0 = 0$$
$$Cov[X_1, X_3] = E[X_1X_3] - E[X_1]E[X_3] = 0 - 0 = 0$$
$$Cov[X_2, X_3] = E[X_2X_3] - E[X_2]E[X_3] = 1 - 0 = 1$$

โดยที่

$E[X_1]$ = (0)*(1) = 0

$E[X_2]$ = (1)*(0.5) + (-1)*(0.5) = 0

$E[X_3]$ = (2)*(0.25) + (0)*(0.5) +(-2)*(0.25) = 0

$E[X_1^2]$ = (0^2)*(1) = 0

$E[X_2^2]$ = (1^2)*(0.5) + (-1^2)*(0.5) = 1

$E[X_3^2]$ = (2^2)*(0.25) + (0^2)*(0.5) + (-2^2)*(0.25) = 2

$E[X_1 X_2]$ = P(X_1=0, X_2=1)(0)(1) + P(X_1=0, X_2 = -1)(0)(-1)

= (0.5)(0)(1)+(0.5)(0)(-1) = 0

$E[X_1 X_3]$ = P(X_1=0, X_3=2)(0)(2) + P(X_1=0, X_3=0)(0)(0) + P(X_1=0, X_3=-2)(0)(-2)

= (0.25)(0)(2) + (0.5)(0)(0) + (0.25)(0)(-2) = 0+0+0 = 0

$E[X_2 X_3]$ = P(X_2=1, X_3=2)(1)(2) + P(X_2=1, X_3=0)(1)(0)+ P(X_2=-1, X_3=0)(-1)(0)

+ P(X_2=-1, X_3=-2)(-1)(-2)

= (0.25)(1)(2) + (0.25)(1)(0) + (0.25)(-1)(0) + (0.25)(-1)(-2)

= 0.5+0.5 = 1

จากการคำนวณหาความแปรปรวนข้างต้น สามารถแสดงค่าความแปรปรวนของแต่ละทางเลือกได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1.5 แสดงค่าความแปรปรวนของแต่ละทางเลือก

	$w_{i1}^2 Var[X_1]$	$w_{i2}^2 Var[X_2]$	$w_{i3}^2 Var[X_3]$	$2w_{i2}w_{i3}$ $\text{cov}[X_2,X_3]$	ค่าความแปรปรวน $Var[V_i]$
ทางเลือกที่1 (0,0,10)	0^2*(0)	0^2*(1)	10^2*(2)	0	200
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	0^2*(0)	1^2*(1)	9^2*(2)	18	181
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	0^2*(0)	2^2*(1)	8^2*(2)	32	164
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	0^2*(0)	3^2*(1)	7^2*(2)	42	149
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	1^2*(0)	0^2*(1)	9^2*(2)	0	162
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	1^2*(0)	1^2*(1)	8^2*(2)	16	145
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที 61 (8,0,2)	8^2*(0)	0^2*(1)	2^2*(2)	0	8
ทางเลือกที 62 (8,1,1)	8^2*(0)	1^2*(1)	1^2*(2)	2	5
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที 66 (10,0,0)	10^2*(0)	0^2*(1)	0^2*(2)	0	0

เมื่อพิจารณาจากตารางค่าความแปรปรวนของแต่ละทางเลือก พบว่าค่าความแปรปรวนของทางเลือกที่ 66 (10, 0, 0) คือ ทำการลงทุนในวันแรกวันเดียว จะทำให้มีค่าความแปรปรวน เท่ากับ 0 คือเป็นทางเลือกที่ไม่มีความเสี่ยงเลย ซึ่งถ้าเป็นผู้ที่พิจารณาเพียงในเรื่องความเสี่ยงของการลงทุนในแต่ละทางเลือก ก็อาจจะเลือกทางเลือกดังกล่าวนี้ เนื่องจากว่าเป็นทางเลือกที่ไม่มีความเสี่ยงที่เกิดขึ้นแต่ในอีกทางหนึ่งก็ไม่มีโอกาสที่จะสามารถเก็งกำไรได้เลย

จากวิธีการคำนวณหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน โดยอาศัยเกณฑ์ในการพิจารณาจากค่าคาดหวังของผลกำไร ซึ่งผลที่ได้ไม่ว่าจะลงน้ำหนักในการลงทุนอย่างไรก็ไม่ทำให้ค่าคาดหวังที่ได้ของแต่ละทางเลือกมีความแตกต่างกัน ซึ่งก็ไม่สามารถทำให้ผู้ลงทุนตัดสินใจได้ว่าจะทำการลงทุนอย่างไร จึงได้มีการพิจารณาถึงความแปรปรวนของผลกำไรเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจด้วย ซึ่งผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลกำไร คือทางเลือกที่ทำการลงทุนในวันแรกทั้งหมดเป็นทางเลือกที่ทำให้เกิดความ

เสี่ยงในการลงทุนน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าทางเลือกที่เกิดจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ เป็นทางเลือกที่ไม่ทำให้เกิดความเสี่ยง แต่ในอีกทางหนึ่งก็ไม่มีโอกาสที่จะสามารถเก็งกำไรได้เลย

ค่าเสียโอกาสเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เรานำมาใช้ในการพิจารณา เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน เนื่องจากอาศัยหลักการที่ว่า ในการลงทุนแต่ละครั้งหากเราทราบว่ากำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใด เราก็จะทำการลงทุนที่วันดังกล่าว แต่ในความเป็นจริงสถานการณ์ต่างๆที่จะเกิดขึ้นเราไม่สามารถที่จะทราบได้ล่วงหน้า หากช่วงเวลาที่ทำการลงทุนเป็นช่วงเวลาที่มีกำไรมาก ค่าเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้นก็จะมีค่าน้อย แต่ในขณะเดียวกัน ถ้าหากช่วงเวลาที่ทำการลงทุนเป็นช่วงเวลาที่ได้กำไรน้อยหรือขาดทุนมาก ค่าเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้นก็จะมีค่ามาก ดังนั้น สิ่งที่เราสนใจจากหลักการเหล่านี้คือจะต้องทำอย่างไรที่ทำให้ผู้ลงทุนได้รับค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการตัดสินใจลงทุนให้มีค่าน้อยที่สุด

1.1.3 การตัดสินใจโดยพิจารณาค่าเสียโอกาส และค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส

การตัดสินใจในทางธุรกิจนอกจากจะพิจารณาถึงผลกำไรหรือขาดทุนในบางครั้ง ผู้ตัดสินใจอาจจะคำนึงถึงค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นซึ่งค่าเสียโอกาส คือ ผลต่างระหว่างกำไรที่ได้รับมากที่สุดกับกำไรที่ได้รับจริงในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเลือกทางเลือกหนึ่งในการลงทุน ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจตัดสินใจได้ถูกต้อง คือ เลือกทางเลือกที่ให้ผลกำไรสูงสุดสำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จะทำให้ไม่มีค่าเสียโอกาส หรือ ค่าเสียโอกาสมีค่า เท่ากับ ศูนย์

กำหนดให้

Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

เมื่อ $Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$

$$E[Z] \;=\; E[\hat{X} - X(\bar{w})]$$

โดยที่

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\bar{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,\ldots,+ X_{jn}w_n$

$\bar{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\bar{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

ตารางที่ 1.6 แสดงค่าเสียโอกาสของแต่ละทางเลือก

	สถานการณ์ ที่ 1 (0,1,2)	สถานการณ์ ที่ 2 (0,1,0)	สถานการณ์ ที่ 3 (0,-1,0)	สถานการณ์ ที่ 4 (0,-1,-2)
ทางเลือกที่ 1 (0,0,10)	0	10	0	20
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	1	9	1	19
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	2	8	2	18
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	3	7	3	17
…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	2	10	0	18
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	3	9	1	17
…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 61 (8,0,2)	16	10	0	4
ทางเลือกที่ 62 (8,1,1)	17	9	1	3
…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 66 (10,0,0)	20	10	0	0

จากตารางแสดงค่าเสียโอกาสในแต่ละทางเลือกเมื่อกำไรมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1.7 แสดงค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสของแต่ละทางเลือก

	สถานการณ์ ที่ 1 (0,1,2)	สถานการณ์ ที่ 2 (0,1,0)	สถานการณ์ ที่ 3 (0,-1,0)	สถานการณ์ ที่ 4 (0,-1,-2)	ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส
ทางเลือกที่ 1 (0,0,10)	0*0.25	10*0.25	0*0.25	20*0.25	7.5
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	1*0.25	9*0.25	1*0.25	19*0.25	7.5
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	2*0.25	8*0.25	2*0.25	18*0.25	7.5
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	3*0.25	7*0.25	3*0.25	17*0.25	7.5
…	…	…	…	…	7.5
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	2*0.25	10*0.25	0*0.25	18*0.25	7.5
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	3*0.25	9*0.25	1*0.25	17*0.25	7.5
…	…	…	…	…	7.5
ทางเลือกที่ 61 (8,0,2)	16*0.25	10*0.25	0*0.25	4*0.25	7.5
ทางเลือกที่ 62 (8,1,1)	17*0.25	9*0.25	1*0.25	3*0.25	7.5
…	…	…	…	…	7.5
ทางเลือกที่ 66 (10,0,0)	20*0.25	10*0.25	0*0.25	0*0.25	7.5

เมื่อพิจารณาจากตารางค่าเสียโอกาส และค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส จะเห็นว่า ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสในแต่ละทางเลือกมีค่าเท่ากัน แต่จะเห็นว่ามีค่าไม่เท่ากับ 0 (ค่าคาดหวังของกำไรในแต่ละทางเลือก) จากความเท่ากันของค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสในทุกทางเลือกนี้ ทำให้สรุปได้ว่าไม่ว่าจะตัดสินใจขายข้าวด้วยทางเลือกใดก็จะทำให้เกิดค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสเท่ากัน

เนื่องจากการพิจารณาจากค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสไม่สามารถทำให้ผู้ลงทุนตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสมได้ ดังนั้นจึงได้มีการพิจารณาถึง ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสในรูปยกกำลังสอง

1.1.4 การตัดสินใจโดยพิจารณาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสในรูปกำลังสอง

การตัดสินใจโดยพิจารณาจากค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ซึ่งจะพิจารณานำค่าเสียโอกาสที่ได้ในตารางที่ 1.6 มาพิจารณาในรูปยกกำลังสองแล้วคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสในรูปกำลังสอง

ตารางที่ 1.8 แสดงค่าเสียโอกาสในรูปกำลังสองของแต่ละทางเลือก

	สถานการณ์ ที่ 1 (0,1,2)	สถานการณ์ ที่ 2 (0,1,0)	สถานการณ์ ที่ 3 (0,-1,0)	สถานการณ์ ที่4 (0,-1,-2)	ค่าเสีย โอกาส กำลังสอง
ทางเลือกที่1 (0,0,10)	0^2*0.25	10^2*0.25	0^2*0.25	20^2*0.25	200
ทางเลือกที่ 2 (0,1,9)	1^2*0.25	9^2*0.25	1^2*0.25	19^2*0.25	111
ทางเลือกที่ 3 (0,2,8)	2^2*0.25	8^2*0.25	2^2*0.25	18^2*0.25	99
ทางเลือกที่ 4 (0,3,7)	3^2*0.25	7^2*0.25	3^2*0.25	17^2*0.25	89
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 12 (1,0,9)	2^2*0.25	10^2*0.25	0^2*0.25	18^2*0.25	107
ทางเลือกที่ 13 (1,1,8)	3^2*0.25	9^2*0.25	1^2*0.25	17^2*0.25	95
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 61 (8,0,2)	16^2*0.25	10^2*0.25	0^2*0.25	4^2*0.25	96
ทางเลือกที่ 62 (8,1,1)	17^2*0.25	9^2*0.25	1^2*0.25	3^2*0.25	95
…	…	…	…	…	…
ทางเลือกที่ 66 (10,0,0)	20^2*0.25	10^2*0.25	0^2*0.25	0^2*0.25	125

จะเห็นว่าเมื่อมีการพิจารณาจากตารางค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ค่าที่ได้ออกมาทำให้เห็นความแตกต่างของแต่ละทางเลือกในการลงทุน ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพิจารณาการตัดสินใจหาทางเลือกในการจัดสรรทรัพยากร เพื่อให้เกิดความพอใจของผู้ลงทุนเมื่อเกณฑ์การตัดสินใจเป็นฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส โดยจะทำการจำลองตัวแบบมาใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมในการลงทุน โดยพิจารณาฟังก์ชันจุดประสงค์ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาวิธีคำนวณและคำนวณหารูปแบบของน้ำหนักที่เหมาะสมในการกระจายความเสี่ยงเพื่อให้เกิดความเสี่ยงน้อยที่สุด โดยทางเลือกได้แก่ การกระจายการตัดสินใจในหลายช่วงเวลา และความเสี่ยงเป็นผลจากค่าเสียโอกาส

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ในสถานการณ์ที่ปัจจัยเสี่ยง (กำไร) เป็น Random walk เมื่อการวัดความเสี่ยงเป็นผลจากค่าเสียโอกาสในรูปของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆจะได้ผลที่แตกต่างจากการวัดความเสี่ยงจากความแปรปรวนของผลกำไร

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1. ปัจจัยเสี่ยงหรือกำไรเป็น Random walk โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นที่กำไรมีโอกาสจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงมีความน่าจะเป็นเท่ากัน
2. ความเสี่ยงเป็นฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า และฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ
3. จำนวนช่วงเวลาที่ตัดสินใจมีจำกัด
   3.1 ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า จำนวนวันที่ทำการคำนวณคือ 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 วัน
   3.2 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นตรงเป็นช่วงๆ จำนวนวันที่ทำการคำนวณคือ 3,4,5,6,7,8 วัน

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษารูปแบบของ Random walk ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้
2. ศึกษารูปแบบของค่าเสียโอกาสในตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบเพื่อใช้ในการพิจารณาหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน

3. คำนวณหาคำตอบของสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสม จากทั้ง 5 ตัวแบบและพิจารณาคำตอบที่ได้ในแต่ละตัวแบบว่ามีรูปแบบลักษณะการกระจายสัดส่วนของน้ำหนักเป็นอย่างไร
4. พิจารณาวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาคำตอบที่เหมาะสมซึ่งประกอบด้วย 2 รูปแบบ
   4.1 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น
   4.2 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน
5. เปรียบเทียบวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาน้ำหนักที่เหมาะสม กับทั้ง 5 ตัวแบบ ดังนี้
   5.1 คำนวณหาระยะห่างของตัวแบบ ทั้ง 5 ตัวแบบ กับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายทั้ง 2 รูปแบบ ด้วย Euclidean distance
   5.2 แทนน้ำหนักที่เหมาะสมที่ได้จากวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายทั้ง 2 รูปแบบ เข้าไปในฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส ทั้ง 5 ตัวแบบ เพื่อคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสที่เกิดจากทั้ง 2 รูปแบบ
6. เปรียบเทียบผลการคำนวณว่าวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาคำตอบรูปแบบใดมีความใกล้เคียงกับตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบมากที่สุด
7. สรุปผลการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำวิธีการที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ ไปใช้ในการลงทุนภายใต้สถานการณ์ต่างๆที่มีความไม่แน่นอนของผลกำไรเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นสาเหตุให้การลงทุนมีความเสี่ยงเกิดขึ้น โดยรูปแบบการกระจายของน้ำหนักที่ได้มานี้ จะนำไปประยุกต์ในการลงทุนเพื่อที่จะช่วยให้ผู้ลงทุนสามารถพิจารณาหาทางเลือกที่เหมาะสม และช่วยลดความเสี่ยงในการลงทุน

1.7 คำจำกัดความต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย

Random Walk

ลักษณะของรูปแบบของกำไรที่มีการขึ้นลงตลอดเวลา คือ ขึ้น +1 หน่วย หรือ ลง -1 หน่วยด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน

ปัจจัยเสี่ยง

ปัจจัยที่ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในการตัดสินใจลงทุน ซึ่งปัจจัยเสี่ยงในที่นี้ก็ คือ กำไร

ค่าเสียโอกาส

ผลเสียหายที่เกิดจากการที่ผู้ตัดสินใจไม่ได้เลือกทางเลือกที่ดีที่สุด สำหรับเหตุการณ์ (สถานการณ์) ที่เกิดขึ้นจริง หรืออาจกล่าวได้ว่า ค่าเสียโอกาสเป็นผลเสียหายที่เกิดจากการที่ผู้ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ผิด แทนที่จะเลือกทางเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด

ฮิวริสติก (วิทยาการศึกษาสำนึก)

คือ วิธีการที่บุคคลใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบ โดยเป็นวิธีการที่ไม่มีแนวทางหรือกฎเกณฑ์ที่ชัดเจนตายตัว หรือเป็นการคาดเดาอย่างมีเหตุผล

การลงทุน

การลงทุนในที่นี้ คือ การวางแผนในการขายสินค้าที่มีอยู่ล่วงหน้าตามช่วงระยะเวลาที่กำหนด

บทที่ 2

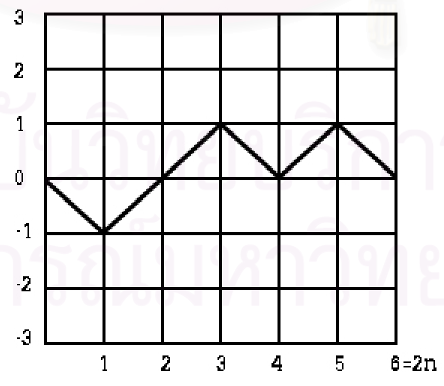
ทฤษฎีและสถิติที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์หลักในการทำวิจัยนี้ เพื่อทำการศึกษาหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุนเมื่อมีความไม่แน่นอนของกำไรเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยที่กำไรมีลักษณะขึ้นลงแบบ Random Walk ซึ่งจะพิจารณาหาน้ำหนักที่เหมาะสมในตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส และตัวแบบที่นำมาใช้ในการคำนวณหาทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุนประกอบด้วยตัวแบบ 5 ตัวแบบ คือ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะในการลงทุนของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบและใช้รูปแบบของวิธีการฮิวริสติกอย่างง่าย (simple heuristic) คำนวณหาน้ำหนักในการลงทุนของแต่ละตัวแบบโดยประมาณ ซึ่งประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ การลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น และการเฉลี่ยลงทุนแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของทฤษฎีและการแจกแจงที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย โดยมีทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 Random walk

ในลักษณะของกำไรที่มีการขึ้นลงแบบ Random Walk กำหนดให้กำไรเริ่มต้นอยู่ที่ 0 (origin)



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของกำไรที่มีการขึ้นลงแบบ Random walk

กำหนด T_k เป็นตัวแปรสุ่มของกำไร ที่ขึ้น 1 บาท หรือ ลง -1 บาท

โดยที่ $P(T_k = 1) = P(T_k = -1) = \frac{1}{2}$

กราฟนี้แสดงลำดับของ T_k คือ $T_1 = -1, T_2 = 1, T_3 = 1, T_4 = -1, T_5 = 1, T_6 = -1$

S_k คือ ค่าสุดท้ายที่ตำแหน่ง k

S_0 คือ ค่าที่ตำแหน่งเริ่มต้น ที่จุด $k = 0$

$$S_k = T_1 + T_2 + T_3 + \ldots + T_k \qquad k = 1,2,\ldots,n \qquad T_k = \pm 1$$

$$S_k - S_{k-1} = T_k = \pm 1 \qquad S_0 = 0$$

จากกราฟ กำหนดให้ S_k เป็นกำไรของสินค้า ณ วันที่ k ; $k = 0,1,2,3,\ldots,n$

$$S_0 = 0 \qquad S_1 = -1$$

$$S_2 = 0 \qquad S_3 = 1$$

$$S_4 = 0 \qquad S_5 = 1$$

และสิ้นสุดที่ กำไร $S_{2n=6} = 0$

$N_{n,r}$ คือ จำนวนความแตกต่างของเส้นทางที่ตำแหน่ง n และมีค่าเท่ากับ r

$$N_{n,r} = \binom{p+q}{p} = \binom{p+q}{q}$$

เมื่อ

p คือ จำนวนครั้งที่จะเคลื่อนไปทางทิศทางบวก

q คือ จำนวนครั้งที่จะเคลื่อนไปทางทิศทางลบ

$P_{n,r}$ คือ ความน่าจะเป็นที่ ตำแหน่ง n จะมีค่าเท่ากับ r

$$P_{n,r} = P\{S_n = r\} = \binom{n}{\frac{n+r}{2}} 2^{-n}$$

U_{2v} คือ ความน่าจะเป็นที่ค่าที่ตำแหน่ง k จะมีค่าเท่ากับ0

$$U_{2v} = \binom{2v}{v} 2^{-2v}$$

พิจารณาตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก และความน่าจะเป็นของตำแหน่งที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น

กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก

$$R_n^+ = \min\{k \mid S_k = \hat{X}\}$$

เมื่อ $\hat{X}$ คือ กำไรที่มากที่สุด

$$\hat{X} = \max_{0 \le k \le n} S_k$$

Arc sine law for the position of the maxima

คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งของช่วงเวลาต่างๆ ด้วยความน่าจะเป็นดังนี้

กำหนด $S_k =$ กำไรของวันที่ $k; k = 1,2,\ldots,n$

$S_0 =$ ค่าที่ตำแหน่งเริ่มต้น (กำไรที่จุดเริ่มต้น) ที่จุด $k = 0$

จากที่กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก ดังนั้นกำไรที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นครั้งแรก ก็คือ $S_{k=R_n^+}$

$$S_0 < S_1$$
$$S_1 < S_2$$
$$S_2 < S_3$$
$$.$$
$$.$$
$$.$$
$$S_{k-1} < S_{k=R_n^+}$$
$$S_{k+1} \le S_{k=R_n^+}$$
$$.$$
$$.$$
$$.$$
$$S_{2v} \le S_{k=R_n^+}$$

โดยที่ $0 \le k \le 2v$

กำหนดให้

$k=0$	แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันแรก
$k=2p$	แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคู่
$k=2p+1$	แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคี่
$k=2v$	แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันสุดท้าย

กำหนดให้ $P\left(R_n^+=k\right)$ คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น ในช่วงเวลาที่ k

สามารถแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะเกิดขึ้นในแต่ละจุดของเวลาเป็นดังนี้

$$P\left(R_n^+=k\right)=\begin{cases} u_{2v} & , \quad k=0 \\ \frac{1}{2}u_{2p}u_{2v-2p} & , \quad k=2p,2p+1 \\ \frac{1}{2}u_{2v} & , \quad k=2v \end{cases}$$

สำหรับทฤษฎี Random walk ที่แสดงข้างต้นจะกำหนดให้กำไรเริ่มต้นเท่ากับ 0 ที่จุด $k=0$ $(S_{k=0}=0)$ แต่สำหรับในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดให้กำไรเริ่มต้นเท่ากับ 0 ที่จุด $k=1$ $(S_{k=1}=0)$ ดังนั้นในการคำนวณจะนับจำนวนวันที่กำไรเริ่มต้นเท่ากับ 0 ที่จุด $k=1$ เป็นวันแรกของการลงทุน

2.2 ค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส

การตัดสินใจในทางธุรกิจนอกจากจะพิจารณาถึงผลกำไรหรือขาดทุนในบางครั้ง ผู้ตัดสินใจอาจจะคำนึงถึงค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นซึ่งค่าเสียโอกาส คือ ผลต่างระหว่างกำไรที่ได้รับมากที่สุดกับกำไรที่ได้รับจริงในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเลือกทางเลือกหนึ่งในการลงทุน ในกรณีที่ผู้ตัดสินใจตัดสินใจได้ถูกต้อง คือ เลือกทางเลือกที่ให้ผลกำไรสูงสุดสำหรับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น จะทำให้ไม่มีค่าเสียโอกาส หรือ ค่าเสียโอกาสมีค่า เท่ากับ ศูนย์

กำหนดให้

$\vec{Z}$ เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$\vec{Z}=\left(Z_1,Z_2,\ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

เมื่อ $Z_j=\hat{X}_j-X_{jk}(w)$; $j=1,2,\ldots,2^{(n-1)}$ $k=1,2,..,n$

$$E[\vec{Z}] = E[\hat{X}-X(\vec{w})]$$

โดยที่

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,...,2^{n-1}, k = 1,2,...,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,...,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2,..., w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.3 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ ในรูปของกำลังสอง ซึ่งการพิจารณาแบบนี้ อาศัยหลักการเดียวกับตัวแบบของ Markowitz’s portfolio optimization model โดยที่ตัวแบบMarkowitz อาศัยหลักการในการลดความความแปรปรวนหรือความเสี่ยงในการลงทุน โดยการกระจายความเสี่ยงในแต่ละช่วงเวลาของการลงทุน โดยในงานวิจัยครั้งนี้ฟังก์ชันที่พิจารณาได้ปรับฟังก์ชันของผลตอบแทนในตัวแบบ Markowitz เป็นฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสซึ่งเป็นฟังก์ชันที่พิจารณาความแตกต่างระหว่างสถานการณ์ที่ทำให้เกิดกำไรที่มากที่สุด กับสถานการณ์ที่ได้รับกำไรที่เกิดขึ้นจริงเมื่อทำการลงทุน โดยที่ตัวแบบนี้จะเป็นตัวแบบที่ทำให้ผู้ลงทุนทราบถึงค่าเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้น ซึ่งก็หมายถึงการทำให้ค่าเสียโอกาสระหว่างกำไรที่ได้รับมากที่สุดกับกำไรที่ได้รับจริงมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสองสามารถเขียนได้ดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\vec{w}))^2$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2,... Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,...,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\vec{w}))^2]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

โดยที่

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , $(\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk})$

$X(\vec{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,\ldots,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.4 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสกำลังสาม โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ซึ่งลักษณะในการมองจะพิจารณาผลต่างของความรู้สึกเกี่ยวกับค่าเสียโอกาส มีความแตกต่างกันมากว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสองโดยจะมองว่าถ้าค่าเสียโอกาสน้อยอยู่ในระดับหนึ่งจะทำให้ความรู้สึกว่าเกิดความสูญเสียไม่มากนัก แต่ถ้าค่าเสียโอกาสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยกลับทำให้รู้สึกว่าเกิดความสูญเสียมาก

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\vec{w}))^3$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\vec{w}))^3]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,\ldots,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2,\ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.5 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง และค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม แต่ระดับของความรู้สึกที่มีความสูญเสียจะมากกว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\vec{w}))^4$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\vec{w}))^4]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,...,2^{n-1}, k = 1,2,...,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,...,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2,..., w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.6 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม และค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่แต่ระดับของความรู้สึกของค่าเสียโอกาสที่มีต่อความสูญเสียจะมากกว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\vec{w}))^5$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2,... Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,...,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\vec{w}))^5]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \quad k = 1,2,...,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \quad k = 1,2,...,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,...,2^{n-1}, k = 1,2,...,n$

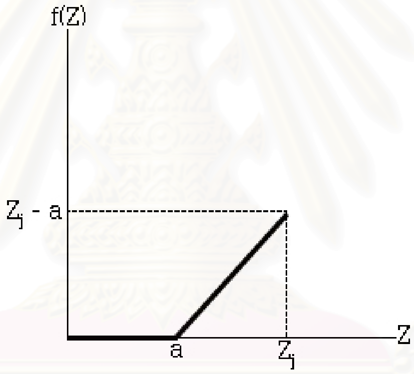
$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,...,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2,..., w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.7 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

คือฟังก์ชันที่อาศัยหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจโดยจะพิจารณาเลือกค่าเสียโอกาสที่มากที่สุดจากทุกสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และนำค่าเสียโอกาสที่มากที่สุดมาคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน ซึ่งสามารถแสดงดังกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 2.2 แสดงฟังก์ชันเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

จากกราฟจะพิจารณาฟังก์ชันในรูปของ $Max(Z_j - a,0)$ เมื่อ $j = 1,2,...,2^{n-1}$ ซึ่งสามารถเขียนฟังก์ชันเป้าหมายของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ ได้ดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

โดยที่ $$f(Z) = \sum_{j=1}^{2^{n-1}} Max(Z_j - a,0), \quad j = 1,2,...,2^{n-1}$$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$Z = \left(Z_1, Z_2,... Z_{2^{n-1}}\right)$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,...,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

$$a = E[\bar{Z}]$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min } E[Max\{(\hat{X} - X(\vec{w}) - a),0\}]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \quad k = 1,2,...,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \quad k = 1,2,...,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,...,2^{n-1}, k = 1,2,...,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,...,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2,..., w_n)$; $w_k \in [0,1]$

2.8 การเฉลี่ยน้ำหนักในการลงทุน

เป็นการคำนวณรูปแบบของน้ำหนักในการลงทุนด้วยการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักการลงทุนในแต่ละวันให้แต่ละวันลงน้ำหนักเท่ากัน

$n =$ จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

$w_k =$ น้ำหนักที่ลงทุนในวันที่ $k; k = 1,2,3,...,n$

$$w_k = \frac{1}{n}$$

2.9 Euclidean Distance

Euclidean Distance เป็นหลักการของการคำนวณระยะห่างของ ชุดของข้อมูล $\vec{x}$ และชุดของข้อมูล $\vec{y}$

$$\text{Distance }(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (x_k - y_k)^2}$$

กำหนดให้

ข้อมูล $\vec{x} = (x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad . \quad . \quad . \quad x_{n-1} \quad x_n)$

เมื่อ x_k = ตำแหน่งของข้อมูลตัวที่ k

ข้อมูล $\vec{y} = (y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad . \quad . \quad . \quad y_{n-1} \quad y_n)$

เมื่อ y_k = ตำแหน่งของข้อมูลตัวที่ k

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ต้องการศึกษาหารูปแบบของสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสม (Optimal weight) ในการลงทุนในตัวแบบต่างๆ โดยตัวแบบที่นำมาศึกษาเป็นตัวแบบที่พิจารณาฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส ประกอบด้วย 5 ตัวแบบ ดังนี้

1. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง
2. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม
3. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่
4. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า
5. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

จากนั้นทำการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมอย่างง่ายหรือที่เรียกว่าวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย (Simple heuristic) เพื่อใช้ในการพิจารณาหาสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนจากทั้ง 5 ตัวแบบ ซึ่งประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น
2. รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

เพื่อให้ได้วิธีที่ง่ายต่อการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุน เมื่อกำไรมีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้องและฟังก์ชันที่ใช้พิจารณาเป็นฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส

3.1 แผนการดำเนินการวิจัย

กำหนดขั้นตอนการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากรูปแบบของสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุน ทั้ง 5 ตัวแบบ ดังนี้

1. คำนวณหารูปแบบของสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสม จากทั้ง 5 ตัวแบบและพิจารณาคำตอบที่ได้ในแต่ละตัวแบบว่ามีลักษณะการกระจายสัดส่วนของน้ำหนักเป็นอย่างไร

2. ทำการคำนวณโดยใช้วิธีฮิวริสติกอย่างง่าย กับ ทั้ง 5 ตัวแบบ ด้วย
   2.1 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น
   2.2 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน
3. เปรียบเทียบวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาน้ำหนักที่เหมาะสม กับทั้ง 5 ตัวแบบ ดังนี้
   3.1 คำนวณหาระยะห่างของตัวแบบ ทั้ง 5 ตัวแบบ กับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายทั้ง 2 รูปแบบ ด้วย Euclidean distance
   3.2 แทนน้ำหนักที่เหมาะสมที่ได้จากวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายทั้ง 2 รูปแบบ เข้าไปในฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส ทั้ง 5 ตัวแบบ เพื่อคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสที่เกิดจาก ทั้ง 2 รูปแบบ

3.2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยมีขั้นตอน ดังนี้

1. คำนวณหารูปแบบสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสมจาก ทั้ง 5 ตัวแบบ
2. พิจารณาวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาคำตอบที่เหมาะสมทั้ง 2 รูปแบบ
3. คำนวณหาระยะห่างของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ทั้ง 2 รูปแบบ
4. นำลักษณะการกระจายของน้ำหนักในวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ทั้ง 2 รูปแบบ แทนในฟังก์ชันจุดประสงค์ของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบ
5. เปรียบเทียบผลการคำนวณว่าวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ที่นำมาใช้หาคำตอบรูปแบบใดมีความใกล้เคียงกับตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบมากที่สุด
6. สรุปผลการวิจัย

รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนกล่าวเป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

3.3 คำนวณหารูปแบบสัดส่วนของน้ำหนักที่เหมาะสม ทั้ง 5 ตัวแบบ

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการศึกษาวิธีการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่เหมาะสม ของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบ ดังนี้

3.3.1 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง[1]

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ ในรูปของกำลังสอง ซึ่งการพิจารณาแบบนี้อาศัยหลักการเดียวกับตัวแบบของ Markowitz's portfolio optimization model โดยที่ตัวแบบ Markowitz อาศัยหลักการในการลดความความแปรปรวนหรือความเสี่ยงในการลงทุน โดยการกระจายความเสี่ยงในแต่ละช่วงเวลาของการลงทุน โดยในงานวิจัยครั้งนี้ฟังก์ชันที่พิจารณาได้ปรับฟังก์ชันของผลตอบแทนในตัวแบบ Markowitz เป็นฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสซึ่งเป็นฟังก์ชันที่พิจารณาความแตกต่างระหว่างสถานการณ์ที่ทำให้เกิดกำไรที่มากที่สุด กับสถานการณ์ที่ได้รับกำไรที่เกิดขึ้นจริงเมื่อทำการลงทุน โดยที่ตัวแบบนี้จะเป็นตัวแบบที่ทำให้ผู้ลงทุนทราบถึงความเสียโอกาสที่จะเกิดขึ้น ซึ่งก็หมายถึงการทำให้ค่าเสียโอกาสระหว่างกำไรที่ได้รับมากที่สุดกับกำไรที่ได้รับจริงมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสองสามารถเขียนได้ดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ $\text{Min} \quad E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^2$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^2]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$

พิจารณา

---

[1] ที่มา เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์ IE.NETWORK CONFERENCE 2006

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^2] \quad = \text{Min} \quad E\left[\left(\hat{X}^2 - 2\sum_{k=1}^{n} w_k X_k \hat{X} + (\sum_{k=1}^{n} w_k X_k)^2\right)\right]$$

$$= \text{Min} \quad E[\hat{X}^2] - 2\sum_{k=1}^{n} w_k E[X_k \hat{X}] + E[(w_k X_k)^2]$$

$$= \text{Min} \quad Var[\hat{X}] + E[\hat{X}]^2 - 2\sum_{k=1}^{n} w_k Cov[X_k, \hat{X}] + Var[\sum_{k=1}^{n} w_k X_k]$$

เนื่องจาก $Var[\hat{X}] + E[\hat{X}]^2$ เป็นค่าคงที่

จึงพิจารณาเฉพาะ $\text{Min} \; -2\sum_{k=1}^{n} w_k Cov[X_k, \hat{X}] + Var[\sum_{k=1}^{n} w_k X_k]$

กำหนดให้ $-2\sum_{k=1}^{n} w_k Cov[X_k, \hat{X}] + Var[\sum_{k=1}^{n} w_k X_k] \; = \; f(\bar{w})$

เราจะทำการหาอนุพันธ์เทียบกับ w_k เมื่อหาอนุพันธ์เทียบกับ w_k จะได้ดังนี้

$$-2\sum_{k=1}^{n} w_k Cov[X_k, \hat{X}] + Var[\sum_{k=1}^{n} w_k X_k]$$

$$= -2w_1 Cov[X_1, \hat{X}] + w_2 Cov[X_2, \hat{X}] + ... + w_n Cov[X_n, \hat{X}]$$

$$+ w_1^2 Var(X_1) + w_1 w_2 Cov(X_1, X_2) + ... + w_1 w_n Cov(X_1, X_n)$$

$$+ w_2 w_1 Cov(X_2, X_1) + w_2^2 Var(X_2) + ... + w_2 w_n Cov(X_2, X_n)$$

.

.

.

$$+ w_n w_1 Cov(X_n, X_1) + w_n w_2 Cov(X_n, X_2) + ... + w_n^2 Var(X_n)$$

สามารถเขียนได้ดังนี้

$$-2\sum_{k=1}^{n} w_k Cov[X_k, \hat{X}] + Var[\sum_{k=1}^{n} w_k X_k]$$

$$= -2\, w_1 Cov[X_1, \hat{X}] + w_2 Cov[X_2, \hat{X}] + ... + w_n Cov[X_n, \hat{X}]$$

$$+ w_1^2 Var(X_1) + w_2^2 Var(X_2) + ... + w_n^2 Var(X_n)$$

$$+ 2w_1 w_2 Cov(X_1, X_2) + ... + 2w_1 w_n Cov(X_1, X_n)$$

.

.

.

$$+ 2w_{n-1} w_n Cov(X_{n-1}, X_n)$$

$$= -2[Cov(X_1, \hat{X}) \quad Cov(X_2, \hat{X}) ... \quad Cov(X_n, \hat{X})] \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & . & . & . & w_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & . & . & . & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & . & . & . & \sigma_{2n} \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & . & . & . & \sigma_n^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

$$= -2C^T \vec{w} + \vec{w}^T \sum \vec{w}$$

ทำการแปลงแบบลากรางจ์ได้ดังนี้

$$= \; -2C^T\vec{w} + \vec{w}^T \sum \vec{w} + (\lambda 1^T \vec{w} - 1)$$

กำหนดให้ $-2C^T\vec{w} + \vec{w}^T \sum \vec{w} + (\lambda 1^T \vec{w} - 1) = h(\vec{w}, \lambda)$

พิจารณาการหาอนุพันธ์ของฟังก์ชัน $h(\vec{w}, \lambda)$ เทียบกับ w_k , $k = 1,2,3,\ldots,n$

$$\frac{\partial h(\vec{w}, \lambda)}{\partial (w_k, \lambda)} = \frac{\partial(-2C^T\vec{w} + \vec{w}^T \sum \vec{w} + (\lambda 1^T \vec{w} - 1))}{\partial w_k}$$

จากการหาอนุพันธ์ข้างต้นจะได้ผลของการ Differentiation ดังนี้

$$= -2C + 2\sum \vec{w} = 0$$

$$2\sum \vec{w} = 2C^T$$

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

จากสมการข้างต้นจะได้สูตรทั่วไปของ $\vec{w}$ ดังนี้

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

λ = ตัวที่ไม่ทราบค่า หรือ ตัวคูณลากรางจ์

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 + ,\ldots, + X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

1^T = $[1 \;\; . \;\; . \;\; . \;\; 1]$

C = covariance matrix $\mathrm{COV}(X_k, \hat{X})$

$\sum$ = covariance matrix $\mathrm{COV}(X_g, X_k)$

$\sum^{-1}$ = inversecovariance matrix $\mathrm{COV}(X_g, X_k)$

ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม นั้นสามารถคำนวณได้จากสูตรหรือคำนวณโดยใช้ Excel ก็จะได้ผลที่ตรงกัน ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 4

3.3.2 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสกำลังสาม โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ซึ่งลักษณะในการมองจะพิจารณาผลต่างของความรู้สึกเกี่ยวกับค่าเสียโอกาส มีความแตกต่างกันมากว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสองโดยจะมองว่าถ้าค่าเสียโอกาสน้อยอยู่ในระดับหนึ่งจะทำให้ความรู้สึกว่าเกิดความสูญเสียไม่มากนัก แต่ถ้าค่าเสียโอกาสเพิ่มขึ้นเล็กน้อยกลับทำให้รู้สึกว่าเกิดความสูญเสียมาก

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^3$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^3]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\bar{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,\ldots,+ X_{jn}w_n$

$\bar{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\bar{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม นั้นสามารถคำนวณโดยใช้ Excel ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 4

3.3.3 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง และค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม แต่ระดับของความรู้สึกที่มีความสูญเสียจะมากกว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\vec{w}))^4$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\vec{w}))^4]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,\ldots,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม นั้นสามารถคำนวณโดยใช้ Excel ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 4

3.3.4 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

คือฟังก์ชันที่พิจารณาค่าของฟังก์ชันจุดประสงค์ในรูปของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า โดยที่อาศัยหลักการคล้ายกับค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม และค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่แต่ระดับของความรู้สึกของค่าเสียโอกาสที่มีต่อความสูญเสียจะมากกว่าค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^5$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^5]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$
$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,\ldots,2^{n-1}, k = 1,2,\ldots,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

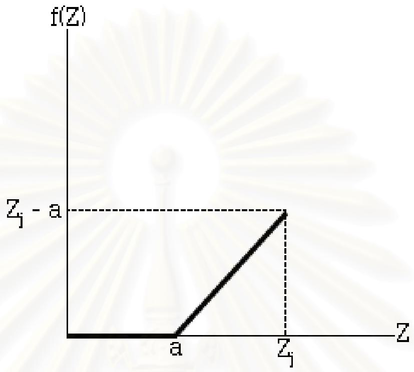
$X(\bar{w})$ = $X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 + ,\ldots, + X_{jn}w_n$

$\bar{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\bar{w} = (w_1, w_2, \ldots, w_n)$; $w_k \in [0,1]$

ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม นั้นสามารถคำนวณโดยใช้ Excel ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 4

3.3.5 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

คือฟังก์ชันที่อาศัยหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจโดยจะพิจารณาเลือกค่าเสียโอกาสที่มากที่สุดจากทุกสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และนำค่าเสียโอกาสที่มากที่สุดมาคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อให้ได้ทางเลือกที่เหมาะสมในการลงทุน ซึ่งสามารถแสดงดังกราฟต่อไปนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงฟังก์ชันเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

จากกราฟจะพิจารณาฟังก์ชันในรูปของ $Max(Z_j - a,0)$ เมื่อ $j = 1,2,...,2^{n-1}$ ซึ่งสามารถเขียนฟังก์ชันเป้าหมายของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ ได้ดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ $\quad \text{Min} \;\; E[f(Z)]$

โดยที่ $\quad f(Z) = \sum_{j=1}^{2^{n-1}} Max(Z_j - a,0)$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, ... Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,...,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

$$a = E[Z]$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min } E[Max((\hat{X} - X(\bar{w}) - a),0)]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

จากฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบ

$$\begin{aligned} \text{Min } E[f(Z)] &= \text{Min } E\left[Max(Z - a,0)\right] \\ &= \text{Min } E[Max((\hat{X} - X(\bar{w}) - a),0)] \end{aligned}$$

เนื่องจากว่าฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบเป็นตัวแบบของฟังก์ชันเชิงเส้นเป็นช่วงๆ ซึ่งยังไม่ได้เป็นตัวแบบเชิงเส้น ดังนั้นจึงต้องทำการแปลงตัวแบบให้เป็นตัวแบบเชิงเส้นดัง หลักการของการ Transform ดังนี้

$$\begin{aligned} &Min \quad \max\left(X_1, X_2,\ldots, X_n\right) \\ &s.t. \quad AX = b \\ &\qquad X_k \ge 0 \quad ; k = 1,2,\ldots,n \end{aligned}$$

ฟังก์ชันเป้าหมายข้างต้น ไม่ใช่ Linear function เนื่องจากว่า max function ไม่ใช่ Linear function ดังนั้นจึงสามารถ Transform เข้าสู่ Linear function ดังนี้

กำหนดให้ $y = \max\left(X_1 \;,\; . \;\; . \;\; . \;\; . \;,\; X_n\right)$

ดังนั้นจะได้ว่า $y \ge X_1$

$$y \ge X_2$$

.

.

.

$$y \ge X_n$$

เขียนสมการของฟังก์ชันเป้าหมายและสมการของเงื่อนไขใหม่ได้ดังนี้

$$
\begin{aligned}
&\text{Min} \quad y \\
&s.t. \\
&y \geq X_1 \\
&y \geq X_2 \\
&\quad . \quad . \quad . \\
&\quad . \quad . \quad . \\
&\quad . \quad . \quad . \\
&y \geq X_n \\
&a_{l,1}X_1 + a_{l,2}X_2 ... + a_{l,n}X_n = b_l \qquad for \qquad l = 1,2,...,m \\
&X_k \geq 0 \qquad ; k = 1,2,...,n
\end{aligned}
$$

ซึ่งค่า optimal solution ของฟังก์ชันที่ทำการแปลงให้เป็น Linear function ก็จะเป็นค่าoptimal solution ของฟังก์ชันเดิม ด้วยเหมือนกัน

เนื่องจากตัวแบบของเราอยู่ในรูปของผลรวมของ y_j และฟังก์ชัน y_j เป็น Convex function ซึ่งจากฟังก์ชันเป้าหมายข้างต้นจะสามารถ Transform เข้าสู่ Linear Program ได้นั้น ฟังก์ชัน y_i จะต้องเป็น Convex function ดังนั้นผลรวมของ y_j จะต้องเป็น Convex function ด้วย จึงจะสามารถใช้การแปลงข้างต้นได้ ซึ่งก็ได้มีทฤษฎีกล่าวไว้ คือ

$$
\begin{aligned}
f(x_j) &= y_j \quad is \quad convex\ function \\
\sum f(x_j) &= \sum y_j \quad is \quad convex\ function
\end{aligned}
$$

ดังนั้นเราจึงทำการ Transform ตัวแบบของฟังก์ชันเชิงเส้นเป็นช่วงๆ เข้าสู่ Linear Program ดังนี้

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบ คือ

$$
\text{Min } E\left[\sum_{j}^{2^{n-1}} y_j\right] \qquad j \quad ; \quad 1,2,...,2^{n-1}
$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$y_1 \geq (Z_1 - a) * p$$
$$y_2 \geq (Z_2 - a) * p$$

.

.

.

$$y_{2^{n-1}} \geq (Z_{2^{n-1}} - a) * p$$

$$y_j \geq 0 \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{n-1}$$

จาก $Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$

แทนค่า $Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w)$ ลงไปใน $Z_1, Z_2, \ldots, Z_{2^{n-1}}$

จะได้ $(\frac{1}{p}) * y_1 + X_1(w) \geq \hat{X}_1 - a$

.

.

.

$$(\frac{1}{p}) * y_{2^{n-1}} + X_{2^{n-1}}(w) \geq \hat{X}_{2^{n-1}} - a$$

$$y_j \geq 0 \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{n-1}$$

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \leq w_k \leq 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

p คือ ความน่าจะเป็นที่สถานการณ์ต่างๆของกำไรจะมีโอกาสเกิดขึ้น

$= \quad (p_1, p_2, ..., p_{2^{n-1}})$ เมื่อ $(p_1 = p_2 =, ..., = p_{2^{n-1}}) = \left(\dfrac{1}{2^{n-1}}\right)$

n = จำนวนวันทั้งหมดที่ทำการลงทุน

X_{jk} = กำไรในสถานการณ์ที่ j ณ วันที่ k , $j = 1,2,...,2^{n-1}, k = 1,2,...,n$

$\hat{X}_j$ = กำไรที่มากที่สุดในสถานการณ์ที่ j , ($\hat{X}_j = \max_{1 \le k \le n} X_{jk}$)

$X(\vec{w}) = X_{j1}w_1 + X_{j2}w_2 +,...,+ X_{jn}w_n$

$\vec{w}$ = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ; $\vec{w} = (w_1, w_2, ..., w_n)$; $w_k \in [0,1]$

ซึ่งการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม นั้นสามารถคำนวณโดยใช้ Excel ซึ่งจะแสดงผลในบทที่ 4

3.4 การเฉลี่ยน้ำหนักในการลงทุน

การคำนวณหาสัดส่วนการลงทุนโดยการเฉลี่ยน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน ตัวอย่าง ถ้ามีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าอยู่ 30 ตัน กำหนดเวลาในการการขายสินค้า 10 วันการหาสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนในแต่ละวันคือ ใช้สูตรดังนี้

$$w_k = \frac{M}{n}$$

M = จำนวนสินค้าทั้งหมด

n = จำนวนวันที่ทำการลงทุน

w_k = น้ำหนักที่ลงทุนในวันที่ $k; k = 1,2,3,...,n$

ดังนั้นจะได้สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวัน เท่ากับ $\dfrac{30}{10} = 3$ ตัน

3.5 การลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น

พิจารณาจากลักษณะของกำไรที่มีการขึ้นลงแบบ Random walk เนื่องจากกำไรที่กำหนดให้มีการขึ้น 1 บาท หรือว่าลดลง 1 บาท ในแต่ละวันโดยที่โอกาสของการที่กำไรจะขึ้นหรือลงมีความน่าจะเป็นในการเกิดมีค่าเท่ากัน

กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก

$$R_n^+ = \min\{k | S_k = \hat{X}\}$$

เมื่อ $\hat{X}$ คือ กำไรที่มากที่สุด

$$\hat{X} = \max_{0 \le k \le n} S_k$$

Arc sine law for the position of the maxima

คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งของช่วงเวลาต่างๆ ด้วยความน่าจะเป็นดังนี้

กำหนด S_k = กำไรของวันที่ $k; k = 1,2,\ldots,n$

S_0 = ค่าที่ตำแหน่งเริ่มต้น (กำไรที่จุดเริ่มต้น) ที่จุด $k = 0$

จากที่กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก ดังนั้นกำไรที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นครั้งแรก นั่นก็คือ $S_{k = R_n^+}$

กำหนดให้

$k = 0$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันแรก

$k = 2p$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคู่

$k = 2p+1$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคี่

$k = 2v$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันสุดท้าย

กำหนดให้ $P(R_n^+ = k)$ คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น ในช่วงเวลาที่ k

สามารถแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะเกิดขึ้นในแต่ละจุดของเวลาเป็นดังนี้

$$P(R_n^+ = k) = \begin{cases} u_{2v} & , \quad k = 0 \\ \frac{1}{2} u_{2p} u_{2v-2p} & , \quad k = 2p, 2p+1 \\ \frac{1}{2} u_{2v} & , \quad k = 2v \end{cases}$$

จากความน่าจะเป็นที่กล่าวมาข้างต้น ซึ่งเป็นการพิจารณาถึงตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก สรุปได้ว่าวันแรกและวันสุดท้ายจะมีความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นมากกว่าวันอื่นๆ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนดให้ 3 วัน สถานการณ์ของกำไรเป็นดังนี้

ตาราง 3.1 แสดงกำไรของสถานการณ์ทั้งหมด ภายใน 3 วัน

สถานการณ์ที่ 1	0	1	2
สถานการณ์ที่ 2	0	1	0
สถานการณ์ที่ 3	0	-1	0
สถานการณ์ที่ 4	0	-1	-2

จะเห็นว่าในแต่ละสถานการณ์จะมีกำไรที่มากที่สุดภายใต้แต่ละสถานการณ์ว่าจะเกิดขึ้นที่วันใดบ้าง

ตาราง 3.2 แสดงกำไรที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆ ภายใน 3 วัน

สถานการณ์	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น (วัน)
สถานการณ์ที่ 1	0	1	2	3
สถานการณ์ที่ 2	0	1	0	2
สถานการณ์ที่ 3	0	-1	0	1
สถานการณ์ที่ 4	0	-1	-2	1

จะเห็นว่ากำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันต่างๆดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดในแต่ละวัน

วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3
2/4 = 0.5	1/4 = 0.25	1/4 = 0.25

เนื่องจากการกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันแรกเพราะฉะนั้นหากจะทำการลงทุนโดยคำนึงถึงกำไรที่มากจะเกิดขึ้นที่วันใดนั้นจึงควรกำหนดให้น้ำหนักในการลงทุนมีสัดส่วนตามสัดส่วนของความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นจึงทำการลงน้ำหนักในการลงทุนดังนี้

วันที่ 1 ทำการลงทุนด้วยสัดส่วน 0. 5
วันที่2 ทำการลงทุนด้วยสัดส่วน 0.25
วันที่ 3 ทำการลงทุนด้วยสัดส่วน 0.25

3.6 Euclidean Distance

Euclidean Distance เป็นหลักการของการคำนวณระยะห่างของ ชุดของข้อมูล $\bar{x}$ และชุดของข้อมูล $\bar{y}$ ซึ่งจะทำการนำรูปแบบของการการกระจายน้ำหนักในการลงทุนของแต่ละตัวแบบมาหาค่า Euclidean Distance กับรูปแบบของวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วย การลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใด และการกระจายน้ำหนักในการลงทุนที่เฉลี่ยให้แต่ละวันมีค่าเท่ากัน ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Distance }(\bar{x}, \bar{y}) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n}(x_k - y_k)^2}$$

กำหนดให้

ข้อมูล $\bar{x} = (x_1 \quad x_2 \quad x_3 \quad . \quad . \quad . \quad x_{n-1} \quad x_n)$

เมื่อ x_k = ตำแหน่งของข้อมูลตัวที่ k

ข้อมูล $\bar{y} = (y_1 \quad y_2 \quad y_3 \quad . \quad . \quad . \quad y_{n-1} \quad y_n)$

เมื่อ y_k = ตำแหน่งของข้อมูลตัวที่ k

3.7 การเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสทั้ง 5 ตัวแบบโดยคำนวณจากการรูปแบบการกระจายน้ำหนักของวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ทั้ง 2 รูปแบบ

กำหนดให้

รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น

รูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

เนื่องจากว่าภายใต้ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสในแต่ละตัวแบบเราจะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละตัวแบบออกมา ซึ่งถ้าเราทำการนำคำตอบที่เกิดจากวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย (รูปแบบที่ 1และ รูปแบบที่ 2) มาแทนลงในฟังก์ชันจุดประสงค์ของค่าเสียโอกาสทั้ง 5 ตัวแบบ เพื่อพิจารณาถึงความใกล้เคียงของฟังก์ชันจุดประสงค์กับตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบว่ารูปแบบใดจะมีความใกล้เคียงมากที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหารูปแบบคำตอบที่เหมาะสมในการลงทุนของตัวแบบต่างๆ โดยในการวิจัยครั้งนี้ คำนึงถึงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาส โดยพิจารณาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสที่มีค่าน้อยที่สุดในตัวแบบต่างๆ และพิจารณาวิธีการฮิวริสติกอย่างง่าย (Simple heuristic) เพื่อใช้ในการพิจารณาหาสัดส่วนน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนจากทั้ง 5 ตัวแบบโดยประมาณ ประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ รูปแบบที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุด และรูปแบบสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน ที่พิจารณาการเฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวัน ให้มีค่าเท่ากัน

4.1 ตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส

ตัวแบบของฟังก์ชันที่ใช้พิจารณาฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งรูปแบบของฟังก์ชันเป็นรูปแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส

1. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง
2. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม
3. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่
4. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า
5. ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

เราสามารถหาค่า รูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมของการลงทุนได้ดังนี้

4.1.1 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^2$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$
$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^2]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

เราจะทำการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่ทำการขายในแต่ละวัน (w_k) ด้วย โปรแกรมใน Excel ด้วยการใช้ Solver ทำการคำนวณหา w_k ที่เหมาะสม ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ Min $E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^2]$ ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า $\sum_{k=1}^{n} w_k = 1$ และ $w_k \ge 0 \quad ,k = 1,2,\ldots,n$ ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.1แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสองโดยใช้ Excel

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.25000	0.50000	0.25000									
4	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000								
5	0.18750	0.25000	0.12500	0.25000	0.18750							
6	0.18750	0.18750	0.12500	0.12500	0.18750	0.18750						
7	0.15625	0.18750	0.09375	0.12500	0.09375	0.18750	0.15625					
8	0.15625	0.15625	0.09375	0.09375	0.09375	0.09375	0.15625	0.15625				
9	0.13672	0.15625	0.07813	0.09375	0.07031	0.09375	0.07813	0.15625	0.13672			
10	0.13672	0.13672	0.07813	0.07813	0.07031	0.07031	0.07812	0.07813	0.13672	0.13672		
11	0.12305	0.13672	0.06836	0.07813	0.05859	0.07031	0.05859	0.07812	0.06836	0.13672	0.12305	
12	0.12305	0.12305	0.06836	0.06836	0.05859	0.05859	0.05859	0.05859	0.06836	0.06836	0.12305	0.12305

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆจะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนมากกว่าวันอื่นๆ และการกระจายจะมีลักษณะที่สมมาตรกัน

4.1.2 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง (คำนวณจากสูตร)

การคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสมของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสองด้วยการคำนวณจากสูตรทั่วไป

$$\vec{w} = \Sigma^{-1} C$$

$\vec{w}$ [1] = สัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุน $\vec{w} = (w_1, w_2, ..., w_n)$, $w_k \in [0,1]$

C = covariance matrix $\mathrm{COV}\left(X_k, \hat{X}\right)$

Σ = covariance matrix $\mathrm{COV}\left(X_g, X_k\right)$

Σ^{-1} = inverse covariance matrix $\mathrm{COV}\left(X_g, X_k\right)$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 3 วัน $(n = 3)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.75000 \\ 1.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \Sigma^{-1} C$$

$$w = \begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.75000 \\ 1.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0.50000 \\ 0.25000 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.50000$ $w_3 = 0.25000$ และ $w_1 = 1 - w_2 - w_3$

$w_1 = 0.25000$

---

[1] ค่าของ $\vec{w}$ ที่คำนวณได้จากสูตรจะเป็นค่าของ $w_2, w_3, ..., w_n$ ส่วน $w_1 = 1 - w_2 - w_3 - ... - w_n$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 4 วัน $(n=4)$

$$\Sigma^{-1}=\begin{bmatrix}2 & -1 & 0\\ -1 & 2 & -1\\ 0 & -1 & 1\end{bmatrix} \qquad C=\begin{bmatrix}0.75000\\ 1.25000\\ 1.50000\end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\sum^{-1}C$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix}2 & -1 & 0\\ -1 & 2 & -1\\ 0 & -1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0.75000\\ 1.25000\\ 1.50000\end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix}0.25000\\ 0.25000\\ 0.25000\end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2=0.250000$ $w_3=0.25000$ $w_4=0.25000$ และ $w_1=1-w_2-w_3-w_4$

$w_1=0.25000$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 5 วัน $(n=5)$

$$\Sigma^{-1}=\begin{bmatrix}2 & -1 & 0 & 0\\ -1 & 2 & -1 & 0\\ 0 & -1 & 2 & -1\\ 0 & 0 & -1 & 1\end{bmatrix} \qquad C=\begin{bmatrix}0.81250\\ 1.37500\\ 1.81250\\ 2.00000\end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\sum^{-1}C$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix}2 & -1 & 0 & 0\\ -1 & 2 & -1 & 0\\ 0 & -1 & 2 & -1\\ 0 & 0 & -1 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0.81250\\ 1.37500\\ 1.81250\\ 2.00000\end{bmatrix}$$

$$\bar{w} = \begin{bmatrix} 0.25000 \\ 0.12500 \\ 0.25000 \\ 0.18750 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\bar{w}$ จะได้

$w_2 = 0.250000$ $w_3 = 0.12500$ $w_4 = 0.25000$ $w_5 = 0.18750$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5$ $w_1 = 0.18750$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 6 วัน $(n = 6)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.81250 \\ 1.43750 \\ 1.93750 \\ 2.31250 \\ 2.50000 \end{bmatrix}$$

$$\bar{w} = \Sigma^{-1} C$$

$$\bar{w} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.81250 \\ 1.43750 \\ 1.93750 \\ 2.31250 \\ 2.50000 \end{bmatrix}$$

$$\bar{w} = \begin{bmatrix} 0.18750 \\ 0.12500 \\ 0.12500 \\ 0.18750 \\ 0.18750 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\bar{w}$ จะได้

$w_2 = 0.18750$ $w_3 = 0.12500$ $w_4 = 0.12500$ $w_5 = 0.18750$ $w_6 = 0.18750$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6$

$w_1 = 0.18750$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 7 วัน $(n=7)$

$$\Sigma^{-1}=\begin{bmatrix}2&-1&0&0&0&0\\-1&2&-1&0&0&0\\0&-1&2&-1&0&0\\0&0&-1&2&-1&0\\0&0&0&-1&2&-1\\0&0&0&0&-1&1\end{bmatrix}\qquad C=\begin{bmatrix}0.84375\\1.50000\\2.06250\\2.50000\\2.84375\\3.00000\end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\sum^{-1}C$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix}2&-1&0&0&0&0\\-1&2&-1&0&0&0\\0&-1&2&-1&0&0\\0&0&-1&2&-1&0\\0&0&0&-1&2&-1\\0&0&0&0&-1&1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0.84375\\1.50000\\2.06250\\2.50000\\2.84375\\3.00000\end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix}0.18750\\0.09375\\0.12500\\0.09375\\0.18750\\0.15625\end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2=0.18750$ $w_3=0.09375$ $w_4=0.12500$ $w_5=0.09375$ $w_6=0.18750$

$w_7=0.15625$ และ $w_1=1-w_2-w_3-w_4-w_5-w_6-w_7$

$w_1=0.15625$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 8 วัน $(n = 8)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.84375 \\ 1.53130 \\ 2.12500 \\ 2.62500 \\ 3.03130 \\ 3.34380 \\ 3.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.84375 \\ 1.53130 \\ 2.12500 \\ 2.62500 \\ 3.03130 \\ 3.34380 \\ 3.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0.15625 \\ 0.09385 \\ 0.09375 \\ 0.09375 \\ 0.09375 \\ 0.15625 \\ 0.15625 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.15625$ $w_3 = 0.09375$ $w_4 = 0.09375$ $w_5 = 0.09375$ $w_6 = 0.09375$

$w_7 = 0.15625$ $w_8 = 0.15625$ และ $w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6 - w_7 - w_8$

$w_1 = 0.15625$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 9 วัน $(n = 9)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.15625 \\ 0.07813 \\ 2.19922 \\ 2.73438 \\ 3.19922 \\ 3.57031 \\ 3.86328 \\ 4.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.15625 \\ 0.07813 \\ 2.19922 \\ 2.73438 \\ 3.19922 \\ 3.57031 \\ 3.86328 \\ 4.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0.15625 \\ 0.07813 \\ 0.09375 \\ 0.07031 \\ 0.09375 \\ 0.07813 \\ 0.15625 \\ 0.13672 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.15625$ $w_3 = 0.07813$ $w_4 = 0.09375$ $w_5 = 0.07031$ $w_6 = 0.09375$

$w_7 = 0.07813$ $w_8 = 0.15625$ $w_9 = 0.13672$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6 - w_7 - w_8 - w_9$

$w_1 = 0.13672$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 10 วัน $(n=10)$

$$\Sigma^{-1}=\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C=\begin{bmatrix} 0.86328 \\ 1.58984 \\ 2.23828 \\ 2.80859 \\ 3.30859 \\ 3.73828 \\ 4.08984 \\ 4.36328 \\ 4.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\sum^{-1} C$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 0.86328 \\ 1.58984 \\ 2.23828 \\ 2.80859 \\ 3.30859 \\ 3.73828 \\ 4.08984 \\ 4.36328 \\ 4.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w}=\begin{bmatrix} 0.13672 \\ 0.07813 \\ 0.07813 \\ 0.07031 \\ 0.07031 \\ 0.07813 \\ 0.07813 \\ 0.13672 \\ 0.13672 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.13672$ $w_3 = 0.07813$ $w_4 = 0.07813$ $w_5 = 0.07031$ $w_6 = 0.07031$

$w_7 = 0.07813$ $w_8 = 0.07813$ $w_9 = 0.13672$ $w_{10} = 0.13672$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6 - w_7 - w_8 - w_9 - w_{10}$

$w_1 = 0.13672$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 11 วัน $(n = 11)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.87695 \\ 1.61719 \\ 2.28906 \\ 2.88281 \\ 3.41797 \\ 3.88281 \\ 4.28906 \\ 4.61719 \\ 4.87695 \\ 5.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.87695 \\ 1.61719 \\ 2.28906 \\ 2.88281 \\ 3.41797 \\ 3.88281 \\ 4.28906 \\ 4.61719 \\ 4.87695 \\ 5.00000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0.13672 \\ 0.06836 \\ 0.07813 \\ 0.05859 \\ 0.07031 \\ 0.05859 \\ 0.07813 \\ 0.06836 \\ 0.13672 \\ 0.12305 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.13672$ $w_3 = 0.06836$ $w_4 = 0.07813$ $w_5 = 0.05859$ $w_6 = 0.07031$

$w_7 = 0.05859$ $w_8 = 0.07813$ $w_9 = 0.06836$ $w_{10} = 0.13672$ $w_{11} = 0.12305$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6 - w_7 - w_8 - w_9 - w_{10} - w_{11}$

$w_1 = 0.12305$

กรณีจำนวนวันที่ทำการลงทุนเท่ากับ 12 วัน $(n = 12)$

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \qquad C = \begin{bmatrix} 0.87695 \\ 1.63086 \\ 2.31641 \\ 2.93359 \\ 3.49219 \\ 3.99219 \\ 4.43359 \\ 4.81641 \\ 5.13086 \\ 5.37695 \\ 5.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \sum^{-1} C$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.87695 \\ 1.63086 \\ 2.31641 \\ 2.93359 \\ 3.49219 \\ 3.99219 \\ 4.43359 \\ 4.81641 \\ 5.13086 \\ 5.37695 \\ 5.50000 \end{bmatrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0.12305 \\ 0.06836 \\ 0.06836 \\ 0.05859 \\ 0.05859 \\ 0.05859 \\ 0.05859 \\ 0.06836 \\ 0.06836 \\ 0.12305 \\ 0.12305 \end{bmatrix}$$

จากผลการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม $\vec{w}$ จะได้

$w_2 = 0.12305$ $w_3 = 0.06836$ $w_4 = 0.06836$ $w_5 = 0.05859$ $w_6 = 0.05859$

$w_7 = 0.05859$ $w_8 = 0.05859$ $w_9 = 0.06836$ $w_{10} = 0.06836$ $w_{11} = 0.12305$

$w_{12} = 0.12305$ และ

$w_1 = 1 - w_2 - w_3 - w_4 - w_5 - w_6 - w_7 - w_8 - w_9 - w_{10} - w_{11} - w_{12}$

$w_1 = 0.12305$

สามารถเขียนเป็นตารางสรุปได้ดังนี้

ตาราง 4.2 แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสองโดยใช้สูตร

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.25000	0.50000	0.25000									
4	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000								
5	0.18750	0.25000	0.12500	0.25000	0.18750							
6	0.18750	0.18750	0.12500	0.12500	0.18750	0.18750						
7	0.15625	0.18750	0.09375	0.12500	0.09375	0.18750	0.15625					
8	0.15625	0.15625	0.09375	0.09375	0.09375	0.09375	0.15625	0.15625				
9	0.13672	0.15625	0.07813	0.09375	0.07031	0.09375	0.07813	0.15625	0.13672			
10	0.13672	0.13672	0.07813	0.07813	0.07031	0.07031	0.07813	0.07813	0.13672	0.13672		
11	0.12305	0.13672	0.06836	0.07813	0.05859	0.07031	0.05859	0.07813	0.06836	0.13672	0.12305	
12	0.12305	0.12305	0.06836	0.06836	0.05859	0.05859	0.05859	0.05859	0.06836	0.06836	0.12305	0.12305

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆจะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนมากกว่าวันอื่นๆ และการกระจายจะมีลักษณะที่สมมาตรกัน ซึ่งให้ผลที่ตรงกันกับการคำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสม โดยการใช้ Excel

4.1.3 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^3$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^3]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

เราจะทำการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่ทำการขายในแต่ละวัน (w_k) ด้วย โปรแกรมใน Excel ด้วยการใช้ Solver ทำการคำนวณหา w_k ที่เหมาะสม ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ Min $E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^3]$ ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า $\sum_{k=1}^{n} w_k = 1$ และ $w_k \ge 0 \quad ,k = 1,2,\ldots,n$ ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.3 แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.25000	0.50000	0.25000									
4	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000								
5	0.20161	0.23387	0.12903	0.23387	0.20161							
6	0.19266	0.18807	0.11927	0.11927	0.18807	0.19266						
7	0.16884	0.18014	0.09398	0.11409	0.09398	0.18014	0.16884					
8	0.16304	0.15819	0.08982	0.08896	0.08896	0.08982	0.15819	0.16304				
9	0.14802	0.15339	0.07817	0.08620	0.06843	0.08620	0.07817	0.15339	0.14802			
10	0.14401	0.13959	0.07576	0.07462	0.06601	0.06601	0.07462	0.07576	0.13959	0.14401		
11	0.13340	0.13630	0.06867	0.07290	0.05667	0.06413	0.05667	0.07290	0.06867	0.13630	0.13340	
12	0.13044	0.12652	0.06705	0.06588	0.05522	0.05489	0.05489	0.05522	0.06588	0.06705	0.12652	0.13044

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆจะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนมากกว่าวันอื่นๆ และการกระจายจะมีลักษณะที่สมมาตรกัน

4.1.4 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(w))^4$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \qquad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \qquad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^4]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \qquad k = 1,2,\ldots,n$$

เราจะทำการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่ทำการขายในแต่ละวัน (w_k) ด้วย โปรแกรมใน Excel ด้วยการใช้ Solver ทำการคำนวณหา w_k ที่เหมาะสม ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ Min $E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^4]$ ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า $\sum_{k=1}^{n} w_k = 1$ และ $w_k \ge 0 \quad , k = 1,2,\ldots,n$

ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.4 แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.25000	0.50000	0.25000									
4	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000								
5	0.22501	0.19896	0.15205	0.19896	0.22501							
6	0.19922	0.18530	0.11548	0.11548	0.18530	0.19922						
7	0.18036	0.17331	0.09393	0.10479	0.09393	0.17331	0.18036					
8	0.17083	0.15804	0.08682	0.08431	0.08431	0.08682	0.15804	0.17083				
9	0.15860	0.15097	0.07770	0.07968	0.06609	0.07968	0.07770	0.15097	0.15860			
10	0.15206	0.14105	0.07393	0.07100	0.06196	0.06196	0.07100	0.07393	0.14105	0.15206		
11	0.14328	0.13616	0.06852	0.06832	0.05437	0.05867	0.05437	0.06832	0.06853	0.13616	0.14328	
12	0.13845	0.12896	0.06606	0.06323	0.05206	0.05125	0.05125	0.05206	0.06323	0.06606	0.12896	0.13845

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆจะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนมากกว่าวันอื่นๆ และการกระจายจะมีลักษณะที่สมมาตรกัน

4.1.5 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

กำหนดให้ $f(Z) = (\hat{X} - X(\bar{w}))^5$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min} \quad E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^5]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$

เราจะทำการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่ทำการขายในแต่ละวัน (w_k) ด้วย โปรแกรมใน Excel ด้วยการใช้ Solver ทำการคำนวณหา w_k ที่เหมาะสม ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ Min $E[(\hat{X} - X(\bar{w}))^5]$ ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า $\sum_{k=1}^{n} w_k = 1$ และ $w_k \ge 0 \quad , k = 1,2,\ldots,n$

ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.5 แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.25000	0.50000	0.25000									
4	0.25000	0.25000	0.25000	0.25000								
5	0.22501	0.19896	0.15205	0.19896	0.22501							
6	0.20673	0.17948	0.11379	0.11379	0.17948	0.20673						
7	0.19037	0.16754	0.09322	0.09774	0.09322	0.16754	0.19037					
8	0.17911	0.15633	0.08456	0.08000	0.08000	0.08456	0.15633	0.17911				
9	0.16822	0.14901	0.07681	0.07426	0.06342	0.07426	0.07681	0.14901	0.16822			
10	0.16041	0.14142	0.07249	0.06745	0.05823	0.05823	0.06745	0.07249	0.14142	0.16041		
11	0.15249	0.13620	0.06806	0.06440	0.05187	0.05396	0.05187	0.06440	0.06806	0.13620	0.15249	
12	0.14667	0.13054	0.06530	0.06056	0.04915	0.04779	0.04778	0.04915	0.06056	0.06530	0.13054	0.14667

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆจะมีค่าสัดส่วนของน้ำหนักในการลงทุนมากกว่าวันอื่นๆ และการกระจายจะมีลักษณะที่สมมาตรกัน

4.1.6 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบคือ Min $E[f(Z)]$

โดยที่ $$f(Z) = \sum_{j=1}^{2^{n-1}} Max(Z_j - a, 0)$$

เมื่อ Z เป็นตัวแปรสุ่มของค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้น

$$Z = \left(Z_1, Z_2, \ldots Z_{2^{n-1}}\right)$$

$$Z_j = \hat{X}_j - X_{jk}(w) \quad ; j = 1,2,\ldots,2^{(n-1)} \quad k = 1,2,..,n$$

$$a = E[Z]$$

จะได้ฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแบบดังนี้

$$\text{Min } E[Max((\hat{X} - X(\bar{w}) - a), 0)]$$

โดยมีข้อจำกัดคือ

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$

$$0 \le w_k \le 1 \quad k = 1,2,\ldots,n$$

เราจะทำการคำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักที่ทำการขายใน แต่ละวัน (w_k) ด้วยโปรแกรมใน Excel ด้วยการใช้ Solver ทำการคำนวณหา w_k ที่เหมาะสม ซึ่งในการคำนวณจะต้องพิจารณาถึงฟังก์ชันจุดประสงค์ Min $E[Max((\hat{X} - X(\bar{w}) - a), 0)]$ ภายใต้ข้อจำกัดที่ว่า $\sum_{k=1}^{n} w_k = 1$ และ $w_k \ge 0 \quad ; k = 1,2,\ldots,n$

ได้ผลดังตาราง

ตาราง 4.6 แสดงรูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8
3	0.2500	0.2500	0.5000					
4	0.0000	0.5000	0.0000	0.5000				
5	0.1875	0.1250	0.1875	0.3125	0.1875			
6	0.1250	0.2500	0.1250	0.0000	0.3750	0.1250		
7	0.2344	0.0312	0.2344	0.0000	0.2344	0.0312	0.2344	
8	0.1563	0.1719	0.0156	0.1563	0.0156	0.1562	0.1562	0.1719

จากตารางจะเห็นว่ารูปแบบของการกระจายน้ำหนักด้วยตัวแบบนี้ลักษณะของสัดส่วนการลงทุนค่อนข้างมีการกระจายของน้ำหนักในแต่ละวันแต่ลักษณะการกระจายจะไม่สมมาตรกัน

4.2 รูปแบบวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย

รูปแบบวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายที่นำมาใช้คำนวณหาน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนทั้ง 5 ตัวแบบประกอบด้วย

4.2.1 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น

พิจารณาตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก และความน่าจะเป็นของตำแหน่งที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น

กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก

$$R_n^+ = \min\{k \mid S_k = \hat{X}\}$$

เมื่อ $\hat{X}$ คือ กำไรที่มากที่สุด

$$\hat{X} = \max_{0 \le k \le n} S_k$$

Arc sine law for the position of the maxima

คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นในแต่ละตำแหน่งของช่วงเวลาต่างๆ ด้วยความน่าจะเป็นดังนี้

กำหนด S_k = กำไรของวันที่ $k; k = 1,2,\ldots,n$

S_0 = ค่าที่ตำแหน่งเริ่มต้น (กำไรจุดเริ่มต้น) ที่จุด $k = 0$

จากที่กำหนดให้ R_n^+ คือ ตำแหน่งเมื่อกำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นครั้งแรก ดังนั้นกำไรที่มากที่สุดที่จะเกิดขึ้นครั้งแรก นั่นก็คือ $S_{k=R_n^+}$

กำหนดให้

$k = 0$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันแรก

$k = 2p$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคู่

$k = 2p+1$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นเลขคี่

$k = 2v$ แทนจุดของเวลาที่ (วัน) เป็นวันสุดท้าย

กำหนดให้ $P(R_n^+ = k)$ คือ ความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น ในช่วงเวลาที่ k

สามารถแจกแจงความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะเกิดขึ้นในแต่ละจุดของเวลาเป็นดังนี้

$$P(R_n^+ = k) = \begin{cases} u_{2v} & , \quad k = 0 \\ \frac{1}{2}u_{2p}u_{2v-2p} & , \quad k = 2p, 2p+1 \\ \frac{1}{2}u_{2v} & , \quad k = 2v \end{cases}$$

ได้ทำการจำลองกำไรที่มีความน่าจะเป็นที่มีกำไรจะขึ้น 1 บาท หรือกำไรจะลดลง 1 บาท ด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน ซึ่งก็ได้มีการจำลองกำไรเริ่ม ตั้งแต่ 3 วัน จนถึง 12 วัน ซึ่งทำให้เกิดสถานการณ์ที่กำไรที่จะสามารถเกิดขึ้นได้ภายใน 12 วัน สถานการณ์ทั้งหมดสามารถแจกแจงได้ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4.7 แสดงจำนวนสถานการณ์ของวันจำนวน 12 วัน

จำนวนวัน (n)	**จำนวนสถานการณ์ = 2^{n-1} สถานการณ์**
3	4
4	8
5	16
6	32
7	64
8	128
9	256
10	512
11	1024
12	2048

ตาราง 4.8 แสดงความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่แต่ละวัน

day	**w1**	**w2**	**w3**	**w4**	**w5**	**w6**	**w7**	**w8**	**w9**	**w10**	**w11**	**w12**
3	0.5000	0.2500	0.2500									
4	0.3750	0.2500	0.1250	0.2500								
5	0.3750	0.1875	0.1250	0.1250	0.1875							
6	0.3125	0.1875	0.0938	0.1250	0.0938	0.1875						
7	0.3125	0.1563	0.0938	0.0938	0.0938	0.0938	0.1563					
8	0.2734	0.1563	0.0781	0.0938	0.0703	0.0938	0.0781	0.1563				
9	0.2734	0.1367	0.0781	0.0781	0.0703	0.0703	0.0781	0.0781	0.1367			
10	0.2461	0.1367	0.0684	0.0781	0.0586	0.0703	0.0586	0.0781	0.0684	0.1367		
11	0.2461	0.1230	0.0684	0.0684	0.0586	0.0586	0.0586	0.0586	0.0684	0.0684	0.1230	
12	0.2256	0.1230	0.0615	0.0684	0.0513	0.0586	0.0488	0.0586	0.0513	0.0684	0.0615	0.1230

จากตารางจะเห็นว่าการลงน้ำหนักจะมีค่ามากที่สุดในวันแรกส่วนวันที่สองกับวันสุดท้ายจะมีการลงน้ำหนักเท่ากันและการลงน้ำหนักจะมากเป็นลำดับที่สองโดยลักษณะการกระจายจะมีความสมมาตร

4.2.2 รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักในการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

การคำนวณหาสัดส่วนน้ำหนักในการลงทุนโดยการเฉลี่ยน้ำหนักของการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากันโดยใช้สูตรดังนี้

$$w_k = \frac{M}{n}$$

M = จำนวนสินค้าทั้งหมด

n = จำนวนวันที่ทำการลงทุน

w_k = น้ำหนักที่ลงทุนในวันที่ $k; k = 1,2,3,\ldots,n$

จึงได้ทำการกระจายน้ำหนักการลงทุนแต่ละวันให้มีค่าเท่าๆกันซึ่งได้พิจารณาจำนวนวันทั้งหมด 12 วันได้ผลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 4.9 แสดงน้ำหนักในการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

day	w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12
3	0.3333	0.3333	0.3333									
4	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500								
5	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000							
6	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667	0.1667						
7	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429	0.1429					
8	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250	0.1250				
9	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111			
10	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000	0.1000		
11	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	0.0909	
12	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833	0.0833

จากตารางจะเห็นว่าการการกระจายน้ำหนักในแต่ละวันจะมีการเฉลี่ยการกระจายน้ำหนักแต่ละวันให้มีน้ำหนักในการลงทุนมีค่าเท่ากัน

4.3 การหาระยะห่างระหว่างตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ทั้ง 2 รูปแบบ

ตาราง 4.10 แสดงค่าของระยะห่างระหว่างตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสองเทียบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายโดยอาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นและการเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวัน

Euclidean distance ความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง		**Euclidean distance เฉลี่ยน้ำหนักแต่ละวัน กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง**	
3	0.35355	**3**	0.20412
4	0.17678	**4**	0.00000
5	0.23385	**5**	0.10458
6	0.15934	**6**	0.07217
7	0.18750	**7**	0.09740
8	0.14363	**8**	0.08839
9	0.16115	**9**	0.09915
10	0.13134	**10**	0.09524
11	0.14358	**11**	0.10059
12	0.12160	**12**	0.09825

จากตารางค่า Euclidean distance ของระยะห่างระหว่างรูปแบบการกระจายที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยการลงน้ำหนักตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะมีโอกาสเกิดขึ้น ในแต่ละวันด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด และรูปแบบในการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวัน เปรียบเทียบกับตัวแบบที่พิจารณาในรูปของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง จะเห็นว่าการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสองมากกว่า

ตาราง 4.11 แสดงค่าของระยะห่างระหว่างตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสามเทียบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายโดยอาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นและการเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวัน

Euclidean distance ความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม		**Euclidean distance เฉลี่ยน้ำหนักแต่ละวัน กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม**	
3	0.35355	**3**	0.20412
4	0.17678	**4**	0.00000
5	0.21043	**5**	0.08565
6	0.15482	**6**	0.08223
7	0.17101	**7**	0.09867
8	0.13846	**8**	0.10085
9	0.14873	**9**	0.10739
10	0.12633	**10**	0.10855
11	0.13365	**11**	0.11149
12	0.11693	**12**	0.11183

จากตารางค่า Euclidean distance ของระยะห่างระหว่างรูปแบบการกระจายที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยการลงน้ำหนักตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะมีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละวันด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด และรูปแบบในการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันเปรียบเทียบกับตัวแบบที่พิจารณาในรูปของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม จะเห็นว่าการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสามมากกว่า

ตาราง 4.12 แสดงค่าของระยะห่างระหว่างตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่เทียบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย โดยอาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นและการเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวัน

Euclidean distance ความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่		**Euclidean distance เฉลี่ยน้ำหนักแต่ละวัน กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่**	
3	0.35355	**3**	0.20412
4	0.17678	**4**	0.00000
5	0.17389	**5**	0.05960
6	0.14805	**6**	0.08974
7	0.15743	**7**	0.10443
8	0.13243	**8**	0.11229
9	0.13887	**9**	0.11800
10	0.12130	**10**	0.12135
11	0.12601	**11**	0.12375
12	0.11274	**12**	0.12513

จากตารางค่า Euclidean distance ของระยะห่างระหว่างรูปแบบการกระจายที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยการลงน้ำหนักตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะมีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละวันด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด และรูปแบบในการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันเปรียบเทียบกับตัวแบบที่พิจารณาในรูปของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ จะเห็นว่าการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่มากกว่า

ตาราง 4.13 แสดงค่าของระยะห่างระหว่างตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้าเทียบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายโดยอาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นและการเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวัน

Euclidean distance ความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิด กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า		**Euclidean distance เฉลี่ยน้ำหนักแต่ละวัน กับ ค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า**	
3	0.35355	**3**	0.20412
4	0.17678	**4**	0.00000
5	0.17389	**5**	0.05960
6	0.13964	**6**	0.09555
7	0.14721	**7**	0.11268
8	0.12627	**8**	0.12305
9	0.13160	**9**	0.12938
10	0.11683	**10**	0.13361
11	0.12069	**11**	0.13621
12	0.10949	**12**	0.13796

จากตารางค่า Euclidean distance ของระยะห่างระหว่างรูปแบบการกระจายที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยการลงน้ำหนักตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะมีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละวันด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด และรูปแบบในการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันเปรียบเทียบกับตัวแบบที่พิจารณาในรูปของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า จะเห็นว่าช่วงแรกการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันมีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้ามากกว่า แต่ถ้าจำนวนวันเพิ่มขึ้นรูปแบบของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็น จะมีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้ามากกว่า

ตาราง 4.14 แสดงค่าของระยะห่างระหว่างตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆเทียบกับวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายโดยอาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นและการเฉลี่ยน้ำหนักในแต่ละวัน

Euclidean distance ความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น กับ ค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ		**Euclidean distance เฉลี่ยน้ำหนักแต่ละวัน กับ ค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ**	
3	0.35355	**3**	0.20412
4	0.53033	**4**	0.50000
5	0.27951	**5**	0.13693
6	0.37239	**6**	0.28868
7	0.28304	**7**	0.28083
8	0.18717	**8**	0.17952

จากตารางค่า Euclidean distance ของระยะห่างระหว่างรูปแบบการกระจายที่อาศัยความน่าจะเป็นโดยการลงน้ำหนักตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุด จะมีโอกาสเกิดขึ้นในแต่ละวันด้วยความน่าจะเป็นเท่าใด และรูปแบบในการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวันเปรียบเทียบกับตัวแบบที่พิจารณาในรูปของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ จะเห็นว่าการเฉลี่ยกระจายน้ำหนักในการลงทุนแต่ละวัน มีค่าใกล้เคียงกับตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆมากกว่า

4.4 การเปรียบเทียบค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสทั้ง 5 ตัวแบบโดยคำนวณจากการรูปแบบการกระจายน้ำหนักของวิธีฮิวริสติกอย่างง่าย ทั้ง 2 รูปแบบ

กำหนดให้

ตัวแบบที่ 1 คือ ค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง

ตัวแบบที่ 2 คือ ค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

ตัวแบบที่ 3 คือ ค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

ตัวแบบที่ 4 คือ ค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

ตัวแบบที่ 5 คือ ค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่อาศัยความน่าจะเป็นที่กำไรที่มากที่สุดจะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุดก็ทำการลงทุนตามสัดส่วนความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้น

รูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบสัดส่วนน้ำหนักของการลงทุนที่เฉลี่ยสัดส่วนการลงทุนในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน

นำลักษณะการกระจายน้ำหนักของรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ ไปคำนวณหาค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส ทั้ง 5 ตัวแบบดังนี้

4.4.1 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง

ตาราง 4.15 แสดงค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสองในรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ

day	3	4	5	6	7	8
ตัวแบบที่ 1	0.62500	1.12500	1.60938	2.14844	2.67578	3.23828
รูปแบบที่ 1	0.68750	1.25000	1.67578	2.19727	2.74902	3.29858
รูปแบบที่ 2	0.63889	1.12500	1.61250	2.15278	2.68304	3.25000

จากตารางเมื่อพิจารณาความใกล้เคียงของค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง (ตัวแบบที่ 1) เมื่อคำนวณโดยใช้ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ผลว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าหวังของค่าเสียโอกาสใกล้เคียงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสองมากกว่ารูปแบบที่ 1

4.4.2 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม

ตาราง 4.16 แสดงค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสามในรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ

day	3	4	5	6	7	8
ตัวแบบที่ 2	0.56250	1.37500	2.41079	3.71531	5.20268	6.91724
รูปแบบที่ 1	0.70313	1.75000	2.69556	3.97583	5.62961	7.31697
รูปแบบที่ 2	0.58333	1.37500	2.41750	3.73958	5.24872	7.00195

จากตารางเมื่อพิจารณาความใกล้เคียงของค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม (ตัวแบบที่ 2) เมื่อคำนวณโดยใช้ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ผลว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าหวังของค่าเสียโอกาสใกล้เคียงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสามมากกว่ารูปแบบที่ 1

4.4.3 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่

ตาราง 4.17 แสดงค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ในรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ

day	3	4	5	6	7	8
ตัวแบบที่ 3	0.53125	1.78125	3.88622	6.96279	11.01792	16.14633
รูปแบบที่ 1	0.76953	2.08789	4.81288	7.97569	12.89142	18.10409
รูปแบบที่ 2	0.55247	1.78125	3.89970	7.05401	11.22768	16.56836

จากตารางเมื่อพิจารณาความใกล้เคียงของค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ (ตัวแบบที่ 3) เมื่อคำนวณโดยใช้ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ผลว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าหวังของค่าเสียโอกาสใกล้เคียงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่มากกว่ารูปแบบที่ 1

4.4.4 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า

ตาราง 4.18 แสดงค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้าในรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ

day	3	4	5	6	7	8
ตัวแบบที่ 4	0.51563	2.40625	6.59947	13.90170	24.98285	40.53536
รูปแบบที่ 1	0.88184	3.10205	9.33845	17.42223	32.44556	49.19949
รูปแบบที่ 2	0.53395	2.40625	6.64150	14.19280	25.79673	42.33875

จากตารางเมื่อพิจารณาความใกล้เคียงของค่าคาดหวังของฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า (ตัวแบบที่ 4) เมื่อคำนวณโดยใช้ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ผลว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าหวังของค่าเสียโอกาสใกล้เคียงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้ามากกว่ารูปแบบที่ 1

4.4.5 ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ

ตาราง 4.19 แสดงค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆในรูปแบบทั้ง 2 รูปแบบ

day	3	4	5	6	7	8
ตัวแบบที่ 5	0.12500	0.12500	0.17969	0.19531	0.22903	0.24902
รูปแบบที่ 1	0.12500	0.12500	0.20313	0.22070	0.24905	0.26440
รูปแบบที่ 2	0.12500	0.12500	0.18203	0.20833	0.23154	0.25293

จากตารางเมื่อพิจารณาความใกล้เคียงของค่าคาดหวังของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ (ตัวแบบที่ 5) เมื่อคำนวณโดยใช้ทั้ง 2 รูปแบบ ได้ผลว่ารูปแบบที่ 2 มีค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสใกล้เคียงฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆมากกว่ารูปแบบที่ 1

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1สรุปผลการวิจัย

สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ เรามีแนวความคิดที่ว่ารูปแบบน้ำหนักที่เหมาะสมของการลงทุนภายใต้ตัวแบบของฟังก์ชันค่าเสียโอกาส ทำให้เราสามารถพิจารณาทางเลือกในการลงทุนที่เหมาะสมได้ โดยคำนึงถึงการลงทุนที่ทำให้เกิดค่าเสียโอกาสที่น้อยที่สุดซึ่งตัวแบบที่นำมาใช้ในการพิจารณามีทั้งหมด 5 ตัวแบบ ดังนี้ คือ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ เพื่อที่จะศึกษาถึงลักษณะของน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนทั้ง 5 ตัวแบบ

สำหรับน้ำหนักที่เหมาะสมในการกระจายการลงทุนของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบ มีดังนี้ ตัวแบบที่พิจารณาฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า จะมีการลงน้ำหนักในช่วงแรกๆและช่วงท้ายๆเท่ากัน และมีค่ามากกว่าช่วงวันอื่นๆ โดยที่รูปแบบการกระจายจะสมมาตรกัน ส่วนตัวแบบของฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ ซึ่งเป็นตัวแบบที่พิจารณาผลต่างของค่าเสียโอกาส และค่าเฉลี่ยของค่าเสียโอกาส ซึ่งรูปแบบก็จะมีลักษณะการกระจายตัวไปในแต่ละวันใกล้เคียงกันคล้ายๆกับตัวแบบทั้ง 4 ตัวแบบ แต่การกระจายจะไม่สมมาตรกัน จะเห็นว่าจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแบบทั้ง 5 ตัวแบบ มีลักษณะการกระจายตัวของน้ำหนักในการลงทุนค่อนข้างใกล้เคียง เนื่องจากการคำนวณรูปแบบของน้ำหนักที่เหมาะสมของตัวแบบทั้ง 5 ให้เป็นสูตรทั่วไปค่อนข้างมีความยุ่งยาก จึงได้ใช้วิธีฮิวริสติกอย่างง่ายมาคำนวณหาคำตอบของน้ำหนักที่เหมาะสมในการลงทุนของแต่ละตัวแบบโดยประมาณ โดยวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายที่นำมาใช้ในการหาคำตอบของน้ำหนักที่เหมาะสมประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ

1. การลงทุนตามสัดส่วนของความน่าจะเป็นเมื่ออาศัยหลักการที่ว่า ภายใต้รูปแบบของกำไรที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละสถานการณ์นั้นจะต้องมีกำไรที่มากที่สุดเกิดขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการคำนวณหาว่ากำไรที่มากที่สุดมีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นที่วันใดมากที่สุด ซึ่งเราก็จะทำการลงน้ำหนักตามสัดส่วนของความน่าจะเป็นที่เกิดขึ้นนั้น

2. การเฉลี่ยลงทุนแต่ละวันให้มีค่าเท่ากันซึ่งอาศัยหลักการที่ว่าในการคำนวณและใช้หลักการกระจายลงแต่ละวันให้เท่ากันเพื่อเป็นการลดความเสี่ยง

ทำการเปรียบเทียบวิธีฮิวริสติกอย่างง่ายที่ใช้หาน้ำหนักที่เหมาะสมทั้ง 2 รูปแบบ โดยอาศัยหลักเกณฑ์ 2 วิธีดังนี้

1. การคำนวณหาค่า Euclidean distance ซึ่งเป็นการคำนวณหาระยะห่างระหว่าง ชุดข้อมูล 2 ชุด ซึ่งได้ผลว่า การเฉลี่ยการลงทุนโดยการกระจายน้ำหนักในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน มีค่าใกล้เคียงกับฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสอง ฟังก์ชันค่าเสียโอกาสยกกำลังสาม และฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสเชิงเส้นเป็นช่วงๆ ส่วนฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังสี่ ฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสยกกำลังห้า ได้ผลว่าการอาศัยความน่าจะเป็นและการเฉลี่ยการลงทุนโดยการกระจายลงแต่ละวันให้มีค่าเท่ากัน จะมีความใกล้เคียงกับตัวแบบทั้ง 2 เท่าๆกัน

2. นำรูปแบบการกระจายน้ำหนักทั้ง 2 รูปแบบแทนลงไป เพื่อคำนวณหาค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส ว่ารูปแบบใดมีค่าใกล้เคียงกับฟังก์ชันค่าเสียโอกาสทั้ง 5 ตัวแบบ ได้ผลว่า การเฉลี่ยการลงทุนโดยการกระจายน้ำหนักในแต่ละวันให้มีค่าเท่ากันมีค่าใกล้เคียงกับฟังก์ชันของค่าเสียโอกาสทั้ง 5 ตัวแบบมากกว่าวิธีการลงทุนโดยอาศัยความน่าจะเป็นที่ราคาที่มากที่สุดจะเกิดขึ้น

สรุปได้ว่าการลงทุนที่ใช้การกระจายน้ำหนักให้แต่ละวันมีการลงทุนเท่ากัน มีความใกล้เคียงกับทั้ง 5 ตัวแบบมากที่สุด ดังนั้น ถ้าผู้ลงทุนต้องการที่จะวางแผนการลงทุนล่วงหน้าว่าจะทำการขายสินค้าในแต่ละวันด้วยจำนวนเท่าใดนั้น การลงทุนด้วยวิธีการนี้ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่ทำให้เกิดค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสมีค่าใกล้เคียงกับค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาส ของทั้ง 5 ตัวแบบ ซึ่งเป็นตัวแบบที่พิจารณาถึงความต้องการของผู้ลงทุน ที่ต้องการให้การกระจายน้ำหนักในการลงทุนเกิดค่าคาดหวังของค่าเสียโอกาสน้อยที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กัลยา วานิชยบัญชา. การวิเคราะห์สถิติขั้นสูง SPSS for Windows.. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์บริษัทธรรมสาร, 2546.

เสกสรร เกียรติสุไพบูลย์. IE.NETWORK CONFERENCE, 2549.

ภาษาอังกฤษ

Feller, William. An Introducticy to probability Theory and Its Application. John Wiley & Sons, 1906-1970: 67-97.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กัลยา วานิชยบัญชา. การวิเคราะห์สถิติ: สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

มานพ วราภักดิ์. ทฤษฎีความน่าจะเป็น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. การวิจัยการดำเนินงาน เล่มที่ 1. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์บริษัทเพื่อนพิมพ์, 2532.

วีนัส พีชวณิชย์. ทฤษฎีความน่าจะเป็นและการประยุกต์.. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประกายพรึก, 2535.

อัญญา ขันธวิทย์. การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการลงทุนในตลาดหลักทรัพย์ : อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2547.

ภาษาอังกฤษ

Dwass, M. Simple Random Walk and Rank Order statistics. The Annals of Mathematical Statistics. 38 (1967):1042-1053.

Fang, S., Puthenpura, S. Linear Optimization and Extension: Theory and Algorithms Prentice Hall, New Jersey, 1993.

Katta Murty.Linear and Combinatorial Programming (1976): 13.

Katzenbeisser, W. and Panny, W. On The Number of Times Where A Simple Random Walk Reaches Its Maximum. Applied Probability Trust. 29 (1992): 305-312.

Katzenbeisser, W. and Panny, W. Simple Randomm Walk Statistics Part I:Discrete Time Results.Journal of Applied Probability. 33 (1996): 311-330.

Markowitz, H.M. Portfolio Selection. Journal of Finance. 7 (1952): 77-91.

Murty, K.G. Linear Programming . (n.p.). 1983.

ภาคผนวก

กรณี 3 วัน

```
Option Explicit
Const nday = 3
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
       If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
       Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       End If
      End If
     Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
```

```
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
        ReDim vTotal(nday) As Double
        ReDim iiTotal(nday) As Double
        ReDim sumday(nsit) As Integer
        ReDim xx(nday) As Integer
        iiTotal(0) = 0
        For sit = 1 To nsit
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
            For day = 1 To nday
                vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
                Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
                iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
                iiTotal(day) = iTotal
            Next day
                 maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
                 i = 0
              Do
                i = i + 1
                maxday = i
```

```
        Loop Until iiTotal(i) = maxVal
      Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
       sumday(sit) = maxday
  Next sit
   For k = 1 To nday
   xx(k) = 0
   For j = 1 To nsit
        If sumday(j) = k Then
             xx(k) = xx(k) + 1
        End If
   Next j
   Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
   Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
   Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
   Next k
 End With
End Sub
```

<u>กรณี 4 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 4
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
        Sheets("result").Cells(j, i) = 0
        Count = 1
```

```
      Else
        n = 2 ^ (nday - i)
        If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
        Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        End If
       End If
      Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
       ReDim vTotal(nday) As Double
       ReDim iiTotal(nday) As Double
```

```
ReDim sumday(nsit) As Integer
ReDim xx(nday) As Integer
iiTotal(0) = 0
For sit = 1 To nsit
iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
    For day = 1 To nday
        vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
        Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
        iiTotal(day) = iTotal
    Next day
         maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
         i = 0
      Do
        i = i + 1
        maxday = i
      Loop Until iiTotal(i) = maxVal
    Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
     sumday(sit) = maxday
Next sit
For k = 1 To nday
xx(k) = 0
For j = 1 To nsit
        If sumday(j) = k Then
              xx(k) = xx(k) + 1
        End If
Next j
Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
```

```
    Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
    Next k
  End With
End Sub
```

<u>กรณี 5 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 5
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
       If (Count <= n) Then
         Count = Count + 1
        Sheets("result").Cells(j, i) = 1

       ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
        Count = Count + 1
        Sheets("result").Cells(j, i) = -1
       Else
         Count = 2
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       End If
```

```
      End If
     Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
        ReDim vTotal(nday) As Double
        ReDim iiTotal(nday) As Double
        ReDim sumday(nsit) As Integer
        ReDim xx(nday) As Integer
        iiTotal(0) = 0
        For sit = 1 To nsit
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
            For day = 1 To nday
                vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
                Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
                iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
                iiTotal(day) = iTotal
            Next day
                 maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
```

```
i = 0
Do
  i = i + 1
  maxday = i
Loop Until iiTotal(i) = maxVal
Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
sumday(sit) = maxday
Next sit
For k = 1 To nday
xx(k) = 0
For j = 1 To nsit
    If sumday(j) = k Then
        xx(k) = xx(k) + 1
    End If
Next j
Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
Next k
End With
End Sub
```

กรณี 6 วัน

```
Option Explicit
Const nday = 6
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
For i = 1 To nday
```

```
  For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
    If i = 1 Then
      Sheets("result").Cells(j, i) = 0
      Count = 1
    Else
      n = 2 ^ (nday - i)
      If (Count <= n) Then
        Count = Count + 1
        Sheets("result").Cells(j, i) = 1
      ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
        Count = Count + 1
        Sheets("result").Cells(j, i) = -1
      Else
        Count = 2
        Sheets("result").Cells(j, i) = 1
      End If
    End If
  Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
```

```
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
        ReDim vTotal(nday) As Double
        ReDim iiTotal(nday) As Double
        ReDim sumday(nsit) As Integer
        ReDim xx(nday) As Integer
        iiTotal(0) = 0
        For sit = 1 To nsit
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
            For day = 1 To nday
                vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
                Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
                iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
                iiTotal(day) = iTotal
            Next day
                 maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
                 i = 0
              Do
                i = i + 1
                maxday = i
              Loop Until iiTotal(i) = maxVal
            Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
             sumday(sit) = maxday
       Next sit
        For k = 1 To nday
        xx(k) = 0
        For j = 1 To nsit
                If sumday(j) = k Then
                      xx(k) = xx(k) + 1
```

```
        End If
      Next j
      Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
      Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
      Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
      Next k
    End With
End Sub
```

<u>กรณี 7 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 7
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
    For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
      If i = 1 Then
        Sheets("result").Cells(j, i) = 0
        Count = 1
      Else
        n = 2 ^ (nday - i)
        If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
        Else
```

```
        Count = 2
        Sheets("result").Cells(j, i) = 1
      End If
    End If
   Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
      ReDim vTotal(nday) As Double
      ReDim iiTotal(nday) As Double
      ReDim sumday(nsit) As Integer
      ReDim xx(nday) As Integer
      iiTotal(0) = 0
      For sit = 1 To nsit
      iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
        For day = 1 To nday
          vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
          Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
          iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
```

```
        iiTotal(day) = iTotal
      Next day
        maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
        i = 0
       Do
        i = i + 1
        maxday = i
       Loop Until iiTotal(i) = maxVal
      Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
      sumday(sit) = maxday
    Next sit
     For k = 1 To nday
     xx(k) = 0
     For j = 1 To nsit
         If sumday(j) = k Then
             xx(k) = xx(k) + 1
         End If
     Next j
     Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
     Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
     Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
     Next k
  End With
End Sub
```

<u>กรณี 8 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 8
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
```

```
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
       If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
       Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       End If
      End If
     Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
```

```
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
 With Sheet1
  ReDim vTotal(nday) As Double
  ReDim iiTotal(nday) As Double
  ReDim sumday(nsit) As Integer
  ReDim xx(nday) As Integer
  iiTotal(0) = 0
  For sit = 1 To nsit
  iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
   For day = 1 To nday
    vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
    Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
    iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
    iiTotal(day) = iTotal
   Next day
    maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
    i = 0
   Do
    i = i + 1
    maxday = i
   Loop Until iiTotal(i) = maxVal
   Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
```

```
        sumday(sit) = maxday
     Next sit
     For k = 1 To nday
     xx(k) = 0
     For j = 1 To nsit
          If sumday(j) = k Then
               xx(k) = xx(k) + 1
          End If
     Next j
     Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
     Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
     Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
     Next k
   End With
End Sub
```

<u>กรณี 9 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 9
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
```

```
        If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
          Count = Count + 1
          Sheets("result").Cells(j, i) = -1
        Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        End If
      End If
    Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
       ReDim vTotal(nday) As Double
       ReDim iiTotal(nday) As Double
       ReDim sumday(nsit) As Integer
       ReDim xx(nday) As Integer
```

```
iiTotal(0) = 0
For sit = 1 To nsit
iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
    For day = 1 To nday
        vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
        Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
        iiTotal(day) = iTotal
    Next day
         maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
         i = 0
      Do
        i = i + 1
        maxday = i
      Loop Until iiTotal(i) = maxVal
    Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
     sumday(sit) = maxday
Next sit
For k = 1 To nday
xx(k) = 0
For j = 1 To nsit
        If sumday(j) = k Then
              xx(k) = xx(k) + 1
        End If
Next j
Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
```

```
      Next k
   End With
End Sub
```

<u>กรณี 10 วัน</u>

```
Option Explicit
Const nday = 10
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
       If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
       Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
       End If
      End If
     Next j
```

```
 Next i


Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
        ReDim vTotal(nday) As Double
        ReDim iiTotal(nday) As Double
        ReDim sumday(nsit) As Integer
        ReDim xx(nday) As Integer
        iiTotal(0) = 0
        For sit = 1 To nsit
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
            For day = 1 To nday
                vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
                Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
                iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
                iiTotal(day) = iTotal
            Next day
                 maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
```

```
        i = 0
       Do
        i = i + 1
        maxday = i
       Loop Until iiTotal(i) = maxVal
      Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
      sumday(sit) = maxday
    Next sit
    For k = 1 To nday
    xx(k) = 0
    For j = 1 To nsit
        If sumday(j) = k Then
            xx(k) = xx(k) + 1
        End If
    Next j
    Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
    Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
    Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
    Next k
  End With
End Sub
```

กรณี 11 วัน

```
Option Explicit
Const nday = 11
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
```

```
  For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
    If i = 1 Then
      Sheets("result").Cells(j, i) = 0
      Count = 1
    Else
      n = 2 ^ (nday - i)
      If (Count <= n) Then
        Count = Count + 1
       Sheets("result").Cells(j, i) = 1
      ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
       Count = Count + 1
       Sheets("result").Cells(j, i) = -1
      Else
        Count = 2
        Sheets("result").Cells(j, i) = 1
      End If
     End If
    Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
```

```
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
    With Sheet1
        ReDim vTotal(nday) As Double
        ReDim iiTotal(nday) As Double
        ReDim sumday(nsit) As Integer
        ReDim xx(nday) As Integer
        iiTotal(0) = 0
        For sit = 1 To nsit
        iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
            For day = 1 To nday
                vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
                Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
                iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
                iiTotal(day) = iTotal
            Next day
                 maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
                 i = 0
              Do
                i = i + 1
                maxday = i
              Loop Until iiTotal(i) = maxVal
            Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
             sumday(sit) = maxday
       Next sit
        For k = 1 To nday
        xx(k) = 0
        For j = 1 To nsit
                If sumday(j) = k Then
                      xx(k) = xx(k) + 1
```

```
        End If
      Next j
      Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
      Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
      Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
      Next k
    End With
End Sub
```

กรณี 12 วัน

```
Option Explicit
Const nday =12
Const nsit = 2 ^ (nday - 1)
Sub kai()
Dim i, j, k, Count, n, sum, m, total, value As Integer
Sheets("result").Range("a1:Z10000").ClearContents
 For i = 1 To nday
   For j = 1 To 2 ^ (nday - 1)
     If i = 1 Then
       Sheets("result").Cells(j, i) = 0
       Count = 1
     Else
       n = 2 ^ (nday - i)
       If (Count <= n) Then
          Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = 1

       ElseIf (Count <= (2 * n)) Then
         Count = Count + 1
         Sheets("result").Cells(j, i) = -1
```

```
        Else
          Count = 2
          Sheets("result").Cells(j, i) = 1
        End If
      End If
     Next j
 Next i
Sheet1.CommandButton1.Enabled = True
End Sub
Sub SumValue()
Sheets("sheet2").Range("a1:Z10000").ClearContents
Dim vTotal() As Double
Dim sit As Double
Dim day As Double
Dim iTotal As Double
Dim iiTotal() As Double
Dim x() As Integer
Dim maxVal, j, i, k, maxday, sumday() As Integer
   With Sheet1
      ReDim vTotal(nday) As Double
      ReDim iiTotal(nday) As Double
      ReDim sumday(nsit) As Integer
      ReDim xx(nday) As Integer
      iiTotal(0) = 0
      For sit = 1 To nsit
      iTotal = Sheets("result").Cells(sit, 1)
         For day = 1 To nday
            vTotal(day) = iTotal + Val(Sheets("result").Cells(sit, day))
            Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = vTotal(day) '.Cells(nsit, day)
```

```
            iTotal = Sheets("result").Cells(sit, day + nday)
            iiTotal(day) = iTotal
        Next day
            maxVal = WorksheetFunction.Max(iiTotal())
            i = 0
          Do
            i = i + 1
            maxday = i
          Loop Until iiTotal(i) = maxVal
        Sheets("result").Cells(sit, day + nday) = maxday
         sumday(sit) = maxday
    Next sit
     For k = 1 To nday
     xx(k) = 0
     For j = 1 To nsit
            If sumday(j) = k Then
                  xx(k) = xx(k) + 1
            End If
     Next j
     Sheets("sheet2").Cells(1, k) = "no." & k
     Sheets("sheet2").Cells(2, k) = xx(k)
     Sheets("sheet2").Cells(3, k) = xx(k) / (2 ^ (nday - 1))
     Next k
   End With
End Sub
```

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสมใจ กุลจิราธนโชติ เกิดเมื่อ วันที่ 11 พฤศจิกายน 2524 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิต หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2546 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต หลักสูตรสถิติศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547 ระหว่างศึกษาได้รับทุนช่วยเหลือค่าเล่าเรียน