รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

วิฑูรย์ ตันศิริคงคล. AHP กระบวนการตัดสินใจที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในโลก.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด(มหาชน), 2542.

ภาษาอังกฤษ

Belvoir F. Systems Engineering Management Guide. Defense Systems Management College, 1986.

Bing, L., Tiong, R. L., Fan, W. W., and Chew, D. A. Risk management in international construction joint ventures. Journal of Construction Engineering and Management 125 (July/August 1999) : 277-284.

Blok, F. G. Contingency: definition, classification and probability. Seventh International Cost Engineering Congress. London, 1982 : B3-1-8.

Brosen, B. W., Chavas, J., and Grant, W. A market equilibrium analysis of the impact of risk on the U.S. rice industry. American Journal of Agricultural Economic 69 (1987): 733-739.

Davidson, L. B., and Cooper, D.O. A simple way of developing a probability distribution of present value. Journal of Petroleum Technology (September 1976) : 1069-1078.

Fisk, E. R. Construction project administration. 6th ed. Prentice Hall, 2000.

Hartman, F., and Snelgrove, F. Risk allocation in lump-sum contract-concept of latent dispute. Journal of Construction Engineering and Management 122 (September 1996): 291-297.

Hull, J. C. The accuracy of the means and standard deviations of subjective probability distributions. Journal of Royal Statistical Society 141 (1978) : 79-85.

Kangari, R. Risk management perception and trend of U.S. construction. Journal of Construction Engineering and Management 121 (December 1995) : 422-429.

Keefer, D. L, and Bodily, S. E. Three-point approximations for continuous random variables. Management Science 29 (1983) : 595-609.

Mak, S., and Picken, D. Using risk analysis to determine construction project contingency. Journal of Construction Engineering and Management 126 (March/April 2000) : 130-136.

Moder, J. J., and Rodgers, E. G. Judgement estimates of the moments of PERT type distributions. Management and Science 15(2) (1968) : B77-B83.

Pearson, E. S., and Tukey, J. Approximating means and standard deviations based on distance between percentage points of frequency curve. Biometrika 52 (1965) : 533-546.

Perry, C., and Greig, I. D. Estimating the mean and variance of subjective distributions in PERT and decision analysis. Management Science 21 (August 1975) : 1477-1480.

Ranasinghe, M. Contingency allocation and management for building projects. Construction Management and Economics 12 (1994) : 233-243.

Rutger, J. A., and Haley, H. D. Project risks and risk allocation. Cost Engineering 38 (September 1996) : 27-30.

Saaty, T. L., The analytical hierarchy process. New York : McGraw-Hill, 1980.

Shen, L. Y., George, W. C. W., and Catherine, S. K. N. Risk assessment for construction joint ventures in CHINA. Journal of Construction Engineering and Management 127 (January/February 2001) : 76-81.

Smith, R. G., and Bohn, M. C. Small to medium contractor contingency and assumption of risk. Journal of Construction Engineering and Management 125 (March/April 1999) : 101-108.

Thompson, P. A., and Perry, J. G. Engineering construction risks. London: Thomas Telford, 1992.

Wideman, R. M. The project management institute and project management handbook. Jossey-Bass Publishers, 1998.

Yeo, K. T. Risks classification of estimates and contingency management. Journal of Management in Engineering 6 (1990) : 458-470.

Zack, J. G. Jr. Risk sharing–good concept, bad name. Cost Engineering 38 (July1996) : 26-31.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้ประเมิน

แบบประเมินความเสี่ยงของกิจกรรมในโครงการ

การเปรียบเทียบความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นในโครงการโดยการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1) สร้างตาราง โอกาสความเสี่ยง ตารางดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงต่างๆที่จะทำให้ต้นทุนที่จะใช้ในการก่อสร้างมากขึ้นจากที่ได้ประมาณไว้
2) สร้างตาราง ความรุนแรงความเสี่ยง ตารางดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ความเสี่ยงดังกล่าว ถึงผลกระทบมากน้อยอย่างไร ถ้าเปรียบเทียบกันในแต่ละกิจกรรม

ความสำคัญในการเปรียบเทียบจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ มีความสำคัญเท่ากัน จนถึงมีความสำคัญมากกว่าอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

เกณฑ์ในการกำหนดระดับความสำคัญ

ระดับความสำคัญ	ความหมายและระดับความสำคัญ
1	มีความสำคัญเท่ากัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง
2,4,6,8	มีความสำคัญที่เป็นค่าระดับกลางระหว่างตัวเลขที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

หมายเหตุ: เมื่อต้องการความละเอียดและถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการประเมินความสำคัญของปัจจัยอาจจะนำเอาความสำคัญให้มีค่าเป็น 1.1, 1.2.... ได้

เพื่อให้การประเมินความเสี่ยงมีความถูกต้องมากที่สุด ผู้ประเมินจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ และถือเป็นสมมติฐานของการประเมินความเสี่ยงเช่นกัน

1) ผู้เชี่ยวชาญมีความเป็นกลางในการประเมินความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรม
2) ผู้เชี่ยวชาญเป็นบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญ และประสบการณ์การทำงานสูง
3) ผู้ทำการประเมินทราบถึงสภาพแวดล้อม สภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ ของสถานที่ก่อสร้างเป็นอย่างดี
4) ผู้ทำการประเมิน ประเมินความเสี่ยงตามศักยภาพของ แรงงาน เครื่องจักร เทคโนโลยีขององค์กรในขณะโครงการเริ่มต้น
5) การประเมินของผู้ประเมินครอบคลุมทุกฝ่าย ในโครงการก่อสร้าง
6) ความเสี่ยงของแต่ละกิจกรรมถือเป็นอิสระต่อกัน ไม่ขึ้นต่อกัน

ในโครงการนี้ได้จัดแบ่งกิจกรรมออกเป็น ทั้งหมด 8 กิจกรรมหลักซึ่งจะทำให้โครงการแล้วเสร็จดังนี้

1) สำรวจและปรับพื้นที่
    1.1) หาค่าระดับของพื้นที่และสำรวจ (Survey) ระดับดินเดิม
    1.2) เจาะตรวจสอบระดับชั้นใต้ดิน คุณสมบัติของดิน ด้วยการสุ่มพื้นที่
    1.3) ปรับพื้นที่ด้วยการตัดดินและถมดิน โดยนำดินจากบริเวณใกล้เคียง จากนั้นทำการบดอัดดินด้วยรถบดอัด 1 เที่ยว
    1.4) ตรวจสอบระดับของดินที่ถูกบดอัดให้ได้ระดับที่ปรับไว้
2) ตอกเสาเข็ม
    2.1) วางหมุดเพื่อเป็นตำแหน่งในการตอกเสาเข็ม
    2.2) ตอกเสาเข็มสำเร็จรูป ยาว 7 เมตร ด้วยปั้นจั่นที่ประกอบขึ้นและลูกตุ้มตอก
3) ฐานราก
    3.1) ขุดดินลึก 80 เซนติเมตร รอบเสาเข็ม
    3.2) สกัดเสาเข็มให้เหลือเหล็กในเสาเข็มเพื่อที่จะหล่อคอนกรีตฐานรากและให้เป็นส่วนเดียวกับฐานราก
    3.3) ตั้งแบบด้วยแบบเหล็ก
    3.4) ผูกเหล็กตะแกรงพร้อมต่อเหล็กขึ้นไปเป็นเสาชั้น 1
    3.5) เทคอนกรีตด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป

4) งานโครงสร้างของอาคาร (คานคอดิน คานรับพื้น เสา)

4.1) ผูกเหล็กคานคอดิน ขนาดหน้าตัด 20x40 เซนติเมตร เหล็กล่าง 3 เส้น เหล็กบน 2 เส้น พร้อมใส่เหล็กปอกทุกระยะ 15 เซนติเมตร

4.2) ตั้งแบบ

4.3) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป

4.4) ผูกเหล็กเสา จำนวน 12 เส้น ขนาดหน้าตัด 30x30 เซนติเมตร

4.5) ตั้งแบบ

4.6) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป

4.7) ตั้งค้ำยัน ทำระดับ ทุกระยะ 50 เซนติเมตร

4.8) ทำต่อเนื่องในชั้นที่ 2 และ 3

4.9) วางแผ่นพื้นสำเร็จรูป ขนาด 0.35x4.00x0.05 วางเหล็กและเททับหน้า

4.10) ผูกเหล็กบันได

4.11) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป

5) งานระบบ

5.1) ระบบท่อน้ำทิ้ง

5.2) ระบบท่อน้ำดี

5.3) ท่อของเสีย

5.4) ต่อระบบบ่อเกรอะ บ่อซึม

6) งานภายใน

6.1) ก่อผนังด้วย อิฐมอญแล้วฉาบเรียบ

6.2) ตั้งวงกบประตู หน้าต่าง ด้วยวงกบไม้สำเร็จรูป

6.3) ปูพื้นด้วยกระเบื้อง

6.4) ทาสีอาคาร

6.5) ต่อระบบ ไฟฟ้าและประปา เข้าอาคารแต่ละหลัง

7) ระบบระบายน้ำของโครงการ

7.1) หาระดับของท่อระบายน้ำ

7.2) ขุดร่องเปิดหน้าดินเพื่อวางท่อ

7.3) วางท่อระบายน้ำทิ้งสำเร็จรูปด้วยรถเฮียบและคนงานช่วยต่อท่อแล้วฉาบปูน

7.4) วางบ่อพักสำเร็จรูป ทุกระยะท่อ 10 เมตร

8) งานถนนของโครงการ

8.1) ปรับพื้นที่

8.2) บดอัดดิน

8.3) วางเหล็กตะแกรง (Wire mesh)

8.4) เทคอนกรีต

8.5) บ่มคอนกรีต

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 1)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	7	7	1	1	3	1/3	1
2	1/7	1	1	1/7	1/7	1/5	1/9	1/7
3	1/7	1	1	1/5	1/9	1/5	1/7	1/7
4	1	7	5	1	1	1	1/3	3
5	1	7	9	1	1	3	3	3
6	1/3	5	5	1	1/3	1	1/5	1/3
7	3	9	7	3	1/3	5	1	3
8	1	7	7	1/3	1/3	3	1/3	1

Eigenvalue = 8.7694 C.R. = 0.0779 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1/3	1/7	1	5	1/5	5
2	1	1	1/3	1/9	1	3	1/5	5
3	3	3	1	1/3	3	7	1/3	7
4	7	9	3	1	7	9	1	9
5	1	1	1/3	1/7	1	3	1/5	5
6	1/5	1/3	1/7	1/9	1/3	1	1/9	1
7	5	5	3	1	5	9	1	9
8	1/5	1/5	1/7	1/9	1/5	1	1/9	1

Eigenvalue = 8.3686 C.R. = 0.0373 < 10% มีความสอดคล้อง

วิธีการคำนวณ น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยโอกาสความเสี่ยงและผลกระทบความเสี่ยง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0779 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0373

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยงมากกว่า C.R. ของความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0779/0.0373 = 2.08 เท่า

ดังนั้น ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.324 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ 0.676 ซึ่งเท่ากับ 2.08 เท่าเช่นกัน

ความเสี่ยง = 0.324 * โอกาสความเสี่ยง + 0.676 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 1

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.139	0.066	0.090
2	0.020	0.060	0.047
3	0.021	0.145	0.105
4	0.143	0.343	0.278
5	0.245	0.061	0.121
6	0.072	0.022	0.038
7	0.250	0.284	0.273
8	0.110	0.020	0.049
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 2)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/3	5	1/3	1	1	1/5	1/3
2	3	1	7	1	3	3	1/3	1
3	1/5	1/7	1	1/7	1/3	1/5	1/9	1/7
4	3	1	7	1	3	3	1/3	3
5	1	1/3	3	1/3	1	1	1/3	1/3
6	1	1/3	5	1/3	1	1	1/5	1
7	5	3	9	3	3	5	1	1/3
8	3	1	7	1/3	3	1	3	1

Eigenvalue = 8.9119 C.R.= 0.0924 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1/9	1/9	1/7	1	1/9	1
2	5	1	1/5	1/5	1/3	5	1/5	3
3	9	5	1	1	3	9	1	9
4	9	5	1	1	3	7	1	7
5	7	3	1/3	1/3	1	7	1/3	7
6	1	1/5	1/9	1/7	1/7	1	1/9	1
7	9	5	1	1	3	9	1	9
8	1	1/3	1/9	1/7	1/7	1	1/9	1

Eigenvalue = 8.2960 C.R. = 0.0299 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0924 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0299

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.244 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.756

ความเสี่ยง = 0.244 * โอกาสความเสี่ยง + 0.756 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 2

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.057	0.022	0.031
2	0.147	0.067	0.086
3	0.019	0.250	0.193
4	0.191	0.238	0.227
5	0.057	0.127	0.110
6	0.072	0.023	0.035
7	0.261	0.250	0.252
8	0.195	0.024	0.066
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้าง คนที่ 3)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1/5	1/9	1	1/5	1/9	1/7
2	5	1	1	1/5	5	1	1/7	1/3
3	5	1	1	1/5	3	1	1/7	1/3
4	9	5	5	1	9	5	1/3	3
5	1	1/5	1/3	1/9	1	1/3	1/9	1/7
6	5	1	1	1/5	3	1	1/7	1/3
7	9	7	7	3	9	7	1	3
8	7	3	3	1/3	7	3	1/3	1

Eigenvalue = 8.4299 C.R. = 0.0435 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/7	1/5	1/9	1/7	1	1/9	1/5
2	7	1	3	1/3	1/3	7	1/3	3
3	5	1/3	1	1/5	1/3	3	1/5	1
4	9	3	5	1	3	9	1	5
5	7	3	3	1/3	1	7	1	3
6	1	1/7	1/3	1/9	1/7	1	1/9	1/3
7	9	3	5	1	1	9	1	7
8	5	1/3	1	1/5	1/3	3	1/5	1

Eigenvalue = 8.3889 C.R. = 0.0394 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0435 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0394

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.475 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.525

ความเสี่ยง = 0.475 * โอกาสความเสี่ยง + 0.525 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 3

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนความรุนแรงความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.02	0.02	0.020
2	0.065	0.119	0.093
3	0.06	0.058	0.059
4	0.25	0.286	0.269
5	0.022	0.182	0.106
6	0.06	0.022	0.040
7	0.382	0.256	0.316
8	0.141	0.057	0.097
รวม	1	1	1

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 4)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1/3	1/5	5	1/3	1/7	1
2	1	1	1/3	1/5	7	1/3	1/7	1/3
3	3	3	1	1/3	7	1	1/3	3
4	5	5	3	1	9	3	1/3	5
5	1/5	1/7	1/7	1/9	1	1/7	1/9	1/5
6	3	3	1	1/3	7	1	1/7	1
7	7	7	3	3	9	7	1	7
8	1	3	1/3	1/5	5	1	1/7	1

Eigenvalue = 8.6409 C.R. = 0.0649 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	3	3	1/3	3	3	1/5	1/3
2	1/3	1	3	1/3	3	3	1/5	1
3	1/3	1/3	1	1/3	5	1	1/3	1/3
4	3	3	3	1	5	7	1/3	1
5	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1	1/3	1/7
6	1/3	1/3	1	1/7	1	1	1/5	1/5
7	5	5	3	3	3	5	1	3
8	3	1	3	1	7	5	1/3	1

Eigenvalue = 8.9767 C.R. = 0.0989 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0649 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0989

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.604 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.396

ความเสี่ยง = 0.604 * โอกาสความเสี่ยง + 0.396 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 4

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.048	0.100	0.069
2	0.047	0.090	0.064
3	0.117	0.070	0.099
4	0.225	0.190	0.211
5	0.017	0.030	0.022
6	0.094	0.040	0.072
7	0.387	0.320	0.360
8	0.066	0.160	0.103
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 5)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1	1/9	1	1/5	1/9	1/9
2	5	1	5	1/3	5	1	1/7	1/7
3	1	1/5	1	1/7	1	1/5	1/7	1/9
4	9	3	7	1	7	3	1/3	1/3
5	1	1/5	1	1/7	1	1/5	1/9	1/9
6	5	1	5	1/3	5	1	1/7	1/7
7	9	7	7	3	9	7	1	1
8	9	7	9	3	9	7	1	1

Eigenvalue = 8.5243 C.R. = 0.053 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	7	1/3	1/3	7	3	1	3
2	1/7	1	1/9	1/9	1	1/5	1/7	1/5
3	3	9	1	1	9	5	3	5
4	3	9	1	1	7	5	3	5
5	1/7	1	1/9	1/7	1	1/5	1/7	1/9
6	1/3	5	1/5	1/5	5	1	1/3	1
7	1	7	1/3	1/3	7	3	1	3
8	1/3	5	1/5	1/5	9	1	1/3	1

Eigenvalue = 8.4940 C.R. = 0.0500 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.053 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.050

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.485 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.515

ความเสี่ยง = 0.485 * โอกาสความเสี่ยง + 0.515 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 5

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.022	0.134	0.079
2	0.073	0.020	0.045
3	0.023	0.282	0.156
4	0.154	0.277	0.217
5	0.022	0.020	0.021
6	0.073	0.063	0.068
7	0.314	0.134	0.221
8	0.319	0.072	0.192
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 6)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/3	1/5	1/5	1	1	1/7	1/5
2	3	1	5	1/5	1	5	1/5	1/5
3	5	1/5	1	1/3	1	3	1/3	1/3
4	5	5	3	1	3	3	1/3	1
5	1	1	1	1/3	1	1	1/3	1/3
6	1	1/5	1/3	1/3	1	1	1/5	1/5
7	7	5	3	3	3	5	1	1
8	5	5	1	1	3	5	1	1

Eigenvalue = 8.9133 C.R. = 0.0925 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1	1/7	1	1	1/5	1
2	5	1	5	1/5	5	5	1	5
3	1	1/5	1	1/7	1	1	1/5	1
4	7	5	7	1	7	7	5	9
5	1	1/5	1	1/7	1	1	1/5	1
6	1	1/5	1	1/7	1	1	1/5	1
7	5	1	5	1/5	5	5	1	7
8	1	1/5	1	1/9	1	1	1/7	1

Eigenvalue = 8.2775 C.R. = 0.0281 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0925 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0281

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.233 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.767

ความเสี่ยง = 0.233 * โอกาสความเสี่ยง + 0.767 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 6

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.030	0.040	0.038
2	0.110	0.174	0.159
3	0.080	0.040	0.049
4	0.200	0.446	0.388
5	0.060	0.040	0.045
6	0.040	0.040	0.040
7	0.270	0.183	0.203
8	0.210	0.037	0.078
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานก่อสร้างคนที่ 7)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1/5	1/7	1	3	1/7	1
2	5	1	1	1/3	3	9	1/3	5
3	5	1	1	1/3	3	9	1/3	7
4	7	3	3	1	5	9	1	9
5	1	1/3	1/3	1/5	1	5	1/5	3
6	1/3	1/9	1/9	1/9	1/5	1	1/9	1
7	7	3	3	1	5	9	1	7
8	1	1/5	1/7	1/9	1/3	1	1/7	1

Eigenvalue = 8.6525 C.R. = 0.066 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1	1	1/5	1/3	5	1	1/3
2	1	1	3	1/5	1/3	9	1	5
3	1	1/3	1	1/7	1/5	5	1/3	1
4	5	5	7	1	3	9	3	7
5	3	3	5	1/3	1	9	3	5
6	1/5	1/9	1/5	1/9	1/9	1	1/9	1/5
7	1	1	3	1/3	1/3	9	1	5
8	3	1/5	1	1/7	1/5	5	1/5	1

Eigenvalue = 8.8968 C.R. = 0.0909 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.066 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.091

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.580 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.420

ความเสี่ยง = 0.580 * โอกาสความเสี่ยง + 0.420 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 7

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.036	0.067	0.049
2	0.132	0.116	0.125
3	0.179	0.048	0.124
4	0.279	0.357	0.312
5	0.055	0.216	0.123
6	0.019	0.016	0.018
7	0.274	0.121	0.209
8	0.026	0.059	0.040
รวม	1.000	1.000	1.000

ตารางการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญ (วิศวกรควบคุมงานคนที่ 8)

ตารางที่ 1 โอกาสของความเสี่ยง (Probability of Occurrence)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	3	1/7	1	1	1/5	1/5
2	5	1	5	1/5	5	5	1	1
3	1/3	1/5	1	1/9	1	1	1/7	1/7
4	7	5	9	1	7	7	5	5
5	1	1/5	1	1/7	1	1	1/5	1/5
6	1	1/5	1	1/7	1	1	1/7	1/7
7	5	1	7	1/5	5	7	1	1
8	5	1	7	1/5	5	7	1	1

Eigenvalue = 8.4591 C.R. = 0.0465 < 10% มีความสอดคล้อง

ตารางที่ 2 ความรุนแรงของความเสี่ยง (Severity of Risk)

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	1/5	1/7	1/9	1/7	1	1/9	1/5
2	5	1	1/5	1/7	1/5	5	1/7	1
3	7	5	1	1/5	1	7	1/5	5
4	9	7	5	1	5	9	1/3	7
5	7	5	1	1/5	1	5	1/5	7
6	1	1/5	1/7	1/9	1/5	1	1/7	1/5
7	9	7	5	1	5	9	1/3	7
8	5	1	1/5	1/7	1/7	5	1/9	1

Eigenvalue = 8.8649 C.R. = 0.0876 < 10% มีความสอดคล้อง

ค่า C.R. โอกาสความเสี่ยง = 0.0465 ค่า C.R.. ความรุนแรงความเสี่ยง = 0.0876

ค่าน้ำหนักความสำคัญ โอกาสความเสี่ยง = 0.653 และความรุนแรงความเสี่ยงเท่ากับ = 0.347

ความเสี่ยง = 0.653 * โอกาสความเสี่ยง + 0.347 * ความรุนแรงความเสี่ยง

ผลการประเมินความเสี่ยงของผู้เชี่ยวชาญที่ 8

กิจกรรม	สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง	สัดส่วนผลกระทบความเสี่ยง	สัดส่วนความเสี่ยง
1	0.040	0.018	0.032
2	0.140	0.048	0.108
3	0.030	0.126	0.063
4	0.430	0.305	0.387
5	0.030	0.132	0.065
6	0.030	0.020	0.027
7	0.150	0.305	0.204
8	0.150	0.046	0.114
รวม	1.000	1.000	1.000

ภาคผนวก ข.

ทฤษฎีพื้นฐานเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector)

<u>ทฤษฎีพื้นฐานของเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector)</u>

สมมติให้ ค่า aij เป็นค่าความสำคัญของปัจจัย i เมื่อเทียบกับปัจจัย j ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ โดยสร้างเป็นเมตริกซ์ดังนี้ $A = (a_{ij})$

$$a_{ij} = 1/a_{ij} \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

ค่าความสำคัญของปัจจัยจะนำมาใช้วิเคราะห์ได้ก็ต่อเมื่อ

$$a_{ij} = a_{ik} * a_{ki} \qquad \text{สำหรับทุกๆค่าของ } i,j,k$$

โดยเมตริกซ์ดังกล่าวถูกเรียกว่า เมตริกซ์สอดคล้อง (Consistency Matrix) และจากเมตริกซ์ของค่าความสำคัญเป็นเมตริกซ์สอดคล้องก็จะได้ว่า a_{ij} เป็นผลมาจากค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย i เทียบกับ ปัจจัย j นั่นเอง

$$a_{ij} = w_i / w_j \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

$$a_{ij} * a_{ij} = (w_i / w_j) * (w_j / w_k)$$

$$= w_i / w_k = a_{ik}$$

$$a_{ji} = w_j / w_i = 1 / (w_i / w_j) = 1/a_{ji}$$

พิจารณาคุณสมบัติของเมตริกซ์ในกรณีที่ A เป็นเมตริกซ์สอดคล้อง

$$A * x = y \qquad \text{โดยที่ } x = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

$$y = (y_1, y_2, \ldots, y_n)$$

จะได้

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} * x_i = y_i \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

จากสมการที่ (1)

$$a_{ij} * w_i / w_j = 1 \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

ดังนั้น

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} * w_i / w_j = n \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

หรือ

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ji} * w_i = n * w_j \qquad \text{โดยที่ } i = 1,2,3,\ldots,n$$

จะได้

$$A * W = n * W$$

จากการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ด้วยเมตริกซ์ที่กำหนดให้เขียนสมการในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$(A - \lambda I) (V) = 0$$

เมื่อ A เป็นเมตริกซ์จัตุรัสของค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรในแต่ละสมการ

I เป็นเมตริกซ์เอกลักษณ์

V เป็นเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector) หรือเวกเตอร์ของตัวแปรที่ต้องการทราบค่า

λ เป็นค่าเจาะจง (Eigenvalue)

แบ่งการพิจารณาหาค่า เมตริกซ์ V เป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 เมื่อ $\det (A - \lambda I) < > 0$

นั่นหมายความว่า สามารถหาอินเวอร์สของ $(A - \lambda I)$ ได้ซึ่งทำให้เวกเตอร์เจาะจง V มีค่าเป็นไปได้ค่าเดียว คือ 0 หรือเป็นคำตอบที่ไม่มีความหมาย (Trivial Solution)

กรณีที่ 2 เมื่อ $\det (A - \lambda I) = 0$

นั่นหมายความว่า การแก้สมการที่มีค่า ดีเทอร์มิเนตท์ ของ เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ เป็น 0 นั้นจะไม่สามารถหาค่าคำตอบของตัวแปรที่แท้จริงได้ เพราะสมการทั้งหมดไม่เป็นอิสระจากกัน หรือมีสมการที่เป็นอิสระเพียงสมการเดียว ดังนั้นค่าคำตอบของตัวแปรจึงมีหลายค่า

จากสมการที่ (2) จะได้ว่า n เป็นค่าเจาะจง (Eigenvalue) และ W เป็นเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector) และรูปเต็มของสมการเขียนได้ดังนี้

$$\begin{pmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ W_n \end{pmatrix} = n * \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ W_n \end{pmatrix}$$

ในทางปฏิบัติค่า a_{ji} เป็นค่าความสำคัญที่ได้จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ เปรียบเทียบปัจจัย i กับ j ภายใต้วัตถุประสงค์เดียวกัน ดังนั้นค่า a_{ji} ที่ได้อาจเบี่ยงเบนไปจากค่าที่ควรจะเป็นทางทฤษฎีซึ่งมีผลทำให้สมการที่ (2) ไม่เป็นจริง ในกรณีดังกล่าวนี้เราสามารถนำหลักการของทฤษฎีเมตริกซ์ มาช่วยในการวิเคราะห์หาค่าความสอดคล้องของข้อมูลในเมตริกซ์ที่พิจารณาดังนี้

1) เมื่อ λ เป็นค่าที่เหมาะสมของสมการ

$$A * W = \lambda * W$$

และ λ_n จะเป็นค่าไอเกนต์ของเมตริกซ์ A และถ้า $a_{ji} = 1$ สำหรับทุกๆ i จะได้

$$\sum_{j=1}^{n} \lambda_i = n$$

ดังนั้น สมการ (2) เป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อ ทุกๆค่าไอเกนต์เป็น 0 ยกเว้นค่าหนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ $n\lambda_{max}$

2) ในกรณีที่ a_{ij} ของเมตริกซ์ A ซึ่งเป็นเมตริกซ์ส่วนกลับ (Reciprocal Matrix) มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ค่าไอเกนต์ของเมตริกซ์ A ก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยด้วยเช่นกัน จากคุณสมบัติที่กล่าวมาข้างต้น สำหรับ a_{ij} ที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อยไม่มีผลทำให้ค่า λ_{max} เปลี่ยนแปลงจากค่า n มากนัก อีกทั้งค่าเจาะจงค่าอื่นค่างมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับการวิเคราะห์หาค่าน้ำหนักของปัจจัยหรือทางเลือกจากเมตริกซ์ ที่ได้จากการเปรียบเทียบความสำคัญของปัจจัยหรือทางเลือกต่างๆ ในระดับเดียวกัน จะได้จาก

$$A * W = \lambda_{max} * W$$

และค่าที่เป็นตัวชี้ค่าความเบี่ยงเบนของ λ_{max} ไปจาก n จะเท่ากับ

ดัชนีความสอดคล้อง (CI) = (λ_{max} – n) / (n – 1)

เมื่อ n คือ จำนวนปัจจัยที่พิจารณา

λ_{max} คือ ค่าเจาะจงสูงสุด

และกำหนดให้ค่าอัตราส่วนความสอดคล้องมีสมการดังนี้

CR = CI / RI

โดยดัชนีเชิงสุ่ม (Random Index : RI) เป็นดัชนีที่สร้างขึ้นโดยการสุ่มตัวอย่างของเมตริกซ์ส่วนกลับ ที่ใช้เกณฑ์มาตรฐานของค่าความสำคัญอยู่ระหว่าง 1-9 สำหรับค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่ม ที่ได้จากการทดลองในแต่ละมิติของเมตริซ์ n = 1 ถึง 10 แสดงไว้ในตารางดังนี้

ตารางที่ ข.1 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มในแต่ละเมตริกซ์ n*n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

วิธีการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมิน

จากหลักการประเมินความเสี่ยง ตามการวิจัยครั้งนี้ ขั้นตอนการให้ข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินความเสี่ยงนั้น อาจเกิดความไม่สอดคล้องกันในการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งทฤษฎีของการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) สามารถตรวจสอบความสอดคล้องโดยการหาค่าของ CR (Consistency Ratio) และสามารถตรวจสอบเบื้องต้นได้ดังนี้

1. ความสอดคล้องกันในด้านของ ตรรกศาสตร์ (Logic) เช่น กิจกรรมงานดินที่มีโอกาสเกิดความเสี่ยงมากกว่ากิจกรรมฐานรากอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง (หมายเลข 9) กลับกันกิจกรรมงานฐานรากต้องมีค่าโอกาสความเสี่ยงเท่ากับ 1/9 ของกิจกรรมงานดิน

2. ความสอดคล้องกันในด้านของคณิตศาสตร์แบ่งได้เป็น 5 กรณีดังนี้

   2.1) กิจกรรม 1 มีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 4

กิจกรรม 1 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 5

ดังนั้น กิจกรรม 5 ต้องมีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 4

2.2) กิจกรรม 2 มีความสำคัญ น้อยกว่า กิจกรรม 5

กิจกรรม 2 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 4

ดังนั้น กิจกรรม 5 ต้องมีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 4

2.3) กิจกรรม 2 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 3

กิจกรรม 2 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 4

ดังนั้น กิจกรรม 3 ต้องมีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 4

2.4) กิจกรรม 1 มีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 3

กิจกรรม 1 มีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 4

แบ่งได้เป็นกรณีดังนี้

2.4.1 กิจกรรม 3 มีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 4 หรือ

2.4.2 กิจกรรม 3 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 4 หรือ

2.4.3 กิจกรรม 3 มีความสำคัญ น้อยกว่า กิจกรรม 4

2.5) กิจกรรม 4 มีความสำคัญ น้อยกว่า กิจกรรม 5

กิจกรรม 4 มีความสำคัญ น้อยกว่า กิจกรรม 6

แบ่งได้เป็นกรณีดังนี้

2.5.1 กิจกรรม 5 มีความสำคัญ มากกว่า กิจกรรม 6 หรือ

2.5.2 กิจกรรม 5 มีความสำคัญ เท่ากับ กิจกรรม 6 หรือ

2.5.3 กิจกรรม 5 มีความสำคัญ น้อยกว่า กิจกรรม 6

จากทฤษฎีพื้นฐานของ การเปรียบเทียบเป็นคู่ประเมินระดับความสอดคล้องของข้อมูลที่อยู่ในตาราง โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index:CI) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio:CR)

ซึ่งมีสมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$CI = (\lambda - n)/(n-1)$$

$$CR = CI / RI$$

โดยที่

n = จำนวนปัจจัยที่พิจารณา

λ= ค่าเจาะจง (Eigenvalue)

เพื่อที่จะหาค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง CR จะต้องนำผลลัพธ์ที่ได้มาเทียบกับค่า RI ที่ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างของตารางเมตริกซ์จำนวนมาก ค่า CR ไม่ควรเกิน 10% สำหรับการวินิจฉัยของปัจจัยที่มีจำนวนมากกว่า 5 ปัจจัย ไม่ควรเกิน 9% สำหรับ 4 ปัจจัย และไม่ควรเกิน 5% สำหรับ 3 ปัจจัย (วิฑูรย์,2542) ถ้าค่า CR ที่ได้มากกว่ามาตรฐานนั่นหมายความว่า การพิจารณาความสำคัญไม่มีความสอดคล้องกัน หรือจากตารางที่ 4.1

ตารางที่ ข.2 ค่าเฉลี่ยของดัชนีเชิงสุ่มในแต่ละเมตริกซ์ n*n

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

ยกตัวอย่างการคำนวณจาก ทฤษฎีของเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector) ในส่วนที่ได้น้ำหนักความสำคัญของปัจจัยแล้ว ดังนี้

ปัจจัย	ผลรวมเฉลี่ย	ผลลัพธ์
ปัจจัยที่ 1	(1/6+1/5+1/9)/3	0.16
ปัจจัยที่ 2	(1/2+3/5+2/3)/3	0.59
ปัจจัยที่ 3	(1/3+1/5+2/9)/3	0.25

ค่านี้เป็นค่าของน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่ 1, 2, 3 ตามลำดับ และขั้นตอนการตรวจสอบความสอดคล้อง (Consistency Ratio) มีดังนี้ นำเอาผลของการประเมินปัจจัยต่างๆในขั้นตอนแรก แปลงเป็นเมตริกซ์ คูณกับ ความสำคัญของปัจจัย และหาผลบวกในแต่ละแถว ดังนี้

ปัจจัย	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	1	1/3	1/2
ปัจจัยที่ 2	3	1	3
ปัจจัยที่ 3	2	1/3	1

คำนวณหาค่า Weighted Sum Vector

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & ½ \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.16 \\ 0.59 \\ 0.25 \end{bmatrix} = \begin{matrix} (1)(0.16) + (1/3)(0.59) + (1/2)(0.25) = 0.48 \\ (3)(0.16) + (1)(0.59) + (3)(0.25) = 1.82 \\ (2)(0.16) + (1/3)(0.59) + (1)(0.25) = 0.76 \end{matrix}$$

หาค่า Consistency Vector โดยหาค่าสัดส่วนระหว่าง Weighted Sum Vector กับ ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0.48 / 0.16 \\ 1.82 / 0.59 \\ 0.76 / 0.25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 \\ 3.0847 \\ 3.04 \end{bmatrix}$$

หาค่า λ คือค่าเฉลี่ยของ Consistency vector, n คือจำนวนปัจจัย

และค่าCI (Consistency Index) โดย

$$\begin{aligned} CI &= (\lambda_{max} - n)/(n-1) \\ &= 3.0415 - 3 / 3 - 1 \\ &= 0.0208 \end{aligned}$$

หาค่า CR (Consistency Ratio) โดยเปิดจากตารางที่ 3.4 เมื่อ n = 3 ค่า RI = 0.58

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } CR &= CI / RI \\ &= 0.0208 / 0.58 \\ &= 0.358 \end{aligned}$$

ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของข้อมูลสัดส่วนความสำคัญของความเสี่ยง พบว่าข้อมูลมีความสอดคล้องกันในระดับที่ยอมรับได้ (0.358 < 5%)

ภาคผนวก ค.

ทฤษฎีพื้นฐานการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison Method) และการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีทฤษฎีเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector)

ทฤษฎีพื้นฐานการเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison Method) และการหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยด้วยวิธีทฤษฎีเวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector)

การจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆที่มีความซับซ้อนของปัจจัย ให้มีประสิทธิภาพนั้น การเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) เป็นการเปรียบเทียบ ความสำคัญของปัจจัยเทียบกันที่ละคู่ ซึ่งเป็นวิธีการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยที่ให้ผลที่ละเอียดและถูกต้องสูง

ความสำคัญในการเปรียบเทียบจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ มีความสำคัญเท่ากัน จนถึงมีความสำคัญมากกว่าอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับดังนี้

เกณฑ์ในการกำหนดระดับความสำคัญ

ระดับความสำคัญ	ความหมายและระดับความสำคัญ
1	มีความสำคัญเท่ากัน
3	มีความสำคัญมากกว่าพอประมาณ
5	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด
7	มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัดมาก
9	มีความสำคัญมากกว่าอย่างไม่มีข้อโต้แย้ง
2,4,6,8	มีความสำคัญที่เป็นค่าระดับกลางระหว่างตัวเลขที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

หมายเหตุ: เมื่อต้องการความละเอียดและถูกต้องมากยิ่งขึ้นในการประเมินความสำคัญของปัจจัยอาจจะนำเอาความสำคัญให้มีค่าเป็น 1.1, 1.2.... ได้

จากการเปรียบเทียบเป็นคู่ในแต่ละคู่แล้ว จะสามารถคำนวณหา ความสำคัญ หรือน้ำหนักความสำคัญในแต่ละ เกณฑ์ ออกมาเป็นตัวเลข จากค่าที่ได้ทำการเปรียบเทียบเป็นคู่ๆ โดยการใช้ทฤษฎี การคำนวณหาค่าของ ไอเกนเวคเตอร์ (Eigenvector) ของแต่ละเมตริกซ์

กระบวนการใช้การเปรียบเทียบเป็นคู่ (Pairwise Comparison)

1. สร้างตารางหาความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่ร่วมกันพิจารณาโดยสร้างตารางดังนี้

ปัจจัย	1	2..	n	น้ำหนัก
1	1	a_{12}	a_{1n}	W_1
2	a_{21}	1	a_{2n}	W_2
.				
.				
n	a_{12}	a_{12}	1	W_n

หมายเหตุ 1. a_{ij} เป็นค่าความสำคัญของปัจจัย i เมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัย j

2. $a_{ij} = 1/ a_{ji}$

3. W_i เป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย i

2. วิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย โดยการใช้ทฤษฎีของ เวกเตอร์เจาะจง (Eigenvector) มาช่วยในการหาน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย โดยการหาค่าสัดส่วนของความสำคัญที่อยู่ในแต่ละหลักกับผลรวมของความสำคัญของหลักนั้น และค่าเฉลี่ยในแถวแต่ละแถวของเมตริกซ์ที่ได้จากผลข้างต้นเป็นค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ในแถวนั้น

ตัวอย่างการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของ ปัจจัยด้วยทฤษฎีเวกเตอร์เจาะจง จากข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งเป็นเมตริกซ์แสดงความสำคัญของแต่ละปัจจัยที่เกิดขึ้น และตารางที่ 2 แสดงถึงผลรวมของความสำคัญในแต่ละหลัก ตารางที่ 3 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของความสำคัญของแต่ละแถว ด้วยสัดส่วนระหว่าง ความสำคัญในแต่ละหลักด้วย ผลรวมของความเสี่ยงในแต่ละหลัก ตารางที่ 4 แสดงถึงค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัย ด้วยค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าในแต่ละแถว

ตารางที่ 1

ปัจจัย	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	1	1/3	1/2
ปัจจัยที่ 2	3	1	3
ปัจจัยที่ 3	2	1/3	1

ตารางที่ 2

ปัจจัย	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	1	1/3	1/2
ปัจจัยที่ 2	3	1	3
ปัจจัยที่ 3	2	1/3	1
ผลรวมในแนวหลัก	6	1 2/3	4 1/2

ตารางที่ 3

ปัจจัย	ปัจจัยที่ 1	ปัจจัยที่ 2	ปัจจัยที่ 3
ปัจจัยที่ 1	1/6	1/5	1/9
ปัจจัยที่ 2	1/2	3/5	2/3
ปัจจัยที่ 3	1/3	1/5	2/9
ผลรวมในแนวหลัก	1	1	1

ตารางที่ 4

ปัจจัย	ผลรวมเฉลี่ย	ผลลัพธ์
ปัจจัยที่ 1	(1/6+1/5+1/9)/3	0.16
ปัจจัยที่ 2	(1/2+3/5+2/3)/3	0.59
ปัจจัยที่ 3	(1/3+1/5+2/9)/3	0.25

ภาคผนวก ง.
แยกกิจกรรมในโครงการออกเป็น
กิจกรรมย่อยเพื่อการจัดแบ่งค่า Contingency

แยกกิจกรรมในโครงการออกเป็นกิจกรรมย่อยเพื่อการจัดแบ่งค่า Contingency

โครงการก่อสร้างอาคารพาณิชย์ ประเภทคอนกรีตเสริมเหล็ก ขนาดหน้ากว้าง 4 เมตร ลึก 12 เมตร จำนวน 3 ชั้น

1) สำรวจและปรับพื้นที่
   - 1.1) หาค่าระดับของพื้นที่ และสำรวจ (Survey) ระดับดินเดิม
   - 1.2) เจาะตรวจสอบระดับชั้นใต้ดิน คุณสมบัติของดิน ด้วยการสุ่มพื้นที่
   - 1.3) ปรับพื้นที่ด้วยการตัดดิน และถมดิน จากนั้นทำการบดอัดดินด้วยรถบดอัด
   - 1.4) ตรวจสอบระดับของดินที่ถูกบดอัดให้ได้ระดับที่ปรับไว้
2) ตอกเสาเข็ม
   - 2.1) วางหมุดเพื่อเป็นตำแหน่งในการตอกเสาเข็ม
   - 2.2) ตอก เสาเข็มสำเร็จรูป ด้วยปั้นจั่น และลูกตุ้มตอก
3) ฐานราก
   - 3.1) ขุดดินลึก 80 เซนติเมตร รอบเสาเข็ม
   - 3.2) สกัดเสาเข็มให้เหลือเหล็ก ในเสาเข็มเพื่อให้เป็นส่วนเดียวกับฐานราก
   - 3.3) ตั้งแบบ ด้วยแบบเหล็ก
   - 3.4) ผูกเหล็ก ตะแกรง พร้อมต่อเหล็กขึ้นไปเป็นเสาชั้น 1
   - 3.5) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป
4) งานโครงสร้างของอาคาร (คานคอดิน คาน พื้น เสา)
   - 4.1) ผูกเหล็กคานคอดิน ขนาดหน้าตัด 20x40 เซนติเมตร เหล็กล่าง 3 เส้น เหล็กบน 2 เส้น พร้อมใส่เหล็กปอกทุกระยะ 15 เซนติเมตร
   - 4.2) ตั้งแบบ
   - 4.3) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป
   - 4.4) ผูกเหล็กเสา จำนวน 12 เส้น ขนาดหน้าตัด 30x30 เซนติเมตร
   - 4.5) ตั้งแบบ
   - 4.6) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป
   - 4.7) ตั้งค้ำยัน ทำระดับ ทุกระยะ 50 เซนติเมตร
   - 4.8) ทำต่อเนื่องในชั้นที่ 2 และ 3
   - 4.9) วางแผ่นพื้นสำเร็จรูป ขนาด 0.35x4.00x0.05 วางเหล็กและเททับหน้า
   - 4.10) ผูกเหล็กบันได

4.11) เทคอนกรีต ด้วยคอนกรีตสำเร็จรูป

5) งานระบบ

5.1) ระบบท่อน้ำทิ้ง

5.2) ระบบท่อน้ำดี

5.3) ท่อของเสีย

5.4) ต่อระบบบ่อเกรอะ บ่อซึม

6) งานภายใน

6.1) ก่อผนังด้วย อิฐมอญแล้วฉาบเรียบ

6.2) ตั้งวงกบประตู หน้าต่าง ด้วยวงกบไม้สำเร็จรูป

6.3) ปูพื้นด้วยกระเบื้อง

6.4) ทาสีอาคาร

6.5) ต่อระบบ ไฟฟ้าและประปา เข้าอาคารแต่ละหลัง

7) ระบบระบายน้ำของโครงการ

7.1) หาระดับของท่อระบายน้ำ

7.2) ขุดร่องเปิดหน้าดินเพื่อวางท่อ

7.3) วางท่อระบายน้ำทิ้งสำเร็จรูปด้วยรถเฮียบและคนงานช่วยต่อท่อแล้วฉาบปูน

7.4) วางบ่อพักสำเร็จรูป ทุกระยะท่อ 10 เมตร

8) งานถนนของโครงการ

8.1) ปรับพื้นที่

8.2) บดอัดดิน

8.3) วางเหล็กตะแกรง (Wire mesh)

8.4) เทคอนกรีต

8.5) บ่มคอนกรีต

ภาคผนวก จ.

การประมาณราคา

ของกิจกรรมด้วยค่า 5^{th} 50^{th} และ 95^{th} เปอร์เซ็นต์ไทล์

การประมาณราคา (Estimating) ของกิจกรรมย่อยด้วยค่า 5^{th} ,50^{th} และ 95^{th} เปอร์เซ็นต์ไทล์

กระบวนการประมาณราคาที่ 50^{th} เปอร์เซ็นต์ไทล์ ของอาคารพาณิชย์ ประเภทคอนกรีตเสริมเหล็ก จำนวน 3 ชั้น ขนาดกว้าง 4 เมตร ยาว 12 เมตร พร้อมห้องน้ำ 3 ห้อง ปูกระเบื้อง ทุกชั้น ราคาที่ใช้ในการก่อสร้าง 485,000 บาทต่อหนึ่งอาคาร

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการคำนวณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง

กิจกรรม	ราคาเบ็ดเสร็จ (Lump-sum)	ราคาต่อหน่วย [5%]	[50%]	[95%]	E(X)	ปริมาณที่ใช้	Cost	S.D.	Variance
กิจกรรมที่ 1 สำรวจและปรับพื้นที่									
1.1 สำรวจ									
แผนผังรวม , สำรวจธรณีวิทยา, แผนผังแสดงระดับ(Contour)	33000	-	-	-	-	-	33000	-	-
1.2 งานดิน	-								
ถมดินและบดอัด (บาท/ลบ.ม.)		280	300	320	300	48	14400	583.58663	340573.3502
รวม							47400		
กิจกรรมที่ 2 ตอกเสาเข็ม									
2.1 ราคาเข็ม (บาท/ต้น)	-	1150	1200	1240	1198.2	6	7188.9	164.787	27154.716
2.2 ปั้นจั่นตอกเสาเข็ม (บาท/ต้น)	-	275	300	330	300.93	6	1805.55	100.571	10114.485
รวม							8994.45		37269.201
กิจกรรมที่ 3 ฐานราก									
3.1 ราคาคอนกรีต (บาท/ลบ.ม.)	-	1980	2000	2030	2001.9	2.25	4504.1625	34.639	1199.886
3.2 ราคาเหล็ก (บาท/ลบ.ม.)	-	1560	1600	1650	1601.9	2.25	3604.1625	61.795	3818.632
3.3 ค่าแรงงานคอนกรีต (บาท/ลบ.ม.)	-	280	300	320	300	2.25	675	27.356	748.33
3.4 ค่าแรงงานเหล็ก(บาท/ลบ.ม.)	-	220	240	260	240	2.25	540	27.356	748.33
3.5 แบบคอนกรีต (บาท/ตร.ม.)	-	80	100	125	100.93	10	1009.25	137.322	18857.442
รวม							10332.575		25372.62

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการคำนวณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง (ต่อ)

กิจกรรม	ราคาเบ็ดเสร็จ (Lump-sum)	ราคาต่อหน่วย				ปริมาณที่ใช้	Cost	S.D.	Variance
		[5%]	[50%]	[95%]	E(X)				
กิจกรรมที่ 4 งานโครงสร้าง									
4.1 เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก(บาท/ลบ.ม.)	-	4050	4,100	4190	4107	3.42	14047.308	149.449	22334.906
4.2 คานคอนกรีตเสริมเหล็ก(บาท/ลบ.ม.)	-	4050	4,100	4190	4107	10.24	42059.776	447.472	200231.237
4.3 พื้นสำเร็จรูปและเททับ(บาท/ตร.ม.)	-	735	740	750	740.9	192	142257.6	907.762	824031.263
4.4 บันไดคอนกรีตเสริมเหล็ก(บาท/ลบ.ม.)	-	5950	6,000	6080	6006	3.6	21619.98	144.724	20944.926
รวม							**219984.66**		**1067542.332**
กิจกรรมที่ 5 ระบบสุขาภิบาลอาคาร									
5.1 ท่อน้ำดี (บาท/ม.)		45	50	58	50.56	30	1516.65	120.603	14545.087
5.2 ท่อน้ำทิ้ง(บาท/ม.)		190	200	215	200.9	30	6027.75	230.929	53328.251
5.3 ท่อโสโครก(บาท/ม.)		285	300	320	300.9	20	6018.5	214.169	45868.445
							13562.9		**113741.784**
กิจกรรมที่ 6 งานตกแต่งภายใน									
6.1 ตั้งวงกบและบานประตู	6,000	-	-	-	-	-	6,000	-	-
6.2 ตั้งวงกบและหน้าต่าง	14,000	-	-	-	-	-	14,000	-	-
6.3 พื้นกระเบื้องและปู(บาท/ตร.ม.)	-	180	200	220	200	194	38800	2358.663	5563289.327
6.4 สีและการทา	20,000	-	-	-	-	-	20,000	-	-
6.5 ระบบไฟฟ้า	10,000	-	-	-	-	-	10,000	-	-
รวม							**88,800**	2358.663	**5563289.327**

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดการคำนวณราคาต้นทุนค่าก่อสร้าง (ต่อ)

กิจกรรม	ราคาเบ็ดเสร็จ (Lump-sum)	ราคาต่อหน่วย [5%]	[50%]	[95%]	E(X)	ปริมาณที่ใช้	Cost	S.D.	Variance
กิจกรรมที่ 7 ระบบระบายน้ำโครงการ									
7.1 ท่อคอนกรีต บ่อพักน้ำ (บาท/เมตร)	-	80	120	165	120.9	8	967.4	206.917	42814.500
7.2 ค่าแรงงาน (บาท/เมตร)	-	285	300	315	300	8	2400	72.948	5321.459
รวม							**3367.4**	219.399	**48136.018**
กิจกรรมที่ 8 งานถนนโครงการ									
ถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก(บาท/ตร.ม.)	-	465	500	535	500	42	**21000**	893.617	**798551.381**
						รวม	413,441.989	2827.450	7994476

* ราคาต่อหน่วยที่ [5%] [50%] และ [95%] มีผลกับปริมาณของงาน เนื่องจากการทำงานที่มากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของแรงงานในการทำกิจกรรมมากกว่ากิจกรรมที่มีปริมาณงานน้อยกว่า ซึ่งทำให้ราคาต่อหน่วยลดลง การประมาณราคาต่อหน่วยของการวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาในส่วนนี้ และถือเป็นสมมติฐานหนึ่งของการวิจัยครั้งนี้ คือ ราคาต่อหน่วยเป็นอิสระต่อปริมาณงาน

ภาคผนวก ฉ.
การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย
ความเสี่ยงโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB

การคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยความเสี่ยงโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB

ในการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยความเสี่ยง โดยการประยุกต์ทฤษฎีของเวคเตอร์เจาะจง (Eigenvector) มาช่วยในการหาน้ำหนักความสำคัญ กระบวนการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญคือ การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB มาช่วยในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญ

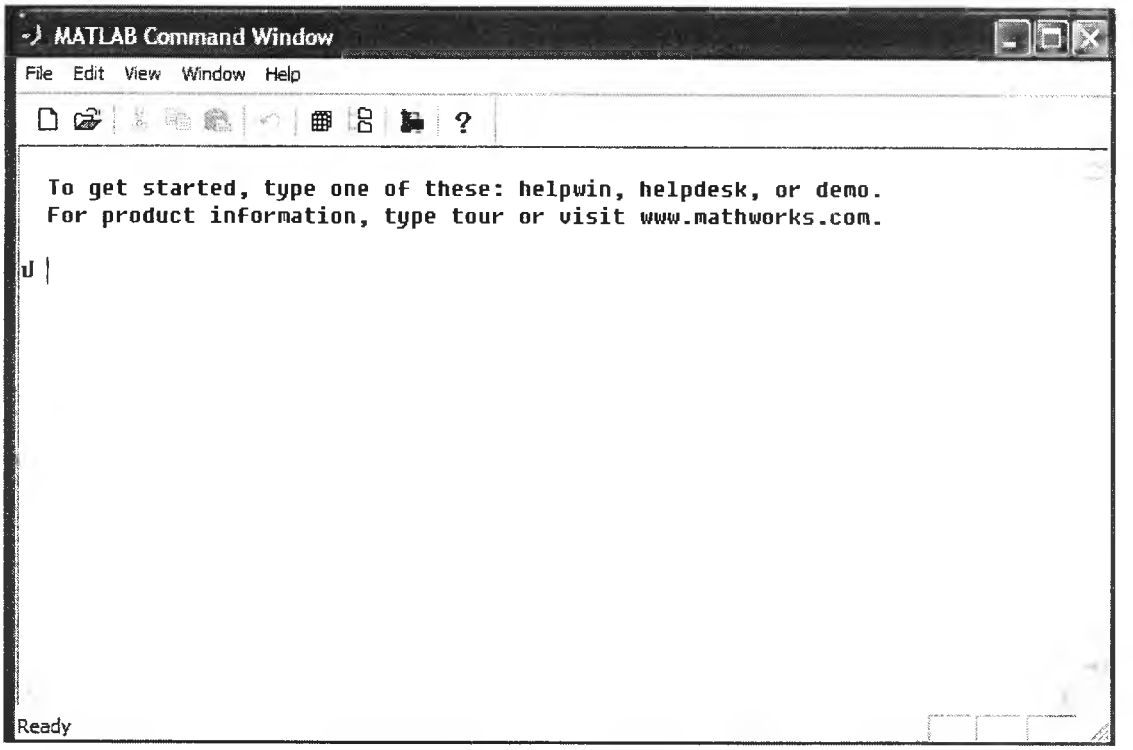
ยกตัวอย่างจากข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงเมตริกซ์สัดส่วนความสำคัญของความเสี่ยงไนแต่ละกิจกรรม ที่ประกอบด้วย 8 กิจกรรม

ตารางที่ ฉ.1 เมตริกซ์แสดงค่าสัดส่วนความสำคัญระหว่างความเสี่ยงในแต่ละกิจกรรม

กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	7	7	1	1	3	1/3	1
2	1/7	1	1	1/7	1/7	1/5	1/9	1/7
3	1/7	1	1	1/5	1/9	1/5	1/7	1/7
4	1	7	5	1	1	1	1/3	3
5	1	7	9	1	1	3	3	3
6	1/3	5	5	1	1/3	1	1/5	1/3
7	3	9	7	3	1/3	5	1	3
8	1	7	7	1/3	1/3	3	1/3	1

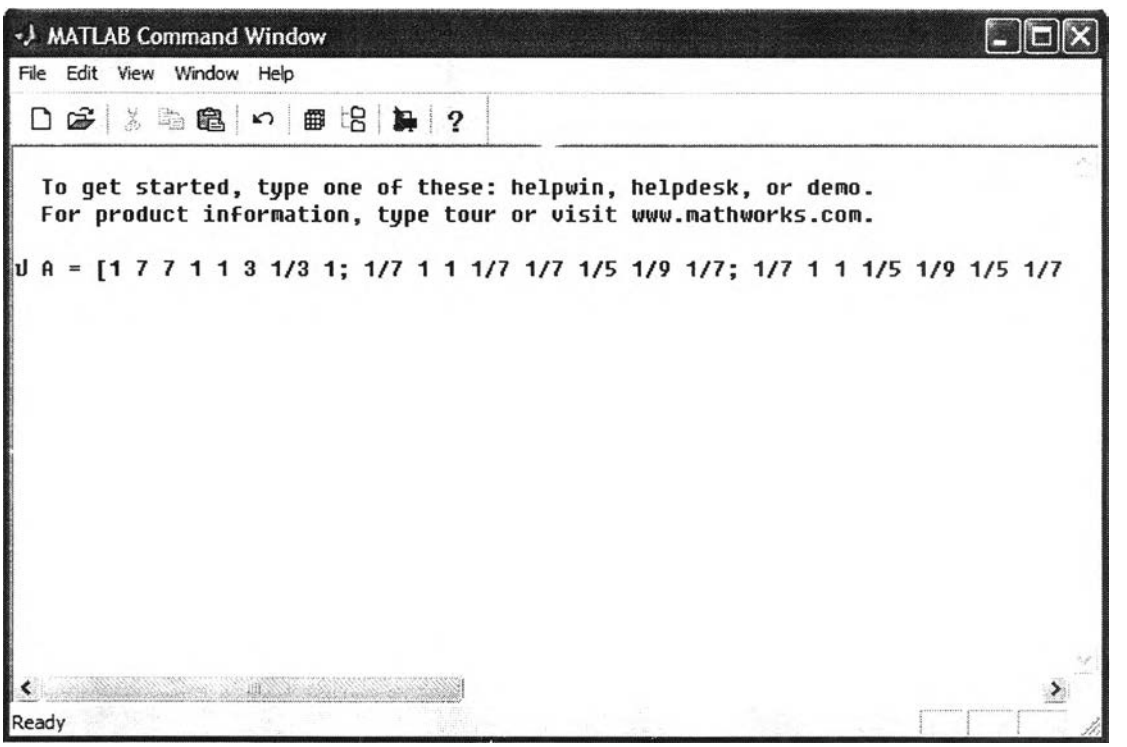
การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์พิเศษ MATLAB ในการคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยความเสี่ยง

1) เปิดโปรแกรม MATLAB จะปรากฏหน้าจอดังแสดงในรูปที่ 1



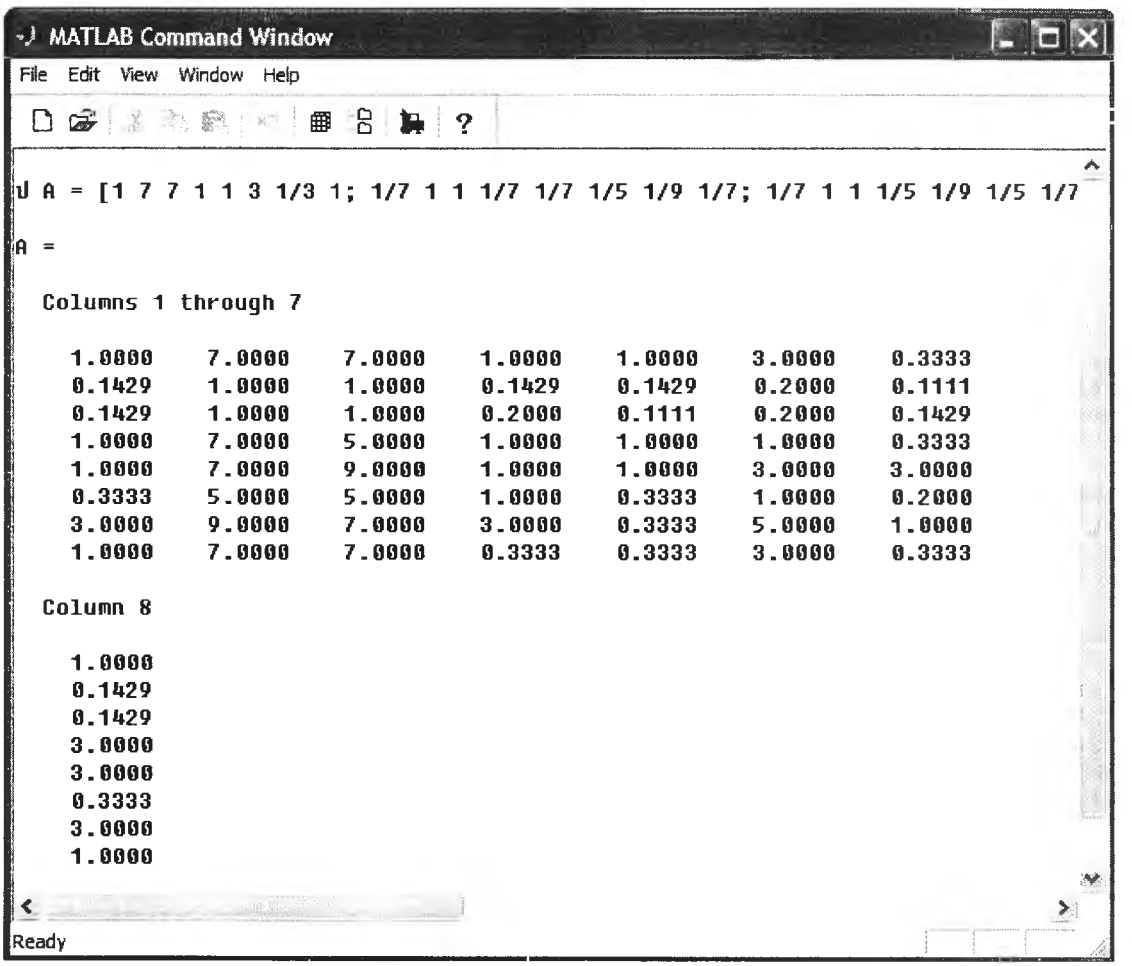
รูปที่ 1 แสดงหน้าจอแรกของการใช้งานโปรแกรม MATLAB

2) เก็บค่าเมตริกซ์ด้วยการกำหนดตัวแปร เช่น A โดยการใส่ข้อมูลของเมตริกซ์ใน โปรแกรม MATLAB ต้องทำการเปิดวงเล็บด้วย [และปิดวงเล็บด้วย] โดยการใส่ตัวเลขในเมตริกซ์ต้องใส่ให้ตัวเลขที่อยู่ในแถวเดียวกันอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยเว้นช่องวางระหว่างแถวให้มีขนาดเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 2



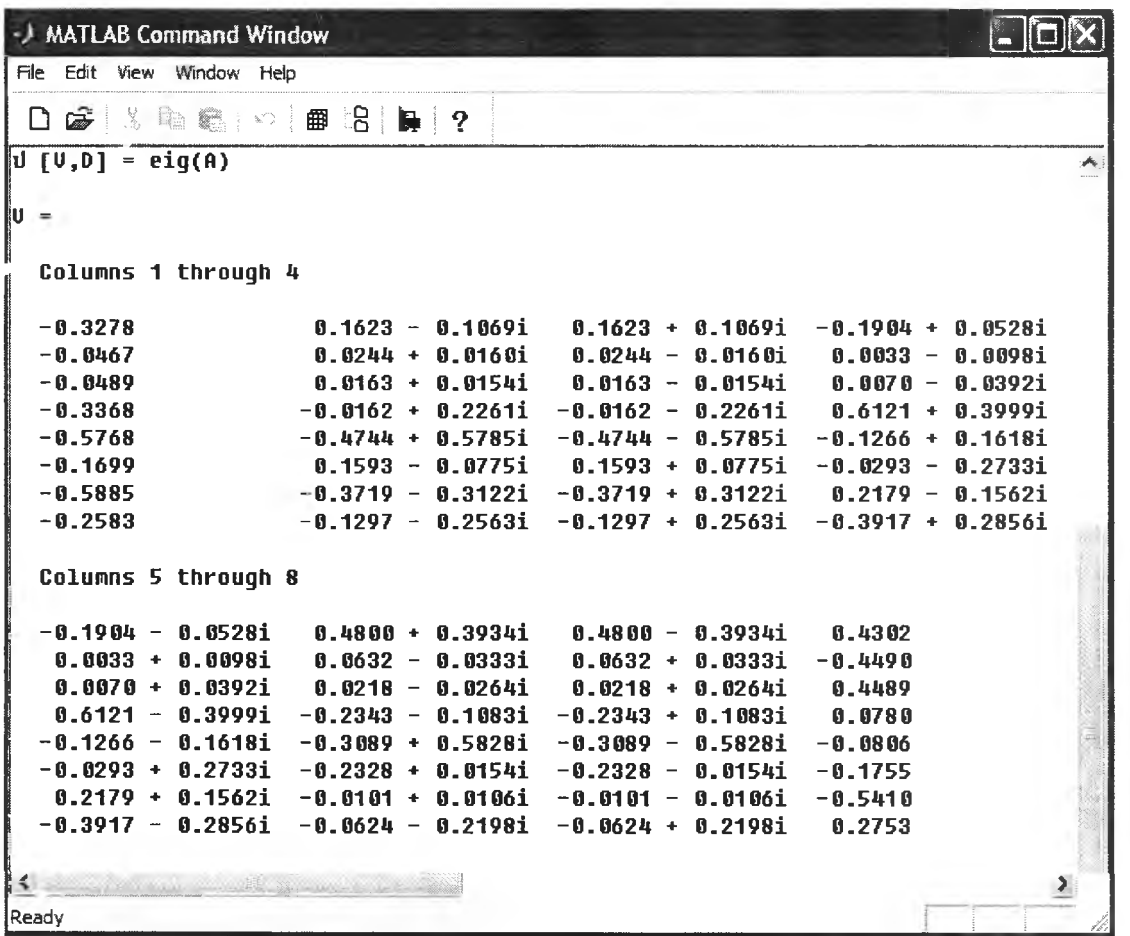
รูปที่ 2 แสดงการใส่ข้อมูลของเมตริกซ์ใน โปรแกรม MATLAB

3) เมื่อกดปุ่ม Enter โปรแกรม MATLAB จะจัดเรียงตัวเลขในเมตริกซ์ใหม่ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงผลของเมตริกซ์

ทำการคำนวณหาค่า เวกเตอร์เจาะจงและค่าเจาะจงสูงสุดของเมตริกซ์ โดยการพิมพ์ [V,D] = EIG(A) โดย V เป็นเมตริกซ์ของเวกเตอร์เจาะจง ส่วน D เป็นเมตริกซ์ของค่าเจาะจง ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

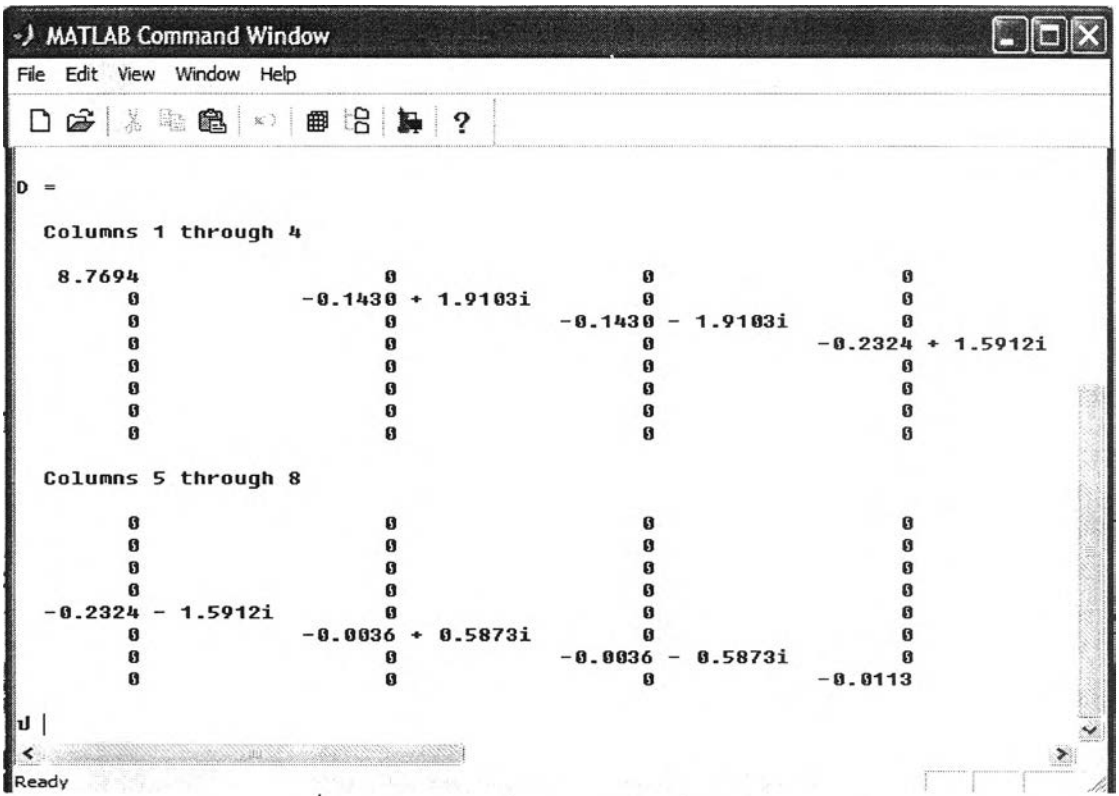


รูปที่ 4 แสดงผลการคำนวณเมตริกซ์ของเวกเตอร์เจาะจง

4) ค่าเวกเตอร์เจาะจงที่ต้องการคือค่าของตัวเลขในเมตริกซ์ของเวกเตอร์เจาะจงที่อยู่ในแถวเดียวกับแถวของค่าเจาะจงสูงสุดของเมตริกซ์ของค่าเจาะจง

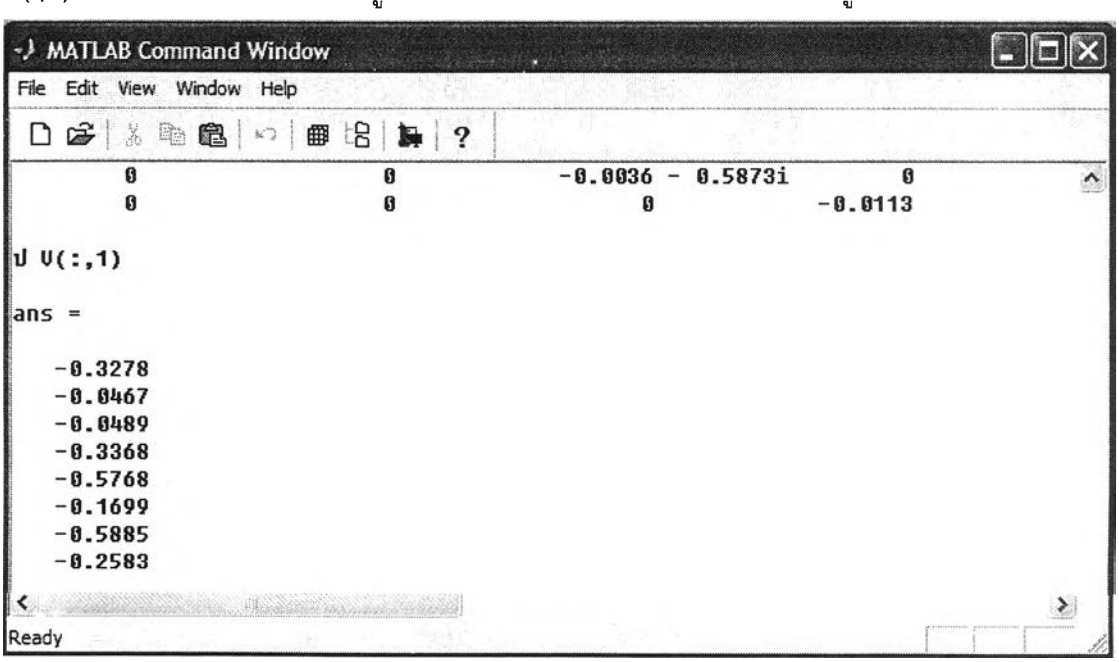
ค่าของเวกเตอร์เจาะจงคือ

$$\text{เวกเตอร์เจาะจง} = \begin{pmatrix} 0.3278 \\ 0.0467 \\ 0.0489 \\ 0.3368 \\ 0.5768 \\ 0.1699 \\ 0.5885 \\ 0.2583 \end{pmatrix}$$



รูปที่ 5 แสดงผลการคำนวณเมตริกซ์ของค่าเจาะจง

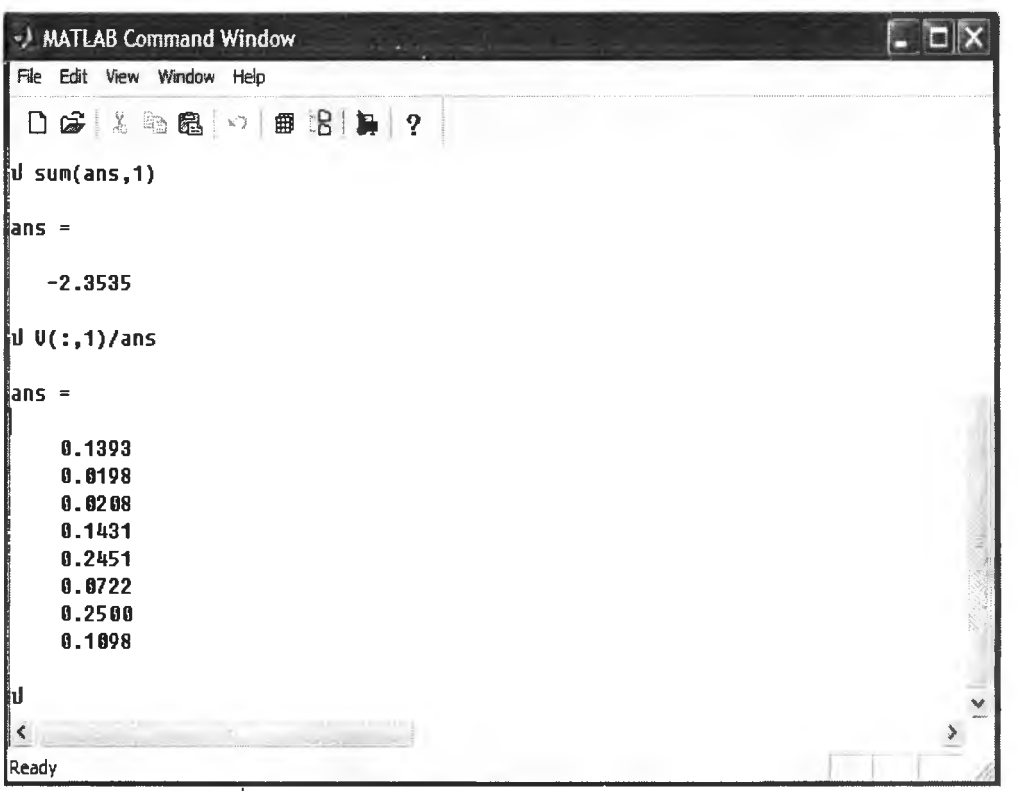
จากผลการคำนวณโดยโปรแกรม MATLAB พบว่าค่าเจาะจงสูงสุดมีค่าเท่ากับ 8.7694 อยู่ในแถวที่ 1 โปรแกรม MATLAB สามารถเรียกดูค่าของเมตริกซ์ในแถวที่ต้องการได้โดยใช้คำสั่ง V(:,1) ซึ่งหมายความว่าต้องการดูค่าของเมตริกซ์ V ในแถวที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการเรียกดูค่าของเมตริกซ์ในแถวที่ต้องการ

5) ภายหลังจากได้ค่าเวกเตอร์เจาะจงแล้ว ให้คำนวณค่าเวกเตอร์เจาะจงหนึ่งหน่วย โดยการหารตัวเลขในเวกเตอร์เจาะจงด้วยค่าผลรวมของตัวเลขในเวกเตอร์ ซึ่งโปรแกรม MATLAB สามารถคำนวณค่าผลรวมของตัวเลขในเวกเตอร์เจาะจงได้โดยใช้คำสั่ง sum(ans,1) ซึ่งหมายความว่าต้องการหาผลรวมของเมตริกซ์ ans ในแถวที่ 1ดังแสดงในรูปที่ 7

6) หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณค่าเวกเตอร์เจาะจงหนึ่งหน่วย โดยการหารตัวเลขในเวกเตอร์เจาะจงด้วยค่าผลรวมของตัวเลขในเวกเตอร์ โดยใช้คำสั่ง V(:,1)/ans โดย ans คือค่าผลรวมของตัวเลขในเวกเตอร์เจาะจง และ V(:,1) คือค่าเวกเตอร์เจาะจง



รูปที่ 7 แสดงผลลัพธ์การคำนวณค่าเวกเตอร์เจาะจง

7) ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าเวกเตอร์เจาะจงหนึ่งหน่วย คือค่าระดับความสำคัญ

กิจกรรม 1 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.1393 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 2 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.0198 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 3 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.0208 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 4 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.1431 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 5 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.2451 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 6 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.0722 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 7 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.2500 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

กิจกรรม 8 มีระดับความสำคัญเท่ากับ 0.1098 ส่วนของกิจกรรมรวมทั้งหมด

ภาคผนวก ช.

การวิเคราะห์ผลการจัดแบ่งค่า Contingency จากค่าคงตัว ที่เปลี่ยนแปลงของสมการสัดส่วนรวมของ Cost Contingency และ Risk Contingency ด้วยวิธี Sensitivity Analysis ตามลำดับ

การวิเคราะห์ผลการจัดแบ่งค่าเผื่อสำรองจากค่าคงตัวที่เปลี่ยนแปลงของสมการสัดส่วนรวมของ Cost Contingency และ Risk Contingency ด้วยวิธี Sensitivity Analysis ตามลำดับ

ค่าคงตัวที่คูณอยู่กับตัวแปรต้นทั้งสองค่าของการจัดแบ่ง Cost Contingency (CC) คือ ความเสี่ยง, ต้นทุน และ ค่าคงตัวที่คูณอยู่กับตัวแปรต้นทั้งสามค่าของการจัดแบ่ง Risk Contingency (RC) คือ ความเสี่ยง ต้นทุน และความแปรปรวนความเสี่ยง เนื่องจากค่าคงตัวคือน้ำหนักความสำคัญของตัวแปร ซึ่งในแต่ละประเภทของงานที่แตกต่างกัน และในแต่ละองค์กรก่อสร้างที่นำหลักการจัดแบ่งค่า Contingency นี้ไปใช้ อาจกำหนดให้ความสำคัญของปัจจัยเหล่านี้ไม่เท่ากันได้

การแปรเปลี่ยนค่าคงตัวเหล่านี้ สามารถแปรเปลี่ยนได้หลายค่า ตั้งแต่ค่า 0 ถึง 1.00 แต่ผลรวมของค่าคงตัวทั้งสองค่าต้องมีค่าเท่ากับ 1 เสมอ ดังนี้

สัดส่วนรวม = 0.1 (ความเสี่ยง) + 0.9 (ต้นทุน)
สัดส่วนรวม = 0.2 (ความเสี่ยง) + 0.8 (ต้นทุน)
... ...
สัดส่วนรวม = 0.9 (ความเสี่ยง) + 0.1 (ต้นทุน)

สัดส่วนรวม = 0.1 (ความเสี่ยง) + 0.1 (ต้นทุน) + 0.8(ความแปรปรวนความเสี่ยง)
สัดส่วนรวม = 0.1 (ความเสี่ยง) + 0.2 (ต้นทุน) + 0.7(ความแปรปรวนความเสี่ยง)
... ...
สัดส่วนรวม = 0.8 (ความเสี่ยง) + 0.1 (ต้นทุน) + 0.1(ความแปรปรวนความเสี่ยง)

ค่าคงตัวที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้นั้นส่งผลกระทบต่อการจัดแบ่งค่า Contingency และการทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงค่าคงตัวครั้งนี้ สามารถวิเคราะห์ได้จากการทดสอบ Sensitivity Analysis ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้ค่าคงตัวที่นำมาทดสอบ Sensitivity Analysis คือช่วงตั้งแต่ 0.3,0.7 ถึง 0.7,0.3 กับการจัดแบ่งค่า Cost Contingency (CC) ของโครงการตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มาทดสอบดังนี้

สัดส่วนรวม = 0.3 (ความเสี่ยง) + 0.7 (ต้นทุน) .....(1)

สัดส่วนรวม = 0.4 (ความเสี่ยง) + 0.6 (ต้นทุน) .....(2)

สัดส่วนรวม = 0.5 (ความเสี่ยง) + 0.5 (ต้นทุน) .....(3)

สัดส่วนรวม = 0.6 (ความเสี่ยง) + 0.4 (ต้นทุน) .....(4)

สัดส่วนรวม = 0.7 (ความเสี่ยง) + 0.3 (ต้นทุน) .....(5)

ตารางที่ ช.1 แสดงสัดส่วนของปัจจัยที่ใช้ในการจัดแบ่งค่า Cost Contingency

กิจกรรม	สัดส่วนต้นทุน	สัดส่วนความแปรปรวน	สัดส่วนสมการ (1)	สัดส่วนสมการ (2)	สัดส่วนสมการ (3)	สัดส่วนสมการ (4)	สัดส่วนสมการ (5)
1	0.118	0.022	0.051	0.060	0.070	0.080	0.089
2	0.024	0.001	0.008	0.010	0.013	0.015	0.017
3	0.019	0.001	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014
4	0.538	0.856	0.761	0.729	0.697	0.665	0.633
5	0.024	0.001	0.008	0.010	0.013	0.015	0.017
6	0.22	0.111	0.144	0.155	0.166	0.176	0.187
7	0.007	0	0.002	0.003	0.004	0.004	0.005
8	0.05	0.009	0.021	0.025	0.030	0.034	0.038

ค่าจากตาราง ช. 1 แสดงสัดส่วนรวมของทั้งสองปัจจัยเมื่อเปลี่ยนค่าคงตัวตามทั้งห้าสมการ ซึ่งค่าสัดส่วนรวม มีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่น้อย(ทศนิยมตำแหน่งสาม)จนถึงมาก(ทศนิยมตำแหน่งหนึ่ง) การเปลี่ยนค่าสัดส่วนรวมของทั้งห้าสมการทำให้ผลของการจัดแบ่งค่า Cost Contingency เปลี่ยนแปลงตามนี้

ตารางที่ ช.2 แสดงผลของการจัดแบ่งค่า Cost Contingency ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนแปลงสมการทั้งห้าสมการ

ค่า Cost Contingency					
กิจกรรม	สมการ (1)	สมการ (2)	สมการ (3)	สมการ (4)	สมการ (5)
1	689	820	950	1080	1210
2	107	138	170	201	232
3	87	111	136	160	185
4	10321	9890	9458	9027	8595
5	107	138	170	201	232
6	1950	2098	2246	2394	2542
7	28	38	47	57	66
8	289	345	400	456	512

วิเคราะห์ค่าจากตาราง ช.2 Contingency ที่เปลี่ยนแปลงไปของแต่ละสมการ ซึ่งกิจกรรมส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Contingency อย่างชัดเจน เนื่องจากการให้น้ำหนักความสำคัญของทั้งสองปัจจัยมีการเปลี่ยนแปลงและเมื่อมีการให้ความสำคัญของปัจจัยที่มีค่ามาก มีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

การจัดแบ่งค่า Risk Contingency (RC) ก็เช่นเดียวกัน ทดสอบ Sensitivity Analysis เช่นเดียวกับ Cost Contingency (CC) แต่กำหนดให้ค่าคงตัวทำนำมาพิจารณามีดังนี้

สัดส่วนรวม = 0.33(ความเสี่ยง) + 0.33(ต้นทุน) + 0.33(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(1)

สัดส่วนรวม = 0.25(ความเสี่ยง) + 0.25(ต้นทุน) + 0.50(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(2)

สัดส่วนรวม = 0.25(ความเสี่ยง) + 0.50(ต้นทุน) + 0.25(ความแปรปรวนความเสี่ยง ...(3)

สัดส่วนรวม = 0.50(ความเสี่ยง) + 0.25(ต้นทุน) + 0.25(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(4)

สัดส่วนรวม = 0.10(ความเสี่ยง) + 0.10(ต้นทุน) + 0.80(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(5)

สัดส่วนรวม = 0.10(ความเสี่ยง) + 0.80(ต้นทุน) + 0.10(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(6)

สัดส่วนรวม = 0.80(ความเสี่ยง) + 0.10(ต้นทุน) + 0.10(ความแปรปรวนความเสี่ยง)...(7)

ตาราง ช.3 แสดงค่าของสัดส่วนรวมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสมการสัดส่วนรวมตั้งแต่สมการที่ (1) ถึง (7)

กิจกรรม	สัดส่วนต้นทุน	สัดส่วนความเสี่ยง	สัดส่วนความแปรปรวน	สัดส่วนรวม สมการ (1)	สัดส่วนรวม สมการ (2)	สัดส่วนรวม สมการ (3)	สัดส่วนรวม สมการ (4)	สัดส่วนรวม สมการ (5)	สัดส่วนรวม สมการ (6)	สัดส่วนรวม สมการ (7)
1	0.12	0.054	0.055	0.076	0.070	0.070	0.086	0.061	0.060	0.105
2	0.02	0.089	0.090	0.068	0.073	0.073	0.057	0.083	0.083	0.037
3	0.02	0.097	0.080	0.065	0.069	0.073	0.054	0.076	0.087	0.033
4	0.54	0.270	0.248	0.352	0.326	0.332	0.399	0.279	0.295	0.482
5	0.02	0.082	0.165	0.090	0.109	0.088	0.074	0.143	0.085	0.044
6	0.22	0.044	0.022	0.095	0.077	0.082	0.126	0.044	0.059	0.182
7	0.01	0.258	0.196	0.154	0.164	0.180	0.117	0.183	0.227	0.051
8	0.05	0.106	0.144	0.100	0.111	0.102	0.088	0.131	0.104	0.065
รวม	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

ค่าของสัดส่วนรวมของแต่ละสมการมีค่าแตกต่างกันออกไป ส่งผลให้ค่า Risk Contingency ของแต่ละกิจกรรมเปลี่ยนแปลงเช่นกันดังนี้

ตาราง ช.4 แสดงค่าของ Contingency ที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนสมการตั้งแต่สมการที่ (1) ถึง (7)

ค่า Contingency							
กิจกรรม	สมการ (1)	สมการ (2)	สมการ (3)	สมการ (4)	สมการ (5)	สมการ (6)	สมการ (7)
1	3682	3431	3419	4195	2980	2946	5120
2	3303	3573	3561	2774	4060	4026	1822
3	3176	3356	3563	2608	3681	4261	1586
4	17155	15887	16155	19423	13604	14354	23505
5	4408	5315	4305	3603	6949	4119	2155
6	4641	3748	4016	6157	2142	2893	8887
7	7480	7997	8753	5691	8928	11043	2469
8	4876	5411	4948	4269	6374	5078	3177
รวม	48720	48720	48720	48720	48720	48720	48720

ค่าจากตารางที่ ซ. 4 Risk Contingency ที่เปลี่ยนแปลงไปตามสมการสัดส่วนรวม ตั้งแต่ สมการที่ (2) ถึง (7) ให้ค่าที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดในบางกิจกรรม ซึ่งให้ผลที่มีลักษณะเดียวกันกับ Cost Contingency เนื่องจากการให้น้ำหนักความสำคัญของทั้งสามปัจจัย ที่มีการเปลี่ยนแปลง และเมื่อมีการให้ความสำคัญของปัจจัยที่มีค่ามาก มีค่ามากขึ้นจะทำให้ค่าเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน

ภาคผนวก ซ.
การเปรียบเทียบผลของการจัดแบ่ง
ค่า Contingency ของการวิจัยนี้กับวิธีอื่น

การเปรียบเทียบผลของการจัดแบ่งค่าเผื่อสำรองของการวิจัยครั้งนี้กับวิธีอื่น

1. การจัดแบ่งค่า Cost Contingency (CC) เพื่อชดเชยความเสี่ยงในส่วนของต้นทุน (Cost Risk) ที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการก่อสร้าง และการวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการจัดแบ่งค่า CC นี้จากสมการที่ 3.10 คือ สมการสัดส่วนรวม = c*(สัดส่วนความแปรปรวน) + d*(สัดส่วนต้นทุน) เปรียบเทียบกับการศึกษาของ Ranasinghe (1994) ได้กำหนดให้การจัดแบ่งค่า Contingency ของแต่ละกิจกรรมแปรผันโดยตรงกับ ขนาดของความแปรปรวนของราคาในกิจกรรมนั้น จากสมการที่ 2.13 ดังนี้

$$\text{สัดส่วนการจัดแบ่ง Contingency} = \frac{\sigma c_i^2}{\sum_{j=1}^{n} \sigma c_j^2}$$

ยกตัวอย่างการคำนวณหาผลการจัดแบ่งเปรียบเทียบกันระหว่างสองวิธีจากข้อมูลของโครงการตัวอย่าง

ตาราง ช.1 เปรียบเทียบค่าสัดส่วนที่ใช้แบ่งค่า Cost Contingency ของวิธีที่พิจาณาความแปรปรวนและวิธีที่พิจารณา ความแปรปรวน กับต้นทุน

กิจกรรม	ความแปรปรวน	สัดส่วนความแปรปรวน	ลำดับ	สัดส่วนรวม (ความแปรปรวน + ต้นทุน)	ลำดับ
1 สำรวจและปรับพื้นที่	340573	0.0442	4	0.0439	4
2 ตอกเสาเข็ม	37269	0.00467	7	0.0160	7
3 ฐานราก	25372	0.0032	8	0.0172	6
4 งานโครงสร้าง	1067542	0.1335	2	0.3996	2
5 ระบบสุขาภิบาลอาคาร	113742	0.0148	5	0.0280	5
6 งานภายใน	5563289	0.6958	1	0.4066	1
7 ระบบระบายน้ำโครงการ	48136	0.006	6	0.0081	8
8 ถนนโครงการ	798551	0.099	3	0.0817	3
รวม	7994476	1.0000		1.000	

ผลของค่าสัดส่วนรวมที่ใช้ในการจัดแบ่งค่า Cost Contingency ของทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน เนื่องจากวิธีที่หนึ่งพิจาณาเพียงปัจจัยความแปรปรวน ซึ่งไม่พิจาณาขนาดของต้นทุน ในขณะที่วิธีที่สอง(การวิจัยครั้งนี้) พิจารณาทั้ง ความแปรปรวนและต้นทุน ร่วมกัน

2. การจัดแบ่งค่า Risk Contingency (RC) จากสมการความเสี่ยงที่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีค่าเท่ากับ ความเสี่ยง = โอกาสความเสี่ยง * ความรุนแรงความเสี่ยง Wideman (1998) และ Shen (2001) และสมการความเสี่ยงที่ได้นำเสนอโดยการวิจัยครั้งนี้ มีค่าเท่ากับ ความเสี่ยง = a(สัดส่วนโอกาสความเสี่ยง) + b(สัดส่วนความรุนแรงความเสี่ยง) ที่มีการเปรียบเทียบเป็นคู่ประเมินปัจจัยทั้งสอง

ยกตัวอย่างการคำนวณเปรียบเทียบผลของค่าความเสี่ยงจากวิธีทั้งสอง จากค่าในโครงการตัวอย่าง ดังนี้

ตารางที่ ซ.2 เปรียบเทียบค่าความเสี่ยงจากสมการความเสี่ยงทั้งสองวิธี

Activity	สมการ Risk = (P) * (S)	ลำดับ	สมการของการวิจัยครั้งนี้	ลำดับ
1	0.019	7	0.051	7
2	0.052	3	0.091	5
3	0.034	6	0.106	3
4	0.410	1	0.286	1
5	0.039	5	0.077	6
6	0.013	8	0.042	8
7	0.383	2	0.255	2
8	0.051	4	0.092	4
รวม	1.000		1.000	

ค่าความเสี่ยงจากทั้งสองวิธีไม่เท่ากันและมีความแตกต่างกัน เนื่องจากในวิธีที่หนึ่งเป็นการนำค่าของทั้งสองปัจจัยมาคูณกันโดยตรง ในขณะที่วิธีที่สอง (การวิจัยครั้งนี้) ได้พิจารณาปัจจัยทั้งสองโดยมีการนำน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยทั้งสองคูณกับค่าปัจจัย แล้วจึงนำมาบวกกันดังสมการ ซึ่งในวิธีแรกไม่มีการพิจารณาถึงในส่วนนี้ อย่างไรก็ตามลำดับความสำคัญของค่าที่ได้มีลักษณะโดยรวมที่เหมือนกันในลำดับที่ 1,2,4 และ 7,8 แต่สมการความเสี่ยงที่ได้นำเสนอในการวิจัยครั้งนี้มีความละเอียดกว่าเนื่องจากมีการใช้ความน่าเชื่อถือในการประเมินปัจจัยทั้งสองเป็นเกณฑ์การพิจารณาความสำคัญของปัจจัย ในขณะที่วิธีแรกไม่มี

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคริส เชิดสุริยา เกิดเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2522 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียน อัสสัมชัญศรีราชา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตจาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขนฯ เมื่อปีการศึกษา 2543 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาบริหารการก่อสร้าง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2544