รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ , 2537. การจำลองแบบปัญหา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Adamo, J.M. 1980. Fuzzy decision trees. Fuzzy Sets and System 4: 207-219.

Arzi, Y., and Roll, Y. 1993. Real-time production control of an FMS in a produce-to-order environment. International Journal of Production Research 3(19): 2195-2214.

Avonts, L.H., and Van Wassenhove, L.N. 1988. The part mix and routing mix problem in FMS: a coupling between an LP model and a closed queuing network. International Journal of Production Research 26(12): 1891-1902.

Baker, K.R. 1974. Introduction to Sequencing and Scheduling. New York: John Wiley & Son, Inc.

Ben-Arieh, D., and Lee, S.E. 1995. Fuzzy logic controller for part routing. In Parsaei, H.R., and Jamshidi, M. (eds.), Design and Implementation of Intelligent Manufacturing Systems,81-107. New Jersey: Prentice Hall Inc.

Ben-Arieh, D., and Triantaphyllou, E. 1992. Quantifying data for group technology with weighted fuzzy features. International Journal of Production Research 30(6): 1285-1299.

Bernado, J.J., and Mohamed, Z. 1992. The measurement and use of operational flexibility in the loading of flexible manufacturing systems. European Journal of Operation Research 60: 144-155.

Bobrowski, P.M., and Mabert, V.A. 1988. Alternate routing strategies in batch manufacturing :an evaluation. Decision Sciences 19(4): 713-733.

Bortolan, G., and Degani, R. 1985. A review of some methods for ranking fuzzy subsets. Fuzzy Sets and Systems 15: 1-19.

Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S., and Stecke, K. 1984 (April). Classification of flexibility manufacturing systems. The FMS Magazine : 114-117.

Caporello, T.J. (1996). A Design for the Environment Advisor for Product and Process Design Selection [CD-ROM]. Abstract from: Proquest File: Dissertation Abstracts Item: AAC 9539541

Chandra, P., and Tombak, M.M. 1992. Models for the evaluation of routing and machine flexibility. European Journal of Operational Research 60: 156-165.

Chen, M., and Alfa, A.S. 1992. Parts routing in a flexible manufacturing system with time-varying demands. European Journal of Operational Research 60: 224-232.

Chen, I.J., and Chung, C. 1991. Effect of loading and routing decision on performance of flexible manufacturing systems. International Journal of Production Research 29(11): 2209-2225.

Cheng, T.C.E. 1988. Integration of priority dispatching and due-date assignment in a job shop. Int. J. Systems Sci 19(9): 1813-1825.

Choi, R.H., and Malstrom, E.M. 1988. Evaluation of traditional work scheduling rules in a flexible manufacturing system with a physical simulator. Journal of Manufacturing Systems 7(1): 33-45.

Christensen, R. 1980. Entropy Minimax Sourcebook. 4 vols. MA: Entropy Ltd. cite in . Ross, T.J. 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications. New York:McGraw-Hill, Inc.

Christensen, R. 1980. Fundamentals of Inductive Reasoning. MA: Entropy Ltd. cite in . Ross, T.J. 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications. New York:McGraw-Hill, Inc.

Chung, S.H., and Lee, T.R. 1989. A heuristic method for solving FMS master production scheduling problem. Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: Operation Research Models and Application 127-132.

Chutima, P. 1995. Real-time Operational Control Flexible Manufacturing Systems. Doctoral dissertation, Department of Manufacturing Engineering and Operations Management, University of Nottingham.

Conway, R.W. 1965. Priority dispatching and work-in-process inventory in a job shop. The Journal of Industrial Engineering 16(2):123-130.

Conway, R.W., Johnson, B.M., and Maxwell, W.L. 1960. An experimental investigation of priority dispatching. Journal of Industrial Engineering 11(3): 221-229.

Conway, R.W., and Maxwell, W.L. 1962. Network dispatching by the shortest operation discipline. Operations Research 10(1): 51-73.

Dubois, D., and Prade, H. 1983. Ranking Fuzzy Numbers in the Setting of Possibility Theory. Information Sciences 30: 183-224.

Egbelu, P.J., and Tanchoco, J.M.A. 1984. Characterization of automatic guided vehicle dispatching rules. International Journal of Production Research 22(3): 359-374.

Elvers, D.A. 1973. Job shop dispatching rules using various delivery date setting criteria. Production & Inventory Management 14(4): 62-70.

Elvers, D.A., and Taube, L.R. 1983. Time completion for various dispatching rules in job shops. OMEGA 11(1): 81-89.

Ghosh, B.K. 1990. Non-arbitrary approach to routing in a flexible manufacturing system. Computer Integrated Manufacturing Systems 3(1): 5-10.

Ghosh, S., and Gaimon, C. 1992. Routing flexibility and production scheduling in a flexible manufacturing system. European Journal of Operation Research 60: 344-364.

Groover, M.P. 1987. Automation, production systems, and computer integrated manufacturing. London: Prentice-Hall.

Hutchison, J., Leong, K., Snyder, D., and Ward, P. 1989. Scheduling for random job shop flexible manufacturing systems. Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: Operation Research Models and Application. 161-166.

Ireson, W.G., Coombs, C.F., and Moss, R.Y. 1996. Handbook of Reliability Engineering and Management. 2nd ed. New York: McGraw-Hill.

Jiang, C.Q., Singh, M.G., and Hindi, K.S. 1991. Optimized routing in flexible manufacturing systems with blocking. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics 21(3): 589-595.

Jo, K.Y., and Maimon, O.Z. 1991. Optimal dynamic load distribution in a class of flow-type flexible manufacturing systems. European Journal of Operational Research 55: 71-81.

Jung, H.S. 1996. The Development of Ergonomic Workload Stress Index (EWSI) via a Fuzzy Set Modeling Approach [CD-ROM]. Abstract from: Proquest File: Dissertation Abstracts Item: AAC 9538230

Karsiti, M.N., Cruz, J.B., and Mulligan, J.H. 1993. Simulation studies of multilevel dynamic job shop scheduling using heuristic dispatching rules. Journal of Manufacturing Systems 11(5): 346-358.

Kochikar, V.P., and Narendran, T.T. 1994. On using abstract models for analysis of flexible manufacturing systems. International Journal of Production Research 32(10): 2303-2322.

Kumar, V. 1986. On measurement of flexibility in flesible manufacturing systems: An information-theoritic approach. Proceedings of the Second ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: Operation Research Models and Applications:131-143.

Kusiak, A. 1986. Application of operation research models and techniques in flexible manufacturing systems. European Journal of Operation Research 24: 3436-3456.

Kusiak, A. 1985. Flexible manufacturing systems: a structural approach. International Journal of Production Research 23(6): 1057-1073.

Lee, A.R. 1996. Application of Modified Fuzzy AHP Method to Analyze Bolting Sequence of Structureal Joints (Analytical Heirarchy Process) [CD-ROM]. Abstract from: Proquest File: Dissertation Abstracts Item: AAC 9611126

Lewis, W., Barash, M.M., and Solberg, J.J. 1986. Computer integrated manufacturing system control:a data flow approach. Journal of Manufacturing Systems 6(3): 177-191.

Luggen, W.W. 1991. Flexible Manufacturing Cells and Systems. London:Prentice-Hall International, Inc.

Liang, G., and Wang, M.J. 1991. A fuzzy-multicriteria decision-making method for facility site selection. International Journal of Production Research 29(11): 2313-2330.

Lin, G.Y., and Solberg, J.J. 1989. Flexible routing control and scheduling. In Proceedings of the Third ORSA/TIMS Conference on Flexible Manufacturing Systems: Operation Research Models and Applications, K.E. Stecke and R. Suri (eds.) :155-160.

Lin, G.Y., and Solberg, J.J. 1991. Effectiveness of flexible routing control. The International Journal of Flexible Manufacturing Systems 3: 189-211.

Liu, J., and MacCarthy, B.L. 1996. The classification of FMS scheduling problems. International Journal of Production Research 34(3) : 647-656.

Liu, J.J. 1989. The periodic routing of a flexible manufacturing system with centralized in-process inventory flows. International Journal of Production Research 27(6): 943-951.

Liu, M. 1995. Fuzzy Models for Industrial Performance and Customer Satisfaction (Performance Measurement). Doctoral dissertation, University of Texas at Arlington.

Mahmoodi, F., Dooley, K.J., and Starr, P.J. 1990. An investigation of dynamic group scheduling heuristics in a job shop manufacturing cell. International Journal of Production Research 28(9): 1695-1711.

Maimon, O.Z., and Choong, Y.F. 1987. Dynamic routing in reentrant flexible manufacturing systems. Robotics & Computer Integrated Manufacturing 3(3): 295-300.

Montgomery, C.D.1997. Design and Analysis of Experiments. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.

Nasr, N., and Elsayed, E.A. 1990. Job shop scheduling with alternate machines. International Journal of Production Research 28(9): 1595-1609.

Pegden, C.D., Shannon, R.E., and Sadowski, R.P. 1995. Introduction to Simulation Using SIMAN. New Jersey :McGraw-Hill, Inc.

Philipoom, P.R., and Fry, T.D. 1990. The robustness of selected job-shop dispatching rules with respect to load balance and work-flow. J. Op. Res. Soc. 41(10): 897-906.

Rachamadugu, R., Nandkeolyar, U., and Schriber, T. 1993. Scheduling with Sequencing Flexibility. Decision Sciences 24(2): 315-341.

Ramasesh, R. 1990. Dynamic job shop scheduling: A survey of simulation research. OMEGA 18(1): 43-57.

Ranky, P. 1983. The Design and Operation of FMS. England: IFS Publishions Ltd.

Ro, I.K., and Kim, J.I. 1990. Multi-criteria operational control rules in flexible manufacturing systems. International Journal of Production Research 28: 47-63.

Ross, T.J. 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications. New York:McGraw-Hill, Inc.

Sarin, S.C., and Dar-El, E.M. 1986. Scheduling parts in an FMS. Large Scale System 11: 83-94

Saaty, T.L. 1978. Exploring the inferface between hierarchies, multiple objectives and fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems 1: 69-74.

Schultz, C.R. 1989. An expediting heuristic for the shortest processing time dispatching rule. International Journal of Production Research 27(1): 31-41.

Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell Syst. Tech. Journ. 27: 379-423,633-659.

Shmilovici, A., and Maimon, O.Z. 1992. Heuristics for dynamic selection and routing of parts in an FMS. Journal of Manufacturing Systems 11(4): 285-296. .

Singh, N., Aneja, Y.P., and Rana, S.P. 1992. A bicriteria framework for operations assignment and routing flexibility analysis in cellular manufacturing systems. European Journal of Operational Research 60: 200-210.

Stecke, K.E. 1985. Design, planning, scheduling, and control problems of flexible manufacturing systems. Annals of Operations Research 3:3-12.

Stecke, K.E. 1992. Planning and scheduling approaches to operate a particular FMS. European Journal of Operational Research 6: 273-291.

Talavage, J., and Hannam, R.G. 1988. Flexible Manufacturing Systems in Practice: Application, Design, and Simulation . New York: Marcel Dekker, Inc.

Teremo, T., Asai, K., and Sugeno, M. 1992. Fuzzy Systems Theory, and Its Applications. Academic Prentice Hall, Inc.

Upton, D.M., and Barash, M.M. 1988. A grammaticla approach to routing flexibility in large manufacturing systems. Journal of Manufacturing Systems 7(3): 209-221.

Wein, L.M. 1991 Brownian networks with discretionary routing. Operations Research 39(2): 322-340.

Yao, D.D. 1985. Material and information flows in flexible manufacturing systems. Material Flow 2: 143-149.

Yao, D.D., and Buzacott, J.A. 1987. Modelling a class of flexible manufacturing systems with reversible routing. Operations Research 35(1): 87-93.

Yao, D.D., and Pei, F. 1990. Flexible parts routing in manufacturing systems. IIE Transactions 22(1): 48-55.

Yim, D., and Linn, R.J. 1993. Push and pull rules for dispatching automated guided vehicles in a flexible manufacturing system. International Journal of Production Research 31(1): 43-57.

Zadeh, L.A. 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8: 335-353.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ก.1 คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ตั้งแต่เริ่มมีการใช้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นกับอุตสาหกรรมทางด้านโลหะเป็นรายแรกของโลก ทั้งสถาบันการศึกษาและภาคอุตสาหกรรมได้มีความพยายามที่จะให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น เช่น

Ranky (1983) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นว่าเป็นระบบที่มีการนำข้อมูลด้านต่าง ๆ มาใช้สูง และวัสดุต่าง ๆ จะเคลื่อนที่ในระบบด้วยระบบอัตโนมัติผ่านเครื่องจักรคอมพิวเตอร์ เซลล์การประกอบ หุ่นยนต์ เครื่องตรวจสอบ เป็นต้น สำหรับส่วนประกอบของระบบจะถูกเชื่อมต่อกันโดยระบบขนถ่ายวัสดุแบบอัตโนมัติควบคุมโดยระบบคอมพิวเตอร์แบบรวบรวม (Computer integrated material handling) และคลังวัสดุ

Talavage และ Hannam (1988) ได้ให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นว่าเป็นระบบการผลิตที่ประกอบไปด้วยสถานีงานซึ่งมีเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และเครื่องจักรอื่น ซึ่งมีความสามารถผลิตชิ้นงานได้หลายประเภทโดยอัตโนมัติ แต่ละสถานีงานจะถูกเชื่อมติดกันด้วยระบบขนถ่ายงาน การจัดตารางการผลิตและการไหลของงานระหว่างสถานีงานและระหว่างสถานีงานกับสถานีนำงานเข้า-ออกจากระบบ (Load/Unload station) เป็นไปภายใต้การควบคุมของคอมพิวเตอร์

อย่างไรก็ตาม คำจำกัดความเหล่านั้นได้เน้นไปในด้านคำจำกัดความเชิงกายภาพมากเกินไปและไม่ได้ให้ความสำคัญกับความหมายในเชิงการจัดการ เป็นผลทำให้คำจำกัดความเหล่านั้นขาดหลักความเข้าใจที่แท้จริงเกี่ยวกับแนวคิดของระบบนี้ ความหมายเชิงการจัดการที่สถาบันแห่งวิศวกรรมการผลิต (Institution of production engineering) (1986) ได้ให้ไว้คือ "ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นระบบการผลิตที่สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาด โดยเวลาที่ใช้ในการตอบสนองตั้งแต่การสั่งสินค้าจนกระทั่งผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้องไม่มากและนอกจากนี้ยังต้องใช้ความพยายามและเงินลงทุนเริ่มแรกในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาดนั้นน้อยที่สุดด้วย"

จากที่ยกตัวอย่างไปจะเห็นได้ว่า การให้คำจำกัดความของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นอย่างแน่นอนตายตัวเป็นเรื่องที่กระทำได้ยาก เนื่องจากคำจำกัดความของมันนั้นขึ้นอยู่กับผู้นำระบบนี้ไปใช้ว่าต้องการให้ระบบนี้ประกอบด้วยอะไร และนำไปใช้งานอย่างไร

คำจำกัดความที่ดีของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้ไม่ควรจะมุ่งเน้นไปในด้านใดด้านหนึ่งจนเกินไป แต่ควรจะเน้นถึงความสอดคล้องกันทั้งทางด้านเทคนิคและการจัดการเพื่อที่จะได้รับ

ประโยชน์สูงสุดของระบบ ในการใช้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดนั้นควรจะมองระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเสมือนหลักการในการผลิตมากกว่าเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ที่สร้างขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ก.2 สาเหตุที่ผลักดันให้เกิดความต้องการระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

โดยทั่วไปแล้วระบบการผลิตแบบดั้งเดิมแบ่งตามปริมาณและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 ระบบ นั่นคือ Mass, Batch และ Job shop production ซึ่งมีรายละเอียดของการผลิตแต่ระบบมีดังนี้

ก.2.1 Mass production การผลิตประเภทนี้มีจุดเด่นที่ปริมาณและอัตราการผลิตที่สูง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตไม่ค่อยมีความหลากหลายนัก การวางผังโรงงานเป็นหัวใจสำคัญของการผลิตประเภทนี้ การผลิตประเภทนี้จะมีความยืดหยุ่นต่ำและมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ ตลอดจนความต้องการของผลิตภัณฑ์น้อย ในสภาวะการณ์ที่มีความต้องการของตลาดมาก และค่อนข้างคงที่ การผลิตแบบนี้คุ้มค่าที่จะลงทุน เพราะต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมาก เนื่องจากต้องใช้เครื่องจักรเฉพาะทาง (Special purpose machines) แรงงานในการผลิตประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องมีทักษะมากนัก

ก.2.2 Job shop จุดประสงค์หลักของการผลิตแบบนี้คือ ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ปริมาณการผลิตแต่ละครั้งนั้นจะน้อย โดยมากแล้วจะเท่ากับ 1 การผลิตประเภทนี้มีความยืดหยุ่นที่สูง สามารถผลิตสินค้าได้หลายแบบ แต่อย่างไรก็ตาม การผลิตแบบนี้ต้องการแรงงานที่มีทักษะสูง เนื่องจากระบบต้องถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่นสูง ดังนั้นเครื่องจักรที่ใช้ต้องเป็นเครื่องจักรแบบเอนกประสงค์ (General purpose machines) เพื่อที่ให้สามารถทำงานได้หลายแบบ

ก.2.3 Batch production เป็นการผลิตแบบที่มีปริมาณการผลิตและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วงปานกลาง การผลิตแบบนี้อยู่ระหว่างกลางของการผลิตสองแบบแรก ซึ่งปริมาณการผลิตไม่มากพอให้คุ้มค่ากับการลงทุนแบบ Mass production การผลิตแบบ Batch production นี้ สามารถประหยัดค่าตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตแบบนี้ค่อนข้างที่จะมีความยืดหยุ่นและเอนกประสงค์ แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องมีความสามารถที่จะผลิตได้ด้วยปริมาณและอัตราที่มาก และผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายตามความต้องการของลูกค้า ตลอดจนตอบสนองต่อความต้องการของตลาดที่ไม่แน่นอนได้ จากสถิติพบว่า 40% ของระบบการผลิต (Manufacturing) เป็นการผลิตแบบ Batch production และกว่า 75% ของการผลิตแบบนี้มีขนาดของ Batch ที่เล็กกว่าหรือเท่ากับ 50 ชิ้น (Groover, 1987)

ปัจจุบันสิ่งแวดล้อมทางอุตสาหกรรมได้เพิ่มความกดดันต่อผู้ผลิต เนื่องจาก

- มีการแข่งขันสูงขึ้น
- ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น
- ลูกค้ามีความต้องการที่หลากหลายมากขึ้น พฤติกรรมของผู้บริโภคได้เปลี่ยนไป ลูกค้าไม่ได้ขอบสินค้าที่เป็นมาตรฐานมีให้เลือกน้อยชนิดอีกต่อไป ลูกค้าต้องการทางเลือกของผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย
- วงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life cycle) การที่แต่ละผลิตภัณฑ์จะมีวงจรชีวิตของมันเอง ทำให้การวางการผลิตเป็นแบบ Mass production ไม่คุ้มอีกต่อไป เนื่องจากในช่วงท้ายของวงจรชีวิตความต้องการจะลดลง ดังนั้นผู้ผลิตต้องหาทางเปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์ ทำให้การผลิตเปลี่ยนจาก Mass production มาเป็นการผลิตแบบ Batch production มากขึ้น

ผลจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้ทางผู้ผลิตต้องสามารถผลิตสินค้าได้ในช่วงปริมาณและความหลากหลายที่กว้างกว่าเดิม เพื่อที่จะสามารถปรับคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ให้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค นั่นคือ การออกแบบกระบวนการผลิตตลอดจนการจัดการผลิตภัณฑ์ (Process design and production management) จะต้องมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

ในการผลิตแบบ Batch production นั้นพบว่าเพียง 5% ของเวลาที่ใช้ในการผลิตทั้งหมดเท่านั้นที่ถูกใช้ไปในกระบวนการเพิ่มคุณค่าของผลิตภัณฑ์ (Luggen, 1991) จากสถิตินี้บ่งชี้ว่าการผลิตแบบ Batch production นั้นเครื่องจักรต่าง ๆ มีการใช้ประโยชน์ต่ำไม่ค่อยจะมีประสิทธิภาพ ดังนั้นทางผู้ผลิตจำเป็นต้องหาวิธีในการผลิตที่สามารถจัดการและควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และนอกจากนั้นต้องมีความยืดหยุ่นสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านปริมาณความต้องการและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์โดยที่ไม่ต้องเพิ่มเงินลงทุนเพื่อการปรับปรุงผลิตภัณฑ์มาก

ด้วยมุมมองในแง่ที่ได้กล่าวไปแล้ว ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจึงกลายเป็นเทคนิคการผลิตที่มีความสำคัญเนื่องจากสามารถทำให้ผู้ผลิตสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายอย่างประหยัด นอกจากนี้ยังสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่ไม่แน่นอนได้อีกด้วย นอกจากนี้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นยังเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยปรับปรุงกระบวนการผลิตเพิ่มการใช้สอยของเครื่องจักร เพิ่มความสามารถในการตอบสนองของเครื่องจักร และลดจำนวนคนงานลง กล่าวโดยสรุปได้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นช่วยเพิ่มทั้งความยืดหยุ่นและความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของระบบการผลิต

ก.3 ข้อแตกต่างระหว่างระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นและระบบการผลิตแบบดั้งเดิม

ในบางมุมมองนั้น ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น คือ Job shop ที่เป็นระบบอัตโนมัติ ซึ่งชิ้นงานไหลผ่านระบบด้วยระบบขนถ่ายวัสดุแบบอัตโนมัติ แม้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้จะมีส่วนประกอบคล้ายคลึงกับส่วนประกอบในระบบการผลิตแบบดั้งเดิม แต่อย่างไรก็ดี เมื่อต้องการแก้ไขปัญหาของการผลิตแบบยืดหยุ่นต้องมีการพิจารณาข้อจำกัดบางอย่างเพิ่มขึ้นด้วย ต่อไปจะกล่าวถึงสิ่งที่ทำให้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นต่างกับระบบการผลิตแบบดั้งเดิม

ก.3.1 **เครื่องจักร** เครื่องจักรศูนย์กลาง (Machining center) เป็นเครื่องจักรแบบเอนกประสงค์ ดังนั้นจึงมีความสามารถในการทำงานได้หลายแบบ เครื่องมือจำนวนมากได้ถูกติดตั้งไว้ในช่องเก็บเครื่องมือ (Tool magazine) และมีกลไกในการเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติทำให้เวลาที่ต้องใช้ในการตั้งเครื่องมือระหว่างเปลี่ยน Batch น้อย และเมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตแล้วถือว่าค่านี้น้อยมากจนสามารถตัดทิ้งได้ ทำให้เวลานำในการผลิตงานระหว่างทำและพื้นที่ที่ต้องการลดลง เนื่องจากความหลากหลายของเครื่องจักรศูนย์กลาง ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นยอมให้ชิ้นงานหลายประเภทสามารถถูกผลิตได้พร้อม ๆ กัน

นอกจากนี้ด้วยความคล่องตัวของระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ ทำให้สามารถขนถ่ายชิ้นงานและเครื่องมือได้ตามเส้นทางหลายทาง และสามารถตัดสินใจเลือกเส้นทางได้ใหม่ในกรณีที่เกิดสิ่งรบกวนต่าง ๆ ขึ้น เนื่องจากบัฟเฟอร์เฉพาะที่ (Local buffer) ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีจำนวนจำกัด ดังนั้นอัตราการผลิตของเครื่องจักรศูนย์กลาง และระบบการขนถ่ายวัสดุต้องสอดคล้องกันเพื่อลดความคับคั่งและจุดคอขวดในระบบ แม้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะใช้คนงานน้อยและคนงานไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญเฉพาะทางแต่ต้องสามารถทำงานได้หลายอย่างพร้อมๆ กัน

ก.3.2 **ขั้นตอนการทำงาน** ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้มีความซับซ้อนในเรื่องของการจัดการมากกว่าระบบดั้งเดิมเนื่องจาก

ก.3.2.1 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีส่วนประกอบหลายส่วนที่ต้องนำมารวมกัน ดังนั้นขั้นตอนการทำงานที่สอดคล้องกันของแต่ละส่วนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

ก.3.2.2 เนื่องจากวัตถุประสงค์ของระบบมีความหลากหลายและเปลี่ยนไปตามเวลา ดังนั้นปัจจัยที่ใช้ในการตัดสินใจจึงมีหลายตัวเพื่อที่จะสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ทางด้านต่างๆ ได้ ณ. เวลาหนึ่ง ๆ

ก.3.2.3 เนื่องจากระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นมีเวลาเผื่อ (Slack time) น้อยกว่าระบบการผลิตแบบดั้งเดิม จึงต้องการนโยบายในการจัดการที่มีประสิทธิภาพเพื่อที่จะได้ใช้สอยเวลาและทรัพยากรที่มีอย่างคุ้มค่า

ก.3.3 การไหลของข้อมูล ในระบบการผลิตแบบดั้งเดิมนั้น มีจุดหลักของการวางแผนคือนำการตัดสินใจทุกอย่างรวมทั้งการตัดสินใจในระดับขั้นตอนการดำเนินงาน (Operation level) มาทำการตัดสินใจที่ระดับก่อนการผลิต (Pre-production level) และมักจะคาดหวังว่าสิ่งที่จะเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานจริงของระบบจะเหมือนหรือสอดคล้องกับสิ่งที่ตัดสินใจวางแผนไป การตัดสินใจแบบนี้ทำให้ขาดความยืดหยุ่นและทำให้ระบบไม่สามารถจัดการกับสิ่งรบกวนต่าง ๆ ที่อาจเกิดในระบบได้ เช่น เครื่องจักรเสีย

สรุปได้ว่าระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นต้องเพิ่มข้อจำกัดต่าง ๆ เข้าไปเพื่อที่จะรวมส่วนต่าง ๆ ในระบบเข้าด้วยกัน เวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตและเวลาที่ใช้ในการขนถ่าย (Processing time & handling time) ถือว่าคงที่เนื่องจากใช้เครื่องจักรที่มีความน่าเชื่อถือ การแก้ปัญหาทางด้านการควบคุมการดำเนินงาน (Operational control) ด้วยมนุษย์ไม่เหมาะสมอีกต่อไป เนื่องจากตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจมากและซับซ้อนขึ้น

ก.4 ประเภทของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

MacCarthy และ Liu (1996) ได้เสนอแนวทางในการแบ่งแยกประเภทของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นตามคุณลักษณะในการดำเนินงานและการควบคุม (Operational and control characteristics) โดยพื้นฐานแล้วการแบ่งแยกระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะแบ่งตามการจัดเรียงตัวของระบบ (Configuration) จำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการขนถ่ายวัสดุในระบบ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

ก.4.1 Single flexible machine (SFM) คือระบบการผลิตที่ควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ อาจประกอบด้วยเครื่องจักรแบบ NC หรือ CNC ซึ่งมีกลไกการเปลี่ยนเครื่องมือโดยอัตโนมัติ อุปกรณ์ในการขนถ่ายวัสดุและบัฟเฟอร์ที่เก็บชิ้นงาน (Part storage buffer)

ก.4.2 Flexible manufacturing cell (FMC) ประกอบด้วย SFM ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป โดยที่มีการใช้อุปกรณ์การขนถ่ายวัสดุร่วมกัน

ก.4.3 Multiple machine flexible manufacturing system (MMFMS) ประกอบด้วย SFM ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป และเชื่อมกันด้วยระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ จำนวนของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ MMFMS ต้องมากกว่า 1 ตัว และพอที่จะให้เครื่องจักรศูนย์กลางหลายตัวใช้ได้ในเวลาเดียวกัน

ก.4.4 Multiple cell flexible manufacturing system (MCFMS) ประกอบด้วย FMC ตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป และอาจมี SFMs ด้วย และทั้งหมดเชื่อมกันด้วยระบบขนถ่ายวัสดุอัตโนมัติ

ก.5 ข้อดีและข้อเสียของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นซึ่งประกอบด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติและนโยบายการจัดการแบบใหม่มีประโยชน์หลายด้านต่อผู้ผลิต เทคโนโลยีนี้เหมาะกับการผลิตที่มีความหลากหลายและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์อยู่ในขั้นปานกลาง

ประโยชน์ของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น มีหลายประการดังนี้

- เพิ่มการใช้สอยของเครื่องมือ
- ลดพื้นที่ที่ต้องการ
- ลดค่าอุปกรณ์
- เพิ่มการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาด
- ลดค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่อง
- คุณภาพของผลิตภัณฑ์มีความสม่ำเสมอ
- ลดค่าแรงงานทางตรง
- เพิ่มความสามารถของระบบ
- ลดงานระหว่างทำ
- ทำให้การเสื่อมสภาพของระบบค่อย ๆ เป็น ค่อย ๆ ไป
- ลดช่วงเวลานำของผลิตภัณฑ์

นอกเหนือจากประโยชน์อันได้กล่าวไปแล้วยังมีประโยชน์ที่ไม่สามารถวัดได้อย่างชัดเจน เช่น ทำให้การส่งมอบสินค้าแก่ลูกค้าเป็นไปตามกำหนดเวลาเพิ่มความปลอดภัย เพิ่มภาพพจน์ที่ดีของบริษัท ฯลฯ

ข้อเสียของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

- การติดตั้งระบบค่อนข้างทำให้ช้าเนื่องจากมีปัญหาในเรื่องเทคนิค เช่น
  - การวางแผนการติดตั้ง
  - อุปสรรคในเรื่องฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าและบางครั้งทำให้ระบบต้องหยุดการทำงาน ฯลฯ
  - นอกจากนั้นการตัดสินใจการติดตั้งระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้จะต้องมีการพิจารณาหลายขั้นตอน เช่น ขนาดของระบบที่เหมาะสม

ช่วงระยะเวลาการติดตั้งและการรวมส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบเข้าด้วยกันอีกด้วย

ดังนั้นก่อนที่ผู้ผลิตจะได้รับประโยชน์จากการติดตั้งระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นอย่างเต็มที่ ผู้ผลิตต้องพบกับปัญหามากมาย เช่น

- ใช้เงินลงทุนสูง
- ไม่สามารถวัดผลการใช้ระบบได้อย่างชัดเจน ปัญหาทางด้านการวัดความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนี้เป็นปัญหาที่ยับยั้งความคืบหน้าในการติดตั้งระบบ วิธีการทำบัญชีแบบเก่ามักไม่สามารถคิดประโยชน์อย่างชัดเจนในเรื่องของความประหยัดที่ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นทำได้ ตลอดจนไม่สามารถตีค่าประโยชน์ที่ไม่ใช่ตัวเงิน เช่น ความยืดหยุ่น
- คนงานต้องถูกฝึกให้สามารถทำงานและรับผิดชอบได้หลายหน้าที่

ก.6 การวางแผนการผลิตและการควบคุม (Production planning and control)

ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นเป็นวิธีการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนของระบบสูง ดังนั้นจึงจำเป็นที่ระบบการผลิตนี้ต้องสามารถให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน อย่างไรก็ตามนโยบายในการวางแผนและควบคุมการผลิตจะช่วยรับประกันว่าผู้ผลิตจะได้รับประโยชน์คุ้มค่าในการลงทุนในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

โดยทั่วไปแล้วการวางแผนการผลิตและการควบคุมของระบบการผลิตแบบดั้งเดิมก็มีความซับซ้อนยุ่งยากอยู่พอสมควร เนื่องจากต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักร วัสดุ ชิ้นงาน ความต้องการ เครื่องมือ ฯลฯ ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น ความสัมพันธ์นั้นจะยิ่งซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากเวลานำจะสั้นกว่าและนอกจากนี้ยังต้องมีรายละเอียดการควบคุมอีกมากมายโดยที่ใช้คนงานที่จะทำการควบคุมน้อย การเพิ่มข้อจำกัดและความยืดหยุ่นของตัวระบบเองทำให้จำเป็นต้องเพิ่มตัวแปรที่ใช้ในการตัดสินใจมากขึ้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเต็มความสามารถของระบบ

วิธีที่สามารถรองรับความซับซ้อนเช่นนั้นได้คือ การจัดการวางแผนและการควบคุมการผลิตออกเป็นขั้น ๆ ซึ่งแต่ละขั้นก็จะทำการวางแผนและควบคุมการผลิตเฉพาะหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย และมีการติดต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับการวางแผนและควบคุมการผลิตในระดับอื่น ๆ จะเห็นว่าเมื่อลำดับขั้นในการวางแผนและควบคุมการผลิตมากขึ้น เวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นจะน้อยลงแต่ก็มีรายละเอียดที่ต้องพิจารณามากขึ้น การแบ่งแยกการวางแผนและการควบคุมการผลิตเป็นขั้น ๆ นี้

มีประโยชน์ ดังนั้นการแบ่งลำดับขั้นในการวางแผนและการควบคุมการผลิตนี้ต้องมีความสอดคล้องกันในแต่ละลำดับขั้น

Kusiak (1985) ได้กล่าวว่าการพยากรณ์ในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นจะลดความสำคัญเนื่องจากระบบนี้มีความยืดหยุ่นสูง ในขณะที่การวางแผนในระยะกลางและระยะสั้นยังคงความสำคัญเหมือนเดิมแต่มีข้อจำกัดและเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ต้องพิจารณาเพิ่ม

การวางแผนและการควบคุมระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ การวางแผนการผลิต (Production planning) การจัดตารางการผลิต (Production scheduling) และการควบคุมการผลิต (Production control)

นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งการตัดสินใจเรื่องขั้นตอนการทำงานออกเป็น

- Pre-release decision เป็นการตัดสินใจในขั้นของการวางแผนเกี่ยวกับการจัดวางชิ้นส่วนและเครื่องมือต่าง ๆ ก่อนที่จะเริ่มมีการผลิตแบบยืดหยุ่น
- Post-release dedision เป็นการตัดสินใจในช่วงการวางตารางการผลิตและการควบคุมชิ้นงานและการใช้ทรัพยากรอื่นเมื่อระบบกำลังทำการผลิตอยู่

ก.6.1 การวางแผนการผลิต (Production planning)

การวางแผนการผลิตเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจว่าจะผลิตชิ้นงานใดและปริมาณเท่าใดในช่วงระยะเวลาวางแผน (Planning horizon) ที่จะมาถึงโดยต้องคำนึงถึงกำลังการผลิตของเครื่องจักร ความต้องการ กำหนดส่ง ฯลฯ ผลของการทำการวางแผนการผลิตคือสามารถจัดกลุ่มที่เหมาะสมให้กับชิ้นงานต่าง ๆ ปริมาณของชิ้นงานที่จะผลิตแต่ละกลุ่ม กลุ่มเครื่องจักรที่เหมาะสม การจัดสรรเครื่องมือและขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ ให้กับเครื่องจักร และการจัดสรรทรัพยากรประเภทแผ่นวางชิ้นงาน (Pallet) และตัวจับยึดชิ้นงาน (Fixture) ปัญหาการวางแผนการผลิตสามารถแบ่งได้เป็น

ก.6.1.1 การเลือกประเภทของชิ้นงาน (Part type selection) เป็นปัญหาในการจัดงานที่มีคุณลักษณะคล้าย ๆ กัน แต่มีปริมาณที่ต้องการต่างกันมาจัดเข้าเป็นกลุ่ม ๆ และสิ่งผลิตพร้อม ๆ กัน ในการที่จะจัดงานเป็นกลุ่ม ๆ นี้ต้องคำนึงถึงเกณฑ์เรื่อง ต้นทุนต่อหน่วย กำไรต่อหน่วย หรือต้องทำโหลดของงานให้สมดุล (Stecke 1985, Chung และ Lee 1989)

ก.6.1.2 การจัดกลุ่มของชิ้นงาน (Machine grouping) เป็นปัญหาในการนำเครื่องจักรแต่ละประเภทมาจัดเป็นกลุ่มเรียกว่า Pooled machine ซึ่งเครื่องจักรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีการติดเครื่องมือที่คล้ายกันเพื่อให้สามารถทำงานได้คล้ายกัน (Stecke 1992, Kusiak 1986) ในบางครั้งเครื่องจักรไม่สามารถนำมารวมกันได้เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านความจุของเครื่องมือในช่องใส่เครื่องมือ ซึ่งเป็นผลทำให้สามารถดึงเครื่องจักรมารวมกันได้เป็นเพียงบางส่วนโดยการเลียน

แบบส่วนของการทำงาน (Operation) และเครื่องมือบนหลายเครื่องจักรแทน (ไม่สามารถดึงมาไว้บนเครื่องเดียวได้) ประโยชน์ของการดึงเครื่องจักรมาจัดเป็นกลุ่มคือทำให้เกิดเส้นทางเดินของงานได้หลายเส้นทางโดยเฉพาะในกรณีที่เครื่องจักรเสียและช่วยลดขนาดของปัญหาเรื่องการกำหนดขั้นตอนการทำงานและเครื่องมือให้กับเครื่องจักร (Loading)

ก.6.1.3 **การกำหนดสัดส่วนของการผลิต** (Production ratio determination) ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการจัดทำอัตราส่วนของกลุ่มชิ้นงานที่เลือกไว้ในข้อที่ 1 ว่าควรมีอัตราส่วนอย่างไร

ก.6.1.4 **การจัดสรรทรัพยากร** (Resource allocation) เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดสรรทรัพยากรประเภทแผ่นวางชิ้นงาน และตัวจับยึดชิ้นงานให้เข้ากับชิ้นงานที่เลือกเพื่อที่จะให้ได้สัดส่วนของชิ้นงานที่ต้องการผลิต จะเห็นว่าหากแผ่นวางชิ้นงานและตัวจับยึดชิ้นงานออกแบบมาให้ใช้ได้กับชิ้นงานเฉพาะอย่างจะทำให้เกิดปัญหาทรัพยากรไม่พอใช้ เนื่องจากชิ้นงานใช้ทรัพยากรด้วยกันไม่ได้

ก.6.1.5 **การจัดสรรขั้นตอนการทำงานและเครื่องมือ** (Loading) เป็นการจัดสรรว่าเครื่องจักรหนึ่งจะต้องทำงานอะไรบ้าง และจะต้องใช้เครื่องมืออะไรบ้าง โดยจะพิจารณาจากกลุ่มของชิ้นงานที่ต้องผ่านเครื่องจักรนั้น และจะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยีและความสามารถในการผลิตของระบบด้วย อันได้แก่ จำนวนของช่องเก็บเครื่องมือ ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักร ฯลฯ ผลของการแก้ปัญหาคือสามารถบอกได้ว่าเครื่องจักรเครื่องนั้นทำงานอะไรได้บ้าง และด้วยเครื่องมือชนิดใด มีข้อที่น่าสังเกตว่าการทำให้เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเดียวกันนี้ (การใช้เครื่องมืออย่างเดียวกัน) ควรทำมากกว่า 1 เครื่อง เพื่อที่จะได้ทำให้ชิ้นงานสามารถเปลี่ยนทางเลือกได้เมื่อเกิดข้อขัดข้องบนเครื่องจักรเครื่องใดเครื่องหนึ่ง

ก.6.1.6 **การจัดเส้นทางเดินของงาน** (Routing) เป็นปัญหาเกี่ยวข้องกับการหาเส้นทางภายในระบบแล้วพิจารณาว่าในแต่ละเส้นทางมีชิ้นงานกี่ชนิดที่สามารถผ่านเส้นทางนี้ โดยที่เครื่องจักรที่อยู่ในเส้นทางที่ชิ้นงานชนิดหนึ่งจะผ่าน ต้องมีความสามารถที่จะทำขั้นตอนการผลิตที่ชิ้นงานนั้นต้องการได้สอดคล้องกับปัญหาทางด้านการจัดสรรขั้นตอนการดำเนินงานและเครื่องมือให้กับเครื่องจักร ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ตามความจริงแล้วปัญหาทางด้านการจัดเส้นทางเดินของงานนี้สามารถทำได้ทั้งในขั้นตอนการวางแผนและขั้นตอนการจัดตารางการผลิต อย่างไรก็ตาม การบ่งบอกเส้นทางเดินของงานในช่วงการวางแผนนี้ เส้นทางที่วางไว้มักจะไม่ค่อยมีความยืดหยุ่นเนื่องจากจะกำหนดทางเพียง 1 เส้นทางสำหรับชิ้นงานประเภทหนึ่ง ๆ ซึ่งการทำเช่นนี้เป็นการลดประโยชน์ที่พึงได้รับในด้านความยืดหยุ่นของเส้นทางเดินของระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น

กิจกรรมต่าง ๆ ในขั้นตอนการวางแผนนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะได้แผนที่เป็นไปได้และมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนนี้ไม่ได้สนองความต้องการโดยตรงของลูกค้า เพียงแต่ช่วย

วางกำลังการผลิตในระดับที่จะสนองความต้องการของลูกค้าได้ ในทางกลับกันภายใต้กำลังการผลิตที่กำหนดการวางแผนระยะสั้น (การจัดตารางการผลิตและการควบคุม) จะเป็นตัวบ่งชี้ว่าลูกค้าได้รับการตอบสนองดีเพียงใด

ก.6.2 **การจัดตารางการผลิต** (Production scheduling)

การจัดตารางการผลิตเป็นการควบคุมการไหลแบบเวลาจริง (Real time) ของชิ้นงานผ่านระบบที่ได้เตรียมไว้แล้วในช่วงการวางแผน รายละเอียดที่ต้องพิจารณาได้แก่ความจุของบัฟเฟอร์ที่มีจำกัด (Limited buffer capacities) ความล่าช้าของการขนส่งวัสดุ (Material handling delay) ความคับคั่งของระบบ (System congestion) เป็นต้น การตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตมีดังต่อไปนี้คือ

ก.6.2.1 **การเลือกชิ้นงานเข้าสู่ระบบการผลิต** (Part entry selection) ปัญหานี้เกี่ยวกับการปล่อยออเดอร์ของชิ้นงานที่ได้ถูกเลือกไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนเข้าสู่ระบบการผลิต

ก.6.2.2 **การเลือกเส้นทางเดินของงาน** (Alternate routing selection) เมื่อชิ้นงานเข้ากระบวนการผลิตผ่านเส้นทางได้หลายเส้นทาง และแต่ละเส้นทางก็สามารถทำได้บนเครื่องจักรหลายตัว ดังนั้นจะต้องมีการตัดสินใจเรื่องเส้นทางที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นจะผ่าน ตลอดจนเครื่องจักรที่ชิ้นงานผ่านในแต่ละขั้นตอนการทำงาน

ก.6.2.3 **การเลือกลำดับขั้นตอนการทำงาน** (Alternate operation sequencing selection) ในขั้นตอนการทำงานทั้งหมดที่ชิ้นงานแต่ละชิ้นงานต้องผ่าน จะต้องมีการตัดสินใจว่าจะทำขั้นตอนการทำงานใดก่อน

ก.6.2.4 **การจัดตารางการผลิตของเครื่องจักร** (Machine scheduling) ในบรรดาชิ้นงานที่รออยู่ด้านหน้าเครื่องจักร (ในบัฟเฟอร์ของเครื่องจักร) จะนำชิ้นงานใดผ่านเข้ากระบวนการผลิตที่เครื่องจักรนั้นก่อน

ก.6.2.5 **การจัดตารางของอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ** (Material handling scheduling) เมื่อมีการใช้ AGVs ในระบบ ต้องมีการตัดสินใจจะนำ AGV ตัวใด ไปรับชิ้นงานใด ที่เครื่องจักรเครื่องใด

ก.6.3 **การควบคุมการผลิต** (Production control)

การควบคุมการผลิตนี้เกี่ยวกับการเฝ้าติดตามระบบ และคอยตรวจสอบว่าระบบจริงได้มีการเบี่ยงเบนไปจากแผนที่วางไว้หรือไม่ และต้องดำเนินงานตามนโยบายที่วางไว้เพื่อแก้ไขความเบี่ยงเบนนั้นหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดโดยไม่คาดหมาย เช่นเครื่องจักรเสียปัญหาที่เกี่ยวกับการควบคุมการผลิตได้แก่ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน (Preventive maintenance) การตรวจสอบชิ้นงานระหว่างทำและผลิตภัณฑ์ (Inspection of in-process and/or finished goods) การตรวจ

จับและการปรับค่าอายุการใช้งานของเครื่องมือ (Monitoning and updating the estimates of tool life) ฯลฯ

โดยมากแล้วกิจกรรมที่เกี่ยวกับการควบคุมการผลิตมักเกี่ยวข้องกับการเก็บและการส่งผ่านข้อมูล ข้อมูลป้อนกลับจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการติดตามสถานะที่แท้จริงของระบบในขณะปฏิบัติงาน เช่นใช้วิเคราะห์ความก้าวหน้าของงาน วัดพฤติกรรมของระบบ ใช้บ่งบอกว่าต้องทำกิจกรรมอะไรต่อไป ฯลฯ

การวางแผนการจัดตารางการผลิตและการควบคุมรวมกันเรียกว่าการควบคุมการดำเนินงาน (Operational control)

ก.7 การจำแนกคำที่มักใช้ในการตัดสินใจในระบบการผลิต

ในงานวิจัยทั่วไปมักมีคำ 3 คำที่ใช้กันปอยนั่นคือ ระบบการผลิตแบบออฟไลน์(Off-line) ระบบการผลิตแบบออนไลน์ (On-line) และระบบการผลิตแบบเวลาจริง (Real-time) ทั้งสามคำนี้มีผลกระทบโดยตรงต่อการตัดสินใจในระดับการจัดตารางการผลิต ดังนั้นจึงควรทำความเข้าใจถึงข้อแตกต่างระหว่างคำทั้งสามนี้อย่างชัดเจน

ระบบการผลิตแบบออฟไลน์เป็นระบบที่ในการตัดสินใจในระดับการควบคุมการดำเนินการจะพิจารณานำงานทุกงานที่ต้องทำในช่วงการวางแผนนี้มาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ ข้อเสียของวิธีนี้คือเมื่อสถานการณ์ในอนาคตไม่เป็นไปดังที่คาดหมาย การตัดสินใจแบบนี้จะล้าสมัยและไม่เหมาะที่จะใช้ต่อไป ในทางกลับกัน ระบบการผลิตแบบออนไลน์เป็นระบบการผลิตที่มีการตัดสินใจในระดับการจัดตารางการผลิตเมื่อมีความต้องการ แม้วิธีนี้จะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องของระบบการผลิตแบบออฟไลน์ แต่ต้องใช้ข้อมูลมากและมีการนำข้อมูลไปผ่านกระบวนการที่ซับซ้อน

ระบบการผลิตแบบเวลาจริงเป็นทางเลือกหนึ่งในการตัดสินใจในระดับการควบคุมการดำเนินงาน กล่าวคือทั้งระบบการผลิตแบบออฟไลน์และออนไลน์สามารถมีการตัดสินใจแบบเวลาจริงได้ ซึ่งการมีการตัดสินใจแบบเวลาจริงจะสามารถทำให้การตัดสินใจที่กระทำไปแล้วสามารถปรับตัวเองให้เหมาะสมต่อสถานการณ์ปัจจุบันของระบบ เช่นสมมติระบบมีการจัดตารางการผลิตแบบเวลาที่ใช้ในกระบวนการสั้นที่สุด (Shortest processing time, SPT) หากเครื่อง A ว่างอยู่ เครื่อง B เป็นเครื่องที่จะต้องมีการตัดสินใจเลือกชิ้นงานเข้าทำการผลิต ถ้าเครื่องจักร B ยังคงเลือกงานที่มีเวลาที่ใช้ในกระบวนการน้อยที่สุด โดยไม่เปลี่ยนไปเลือกงานที่มีขั้นตอนที่ต้องทำอันดับต่อไปที่เครื่องเครื่องจักร A เรียกว่าการตัดสินใจนั้นไม่ได้เป็นแบบเวลาจริง

ทั้งระบบแบบออนไลน์และออฟไลน์สามารถติดตั้งการตัดสินใจแบบเวลาจริงได้ หากระบบออฟไลน์ที่มีการตัดสินใจแบบเวลาจริงก็จะกลายเป็นระบบที่มีทั้งการจัดการตารางการผลิต (Scheduling) และ การปรับตารางการผลิต (Rescheduling) แต่จะเห็นว่าโดยปกติการจัดตาราง

การผลิตก็ไม่ใช่เรื่องที่กระทำได้ง่าย และหากต้องมีการปรับการตัดสินใจบ่อย ๆ ก็จะยากต่อการปฏิบัติ

สำหรับระบบออนไลน์ที่มีการตัดสินใจแบบเวลาจริง นอกเหนือจากการจัดตารางการผลิตที่ต้องทำเป็นประจำภายใต้สภาวะการปฏิบัติงานตามปกติแล้ว ต้องเพิ่มการตัดสินใจแบบเวลาจริง ซึ่งทำให้ระบบสามารถตัดสินใจว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบ ระบบต้องตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนั้น เมื่อใด และทำอย่างไร ฯลฯ แม้ว่าการตัดสินใจแบบเวลาจริงในระบบออนไลน์จะทำได้ง่ายกว่าในระบบออฟไลน์ แต่อย่างไรก็ตามระบบนี้ก็ยังมีข้อเสียตรงที่ขาดมุมมองทั้งระบบ (Global view) ซึ่งทำให้ไม่สามารถได้รับการตัดสินใจที่ดีที่สุด

ก.8 การแบ่งแยกประเภทปัญหาในระดับการจัดตารางการผลิต

ได้มีการคิดค้นแผนผังการแบ่งปัญหาทางด้านการจัดตารางการผลิตและแบ่งได้ 5 เรื่องดังนี้

ก.8.1 แหล่งที่มาของความต้องการ (Requirement generation) ระบบการผลิตอาจแบ่งเป็น

- ระบบปิด (Close shop) ระบบจะตอบสนองความต้องการของลูกค้าโดยใช้ระบบผลิตแล้วเก็บเป็นสินค้าคงคลัง การตัดสินใจในการผลิตจะต้องคำนึงถึงเรื่องลำดับการผลิต ปริมาณที่สั่งผลิตในแต่ละครั้งโดยต้องคำนึงถึงนโยบายเรื่องสินค้าคงคลัง
- ระบบเปิด (Open shop) คำสั่งผลิตจะมีขึ้นเมื่อเกิดความต้องการของลูกค้า ทำให้ไม่มีการเก็บสินค้าคงคลังเอาไว้ การตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตประเภทนี้จะมีเพียงการตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตสินค้าตามลำดับ (Sequencing)

ก.8.2 ความซับซ้อนของกระบวนการผลิต (Processing complexity) เกี่ยวกับการตัดสินใจเรื่องจำนวนขั้นตอนการผลิตในแต่ละการผลิต ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น

- สภาวะเดียว เครื่องจักร 1 เครื่อง (Single stage, single machine)
- สภาวะเดียว เครื่องจักรขนานกัน (Single stage, parallel machine)
- หลายสภาวะ การผลิตไหลตามขั้นตอน (Multistage, flow shop)
- หลายสภาวะ การผลิตแบบเป็นงาน (Multistage, job shop)

ก.8.3 เกณฑ์ในการวางแผนตารางการผลิต (Scheduling criteria)

- ต้นทุนที่เกิดตามการวางแผนตารางการผลิต (Schedule cost) เช่นค่าตั้งเครื่องจักร (Setup costs) ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (Inventory holding cost) ฯลฯ มักใช้กับระบบปิด

- ความสามารถของระบบ (Schedule performance) เช่น เวลาเฉลี่ยที่งานอยู่ในระบบ (Mean flow time) เวลาเฉลี่ยที่งานล่าช้า (Mean tardiness) มักใช้กับระบบเปิด

ก.8.4 **ธรรมชาติของตัวแปรระบบ** (Nature of the requirement specification) เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับว่าตัวแปรต่าง ๆ อันเป็นองค์ประกอบในระบบเกิดขึ้นได้อย่างไร (ตัวแปรต่าง ๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละขั้นตอน (Processing time) เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่อง (Set up time) ฯลฯ) โดยแบ่งเป็น

- ทราบอย่างแน่นอน (Deterministic)
- ขึ้นกับความน่าจะเป็น (Stochastic)

ก.8.5 **สิ่งแวดล้อมในการผลิต** (Scheduling environment)

- คงที่เมื่อเทียบกับเวลา (static) เมื่อความต้องการของสินค้าไม่เปลี่ยนในช่วงเวลาที่กำหนด สามารถแก้ปัญหาในการจัดตารางผลิตได้โดยการรวมงานที่จะจัดตารางการผลิตที่ตอนต้นของช่วงเวลาที่จะทำตารางการผลิต
- เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับเวลา (Dynamic) เมื่อความต้องการอาจเกิดขึ้นอีกในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
ทฤษฎีที่เกี่ยวกับปัญหาแบบ NP-Hard และ NP-Complete

ในการแก้ปัญหาเรื่องการจัดตารางการผลิตสามารถแก้ได้ 3 วิธีใหญ่คือ

1. Constructive algorithm จะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) ในการแก้ปัญหาใช้ข้อมูลที่มีอยู่ แล้วแก้ปัญหาตามกฎที่ตั้งเอาไว้ตามลำดับ แต่ปัญหาที่สามารถแก้ด้วยวิธีนี้มักจะเป็นปัญหาที่มีเครื่อง จักรเดียว โดยที่มีจำนวนงานจำกัดและสำหรับปัญหาที่มีเครื่องจักรตั้งแต่ 1 เครื่องขึ้นไป จะแก้ปัญหาได้ โดยวิธีนี้น้อย ในขนาดของปัญหาที่เท่ากันวิธีนี้จะง่ายที่สุด ตัวอย่างของวิธีนี้ได้แก่ ขั้นตอนของ จอห์นสัน (Johnson's procedure) ซึ่งใช้กับ Flow shop ที่มี n งานและมีเครื่องจักร 2 เครื่อง เป็นต้น
2. Implicit enumeration การแก้ปัญหาแบบนี้เป็นการตัดเอาทางเลือกที่เป็นไปไม่ได้ออกจากการพิจารณา ตัวอย่างของการแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ได้แก่ การโปรแกรมเชิงไดนามิก (Dynamic programming) และ วิธีกิ่งและกั้น (Branch and bound method)
3. Complete enumeration คือการแก้ปัญหาโดยหาทางที่ดีที่สุดจากจำนวนทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด ดังนั้น วิธีนี้ต้องใช้การคำนวณมาก ซึ่งวิธีนี้จะใช้เมื่อ 2 วิธีแรกไม่สามารถใช้ได้

ในการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการแก้ปัญหาที่ต่างกัน จะใช้ฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลา (Time complexity) เป็นตัวบ่งบอกถึงความแตกต่างของวิธีการแก้ปัญหานั้น

f(v) = ฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลา เป็นจำนวนขั้นตอนการดำเนินงานที่มากที่สุดที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาขนาด v เพื่อหลีกเลี่ยงการกำหนดค่าของฟังก์ชั่นความซับซ้อนของเวลาอย่างสมบูรณ์ เราอาจใช้ O(*) เพื่อบอกพฤติกรรมของขั้นตอนที่ต้องใช้ในการแก้ปัญหาเมื่อขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้น

f(v) เป็น O(g(v)) อ่านว่า f(v) มีออเดอร์เดียวกันกับ g(v) ถ้าสัดส่วนของ f(v)/g(v) คงที่แม้ว่าค่า v จะเปลี่ยนไป ยกตัวอย่างเช่น โพลิโนเมียล $(a_nv^n + a_{n-1}v^{n-1} + \ldots + a_0)$ คือ $O(v^n)$ นอกจากนี้หาก f(v) ของวิธีการแก้ปัญหาใดเป็น O(p(v)) (p(v) เป็นฟังก์ชันโพลิโนเมียล) เราจะบอกได้ว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นมีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาเป็นแบบโพลิโนเมียล (Polynomial time complexity) นอกจากนี้วิธีการแก้ปัญหายังอาจมี f(v) เป็นฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาแบบเอ็กซ์โปเนลเชียล (Exponential time complexity) ได้อีกด้วย

เมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น เวลาที่ต้องการในการหาคำตอบที่เหมาะสมของปัญหาประเภทที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาเป็นแบบโพลิโนเมียล จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่ามากเมื่อเทียบกับปัญหาประเภทที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล นอกจากนี้เมื่อความเร็วในการแก้ปัญหาของคอมพิวเตอร์เพิ่มขึ้น คอมพิวเตอร์จะสามารถจัดการกับปัญหาแบบที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาแบบโพลิโนเมียลได้เร็วขึ้นเป็นทวีคูณ แต่ในปัญหาแบบที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลแม้ว่าความเร็วในการแก้ปัญหาของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้น แต่ก็จะแก้ปัญหาประเภทนี้ได้เร็วขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์จึงเป็นประโยชน์เฉพาะปัญหาประเภทที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาเป็นแบบโพลิโนเมียล

ในที่นี้จะขอแบ่งปัญหาเป็น

1.ปัญหาที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลาเป็นแบบโพลิโนเมียลหรือปัญหาประเภท P-Class

2.ปัญหาที่มีฟังก์ชันความซับซ้อนของเวลา:ป็นแบบโพลิโนเมียล (Exponential time complexity และ Factorial time complexity) หรือปัญหาประเภท NP-Class

สมมติว่ามีปัญหา P1 ซึ่งสามารถลดรูปไปเป็นปัญหา P2 ด้วยเวลาแบบโพลิโนเมียล ดังนั้นจะกล่าวได้ว่า P1 สามารถลดรูปไปเป็นปัญหา P2 นั่นคือหากมีปัญหา P1 ซึ่งมีขนาดของปัญหาเป็น v สามารถสร้างปัญหา P2 ขึ้นด้วยจำนวนขั้นตอนไม่เกิน p(v) ขั้นตอน เมื่อ p(v) เป็นโพลิโนเมียล

ถ้าหากปัญหา P2 ซึ่งลดรูปแล้วจัดเป็นปัญหาประเภท P-Class ดังนั้นปัญหา P1 ก็ต้องเป็น P-Class ด้วย ในทำนองเดียวกันหากปัญหา P2 ซึ่งลดรูปแล้วยังจัดเป็นปัญหาประเภท NP-Class ดังนั้นปัญหา P1 ก็ต้องเป็น NP-Class ด้วย ซึ่งแสดงให้เป็นว่าอย่างน้อยปัญหา P2 ต้องแก้ยากพอๆ กับปัญหา P1 หาก P2 เป็นปัญหาแบบ NP-Class จะเรียกปัญหา P2 ว่าเป็น NP-Complete ซึ่งเป็นปัญหาที่ลดรูปแบบโพลิโนเมียลมาจากปัญหาประเภท NP-Class (P1) และปัญหา P1 จะเรียกว่าเป็น NP-Hard

ตัวอย่างปัญหา P1 จะเป็นปัญหาที่ต้องการคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization problem) ปัญหา P2 เป็นปัญหาที่ลดรูปมาจากปัญหาที่ต้องการคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้แก้ปัญหาประเภทที่ต้องการคำตอบเป็น ใช่ หรือ ไม่ใช่ นั่นคือปัญหาประเภท Recognition Problem แม้ว่าปัญหาแบบ Recognition จะลดรูปมาจากปัญหาแบบต้องการคำตอบที่เหมาะสมที่สุด แต่การแก้ปัญหาก็มีความยากเท่ากัน

ภาคผนวก ค
การหาฟังก์ชั่นการแปลงคุณลักษณะไปเป็นคะแนนคุณลักษณะ

ในภาคผนวกนี้จะแสดงข้อมูลการเปลี่ยนคุณลักษณะ W Pr P และ S ให้เป็นคะแนนคุณลักษณะซึ่งประกอบไปด้วยแผนภูมิที่แสดงความถี่ในช่วงของคุณลักษณะต่างๆ และเส้นกราฟความถี่สัมพัทธ์ตลอดจนฟังก์ชั่นการเปลี่ยนคุณลักษณะให้เป็นคะแนนคุณลักษณะตามที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3

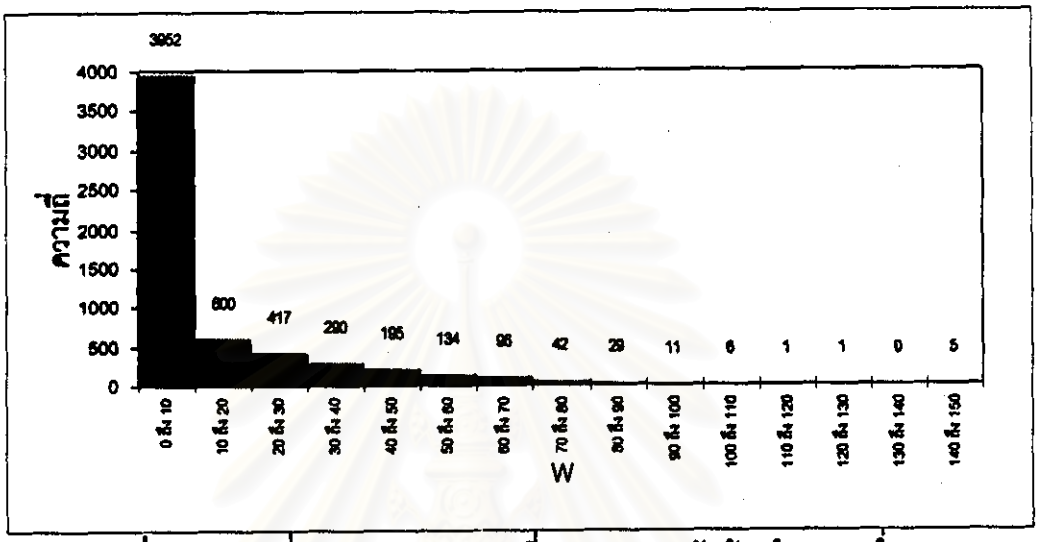
โดยในภาคผนวกนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ข้อมูลส่วนที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP และส่วนที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ ซึ่งในแต่ละส่วนจะถูกแบ่งย่อยออกเป็นแต่ละคุณลักษณะที่สภาวะต่างๆ ยกเว้นคุณลักษณะ P ซึ่งมีแผนภูมิแสดงความถี่ของข้อมูลในช่วงของคุณลักษณะต่างๆ และเส้นกราฟความถี่สัมพัทธ์ตลอดจนฟังก์ชั่นการเปลี่ยนคุณลักษณะให้เป็นคะแนนคุณลักษณะเพียง 1 ชุดไม่ว่าจะประยุกต์ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบใดหรือที่สภาวะใด เนื่องจากชิ้นงานแต่ละชิ้นได้ถูกกำหนดเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงานก่อนที่จะเข้ามาในระบบโดยให้เวลานี้มีการกระจายแบบเอกซ์โปเนลเชียลด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10 คุณลักษณะ P ของเครื่องจักรจะแตกต่างจากเวลาที่กล่าวถึงนี้อยู่ในช่วง 0-15 % เท่านั้น คุณลักษณะ P จึงประมาณได้ว่าไม่ขึ้นกับเวลาและสภาวะต่างๆของระบบ

สำหรับคุณลักษณะ Pr ที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP จะพบว่าความถี่ของคุณลักษณะ Pr ในช่วงน้อยที่สุดจะมากที่สุด เนื่องจากเครื่องจักรที่เสียมีคุณลักษณะ Pr เท่ากับ 0 และกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP ไม่มีการตัดเครื่องจักรเสียออกไป แต่จะเห็นว่าสำหรับคุณลักษณะ Pr ในช่วงอื่นก็ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอเท่ากัน เหมือนดังในกรณีข้อมูลของ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ และคุณลักษณะ Pr ก็มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 เท่านั้น ดังนั้นจึงให้การแปลงคุณลักษณะ Pr ไปเป็นคะแนน Pr เท่ากับ 100*Pr ที่สภาวะใดๆไม่ว่าจะสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน FuzzyAHP หรือ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

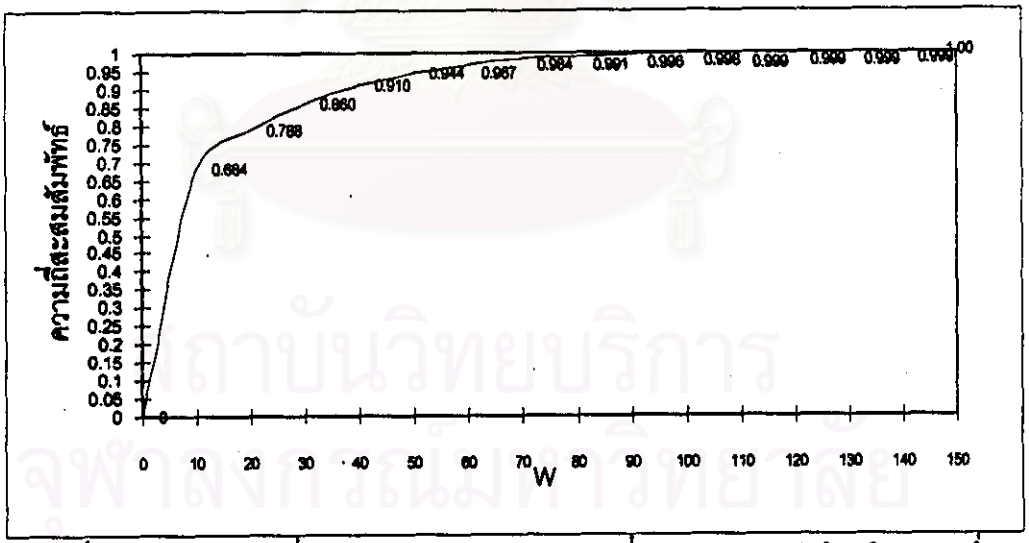
ค.1 ข้อมูลการเปลี่ยนคุณลักษณะเป็นคะแนนคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ค.1.1 สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.1 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

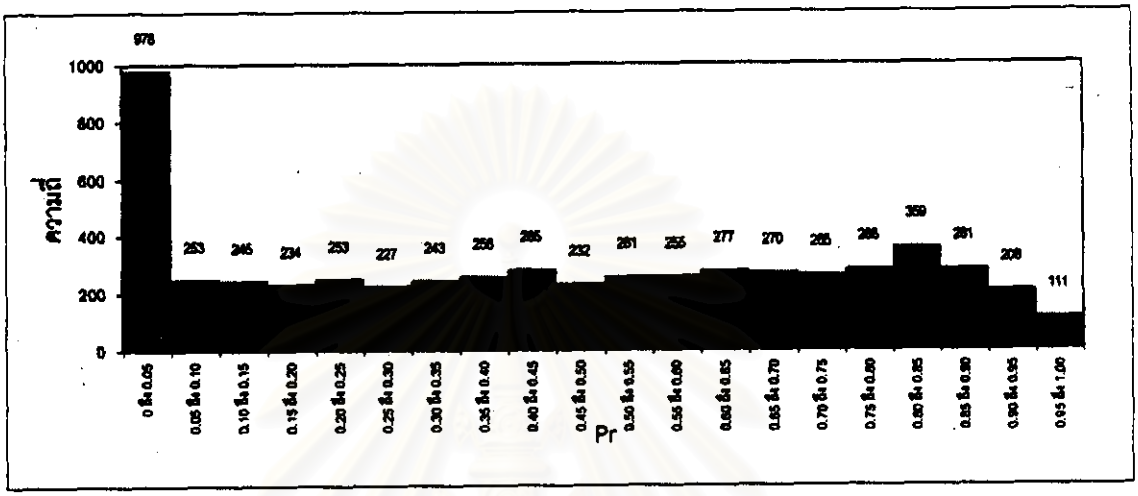


รูปที่ ค.2 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

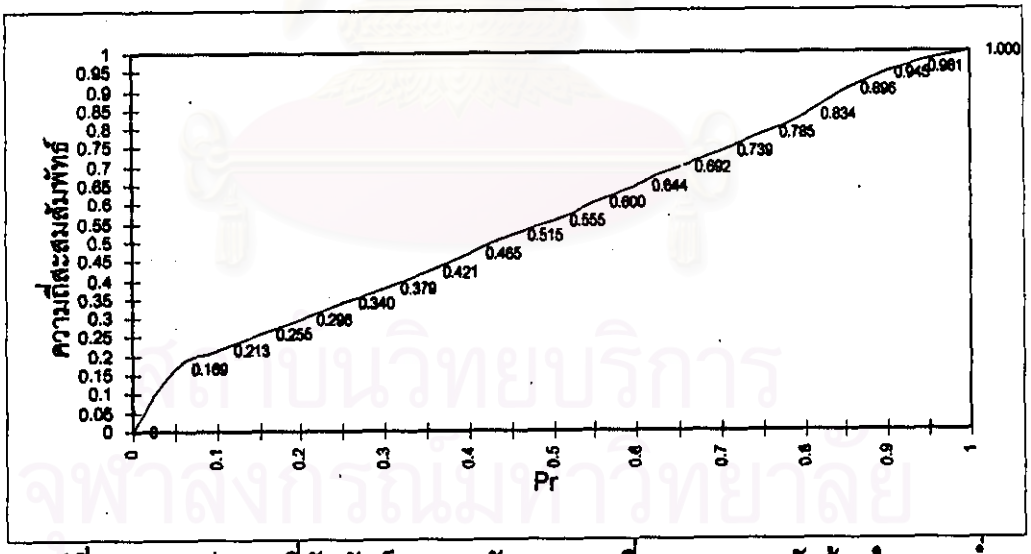
จากรูปที่ ค.1 และ ค.2 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,54] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 54 \\ (-1.851852*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 54 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.1)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.3 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

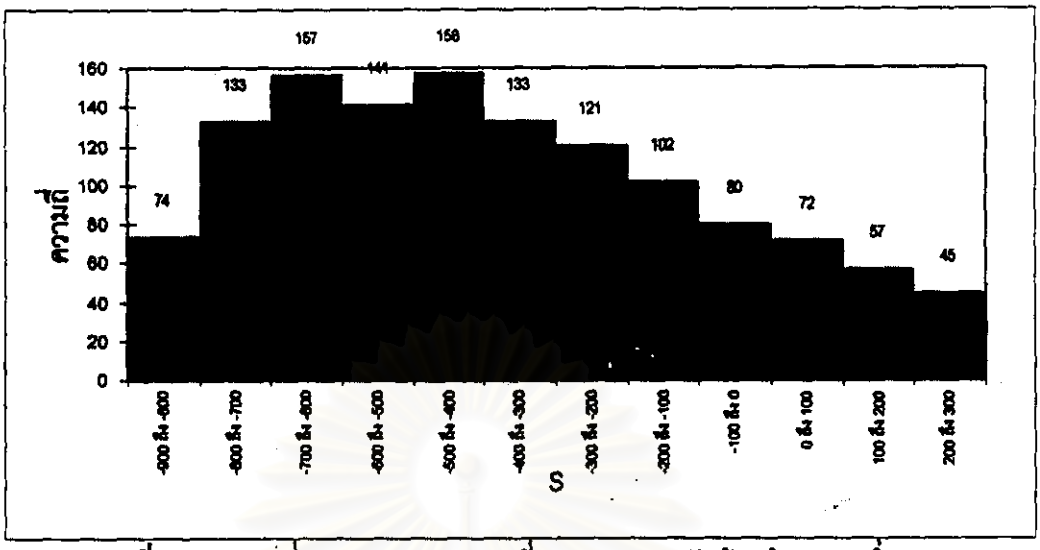


รูปที่ ค.4 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

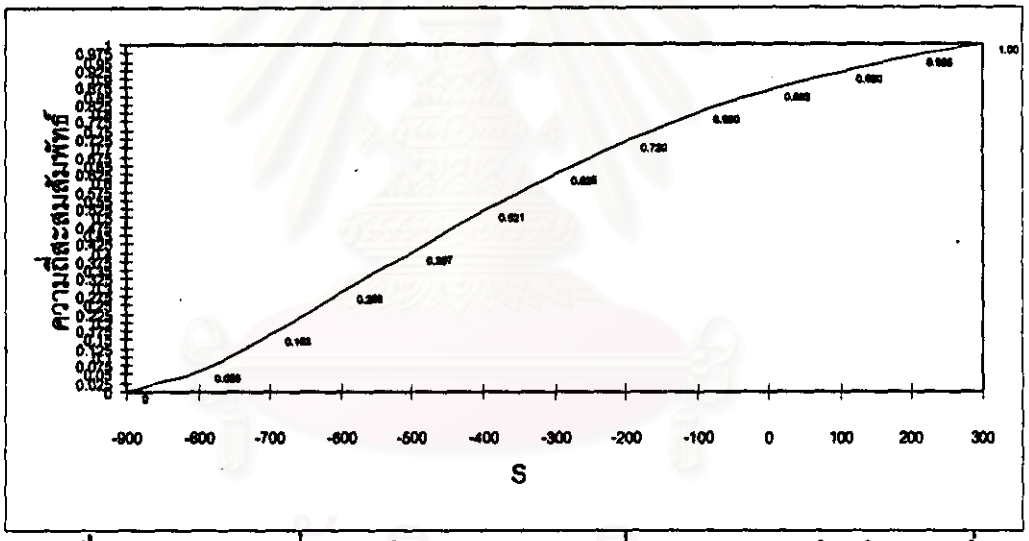
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \quad \text{ค.2)}$$

- คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.5 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



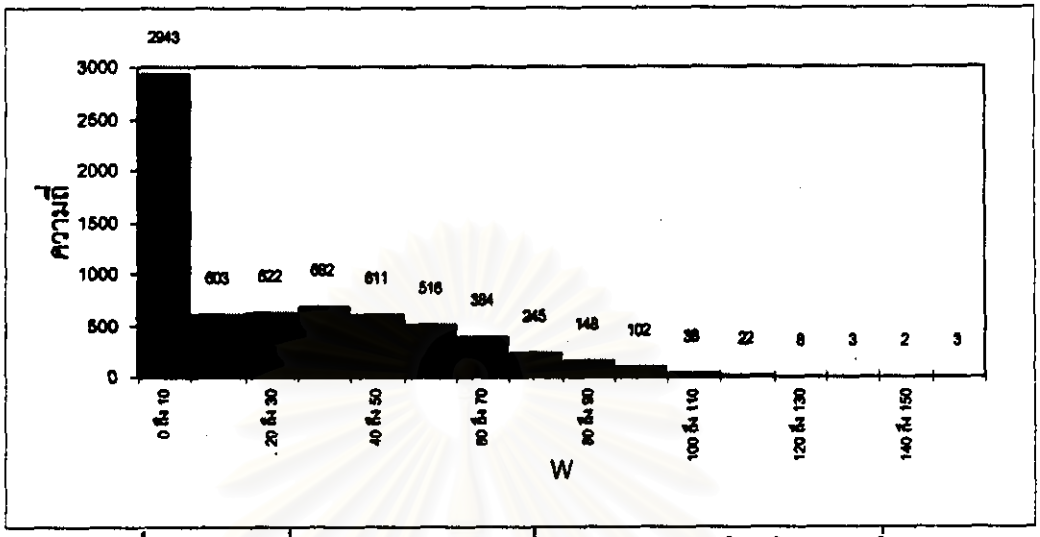
รูปที่ ค.6 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

จากรูปที่ ค.5 และ ค.6 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [-350,200] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

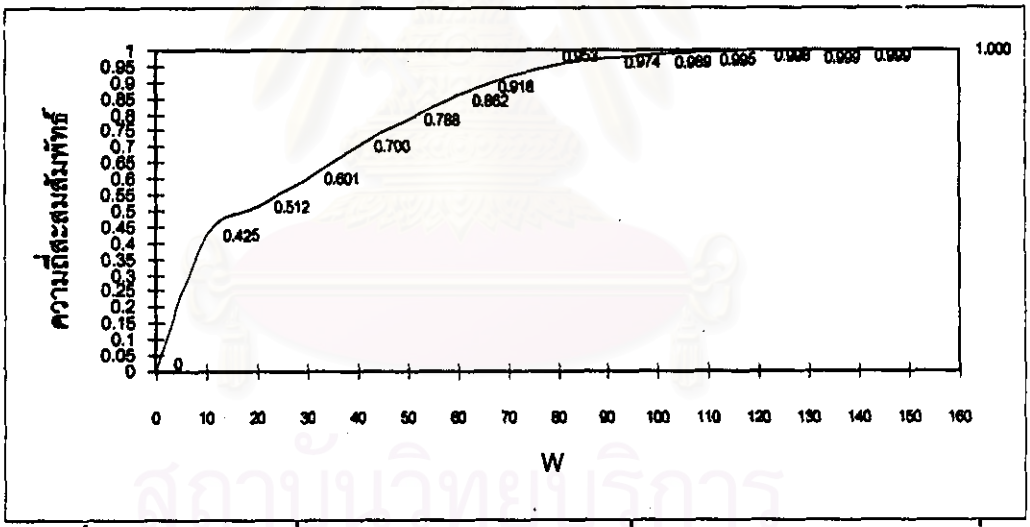
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 200 \\ (0.18182*S) + 63.63636, \text{ เมื่อ } -350 < S < 200 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq -350 \end{cases} \qquad \text{ค.3)}$$

ค.1.2 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.7 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

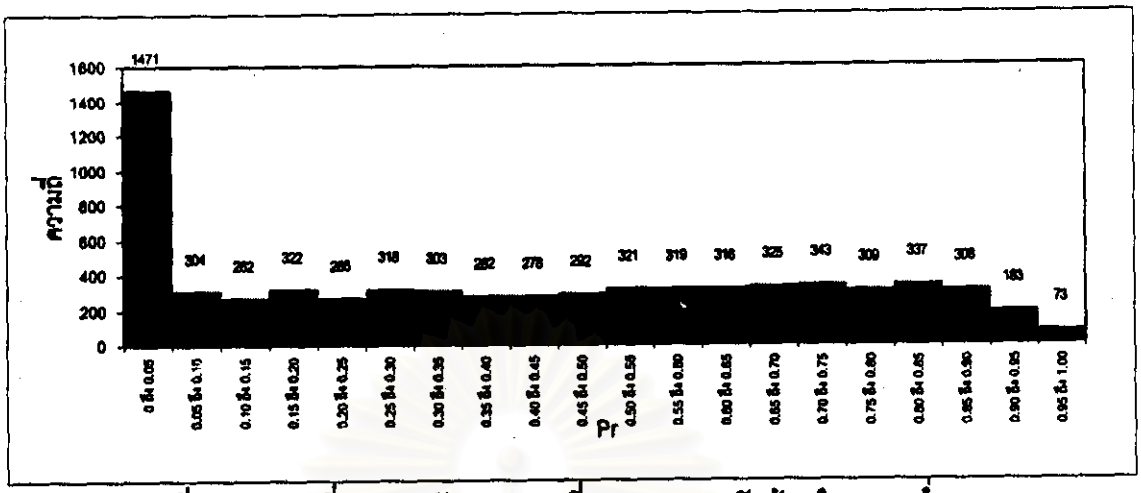


รูปที่ ค.8 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

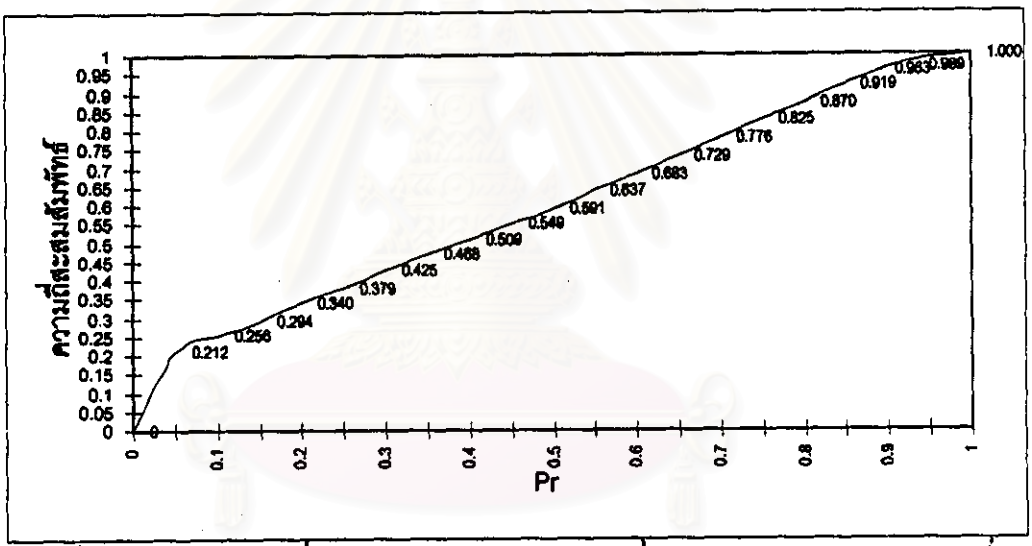
จากรูปที่ ค.7 และ ค.8 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,80] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{ เมื่อ } W \geq 80 \\ (-1.25^{*}W) + 100, \text{ เมื่อ } 0 < W < 80 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \qquad \text{ค.4)}$$

- คุณลักษณะ Pr



รูปที่ ค.9 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

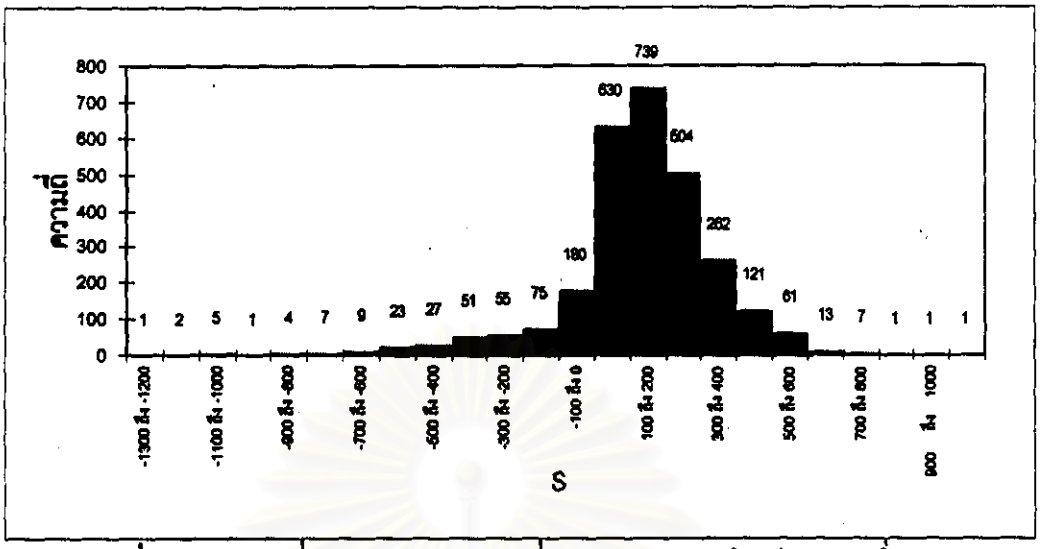


รูปที่ ค.10 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

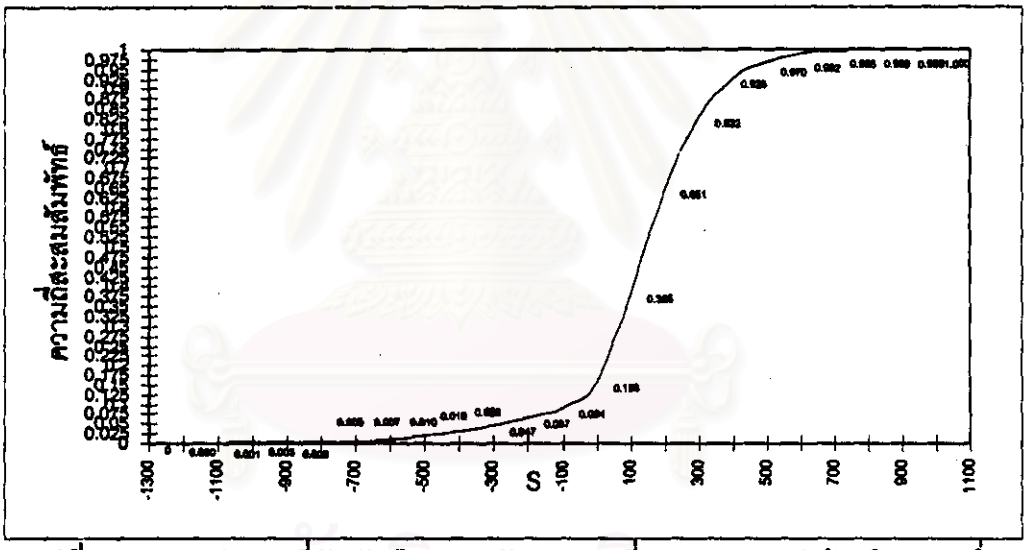
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \qquad \text{ค.5)}$$

- คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.11 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



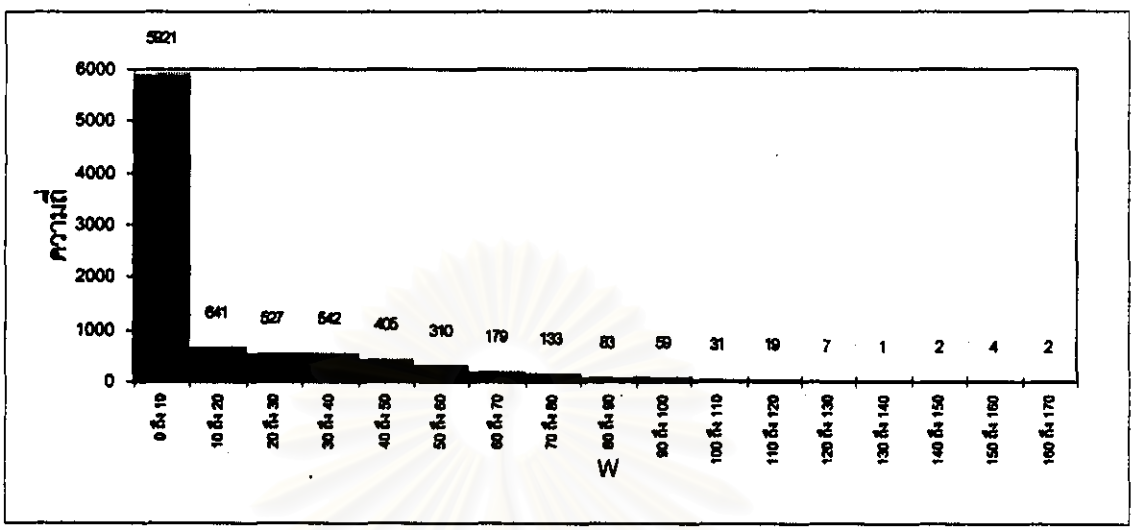
รูปที่ ค.12 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

จากรูปที่ ค.11 และ ค.12 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [-400,500] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

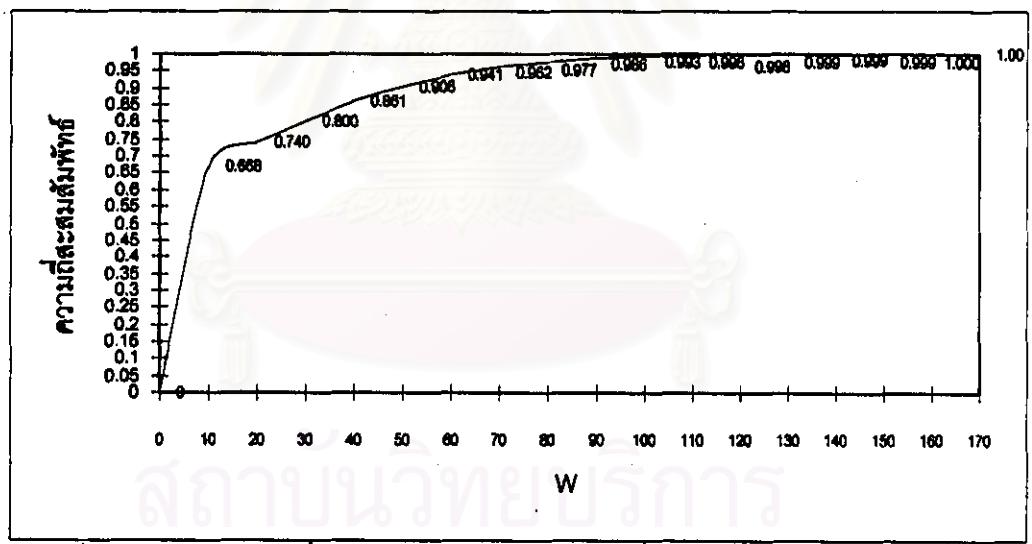
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 500 \\ (0.11111*S) + 44.44444, \text{ เมื่อ } -400 < S < 500 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq -400 \end{cases} \qquad \text{ค.6)}$$

ค.1.3 สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.13 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

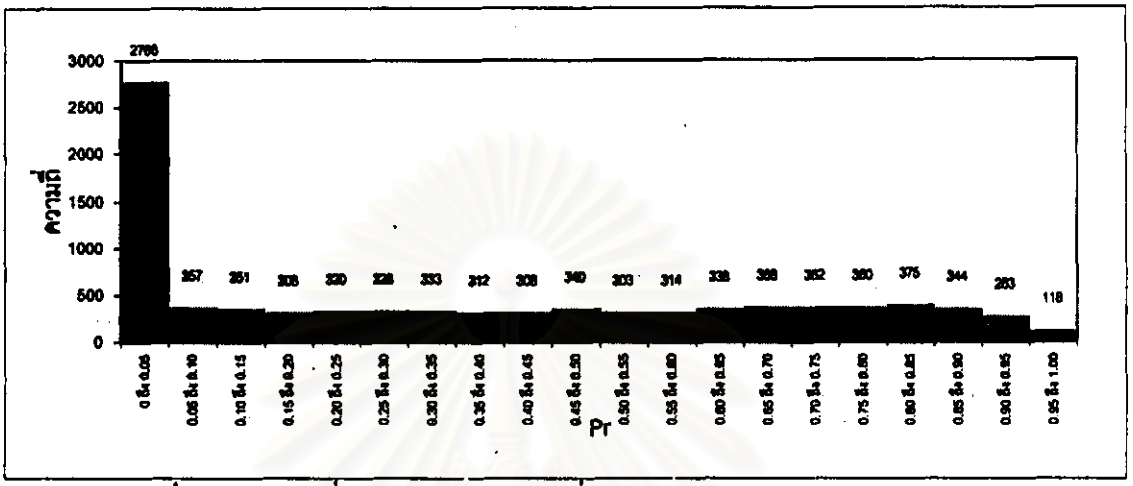


รูปที่ ค.14 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

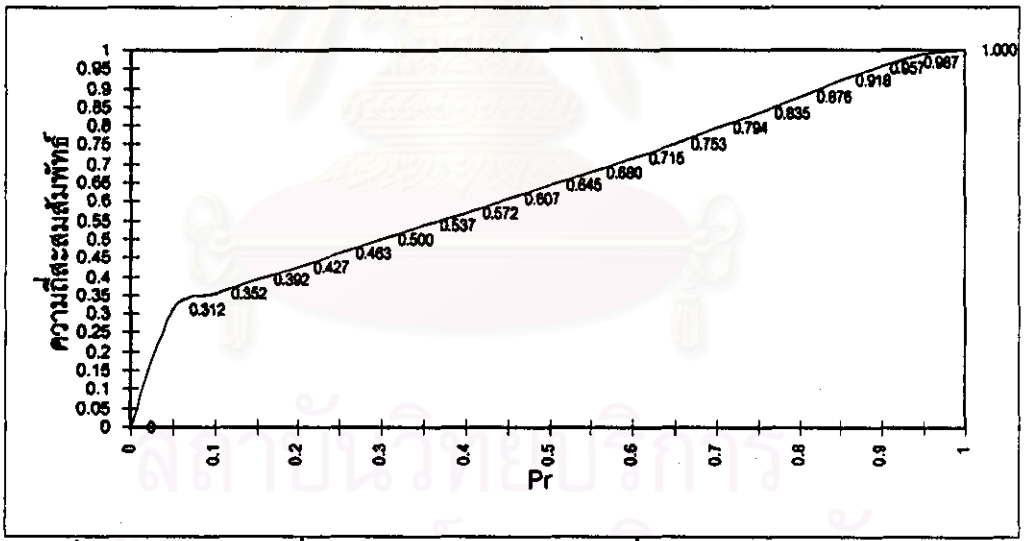
จากรูปที่ ค.13 และ ค.14 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,60] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 60 \\ (-1.66667*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 60 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.7)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.15 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

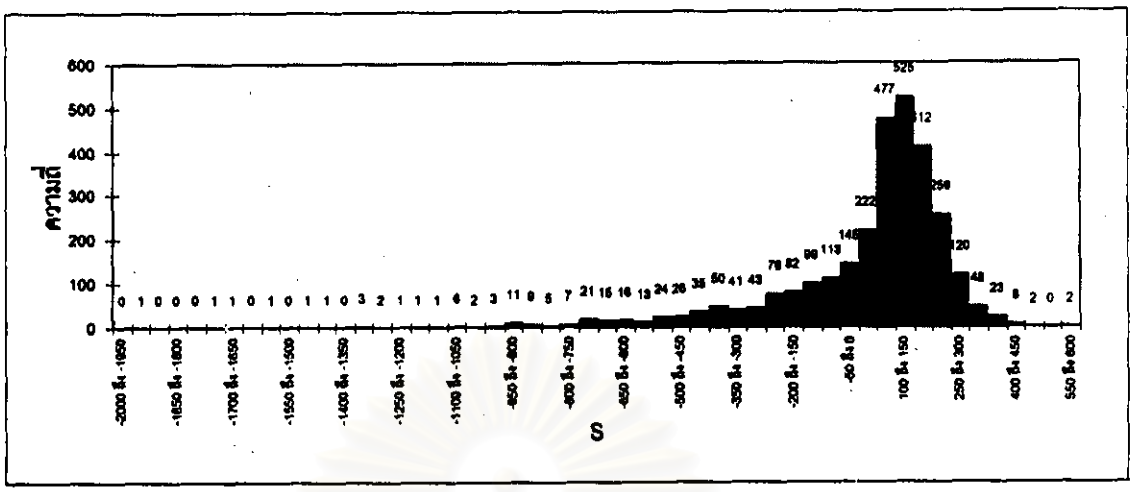


รูปที่ ค.16 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

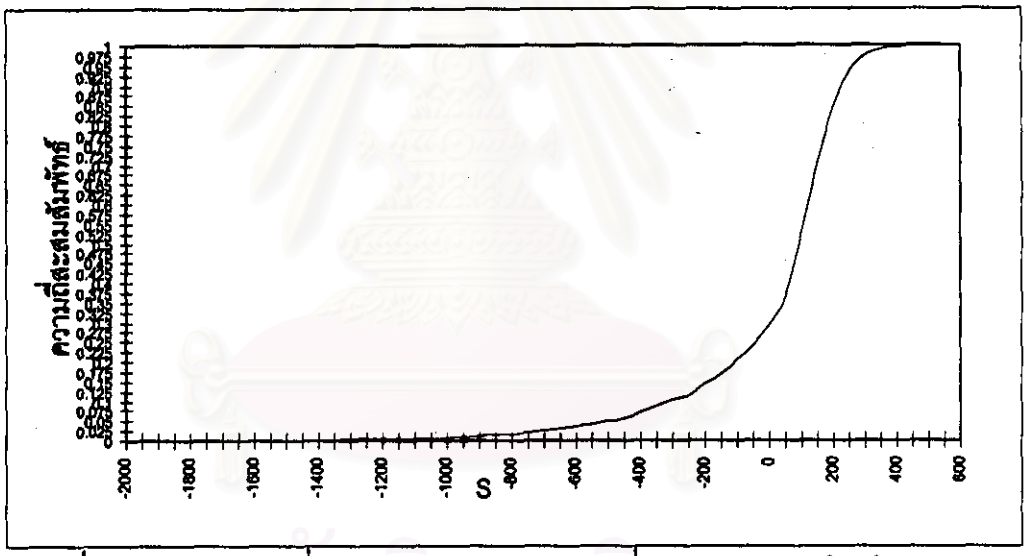
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \quad \text{ค.8)}$$

- **คุณลักษณะ S**



รูปที่ ค.17 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



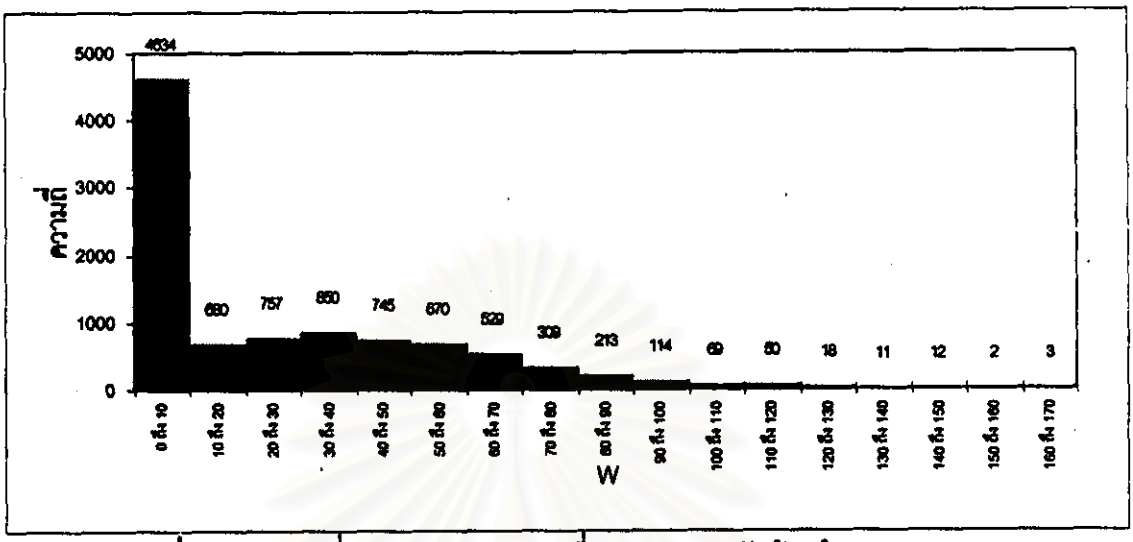
รูปที่ ค.18 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

จากรูปที่ ค.17 และ ค.18 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [-700,300] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

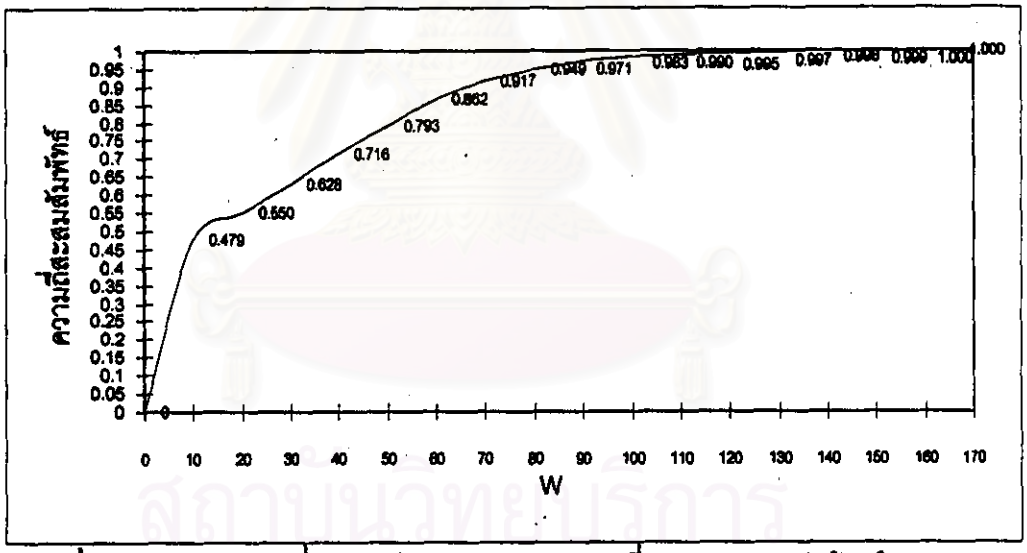
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 300 \\ (0.1*S) + 70, \text{ เมื่อ } -700 < S < 300 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq -700 \end{cases} \qquad \text{ค.9)}$$

ค.1.4 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.19 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

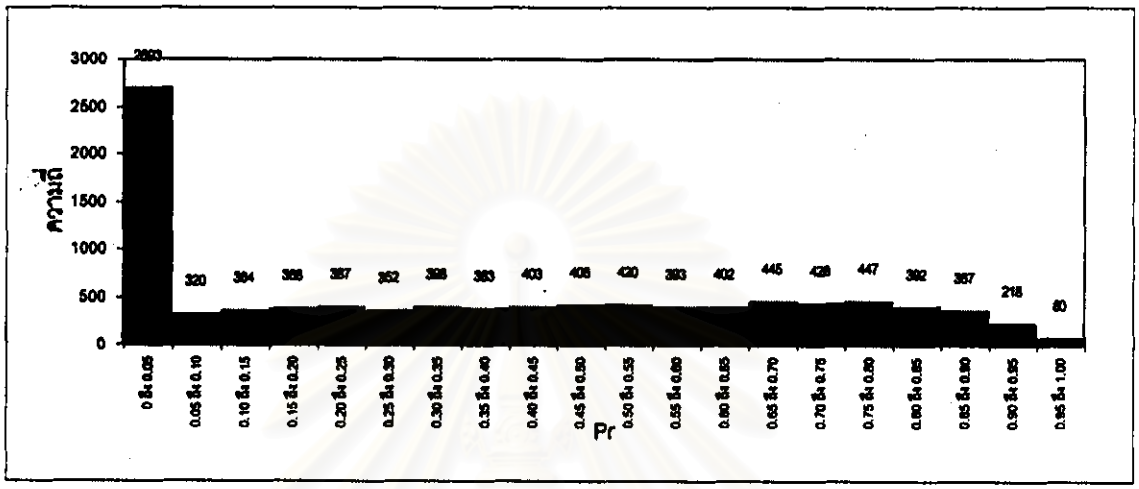


รูปที่ ค.20 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

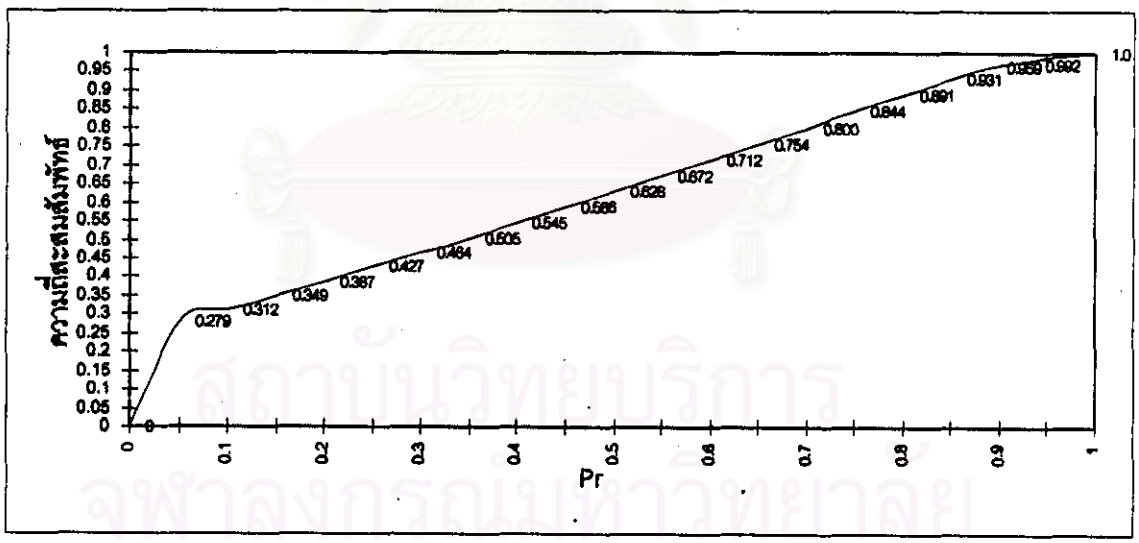
จากรูปที่ ค.19 และ ค.20 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,80] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 80 \\ (-1.25*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 80 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.10)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.21 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

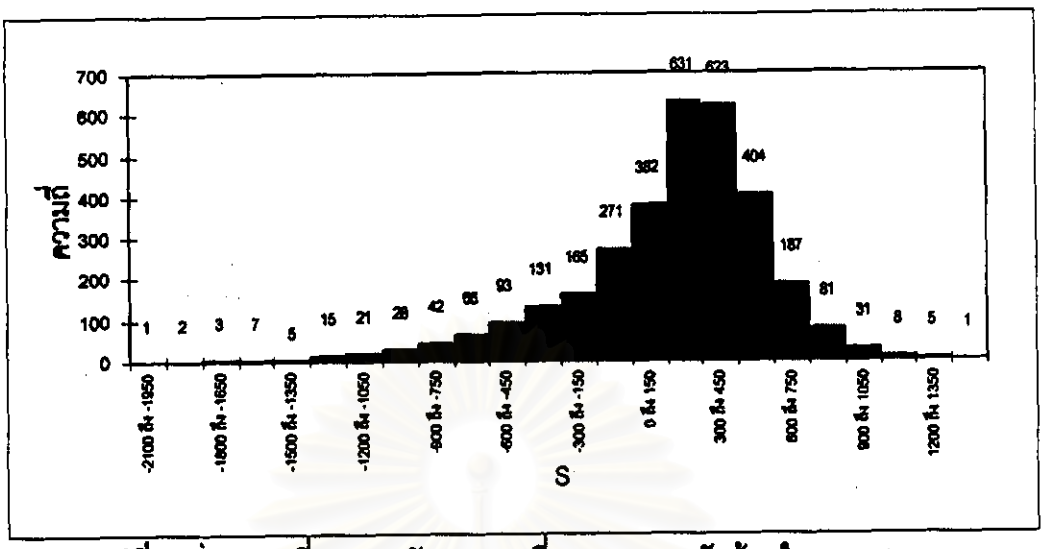


รูปที่ ค.22 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

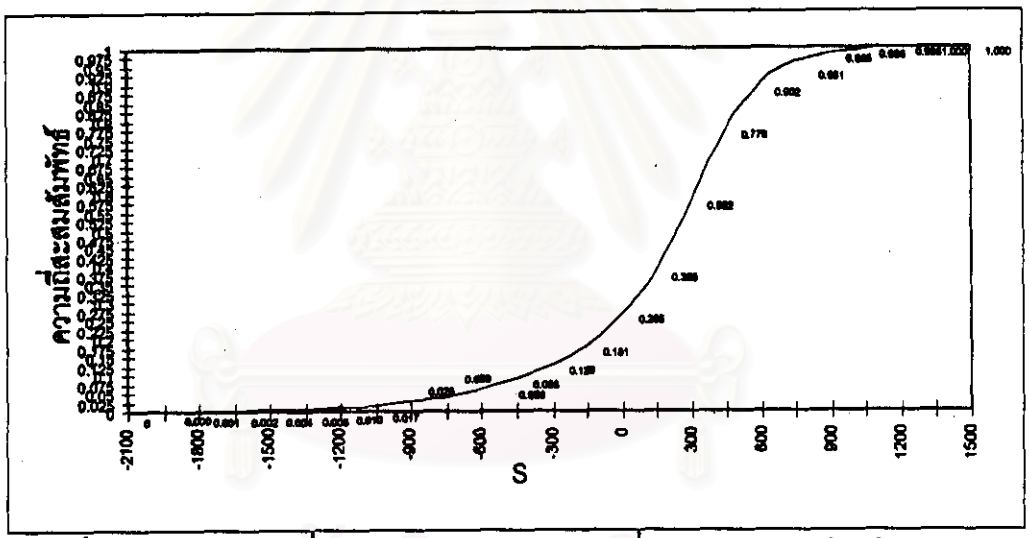
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \quad \text{ค.11)}$$

● คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.23 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP



รูปที่ ค.24 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

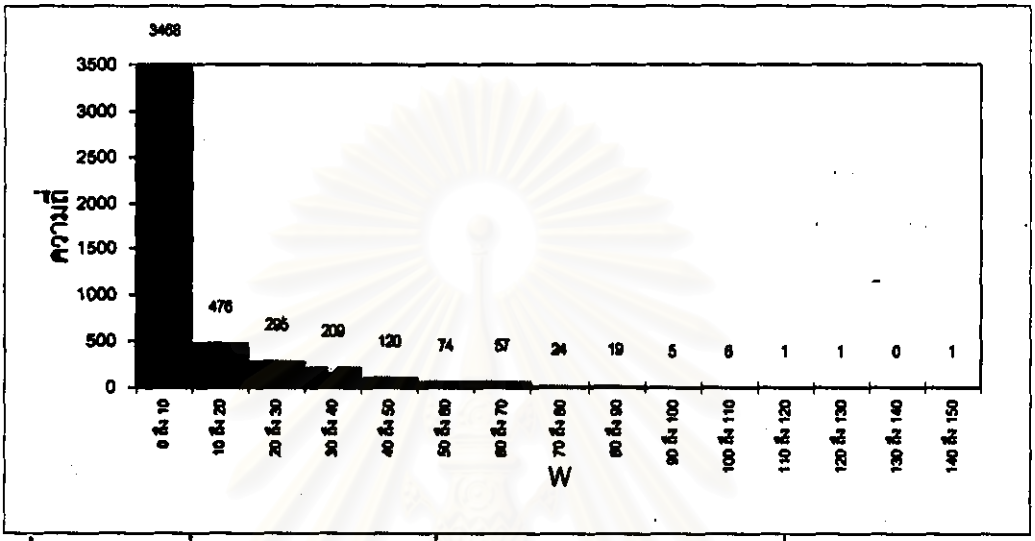
จากรูปที่ ค.23 และ ค.24 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [-900,825] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP คือ

$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 825 \\ (0.05797*S) + 52.17391, \text{ เมื่อ } -900 < S < 825 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq -900 \end{cases} \qquad \text{ค.12)}$$

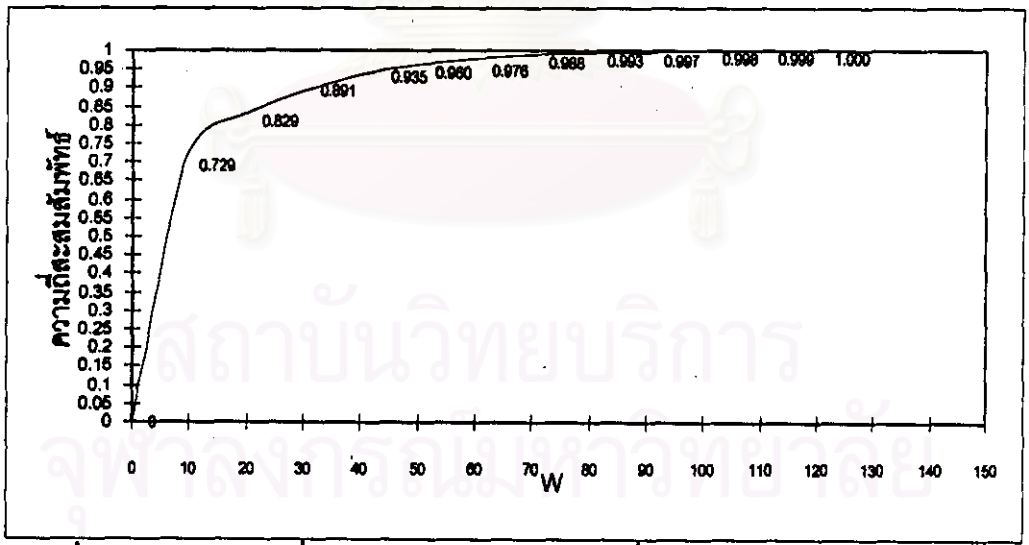
ค.2 ข้อมูลการเปลี่ยนคุณลักษณะเป็นคะแนนคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ค.2.1 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานมนระบบน้อย

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.25 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

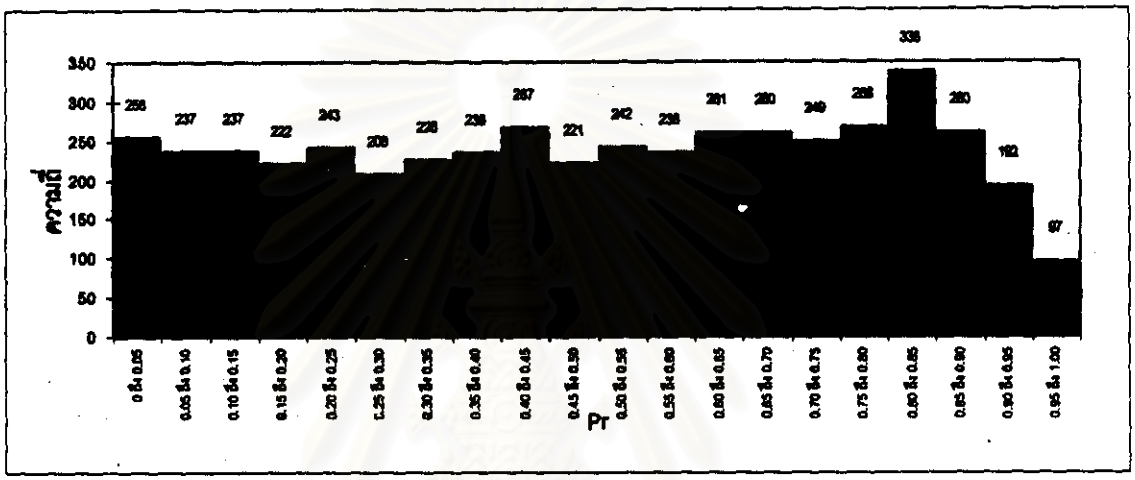


รูปที่ ค.26 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

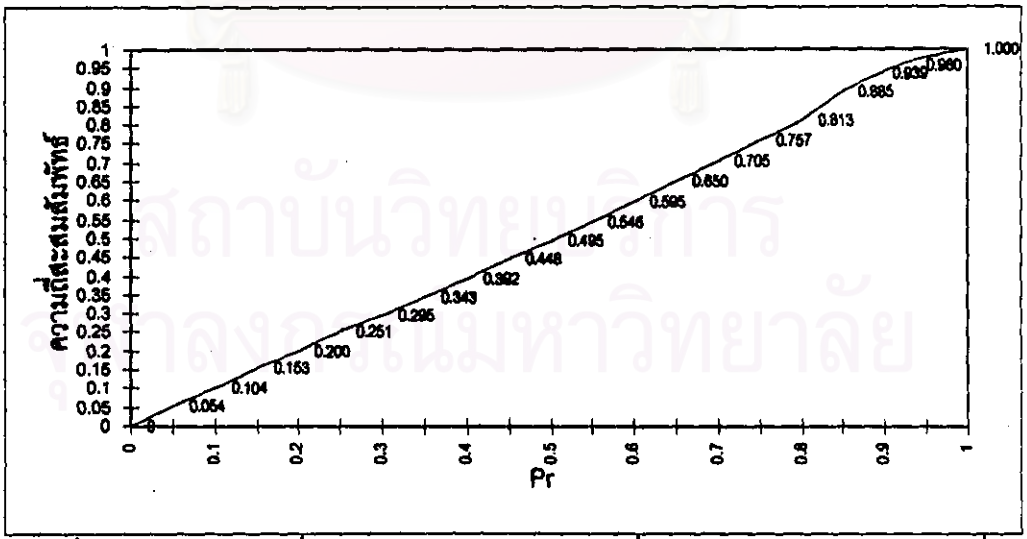
จากรูปที่ ค.25 และ ค.26 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,45] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 45 \\ (-2.22222*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 45 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \qquad \text{ค.13)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.27 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

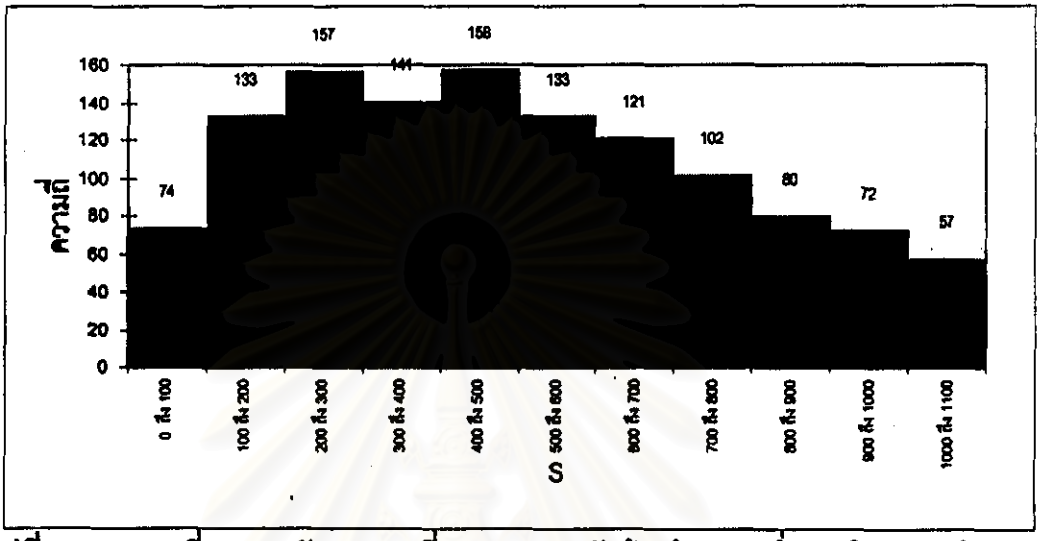


รูปที่ ค.28 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

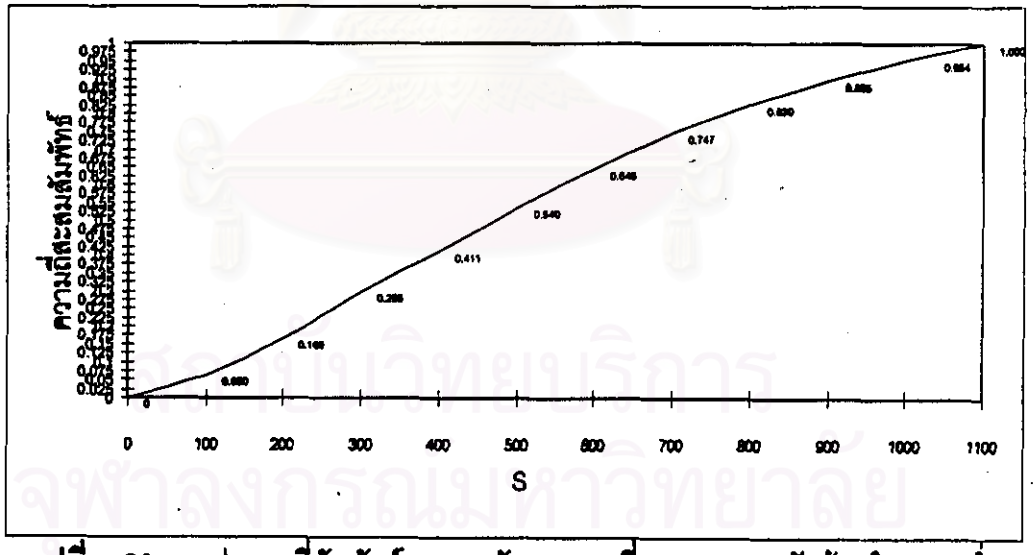
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \qquad \text{ค.14)}$$

- **คุณลักษณะ S**



รูปที่ ค.29 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

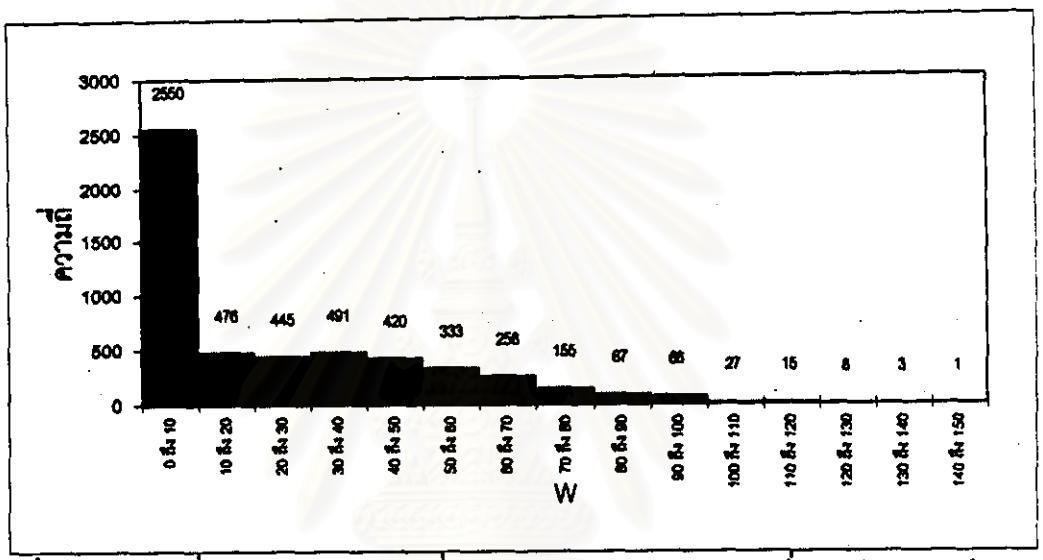


รูปที่ ค.30 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จากรูปที่ ค.29 และ ค.30 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [5,175] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

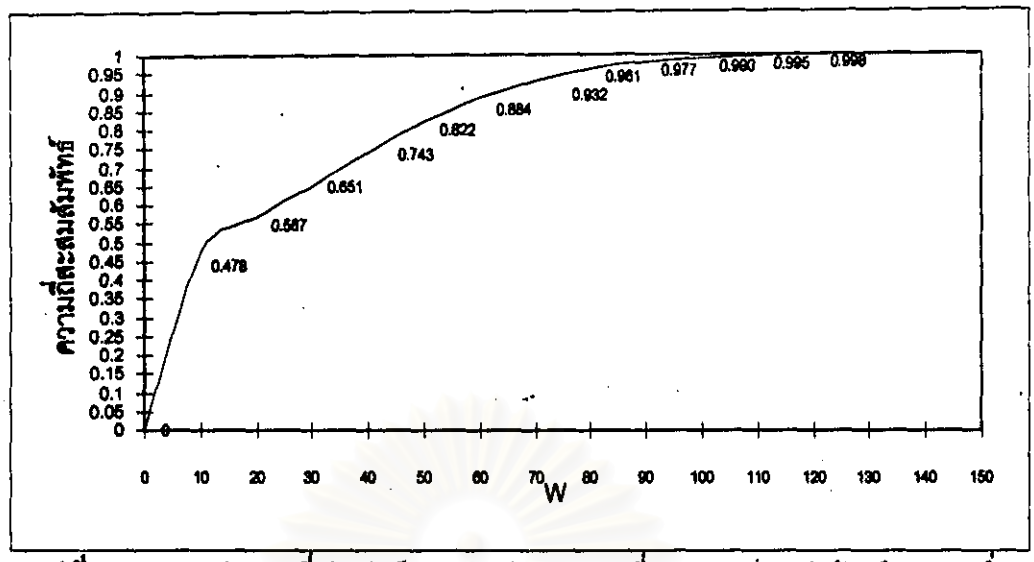
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 175 \\ (0.58824^{*}S) + 2.94120, \text{ เมื่อ } 5 < S < 175 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq 5 \end{cases} \quad \text{ค.15)}$$

ค.2.2 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก



รูปที่ ค.31 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



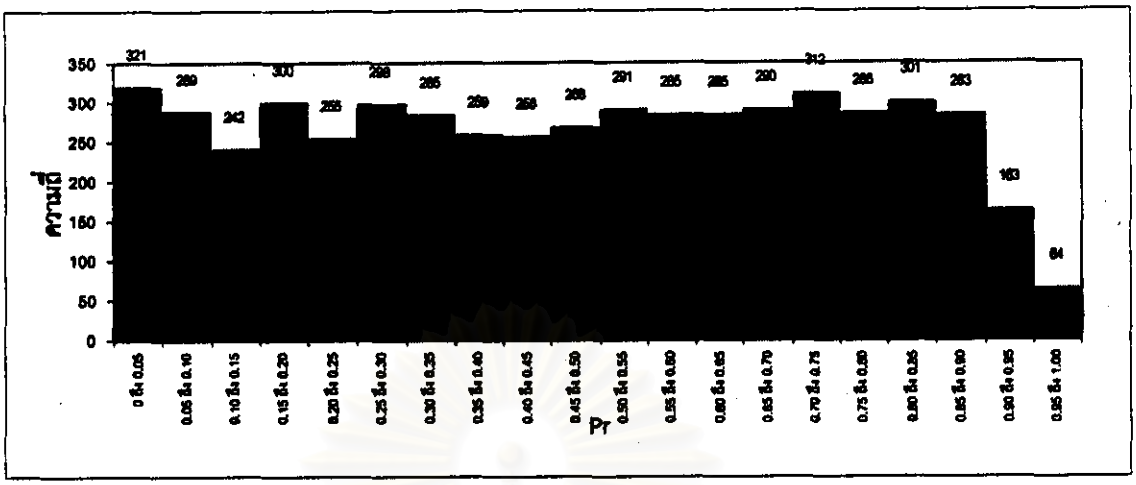
รูปที่ ค.32 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จากรูปที่ ค.31 และ ค.32 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,75] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

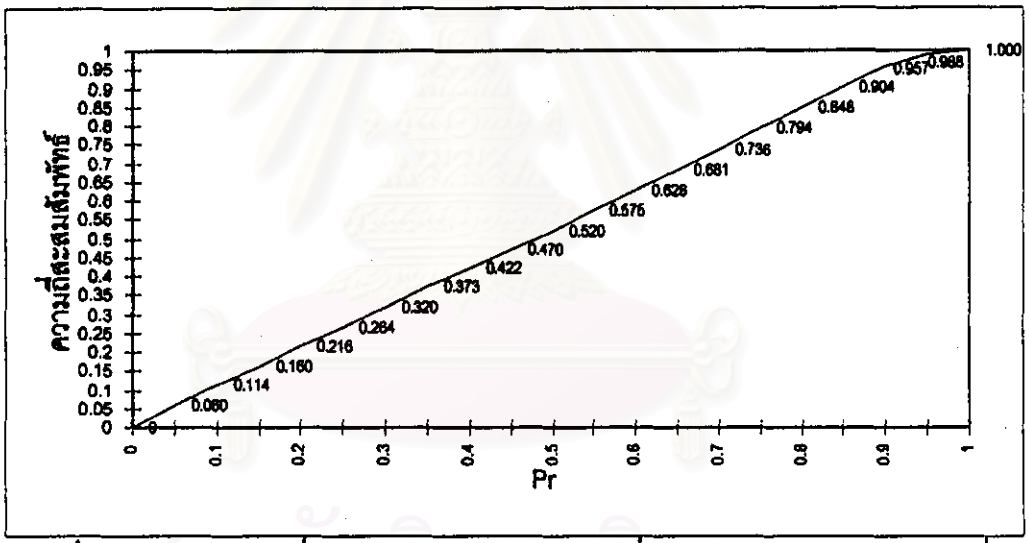
$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{ เมื่อ } W \geq 75 \\ (-1.33333*W) + 100, \text{ เมื่อ } 0 < W < 75 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.16)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- คุณลักษณะ Pr



รูปที่ ค.33 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

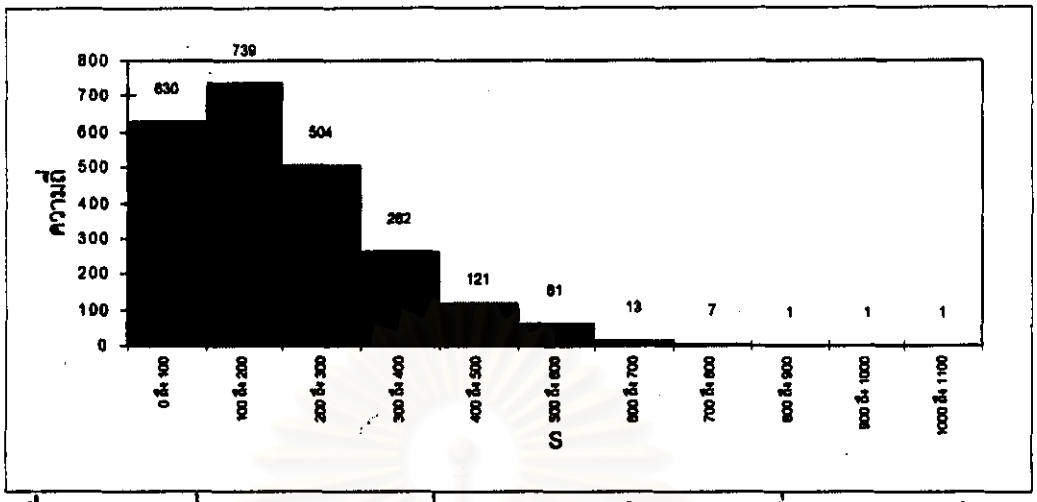


รูปที่ ค.34 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

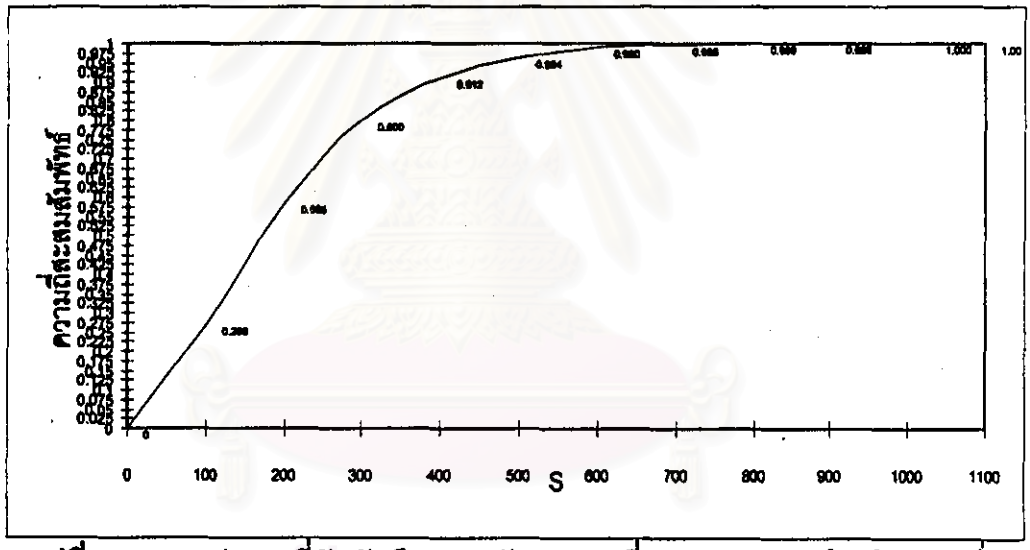
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \qquad \text{ค.17)}$$

- คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.35 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ



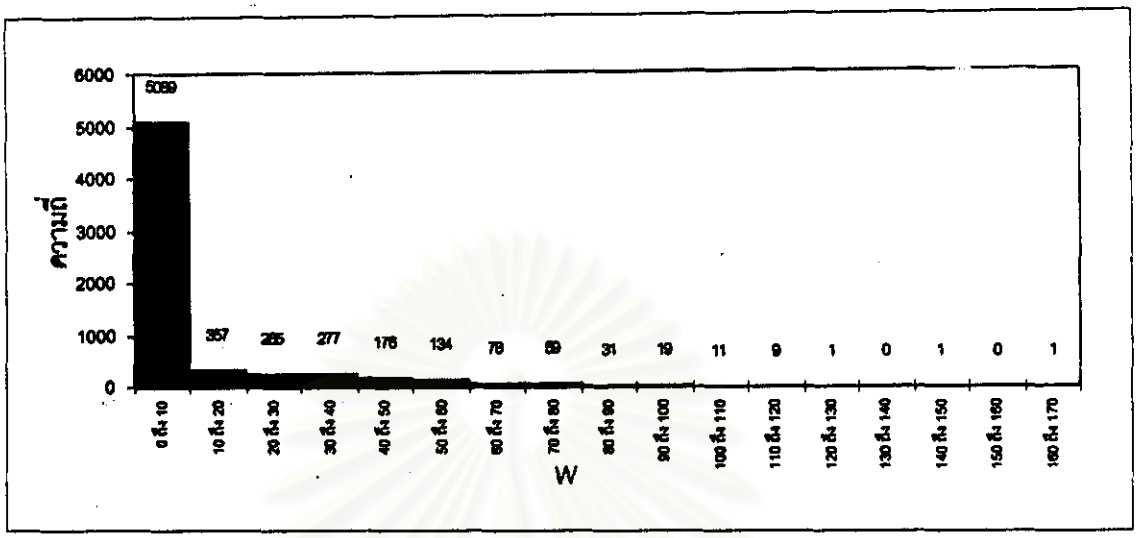
รูปที่ ค.36 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จากรูปที่ ค.35 และ ค.36 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,450] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

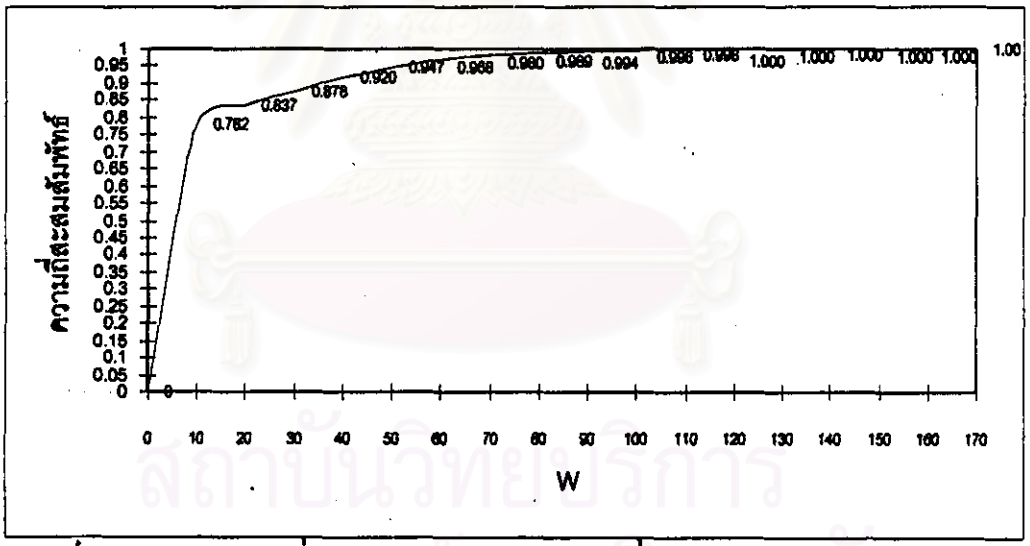
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 450 \\ (0.22222*S), \text{ เมื่อ } 0 < S < 450 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq 0 \end{cases} \qquad \text{ค.18)}$$

2.3 สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

- คุณลักษณะ W



รูปที่ ค.37 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

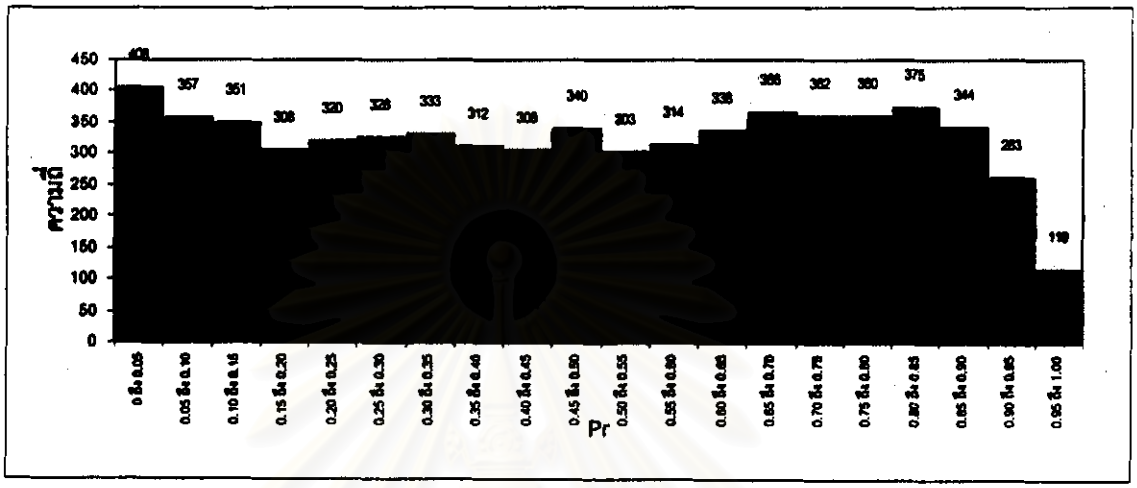


รูปที่ ค.38 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

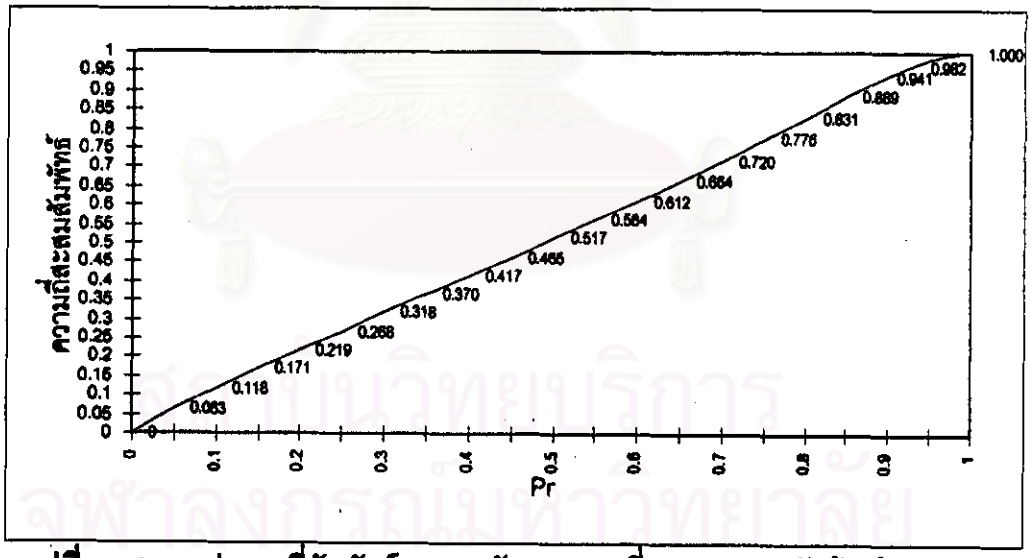
จากรูปที่ ค.37 และ ค.38 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,50] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 50 \\ (-2*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 50 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.19)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.39 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

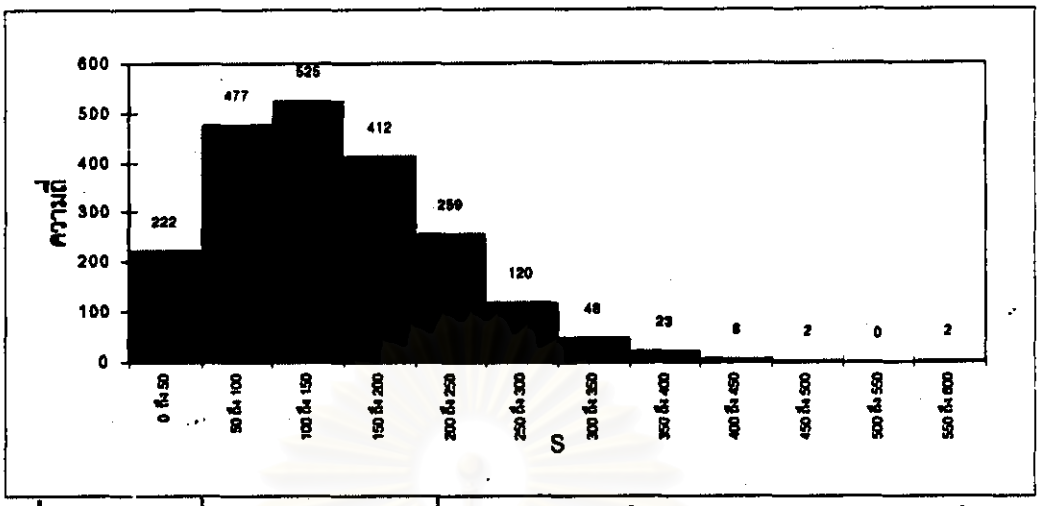


รูปที่ ค.40 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

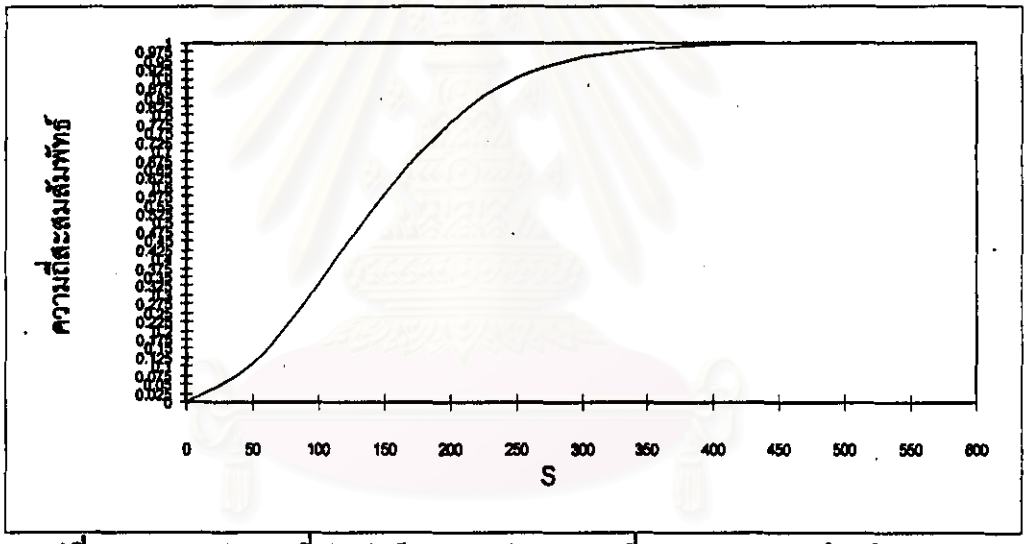
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \quad \text{ค.20)}$$

- คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.41 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ



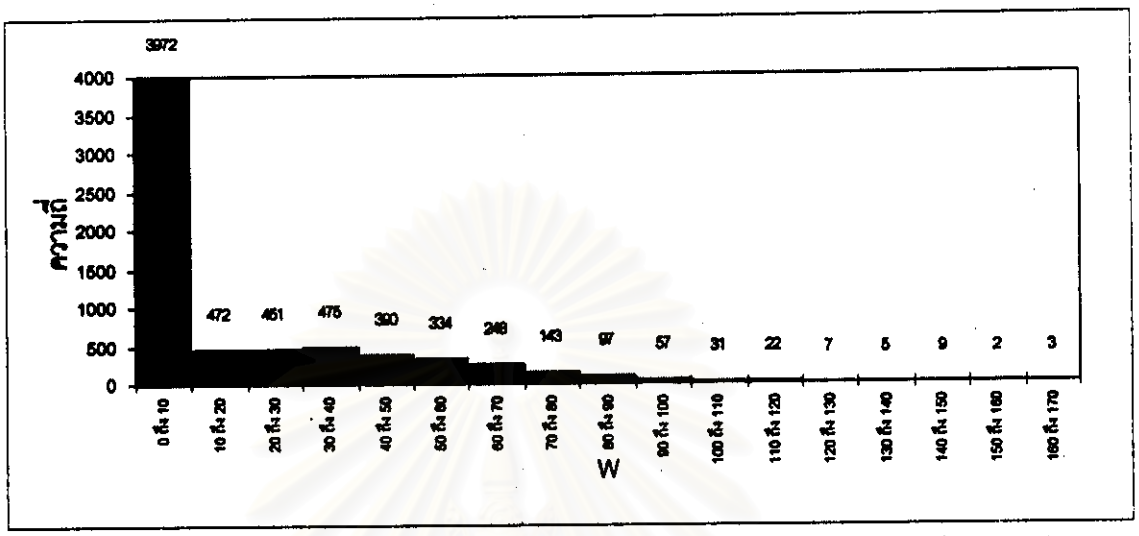
รูปที่ ค.42 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จากรูปที่ ค.41 และ ค.42 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,280] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

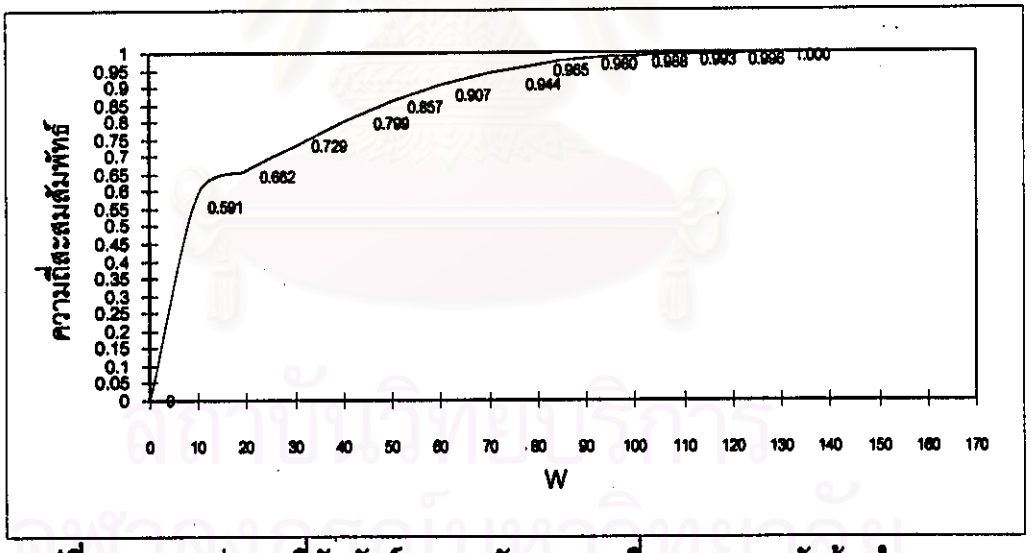
$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 280 \\ (0.35714*S), \text{ เมื่อ } 0 < S < 280 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq 0 \end{cases} \quad \text{ค.21)}$$

ค.2.4 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

- **คุณลักษณะ W**



รูปที่ ค.43 ความถี่ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

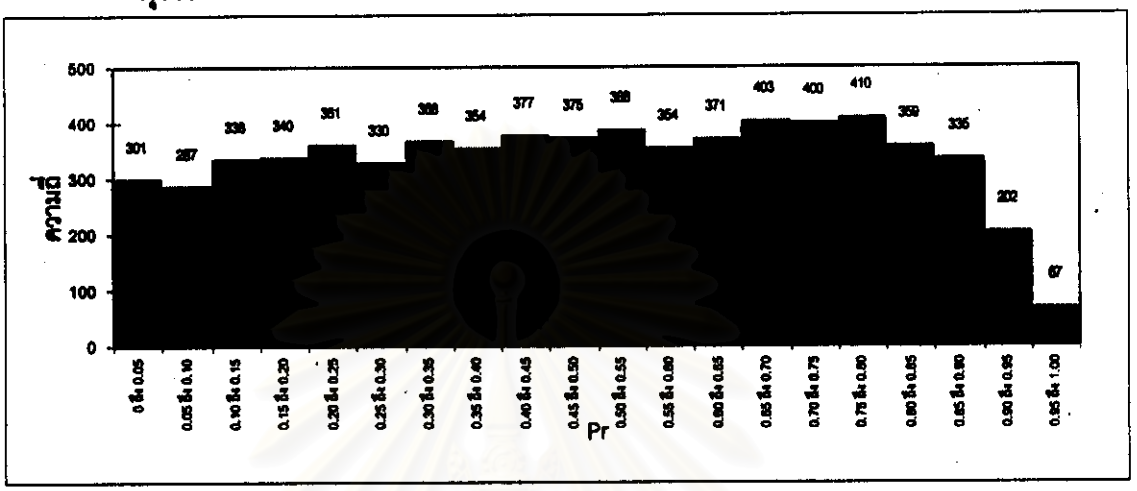


รูปที่ ค.44 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

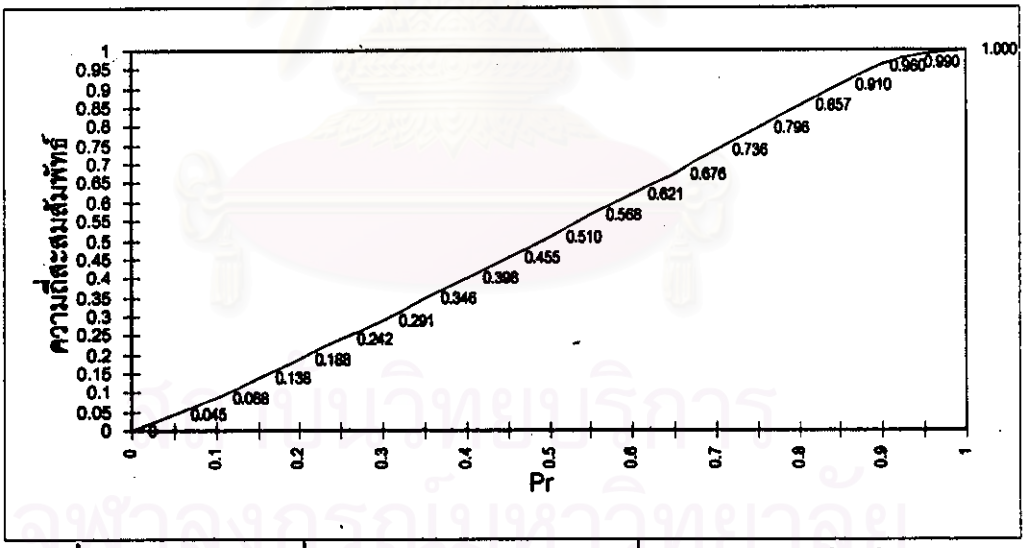
จากรูปที่ ค.43 และ ค.44 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,70] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(W) = \begin{cases} 0, \text{เมื่อ } W \geq 70 \\ (-1.42857*W) + 100, \text{เมื่อ } 0 < W < 70 \\ 100 \text{ เมื่อ } W = 0 \end{cases} \quad \text{ค.22)}$$

- **คุณลักษณะ Pr**



รูปที่ ค.45 ความถี่ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

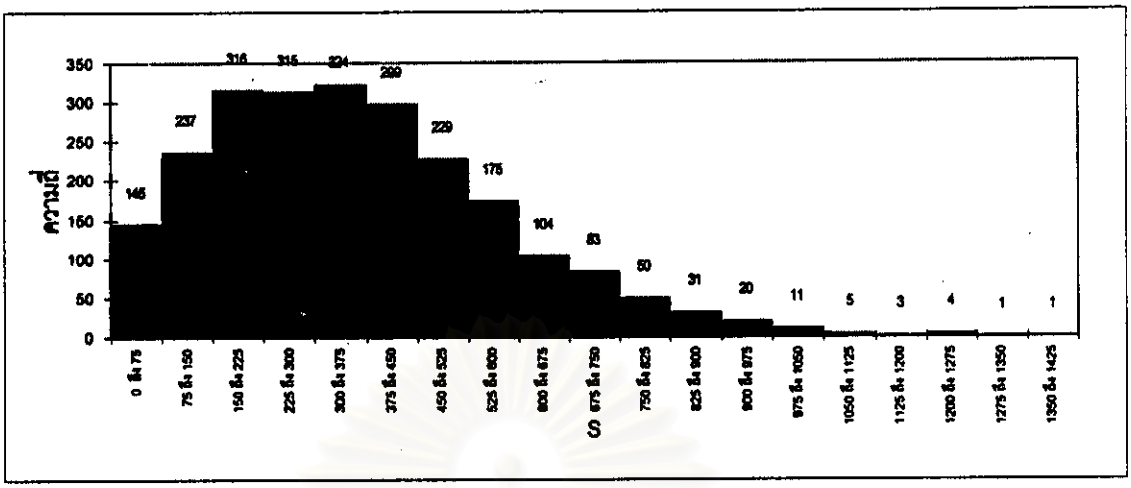


รูปที่ ค.46 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

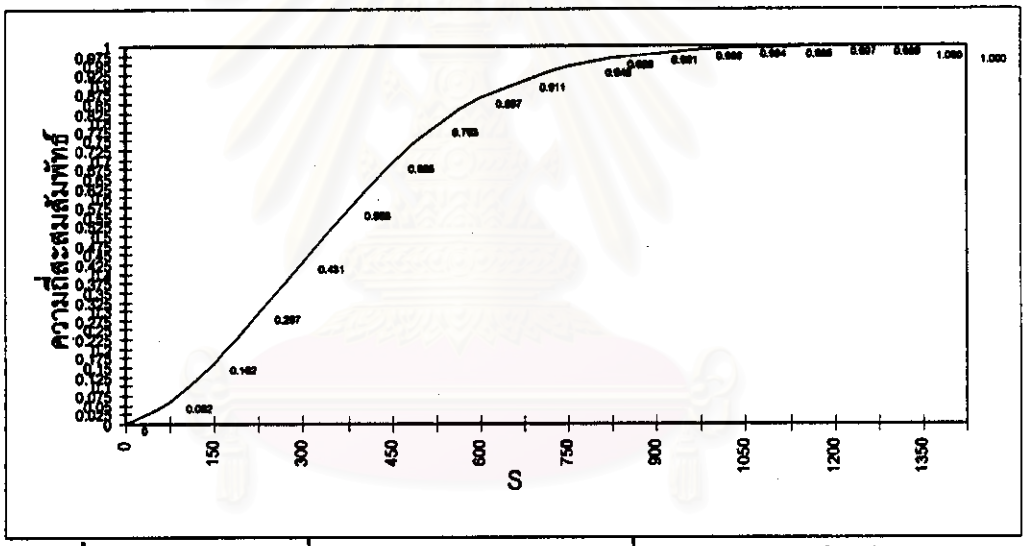
ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(Pr) = 100*Pr \quad \text{ค.23)}$$

- คุณลักษณะ S



รูปที่ ค.47 ความถี่ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

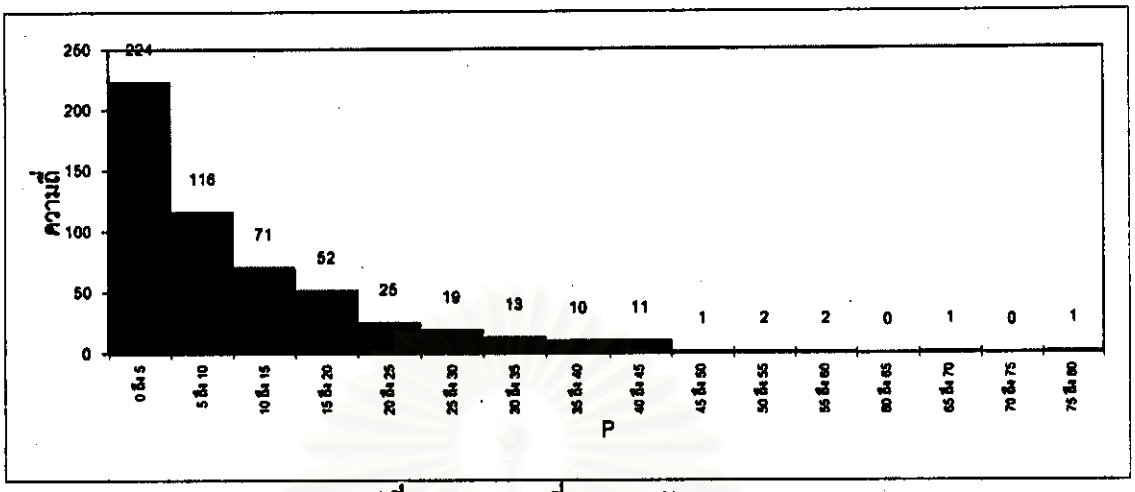


รูปที่ ค.48 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

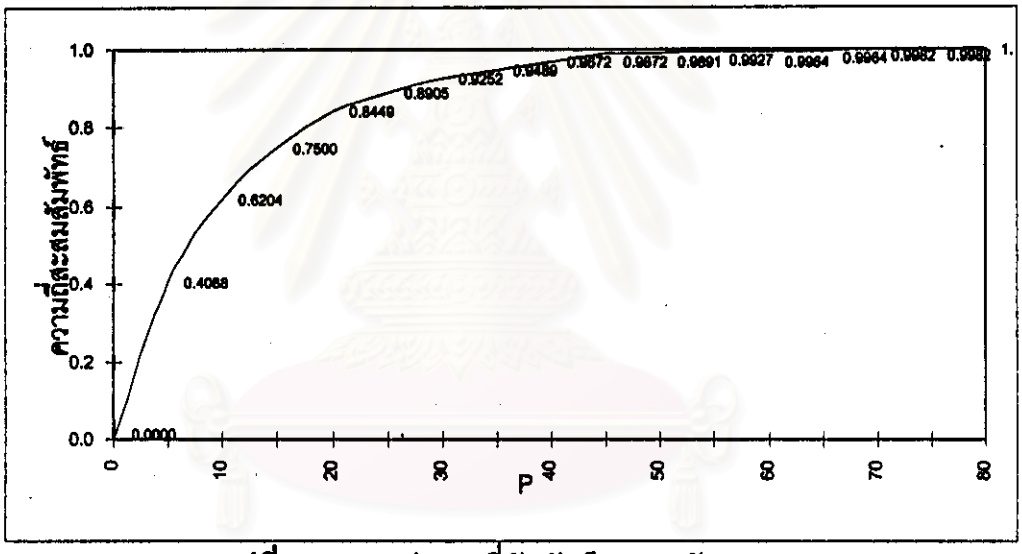
จากรูปที่ ค.47 และ ค.48 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,750] ดังนั้นฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ คือ

$$Sc(S) = \begin{cases} 100, \text{ เมื่อ } S \geq 750 \\ (0.13333*S), \text{ เมื่อ } 0 < S < 750 \\ 0 \text{ เมื่อ } S \leq 0 \end{cases} \qquad \text{ค.24)}$$

ค.3 คุณลักษณะ P



รูปที่ ค.49 ความถี่ของคุณลักษณะ P



รูปที่ ค.50 กราฟความถี่สัมพัทธ์ของคุณลักษณะ P

จากรูปที่ ค.49 และ ค.50 สามารถประมาณได้ว่า 95% ของข้อมูลอยู่ในช่วง [0,35] ดังนั้น ฟังก์ชั่นคะแนนคุณลักษณะ P คือ

$$Sc(P) = \begin{cases} 0, \text{ เมื่อ } P \geq 35 \\ (-2.85714*P) + 100, \text{ เมื่อ } 0 < P < 35 \\ 0 \text{ เมื่อ } P = 0 \end{cases} \qquad \text{ค.25)}$$

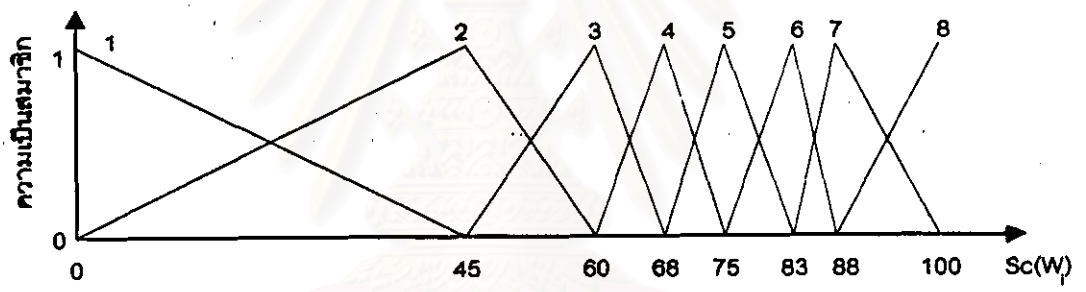
ภาคผนวก ง
ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W Pr และ S

ภาคผนวกนี้จะแสดงฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนคุณลักษณะ W Pr และ P โดยกราฟและสมการซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP และส่วนสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ง.1 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนคุณลักษณะ W Pr และ S สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ง.1.1 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

- **คะแนนของ W**



รูปที่ ง.1 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

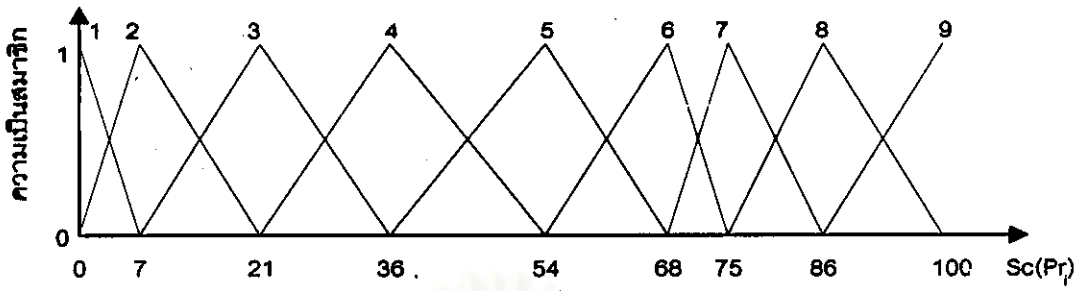
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.1ความสัมพันธ์ของคะแนนของ W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,45)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 45$	$\mu = (-0.0222*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,45,60)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 45$ $45 < Sc(W_i) \leq 60$	$\mu = (0.0222*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0667*Sc(W_i)) + 4$
Set 3 (45,60,68)	$45 < Sc(W_i) \leq 60$ $60 < Sc(W_i) \leq 68$	$\mu = (0.0667*Sc(W_i)) - 3$ $\mu = (-0.1250*Sc(W_i)) + 8.5$
Set 4 (60,68,75)	$60 < Sc(W_i) \leq 68$ $68 < Sc(W_i) \leq 75$	$\mu = (0.1250*Sc(W_i)) - 7.5$ $\mu = (-0.1429*Sc(W_i)) + 10.7143$
Set 5 (68,75,83)	$68 < Sc(W_i) \leq 75$ $75 < Sc(W_i) \leq 83$	$\mu = (0.1429*Sc(W_i)) - 9.7143$ $\mu = (-0.1250*Sc(W_i)) + 10.375$
Set 6 (75,83,88)	$75 < Sc(W_i) \leq 83$ $83 < Sc(W_i) \leq 88$	$\mu = (0.1250*Sc(W_i)) - 9.375$ $\mu = (-0.2000*Sc(W_i)) + 17.6$
Set 7 (83,88,100)	$83 < Sc(W_i) \leq 88$ $88 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.2000*Sc(W_i)) - 16.6$ $\mu = (-0.0833*Sc(W_i)) + 8.3333$
Set 8 (88,100,100)	$88 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0833*Sc(W_i)) - 7.3333$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- คะแนนของ Pr

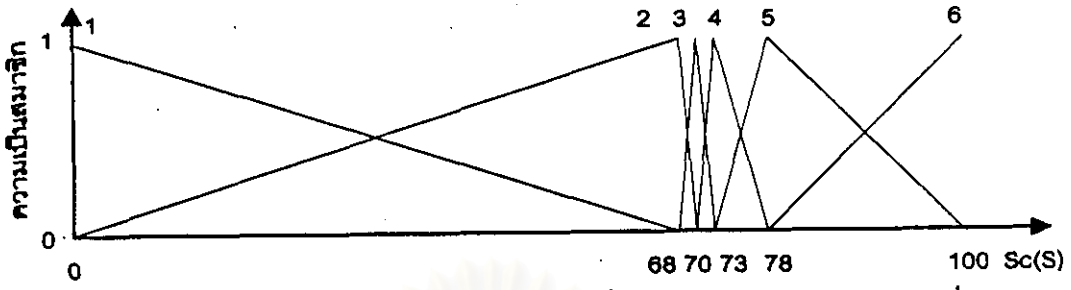


รูปที่ ง.2 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.2 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อย สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,7)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$	$\mu = (-0.1429*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,7,21)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$ $7 < Sc(Pr_i) \le 21$	$\mu = (0.1429*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 1.5$
Set 3 (7,21,36)	$7 < Sc(Pr_i) \le 21$ $21 < Sc(Pr_i) \le 36$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 0.5$ $\mu = (-0.0667*Sc(Pr_i)) + 2.4$
Set 4 (21,36,54)	$21 < Sc(Pr_i) \le 36$ $36 < Sc(Pr_i) \le 54$	$\mu = (0.0667*Sc(Pr_i)) - 1.4$ $\mu = (-0.0556*Sc(Pr_i)) + 3$
Set 5 (36,54,68)	$36 < Sc(Pr_i) \le 54$ $54 < Sc(Pr_i) \le 68$	$\mu = (0.0556*Sc(Pr_i)) - 2$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 4.8571$
Set 6 (54,68,75)	$54 < Sc(Pr_i) \le 68$ $68 < Sc(Pr_i) \le 75$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 3.8571$ $\mu = (-0.1429*Sc(Pr_i)) + 10.7143$
Set 7 (68,75,86)	$68 < Sc(Pr_i) \le 75$ $75 < Sc(Pr_i) \le 86$	$\mu = (0.1429*Sc(Pr_i)) - 9.7143$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 7.8182$
Set 8 (75,86,100)	$75 < Sc(Pr_i) \le 86$ $86 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 6.8182$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 7.1429$
Set 9 (86,100,100)	$86 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 6.1429$

● คะแนนของ S



รูปที่ ง.3 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

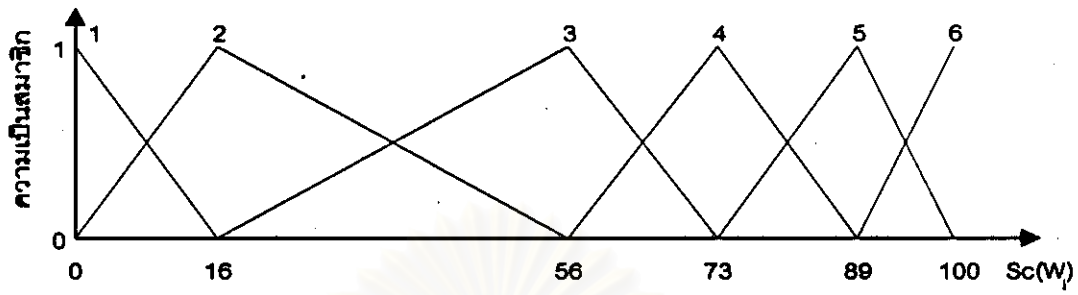
ตารางที่ ง.3 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,68)	$0 \leq Sc(S) \leq 68$	$\mu = (-0.0147*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,68,70)	$0 \leq Sc(S) \leq 68$ $68 < Sc(S) \leq 70$	$\mu = (0.0147*Sc(S))$ $\mu = (-0.5000*Sc(S)) + 35$
Set 3 (68,70,73)	$68 < Sc(S) \leq 70$ $70 < Sc(S) \leq 73$	$\mu = (0.5000*Sc(S)) - 34$ $\mu = (-0.3333*Sc(S)) + 24.3333$
Set 4 (70,73,78)	$70 < Sc(S) \leq 73$ $73 < Sc(S) \leq 78$	$\mu = (0.3333*Sc(S)) - 23.3333$ $\mu = (-0.2*Sc(S)) + 15.6$
Set 5 (73,78,100)	$73 < Sc(S) \leq 78$ $78 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.2*Sc(S)) - 14.6$ $\mu = (-0.0455*Sc(S)) + 4.5455$
Set 6 (78,100,100)	$78 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0455*Sc(S)) - 3.5455$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง.1.2 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

- **คะแนนของ W**

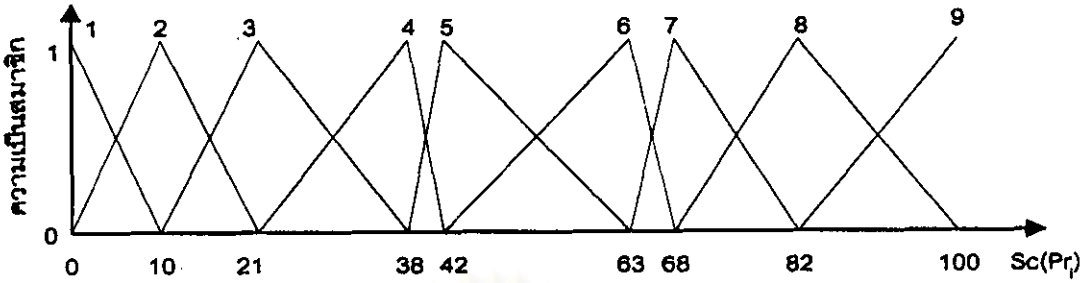


รูปที่ ง.4 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.4 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,16)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 16$	$\mu = (-0.0625*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,16,56)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 16$ $16 < Sc(W_i) \leq 56$	$\mu = (0.0625*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0250*Sc(W_i)) + 1.4$
Set 3 (16,56,73)	$16 < Sc(W_i) \leq 56$ $56 < Sc(W_i) \leq 73$	$\mu = (0.0250*Sc(W_i)) - 0.4$ $\mu = (-0.0588*Sc(W_i)) + 4.2941$
Set 4 (56,73,89)	$56 < Sc(W_i) \leq 73$ $73 < Sc(W_i) \leq 89$	$\mu = (0.0588*Sc(W_i)) - 3.2941$ $\mu = (-0.0625*Sc(W_i)) + 5.5625$
Set 5 (73,89,100)	$73 < Sc(W_i) \leq 89$ $89 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0625*Sc(W_i)) - 4.5625$ $\mu = (-0.0909*Sc(W_i)) + 9.0909$
Set 6 (89,100,100)	$89 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0909*Sc(W_i)) - 8.0909$

- คะแนนของ Pr

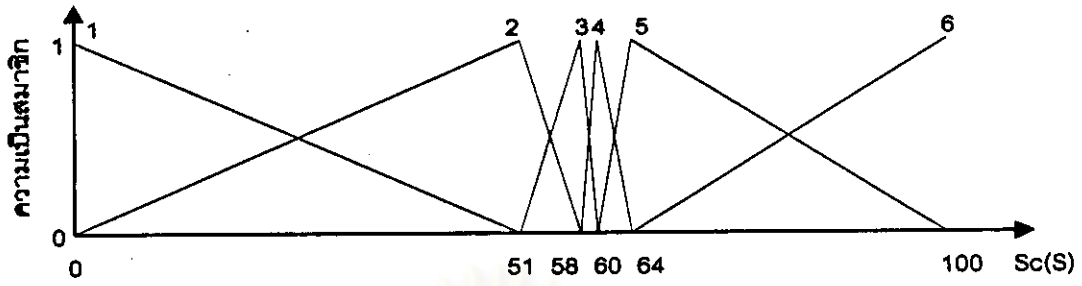


รูปที่ ง.5 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.5 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,9)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 9$	$\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,9,21)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 9$ $9 < Sc(Pr_i) \le 21$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0833*Sc(Pr_i)) + 1.75$
Set 3 (9,21,38)	$9 < Sc(Pr_i) \le 21$ $21 < Sc(Pr_i) \le 38$	$\mu = (0.0833*Sc(Pr_i)) - 0.75$ $\mu = (-0.0588*Sc(Pr_i)) + 2.2353$
Set 4 (21,38,42)	$21 < Sc(Pr_i) \le 38$ $38 < Sc(Pr_i) \le 42$	$\mu = (0.0588*Sc(Pr_i)) - 1.2353$ $\mu = (-0.2500*Sc(Pr_i)) + 10.5$
Set 5 (38,42,63)	$38 < Sc(Pr_i) \le 42$ $42 < Sc(Pr_i) \le 63$	$\mu = (0.2500*Sc(Pr_i)) - 9.5$ $\mu = (-0.0476*Sc(Pr_i)) + 3$
Set 6 (42,63,68)	$42 < Sc(Pr_i) \le 63$ $63 < Sc(Pr_i) \le 68$	$\mu = (0.0476*Sc(Pr_i)) - 2$ $\mu = (-0.2000*Sc(Pr_i)) + 13.6$
Set 7 (63,68,82)	$63 < Sc(Pr_i) \le 68$ $68 < Sc(Pr_i) \le 82$	$\mu = (0.2000*Sc(Pr_i)) - 12.6$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 5.8571$
Set 8 (68,82,100)	$68 < Sc(Pr_i) \le 82$ $82 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 4.8571$ $\mu = (-0.0556*Sc(Pr_i)) + 5.5556$
Set 9 (82,100,100)	$82 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0556*Sc(Pr_i)) - 4.5556$

- **คะแนนของ S**



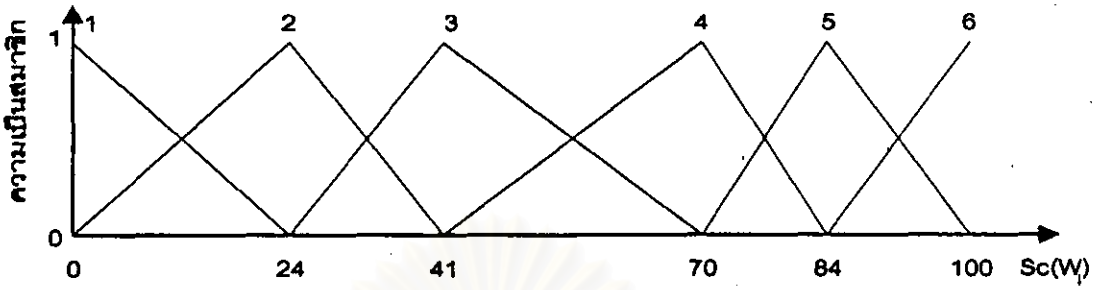
รูปที่ ง.6 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.6 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,51)	$0 \leq Sc(S) \leq 51$	$\mu = (-0.0196*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,51,58)	$0 \leq Sc(S) \leq 51$ $51 < Sc(S) \leq 58$	$\mu = (0.0196*Sc(S))$ $\mu = (-0.1429*Sc(S)) + 8.2857$
Set 3 (51,58,60)	$51 < Sc(S) \leq 58$ $58 < Sc(S) \leq 60$	$\mu = (0.1429*Sc(S)) - 7.2857$ $\mu = (-0.5000*Sc(S)) + 30$
Set 4 (58,60,64)	$58 < Sc(S) \leq 60$ $60 < Sc(S) \leq 64$	$\mu = (0.5000*Sc(S)) - 29$ $\mu = (-0.2500*Sc(S)) + 16$
Set 5 (60,64,100)	$60 < Sc(S) \leq 64$ $64 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.2500*Sc(S)) - 15$ $\mu = (-0.0278*Sc(S)) + 2.7778$
Set 6 (64,100,100)	$64 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0278*Sc(S)) - 1.7778$

ง.1.3 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

- **คะแนนของ W**

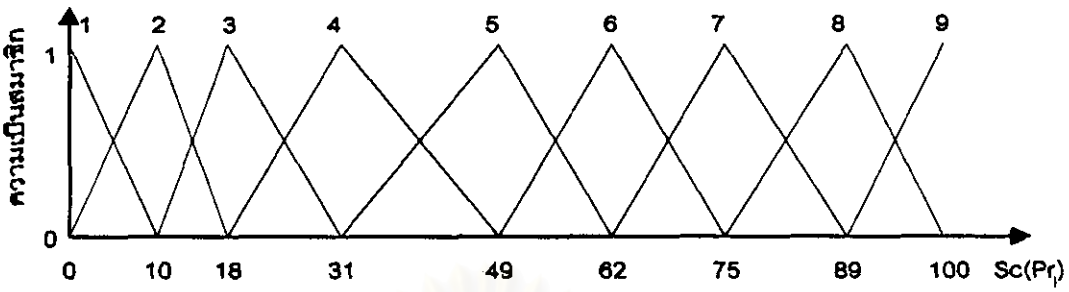


รูปที่ ง.7 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.7 ความสัมพันธ์ของคะแนน W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,24)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 24$	$\mu = (-0.0417*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,24,41)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 24$ $24 < Sc(W_i) \leq 41$	$\mu = (0.0417*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0588*Sc(W_i)) + 2.4118$
Set 3 (24,41,70)	$24 < Sc(W_i) \leq 41$ $41 < Sc(W_i) \leq 70$	$\mu = (0.0588*Sc(W_i)) - 1.4118$ $\mu = (-0.0345*Sc(W_i)) + 2.4138$
Set 4 (41,70,84)	$41 < Sc(W_i) \leq 70$ $70 < Sc(W_i) \leq 84$	$\mu = (0.0345*Sc(W_i)) - 1.4138$ $\mu = (-0.0714*Sc(W_i)) + 6$
Set 5 (70,84,100)	$70 < Sc(W_i) \leq 84$ $84 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0714*Sc(W_i)) - 5$ $\mu = (-0.0625*Sc(W_i)) + 6.25$
Set 6 (84,100,100)	$84 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0625*Sc(W_i)) - 5.25$

- **คะแนนของ Pr**

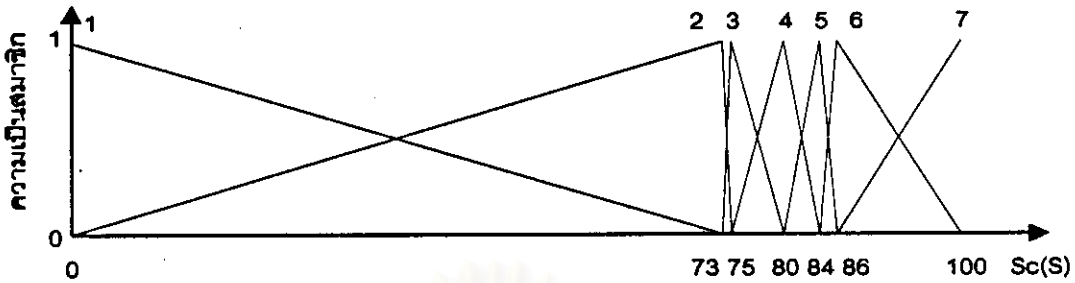


รูปที่ ง.8 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.8 ความสัมพันธ์ของคะแนน Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,10)	$0 \leq Sc(Pr_i) \leq 10$	$\mu = (-0.1*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,10,18)	$0 \leq Sc(Pr_i) \leq 10$ $10 < Sc(Pr_i) \leq 18$	$\mu = (0.1*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.125*Sc(Pr_i)) + 2.25$
Set 3 (10,18,31)	$10 < Sc(Pr_i) \leq 18$ $18 < Sc(Pr_i) \leq 31$	$\mu = (0.125*Sc(Pr_i)) - 1.25$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 2.3846$
Set 4 (18,31,49)	$18 < Sc(Pr_i) \leq 31$ $31 < Sc(Pr_i) \leq 49$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 1.3846$ $\mu = (-0.0556*Sc(Pr_i)) + 2.7222$
Set 5 (31,49,62)	$31 < Sc(Pr_i) \leq 49$ $49 < Sc(Pr_i) \leq 62$	$\mu = (0.0556*Sc(Pr_i)) - 1.7222$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 4.7692$
Set 6 (49,62,75)	$49 < Sc(Pr_i) \leq 62$ $62 < Sc(Pr_i) \leq 75$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 3.7692$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 5.7692$
Set 7 (62,75,89)	$62 < Sc(Pr_i) \leq 75$ $75 < Sc(Pr_i) \leq 89$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 4.7692$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 6.3571$
Set 8 (75,89,100)	$75 < Sc(Pr_i) \leq 89$ $89 < Sc(Pr_i) \leq 100$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 5.3571$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 9.0909$
Set 9 (89,100,100)	$89 < Sc(Pr_i) \leq 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 8.0909$

● คะแนนของ S



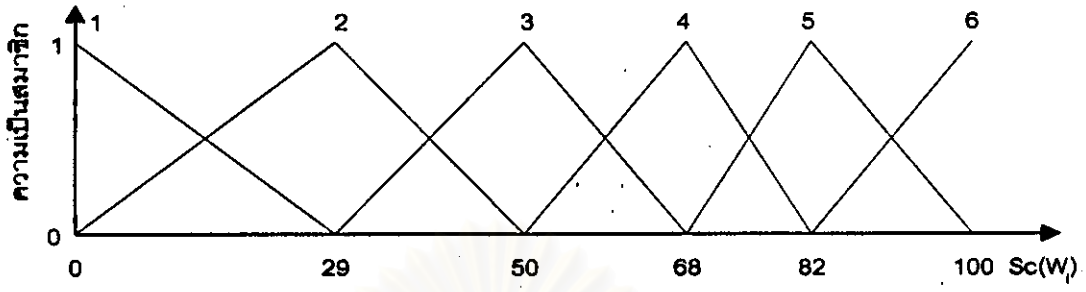
รูปที่ ง.9 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.9 ความสัมพันธ์ของคะแนน S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,73)	$0 \leq Sc(S) \leq 73$	$\mu = (-0.0137*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,73,75)	$0 \leq Sc(S) \leq 73$ $73 < Sc(S) \leq 75$	$\mu = (0.0137*Sc(S))$ $\mu = (-0.5*Sc(S)) + 37.5$
Set 3 (73,75,80)	$73 < Sc(S) \leq 75$ $75 < Sc(S) \leq 80$	$\mu = (0.5*Sc(S)) - 36.5$ $\mu = (-0.2*Sc(S)) + 16$
Set 4 (75,80,84)	$75 < Sc(S) \leq 80$ $80 < Sc(S) \leq 84$	$\mu = (0.2*Sc(S)) - 15$ $\mu = (-0.25*Sc(S)) + 21$
Set 5 (80,84,86)	$80 < Sc(S) \leq 84$ $84 < Sc(S) \leq 86$	$\mu = (0.25*Sc(S)) - 20$ $\mu = (-0.5*Sc(S)) + 43$
Set 6 (84,86,100)	$84 < Sc(S) \leq 86$ $86 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.5*Sc(S)) - 42$ $\mu = (-0.0714*Sc(S)) + 7.1429$
Set 7 (86,100,100)	$86 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0714*Sc(S)) - 6.1429$

ง.1.4 สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

- คะแนนของ W

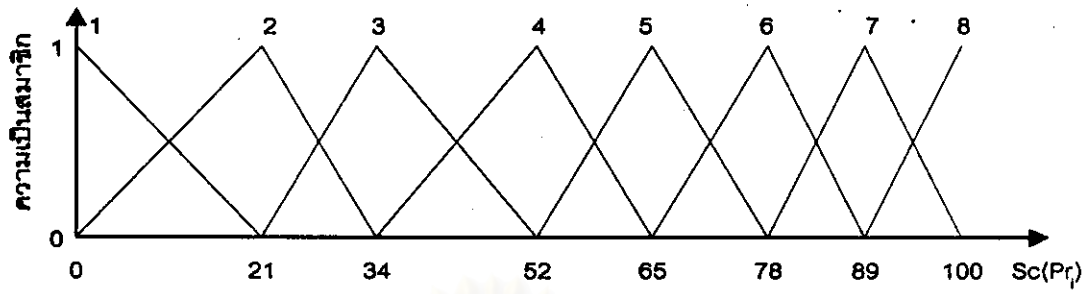


รูปที่ ง.10 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.10 ความสัมพันธ์ของคะแนน W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,29)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 29$	$\mu = (-0.0345*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,29,50)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 29$ $29 < Sc(W_i) \leq 50$	$\mu = (0.0345*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0476*Sc(W_i)) + 2.381$
Set 3 (29,50,68)	$29 < Sc(W_i) \leq 50$ $50 < Sc(W_i) \leq 68$	$\mu = (0.0476*Sc(W_i)) - 1.381$ $\mu = (-0.0556*Sc(W_i)) + 3.7778$
Set 4 (50,68,82)	$50 < Sc(W_i) \leq 68$ $68 < Sc(W_i) \leq 82$	$\mu = (0.0556*Sc(W_i)) - 2.7778$ $\mu = (-0.0714*Sc(W_i)) + 5.8571$
Set 5 (68,82,100)	$68 < Sc(W_i) \leq 82$ $82 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0714*Sc(W_i)) - 4.8571$ $\mu = (-0.0556*Sc(W_i)) + 5.5556$
Set 6 (82,100,100)	$82 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.0556*Sc(W_i)) - 4.5556$

● คะแนนของ Pr

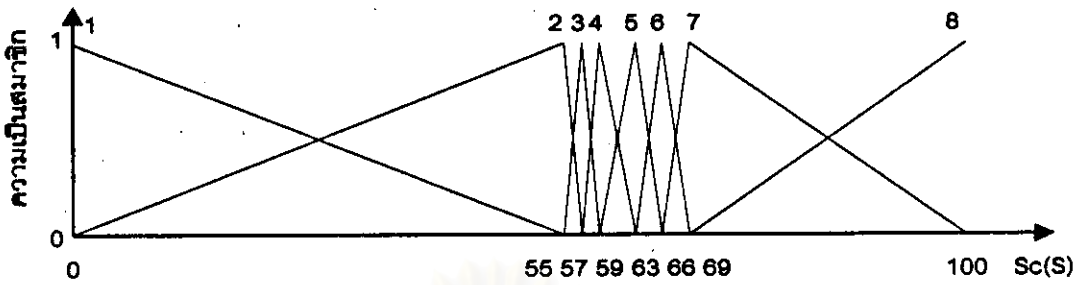


รูปที่ ง.11 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

ตารางที่ ง.11 ความสัมพันธ์ของคะแนน Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,21)	$0 \leq Sc(Pr_i) \leq 21$	$\mu = (-0.0476*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,21,34)	$0 \leq Sc(Pr_i) \leq 21$ $21 < Sc(Pr_i) \leq 34$	$\mu = (0.0476*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 2.6154$
Set 3 (21,34,52)	$21 < Sc(Pr_i) \leq 34$ $34 < Sc(Pr_i) \leq 52$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 1.6154$ $\mu = (-0.0556*Sc(Pr_i)) + 2.8889$
Set 4 (34,52,65)	$34 < Sc(Pr_i) \leq 52$ $52 < Sc(Pr_i) \leq 65$	$\mu = (0.0556*Sc(Pr_i)) - 1.8889$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 5$
Set 5 (52,65,78)	$52 < Sc(Pr_i) \leq 65$ $65 < Sc(Pr_i) \leq 78$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 4$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 6$
Set 6 (65,78,89)	$65 < Sc(Pr_i) \leq 78$ $78 < Sc(Pr_i) \leq 89$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 5$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 8.0909$
Set 7 (78,89,100)	$78 < Sc(Pr_i) \leq 89$ $89 < Sc(Pr_i) \leq 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 7.0909$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 9.0909$
Set 8 (89,100, 100)	$89 < Sc(Pr_i) \leq 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 8.0909$

- **คะแนนของ S**



รูปที่ ง.12 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

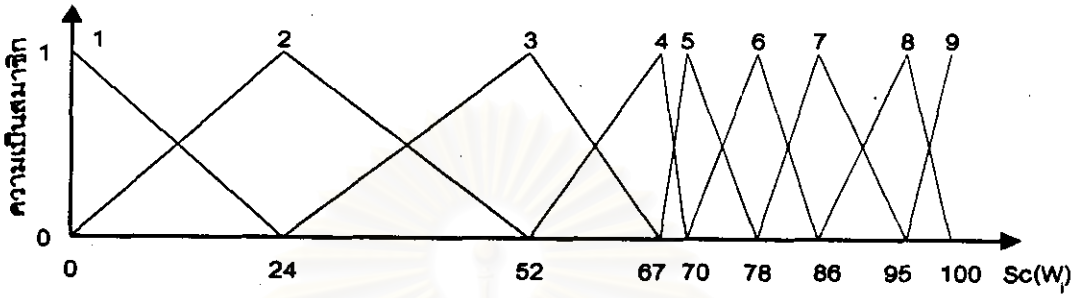
ตารางที่ ง.12 ความสัมพันธ์ของคะแนน S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

Set 1 (0,0,55)	$0 \leq Sc(S) \leq 55$	$\mu = (-0.0182*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,55,57)	$0 \leq Sc(S) \leq 55$ $55 < Sc(S) \leq 57$	$\mu = (0.0182*Sc(S))$ $\mu = (-0.5*Sc(S)) + 28.5$
Set 3 (55,57,59)	$55 < Sc(S) \leq 57$ $57 < Sc(S) \leq 59$	$\mu = (0.5*Sc(S)) - 27.5$ $\mu = (-0.5*Sc(S)) + 29.5$
Set 4 (57,59,63)	$57 < Sc(S) \leq 59$ $59 < Sc(S) \leq 63$	$\mu = (0.5*Sc(S)) - 28.5$ $\mu = (-0.25*Sc(S)) + 15.75$
Set 5 (59,63,66)	$59 < Sc(S) \leq 63$ $63 < Sc(S) \leq 66$	$\mu = (0.25*Sc(S)) - 14.75$ $\mu = (-0.3333*Sc(S)) + 22$
Set 6 (63,66,69)	$63 < Sc(S) \leq 66$ $66 < Sc(S) \leq 69$	$\mu = (0.3333*Sc(S)) - 21$ $\mu = (-0.3333*Sc(S)) + 23$
Set 7 (66,69,100)	$66 < Sc(S) \leq 69$ $69 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.3333*Sc(S)) - 22$ $\mu = (-0.0323*Sc(S)) + 3.2258$
Set 8 (69,100,100)	$69 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0323*Sc(S)) - 2.2258$

ง.2 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนคุณลักษณะ W Pr และ S สำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ง.2.1 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

- คะแนนของ W



รูปที่ ง.13 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

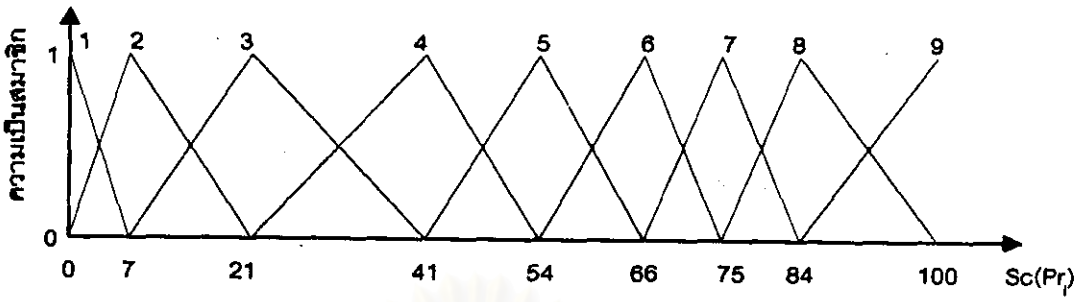
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.13 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,24)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 24$	$\mu = (-0.0417*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,24,52)	$0 \leq Sc(W_i) \leq 24$ $24 < Sc(W_i) \leq 52$	$\mu = (0.0417*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0357*Sc(W_i)) + 1.8571$
Set 3 (24,52,67)	$24 < Sc(W_i) \leq 52$ $52 < Sc(W_i) \leq 67$	$\mu = (0.0357*Sc(W_i)) - 0.8571$ $\mu = (-0.0667*Sc(W_i)) + 4.4667$
Set 4 (52,67,70)	$52 < Sc(W_i) \leq 67$ $67 < Sc(W_i) \leq 70$	$\mu = (0.0667*Sc(W_i)) - 3.4667$ $\mu = (-0.3333*Sc(W_i)) + 23.3333$
Set 5 (67,70,78)	$67 < Sc(W_i) \leq 70$ $70 < Sc(W_i) \leq 78$	$\mu = (0.3333*Sc(W_i)) - 22.3333$ $\mu = (-0.1250*Sc(W_i)) + 9.75$
Set 6 (70,78,86)	$70 < Sc(W_i) \leq 78$ $78 < Sc(W_i) \leq 86$	$\mu = (0.1250*Sc(W_i)) - 8.75$ $\mu = (-0.1250*Sc(W_i)) + 10.75$
Set 7 (78,86,95)	$78 < Sc(W_i) \leq 86$ $86 < Sc(W_i) \leq 95$	$\mu = (0.1250*Sc(W_i)) - 9.75$ $\mu = (-0.1111*Sc(W_i)) + 10.5556$
Set 8 (86,95,100)	$86 < Sc(W_i) \leq 95$ $95 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.1111*Sc(W_i)) - 9.5556$ $\mu = (-0.2000*Sc(W_i)) + 20$
Set 9 (95,100,100)	$95 < Sc(W_i) \leq 100$	$\mu = (0.2000*Sc(W_i)) - 19$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

● คะแนนของ Pr

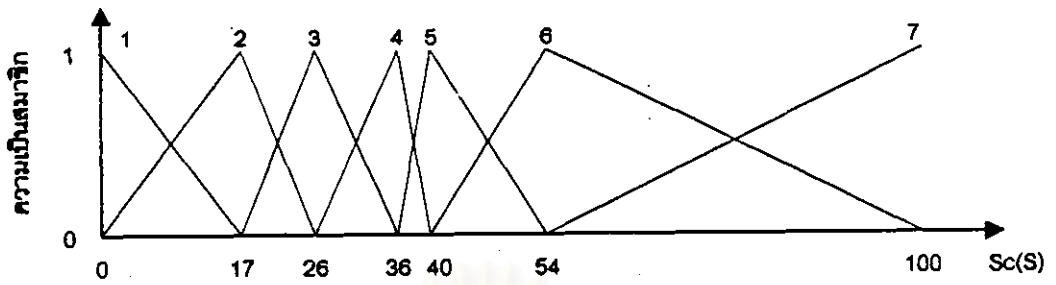


รูปที่ ง.14 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.14 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,7)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$	$\mu = (-0.1429*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,7,21)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$ $7 < Sc(Pr_i) \le 21$	$\mu = (0.1429*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 1.5$
Set 3 (7,21,41)	$7 < Sc(Pr_i) \le 21$ $21 < Sc(Pr_i) \le 41$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 0.5$ $\mu = (-0.0500*Sc(Pr_i)) + 2.05$
Set 4 (21,41,54)	$21 < Sc(Pr_i) \le 41$ $41 < Sc(Pr_i) \le 54$	$\mu = (0.0500*Sc(Pr_i)) - 1.05$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 4.1539$
Set 5 (41,54,66)	$341 < Sc(Pr_i) \le 54$ $54 < Sc(Pr_i) \le 66$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 3.1539$ $\mu = (-0.0833*Sc(Pr_i)) + 5.5$
Set 6 (54,66,75)	$54 < Sc(Pr_i) \le 66$ $66 < Sc(Pr_i) \le 75$	$\mu = (0.0833*Sc(Pr_i)) - 4.5$ $\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 8.3333$
Set 7 (66,75,84)	$66 < Sc(Pr_i) \le 75$ $75 < Sc(Pr_i) \le 84$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i)) - 7.3333$ $\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 9.3333$
Set 8 (75,84,100)	$75 < Sc(Pr_i) \le 84$ $84 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i)) - 8.3333$ $\mu = (-0.0625*Sc(Pr_i)) + 6.25$
Set 9 (84,100,100)	$84 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0625*Sc(Pr_i)) - 5.25$

●คะแนนของ S



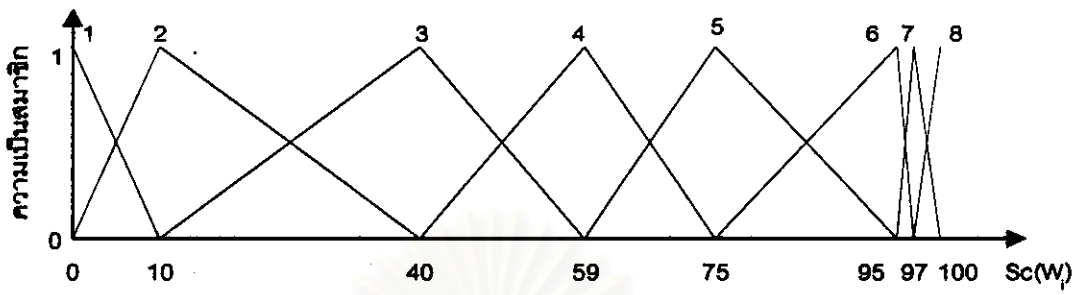
รูปที่ ง.15 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อยเมื่อพิจารณาตัดเครื่องจักรเสีย

ตารางที่ ง.15 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบน้อยและตัดพิจารณาเครื่องจักรเสียสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,17)	$0 \leq Sc(S) \leq 17$	$\mu = (-0.0588*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,17,26)	$0 \leq Sc(S) \leq 17$ $17 < Sc(S) \leq 26$	$\mu = (0.0588*Sc(S))$ $\mu = (-0.1111*Sc(S)) + 2.8889$
Set 3 (17,26,36)	$17 < Sc(S) \leq 26$ $26 < Sc(S) \leq 36$	$\mu = (0.1111*Sc(S)) - 1.8889$ $\mu = (-0.1000*Sc(S)) + 3.6$
Set 4 (26,36,40)	$26 < Sc(S) \leq 36$ $36 < Sc(S) \leq 40$	$\mu = (0.1000*Sc(S)) - 2.6$ $\mu = (-0.25*Sc(S)) + 10$
Set 5 (36,40,54)	$36 < Sc(S) \leq 40$ $40 < Sc(S) \leq 54$	$\mu = (0.25*Sc(S)) - 9$ $\mu = (-0.0714*Sc(S)) + 3.8571$
Set 6 (40,54,100)	$40 < Sc(S) \leq 54$ $54 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0714*Sc(S)) - 2.8571$ $\mu = (-0.0217*Sc(S)) + 2.1739$
Set 7 (54,100,100)	$54 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0217*Sc(S)) - 1.1739$

ง.2.2 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

- **คะแนนของ W**

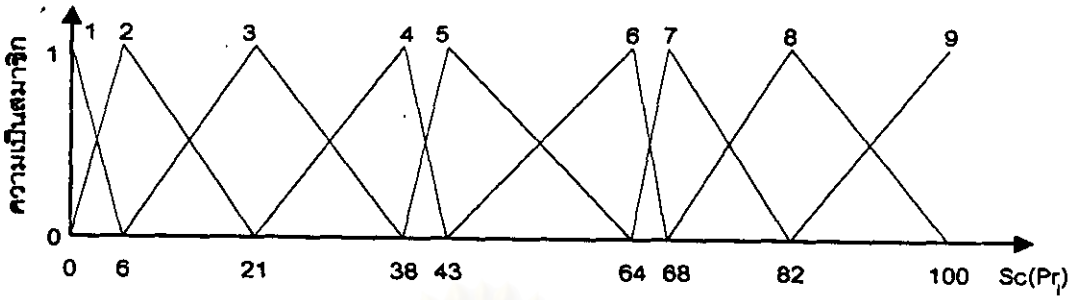


รูปที่ ง.16 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.16 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,10)	$0 \le Sc(W_i) \le 10$	$\mu = (-0.1000*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,10,40)	$0 \le Sc(W_i) \le 10$ $10 < Sc(W_i) \le 40$	$\mu = (0.1000*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0333*Sc(W_i)) + 1.3333$
Set 3 (10,40,59)	$10 < Sc(W_i) \le 40$ $40 < Sc(W_i) \le 59$	$\mu = (0.0333*Sc(W_i)) - 0.3333$ $\mu = (-0.0526*Sc(W_i)) + 3.1053$
Set 4 (40,59,75)	$40 < Sc(W_i) \le 59$ $59 < Sc(W_i) \le 75$	$\mu = (0.0526*Sc(W_i)) - 2.1053$ $\mu = (-0.0625*Sc(W_i)) + 4.6875$
Set 5 (59,75,95)	$59 < Sc(W_i) \le 75$ $75 < Sc(W_i) \le 95$	$\mu = (0.0625*Sc(W_i)) - 3.6875$ $\mu = (-0.0500*Sc(W_i)) + 4.7500$
Set 6 (75,95,97)	$75 < Sc(W_i) \le 95$ $95 < Sc(W_i) \le 97$	$\mu = (0.0500*Sc(W_i)) - 3.75$ $\mu = (-0.5000*Sc(W_i)) + 48.5$
Set 7 (95,97,100)	$95 < Sc(W_i) \le 97$ $97 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.5000*Sc(W_i)) - 47.5$ $\mu = (-0.3333*Sc(W_i)) + 33.3333$
Set 8 (97,100,100)	$97 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.3333*Sc(W_i)) - 32.3333$

● คะแนนของ Pr

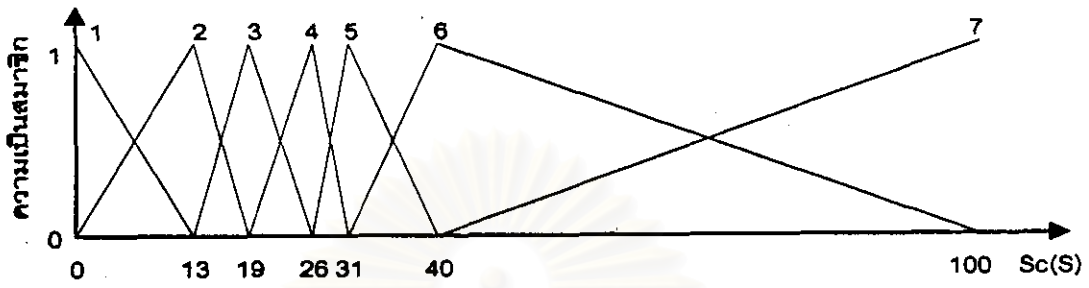


รูปที่ ง.17 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.17 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,6)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 6$	$\mu = (-0.1667*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,6,21)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 6$ $6 < Sc(Pr_i) \le 21$	$\mu = (0.1667*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0667*Sc(Pr_i)) + 1.4$
Set 3 (6,21,38)	$6 < Sc(Pr_i) \le 21$ $21 < Sc(Pr_i) \le 38$	$\mu = (0.0667*Sc(Pr_i)) - 0.4$ $\mu = (-0.0588*Sc(Pr_i)) + 2.2353$
Set 4 (21,38,43)	$21 < Sc(Pr_i) \le 38$ $38 < Sc(Pr_i) \le 43$	$\mu = (0.0588*Sc(Pr_i)) - 1.2353$ $\mu = (-0.2000*Sc(Pr_i)) + 8.6$
Set 5 (38,43,64)	$38 < Sc(Pr_i) \le 43$ $43 < Sc(Pr_i) \le 64$	$\mu = (0.2000*Sc(Pr_i)) - 7.6$ $\mu = (-0.0476*Sc(Pr_i)) + 3.0476$
Set 6 (43,64,68)	$43 < Sc(Pr_i) \le 64$ $64 < Sc(Pr_i) \le 68$	$\mu = (0.0476*Sc(Pr_i)) - 2.0476$ $\mu = (-0.2500*Sc(Pr_i)) + 17$
Set 7 (64,68,82)	$64 < Sc(Pr_i) \le 68$ $68 < Sc(Pr_i) \le 82$	$\mu = (0.25*Sc(Pr_i)) - 16$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 5.8571$
Set 8 (68,82,100)	$68 < Sc(Pr_i) \le 82$ $82 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 4.8571$ $\mu = (-0.0556*Sc(Pr_i)) + 5.5556$
Set 9 (82,100,100)	$82 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0556*Sc(Pr_i)) - 4.5556$

● คะแนนของ S



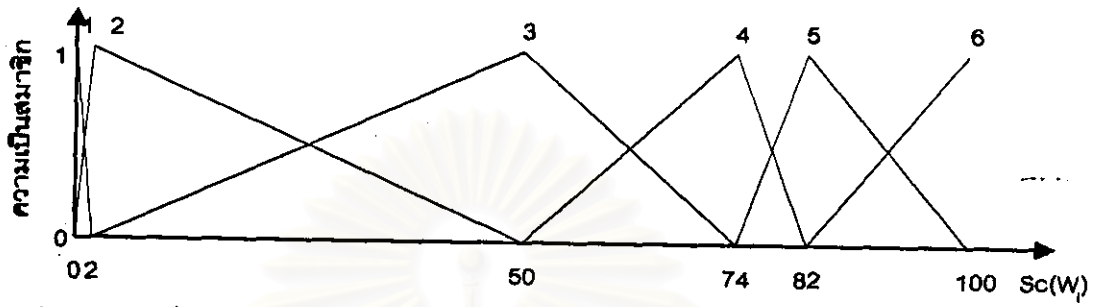
รูปที่ ง.18 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.18 ความสัมพันธ์ของคะแนนของ S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกที่สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,13)	$0 \le Sc(S) \le 13$	$\mu = (-0.0769*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,13,19)	$0 \le Sc(S) \le 13$ $13 < Sc(S) \le 19$	$\mu = (0.0769*Sc(S))$ $\mu = (-0.1667*Sc(S)) + 3.1667$
Set 3 (13,19,26)	$13 < Sc(S) \le 19$ $19 < Sc(S) \le 26$	$\mu = (0.1667*Sc(S)) - 2.1667$ $\mu = (-0.1429*Sc(S)) + 3.7143$
Set 4 (19,26,31)	$19 < Sc(S) \le 26$ $26 < Sc(S) \le 31$	$\mu = (0.1429*Sc(S)) - 2.7143$ $\mu = (-0.2000*Sc(S)) + 6.2$
Set 5 (26,31,40)	$26 < Sc(S) \le 31$ $31 < Sc(S) \le 40$	$\mu = (0.2000*Sc(S)) - 5.2$ $\mu = (-0.1111*Sc(S)) + 4.4444$
Set 6 (31,40,100)	$31 < Sc(S) \le 40$ $40 < Sc(S) \le 100$	$\mu = (0.1111*Sc(S)) - 3.4444$ $\mu = (-0.0167*Sc(S)) + 1.6667$
Set 7 (40,100,100)	$40 < Sc(S) \le 100$	$\mu = (0.0167*Sc(S)) - 1.6667$

ง.2.3 สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

- คะแนนของ W

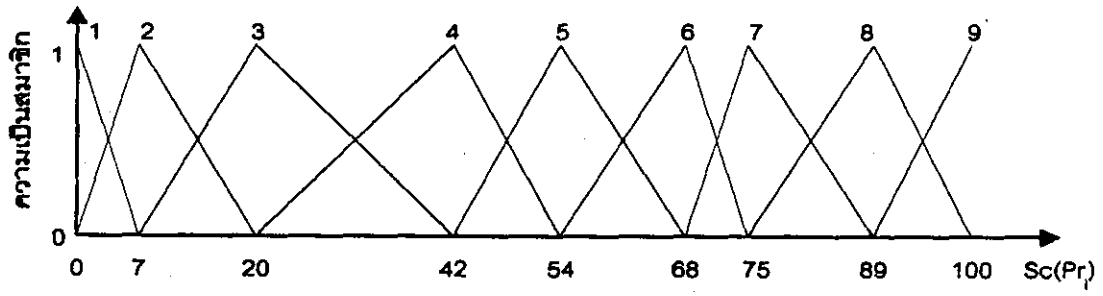


รูปที่ ง.19 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.19 ความสัมพันธ์ของคะแนน W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,2)	$0 \le Sc(W_i) \le 2$	$\mu = (-0.5*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,2,50)	$0 \le Sc(W_i) \le 2$ $2 < Sc(W_i) \le 50$	$\mu = (0.5*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0208*Sc(W_i)) + 1.0417$
Set 3 (2,50,74)	$2 < Sc(W_i) \le 50$ $50 < Sc(W_i) \le 74$	$\mu = (0.0208*Sc(W_i)) - 0.0417$ $\mu = (-0.0417*Sc(W_i)) + 3.0833$
Set 4 (50,74,82)	$50 < Sc(W_i) \le 74$ $74 < Sc(W_i) \le 82$	$\mu = (0.0417*Sc(W_i)) - 2.0833$ $\mu = (-0.125*Sc(W_i)) + 10.25$
Set 5 (74,82,100)	$74 < Sc(W_i) \le 82$ $82 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.125*Sc(W_i)) - 9.25$ $\mu = (-0.0556*Sc(W_i)) + 5.5556$
Set 6 (82,100,100)	$82 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.0556*Sc(W_i)) - 4.5556$

● **คะแนนของ Pr**

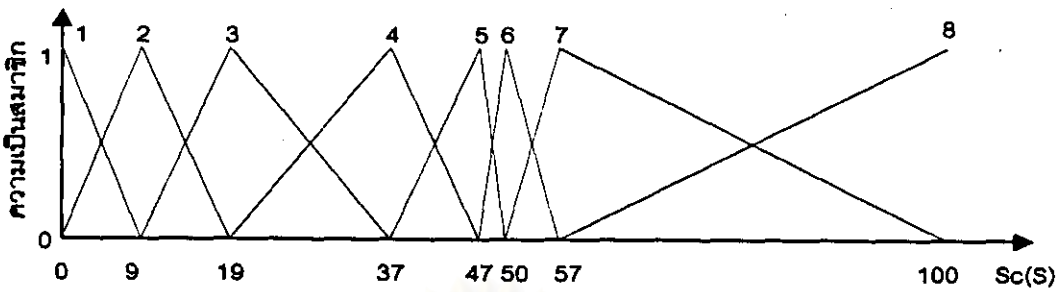


รูปที่ ง.20 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.20 ความสัมพันธ์ของคะแนน Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,7)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$	$\mu = (-0.1429*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,7,20)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 7$ $7 < Sc(Pr_i) \le 20$	$\mu = (0.1429*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 1.5385$
Set 3 (7,20,42)	$7 < Sc(Pr_i) \le 20$ $20 < Sc(Pr_i) \le 42$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 0.5385$ $\mu = (-0.0455*Sc(Pr_i)) + 1.9091$
Set 4 (20,42,54)	$20 < Sc(Pr_i) \le 42$ $42 < Sc(Pr_i) \le 54$	$\mu = (0.0455*Sc(Pr_i)) - 0.9091$ $\mu = (-0.0833*Sc(Pr_i)) + 4.5$
Set 5 (42,54,68)	$42 < Sc(Pr_i) \le 54$ $54 < Sc(Pr_i) \le 68$	$\mu = (0.0833*Sc(Pr_i)) - 3.5$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 4.8571$
Set 6 (54,68,75)	$54 < Sc(Pr_i) \le 68$ $68 < Sc(Pr_i) \le 75$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 3.8571$ $\mu = (-0.1429*Sc(Pr_i)) + 10.7143$
Set 7 (68,75,89)	$68 < Sc(Pr_i) \le 75$ $75 < Sc(Pr_i) \le 89$	$\mu = (0.1429*Sc(Pr_i)) - 9.7143$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 6.3571$
Set 8 (75,89,100)	$75 < Sc(Pr_i) \le 89$ $89 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 5.3571$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 9.0909$
Set 9 (89,100,100)	$89 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 8.0909$

●คะแนนของ S



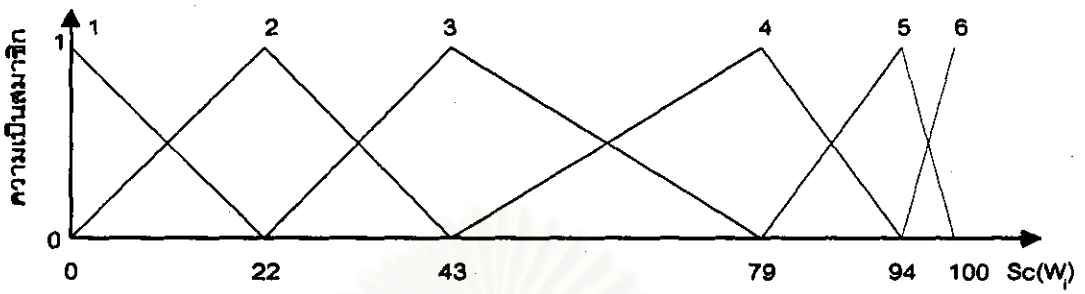
รูปที่ ง.21 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.21 ความสัมพันธ์ของคะแนน S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อยสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,9)	$0 \leq Sc(S) \leq 9$	$\mu = (-0.1111*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,9,19)	$0 \leq Sc(S) \leq 9$ $9 < Sc(S) \leq 19$	$\mu = (0.1111*Sc(S))$ $\mu = (-0.1*Sc(S)) + 1.9$
Set 3 (9,19,37)	$9 < Sc(S) \leq 19$ $19 < Sc(S) \leq 37$	$\mu = (0.1*Sc(S)) - 0.9$ $\mu = (-0.0556*Sc(S)) + 2.0556$
Set 4 (19,37,47)	$19 < Sc(S) \leq 37$ $37 < Sc(S) \leq 47$	$\mu = (0.0556*Sc(S)) - 1.0556$ $\mu = (-0.1*Sc(S)) + 4.7$
Set 5 (37,47,50)	$37 < Sc(S) \leq 47$ $47 < Sc(S) \leq 50$	$\mu = (0.1*Sc(S)) - 3.7$ $\mu = (-0.3333*Sc(S)) + 16.6667$
Set 6 (47,50,57)	$47 < Sc(S) \leq 50$ $50 < Sc(S) \leq 57$	$\mu = (0.3333*Sc(S)) - 15.6667$ $\mu = (-0.1429*Sc(S)) + 8.1429$
Set 7 (50,57,100)	$50 < Sc(S) \leq 57$ $57 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.1429*Sc(S)) - 7.1429$ $\mu = (-0.0233*Sc(S)) + 2.3256$
Set 8 (57,100,100)	$57 < Sc(S) \leq 100$	$\mu = (0.0233*Sc(S)) - 1.3256$

ง.2.4 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

- **คะแนนของ W**

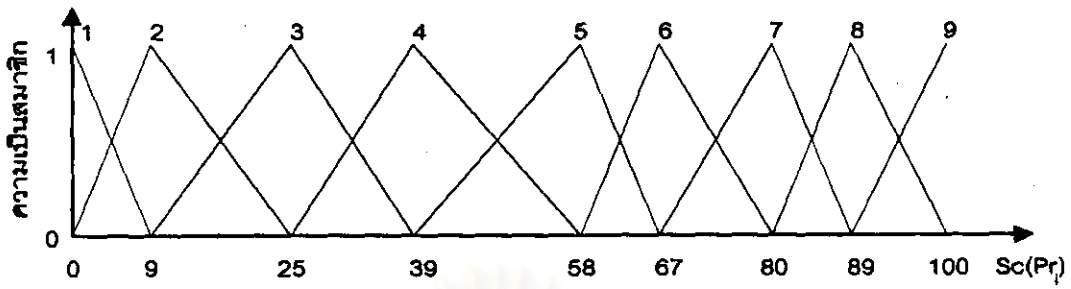


รูปที่ ง.22 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ W ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.22 ความสัมพันธ์ของคะแนน W กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,22)	$0 \le Sc(W_i) \le 22$	$\mu = (-0.0455*Sc(W_i)) + 1$
Set 2 (0,22,43)	$0 \le Sc(W_i) \le 22$ $22 < Sc(W_i) \le 43$	$\mu = (0.0455*Sc(W_i))$ $\mu = (-0.0476*Sc(W_i)) + 2.0476$
Set 3 (22,43,79)	$22 < Sc(W_i) \le 43$ $43 < Sc(W_i) \le 79$	$\mu = (0.0476*Sc(W_i)) - 1.0476$ $\mu = (-0.0278*Sc(W_i)) + 2.1944$
Set 4 (43,79,94)	$43 < Sc(W_i) \le 79$ $79 < Sc(W_i) \le 94$	$\mu = (0.0278*Sc(W_i)) - 1.1944$ $\mu = (-0.0667*Sc(W_i)) + 6.267$
Set 5 (79,94,100)	$79 < Sc(W_i) \le 94$ $94 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.0667*Sc(W_i)) - 5.2667$ $\mu = (-0.1667*Sc(W_i)) + 16.6667$
Set 6 (94,100,100)	$94 < Sc(W_i) \le 100$	$\mu = (0.1667*Sc(W_i)) - 15.6667$

● คะแนนของ Pr

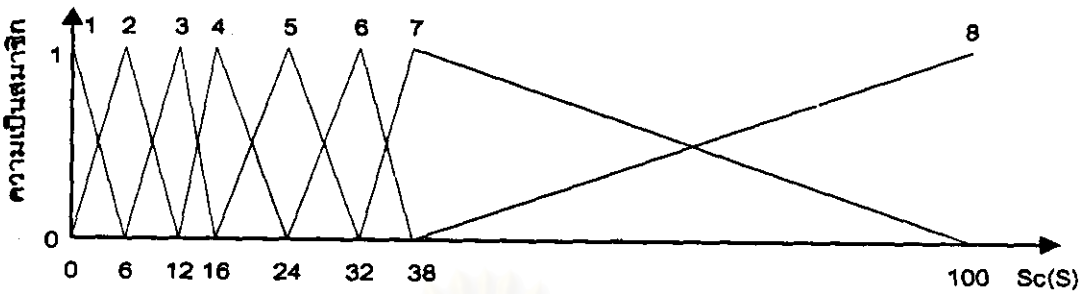


รูปที่ ง.23 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ Pr ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.23 ความสัมพันธ์ของคะแนน Pr กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,9)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 9$	$\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 1$
Set 2 (0,9,25)	$0 \le Sc(Pr_i) \le 9$ $9 < Sc(Pr_i) \le 25$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i))$ $\mu = (-0.0625*Sc(Pr_i)) + 1.5625$
Set 3 (9,25,39)	$9 < Sc(Pr_i) \le 25$ $25 < Sc(Pr_i) \le 39$	$\mu = (0.0625*Sc(Pr_i)) - 0.5625$ $\mu = (-0.0714*Sc(Pr_i)) + 2.7857$
Set 4 (25,39,58)	$25 < Sc(Pr_i) \le 39$ $39 < Sc(Pr_i) \le 58$	$\mu = (0.0714*Sc(Pr_i)) - 1.7857$ $\mu = (-0.0526*Sc(Pr_i)) + 3.0526$
Set 5 (39,58,67)	$39 < Sc(Pr_i) \le 58$ $58 < Sc(Pr_i) \le 67$	$\mu = (0.0526*Sc(Pr_i)) - 2.0526$ $\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 7.4444$
Set 6 (58,67,80)	$58 < Sc(Pr_i) \le 67$ $67 < Sc(Pr_i) \le 80$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i)) - 6.4444$ $\mu = (-0.0769*Sc(Pr_i)) + 6.1538$
Set 7 (67,80,89)	$67 < Sc(Pr_i) \le 80$ $80 < Sc(Pr_i) \le 89$	$\mu = (0.0769*Sc(Pr_i)) - 5.1538$ $\mu = (-0.1111*Sc(Pr_i)) + 9.8889$
Set 8 (80,89,100)	$80 < Sc(Pr_i) \le 89$ $89 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.1111*Sc(Pr_i)) - 8.8889$ $\mu = (-0.0909*Sc(Pr_i)) + 9.0909$
Set 9 (89,100,100)	$89 < Sc(Pr_i) \le 100$	$\mu = (0.0909*Sc(Pr_i)) - 8.0909$

● คะแนนของ S



รูปที่ ง.24 ฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิกของคะแนนของ S ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

ตารางที่ ง.24 ความสัมพันธ์ของคะแนน S กับฟังก์ชั่นความเป็นสมาชิก ที่สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมากสำหรับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

Set 1 (0,0,6)	$0 \le Sc(S) \le 6$	$\mu = (-0.1667*Sc(S)) + 1$
Set 2 (0,6,12)	$0 \le Sc(S) \le 6$ $6 < Sc(S) \le 12$	$\mu = (0.1667*Sc(S))$ $\mu = (-0.1667*Sc(S)) + 2$
Set 3 (6,12,16)	$6 < Sc(S) \le 12$ $12 < Sc(S) \le 16$	$\mu = (0.1667*Sc(S)) - 1$ $\mu = (-0.25*Sc(S)) + 4$
Set 4 (12,16,24)	$12 < Sc(S) \le 16$ $16 < Sc(S) \le 24$	$\mu = (0.25*Sc(S)) - 3$ $\mu = (-0.125*Sc(S)) + 3$
Set 5 (16,24,32)	$16 < Sc(S) \le 24$ $24 < Sc(S) \le 32$	$\mu = (0.125*Sc(S)) - 2$ $\mu = (-0.125*Sc(S)) + 4$
Set 6 (24,32,38)	$24 < Sc(S) \le 32$ $32 < Sc(S) \le 38$	$\mu = (0.125*Sc(S)) - 3$ $\mu = (-0.1667*Sc(S)) + 6.3333$
Set 7 (32,38,100)	$32 < Sc(S) \le 38$ $38 < Sc(S) \le 100$	$\mu = (0.1667*Sc(S)) - 5.3333$ $\mu = (-0.0161*Sc(S)) + 1.6129$
Set 8 (38,100,100)	$38 < Sc(S) \le 100$	$\mu = (0.0161*Sc(S)) - 0.6129$

ภาคผนวก จ
น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่สภาวะต่าง ๆ

ภาคผนวกนี้จะแสดงน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ W Pr และ P ซึ่งอยู่ในรูปตัวเลขแบบฟัซซีที่สภาวะความซับซ้อนของระบบและโหลดงานในระบบต่างๆกัน สำหรับที่สภาวะหนึ่งจำนวนชุดของความสำคัญของคุณลักษณะทั้งสามที่ได้กล่าวไปแล้วจะขึ้นอยู่กับจำนวนฟัซซีเซ็ทที่แบ่งได้จากคะแนนคุณลักษณะ S ตามที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ง

ภาคผนวกนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP 2) น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จ.1 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP

จ.1.1 สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

จากรูปที่ ง.3 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซีเซ็ท 6 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.1

ตารางที่ จ.1 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ
ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,68)	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)
เซ็ท 2 : (0,68,70)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 3 : (68,70,73)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)
เซ็ท 4 : (70,73,78)	(0.1785,0.3275,0.6043)	(0.2574,0.4126,0.6043)	(0.1785,0.2599,0.4190)
เซ็ท 5 : (73,78,100)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 6 : (78,100,100)	(0.0891,0.1365,0.2431)	(0.3991,0.6250,0.9516)	(0.1383,0.2385,0.4013)

จ.1.2 สภาวะความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

จากรูปที่ ง.6 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 6 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.2

ตารางที่ จ.2 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,51)	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)
เซ็ท 2 : (0,51,58)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 3 : (51,58,60)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)
เซ็ท 4 : (58,60,64)	(0.1785,0.3275,0.6043)	(0.2574,0.4126,0.6043)	(0.1785,0.2599,0.4190)
เซ็ท 5 : (60,64,100)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 6 : (64,100,100)	(0.0891,0.1365,0.2431)	(0.3991,0.6250,0.9516)	(0.1383,0.2385,0.4013)

จ.1.3 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

จากรูปที่ ง.9 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 7 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.3

ตารางที่ จ.3 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,73)	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)
เซ็ท 2 : (0,73,75)	(0.4825,0.6667,0.9000)	(0.1357,0.1667,0.2134)	(0.1357,0.1667,0.2134)
เซ็ท 3 : (73,75,80)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 4 : (75,80,84)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)
เซ็ท 5 : (80,84,86)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 6 : (84,86,100)	(0.0800,0.1220,0.2050)	(0.3137,0.5584,0.9190)	(0.1897,0.3196,0.5914)
เซ็ท 7 : (86,100,100)	(0.0582,0.0811,0.1189)	(0.3458,0.5769,0.8905)	(0.2226,0.3420,0.5865)

จ.1.4 สภาวะความซับซ้อนในระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

จากรูปที่ ง.12 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 8 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.4

ตารางที่ จ.4 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,55)	(1,1,1)	(0,0,0)	(0,0,0)
เซ็ท 2 : (0,55,57)	(0.6055,0.7500,0.9218)	(0.1083,0.1250,0.1473)	(0.1083,0.1250,0.1473)
เซ็ท 3 : (55,57,59)	(0.4825,0.6667,0.8998)	(0.1357,0.1667,0.2134)	(0.1357,0.1667,0.2134)
เซ็ท 4 : (57,59,63)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 5 : (59,63,66)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)
เซ็ท 6 : (63,66,69)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 7 : (66,69,100)	(0.0800,0.1220,0.2050)	(0.3137,0.5584,0.9190)	(0.1897,0.3196,0.5914)
เซ็ท 8 : (69,100,100)	(0.0582,0.0811,0.1189)	(0.3458,0.5769,0.8905)	(0.2226,0.3420,0.5865)

จ.2 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะที่ใช้กับกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-NF และ FuzzyAHP-WINQ

จ.2.1 ความซับซ้อนในระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

จากรูปที่ ง.15 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 7 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.5

ตารางที่ จ.5 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,17)	(0.5818,0.7334,0.9193)	(0.1521,0.1991,0.2620)	(0.0539,0.0675,0.0882)
เซ็ท 2 : (0,17,26)	(0.5255,0.6955,0.9104)	(0.1691,0.2290,0.3156)	(0.0586,0.0754,0.1016)
เซ็ท 3 : (17,26,36)	(0.4306,0.6370,0.9185)	(0.1709,0.2583,0.4012)	(0.0746,0.1047,0.1592)
เซ็ท 4 : (26,36,40)	(0.3133,0.5584,0.9188)	(0.1897,0.3196,0.5914)	(0.0800,0.1220,0.2050)
เซ็ท 5 : (36,40,54)	(0.3311,0.4286,0.5442)	(0.3311,0.4286,0.5442)	(0.1043,0.1429,0.2160)
เซ็ท 6 : (40,54,100)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.1238,0.2000,0.4031)
เซ็ท 7 : (54,100,100)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)

จ.2.2 ความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

จากรูปที่ ง.18 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 7 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.6

ตารางที่ จ.6 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ
ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,13)	(0.5818,0.7334,0.9193)	(0.1521,0.1991,0.2620)	(0.0539,0.0675,0.0882)
เซ็ท 2 : (0,13,19)	(0.5255,0.6955,0.9104)	(0.1691,0.2290,0.3156)	(0.0586,0.0754,0.1016)
เซ็ท 3 : (13,19,26)	(0.4306,0.6370,0.9185)	(0.1709,0.2583,0.4012)	(0.0746,0.1047,0.1592)
เซ็ท 4 : (19,26,31)	(0.3133,0.5584,0.9188)	(0.1897,0.3196,0.5914)	(0.0800,0.1220,0.2050)
เซ็ท 5 : (26,31,40)	(0.3311,0.4286,0.5442)	(0.3311,0.4286,0.5442)	(0.1043,0.1429,0.2160)
เซ็ท 6 : (31,40,100)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.1238,0.2000,0.4031)
เซ็ท 7 : (40,100,100)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)	(0.3333,0.3333,0.3333)

จ.2.3 ความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

จากรูปที่ ง.21 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 8 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.7

ตารางที่ จ.7 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ
ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,9)	(0.5818,0.7334,0.9193)	(0.1521,0.1991,0.2620)	(0.0539,0.0675,0.0882)
เซ็ท 2 : (0,9,19)	(0.5100,0.6910,0.9260)	(0.1524,0.2176,0.3116)	(0.0681,0.0914,0.1314)
เซ็ท 3 : (9,19,37)	(0.4306,0.6370,0.9185)	(0.1706,0.2583,0.4012)	(0.0746,0.1047,0.1592)
เซ็ท 4 : (19,37,47)	(0.3133,0.5584,0.9188)	(0.1897,0.3196,0.5914)	(0.0800,0.1220,0.2050)
เซ็ท 5 : (37,47,50)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.1238,0.2000,0.4031)
เซ็ท 6 : (47,50,57)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 7 : (50,57,100)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 8: (57,100,100)	(0.0891,0.1365,0.2431)	(0.3991,0.6250,0.9516)	(0.1384,0.2385,0.4013)

จ.2.4 สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

จากรูปที่ ง.24 จะเห็นว่าคุณลักษณะ S ที่สภาวะนี้ถูกแบ่งออกเป็นฟัซซี่เซ็ท 8 เซ็ท แต่ละเซ็ทมีน้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะตามตารางที่ จ.8

ตารางที่ จ.8 น้ำหนักความสำคัญของคุณลักษณะ ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	W	Pr	P
เซ็ท 1 : (0,0,6)	(0.5818,0.7334,0.9193)	(0.1521,0.1991,0.2620)	(0.0539,0.0675,0.0882)
เซ็ท 2 : (0,6,12)	(0.5100,0.6910,0.9260)	(0.1524,0.2176,0.3116)	(0.0681,0.0914,0.1314)
เซ็ท 3 : (6,12,16)	(0.4306,0.6370,0.9185)	(0.1706,0.2583,0.4012)	(0.0746,0.1047,0.1592)
เซ็ท 4 : (12,16,24)	(0.3133,0.5584,0.9188)	(0.1897,0.3196,0.5914)	(0.0800,0.1220,0.2050)
เซ็ท 5 : (16,24,32)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.2574,0.4000,0.5814)	(0.1238,0.2000,0.4031)
เซ็ท 6 : (24,32,38)	(0.1699,0.2500,0.4190)	(0.2451,0.5000,0.8715)	(0.1699,0.2500,0.4190)
เซ็ท 7 : (32,38,100)	(0.1534,0.2000,0.2788)	(0.3865,0.6000,0.8850)	(0.1534,0.2000,0.2788)
เซ็ท 8: (38,100,100)	(0.0891,0.1365,0.2431)	(0.3991,0.6250,0.9516)	(0.1384,0.2385,0.4013)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

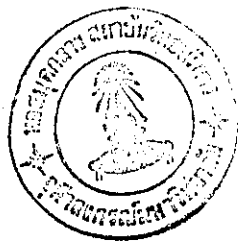
ตัวอย่างไฟล์ตัวหนังสือของกฎการจัดเส้นทางเดินของงานแบบ FuzzyAHP-WINQ

Model frame

```
cr          CREATE,     25,0.1:,1;
Again       ASSIGN:     OptNum=Disc(0.33,4,0.66,5,1.00,6):
                        M=ENTER:
                        1stLp=1:
                        B=B+1:MARK(Timein);
Assign_Attribute WHILE: 1stLp<=OptNum;
5$          ASSIGN:     Opt(1stLp)=Expo(10):
                        Choice(1stLp)=Disc(0.33,2,0.66,3,1.00,4):
                        m1StLp=1;
81$         WHILE:      m1StLp<=Choice(1StLp);
Assign1     ASSIGN:     MM(1StLp,m1StLp)=
                        DISC(0.091,1,0.182,2,0.273,3,0.364,4,0.455,5,0.545,6,0.636,7,0.727,8,0.818,9,0.909,10,1,11);
6$          BRANCH,     1:
                        If,m1StLp<>1,Assign2,Yes:
                        Else,Assign4,Yes;
Assign2     ASSIGN:     C=m1StLp;
7$          WHILE:      C<>1;
8$          BRANCH,     1:
                        If,MM(1StLp,m1StLp)<>MM(1StLp,C-1),Assign3,Yes:
                        Else,Assign1,Yes;
Assign3     ASSIGN:     C=C-1;
9$          ENDWHILE;
Assign4     ASSIGN:     m1StLp=m1StLp+1;
0$          ENDWHILE;
82$         ASSIGN:     1StLp=1StLp+1;
83$         ENDWHILE;
F           ASSIGN:     1StLp=1;
103$        WHILE:      1StLp<=OptNum;
104$        ASSIGN:     m1StLp=1;
105$        WHILE:      m1StLp<=Choice(1StLp);
109$        BRANCH,     1:
                        If,m1StLp==1,110$,Yes:
                        Else,111$,Yes;
110$        ASSIGN:     OptMc(1StLp,m1StLp)=Opt(1StLp);
115$        ASSIGN:     AvgWait(1stLp)=AvgWait(1stLp)+W(MM(1stLp,m1stLp)):
                        AvgOptMc(1stLp)=(AvgOptMc(1stLp)+OptMc(1StLp,m1stLp)):
                        m1stLp=m1stLp+1;
106$        ENDWHILE;
107$        ASSIGN:     AvgWait(1stLp)=AvgWait(1stLp)/Choice(1stLp):
                        AvgOptMc(1stLp)=AvgOptMc(1stLp)/Choice(1stLp):
                        TotalOpt=TotalOpt+AvgOptMc(1stLp):
                        1StLp=1StLp+1;
108$        ENDWHILE;
TimePerform ASSIGN:     2ndLp=1:
```

```
                DueDate=Timein+(4.1*TotalOpt):
                Slack=Duedate-tnow-totalopt:
                Remain=TotalOpt:
                RemainWait=AvgWait(1)+AvgWait(2)+AvgWait(3)+AvgWait(4)+AvgWait(5)+AvgWait(6);
ToStart   ASSIGN:    Z=Y+1:
                Y=Y+1;
Q         QUEUE,     AGVQue;
1$        REQUEST,   Z:AsAGV(SDS);
26$       ASSIGN:    Y=Y-1:
                K=1;
27$       WHILE:     K<=11;
74$       BRANCH,    1:
                If,lock(k)==0,28$,Yes:
                Else,75$,Yes;
28$       ASSIGN:    N=1;
30$       WHILE:     N<=NQ(k+11);
31$       ASSIGN:    A(41,entatrank(n,queueset(k+11)))=A(41,entatrank(n,queueset(k+11)))-1:
                N=N+1;
32$       ENDWHILE;
33$       ASSIGN:    K=K+1;
34$       ENDWHILE;
35$       ASSIGN:    N=1;
36$       WHILE:     N<=nq(agvque);
37$       ASSIGN:    A(41,entatrank(n,agvque))=A(41,entatrank(n,agvque))-1:
                N=N+1;
38$       ENDWHILE;
Delay1    DELAY:     0;
FuzzySys  ASSIGN:    m1stLp=1;
A_Slack   ASSIGN:    Slack=DueDate-tnow-Remain:
                m1stLp=1;
243$      BRANCH,    1:
                If,Slack>0,230$,Yes:
                Else,252$,Yes;
230$      WHILE:     m1stLp<=Choice(2ndLp);
231$      ASSIGN:    AWINQ(m1stLp)=WINQ(MM(2ndLp,m1stLp)):
                m1stLp=m1stLp+1;
232$      ENDWHILE;
257$      ASSIGN:    1stLp=1:
                m1stlp=0;
258$      WHILE:     1stLP<=choice(2ndlp);
259$      BRANCH,    1:
                If,Fail(MM(2ndlp,1stLp))==1,260$,Yes:
                Else,261$,Yes;
260$      ASSIGN:    m1stlp=m1stlp+1;
261$      ASSIGN:    1stLp=1stLp+1;
262$      ENDWHILE;
263$      BRANCH,    1:
                If,(m1stLp==Choice(2ndlp)),252$,Yes:
                Else,Step2,Yes;
252$      ASSIGN:    Wi=Wi+1;
```

```
                1stLp=1;
253$    WHILE:      1stLp<=Choice(2ndlp);
254$    BRANCH,     1:
                If,Fail(MM(2ndlp,1stLp))==1,T1,Yes:
                Else,T2,Yes;
T1      ASSIGN:     AWINQ(1stLp)=10000;
255$    ASSIGN:     1stLp=1stLp+1;
256$    ENDWHILE;
246$    ASSIGN:     1stLp=1:
                m1stLp=2;
248$    WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
247$    BRANCH,     1:
                If,AWINQ(1stLp)>AWINQ(m1stLp),249$,Yes:
                Else,250$,Yes;
249$    ASSIGN:     NextMM=MM(2ndLp,m1stLp):
                1stLp=m1stLp:
                m1stLp=m1stLp+1;
251$    ENDWHILE;
245$    ASSIGN:     1stLp=1:
                m1stLp=1:
                NextMM1=Member(DeptSet,NextMM);
AssignOpt   BRANCH,     1:
                If,NextMM==MM(2ndLp,1),141$,Yes:
                If,NextMM==MM(2ndLp,2),142$,Yes:
                If,NextMM==MM(2ndLp,3),143$,Yes:
                Else,144$,Yes;
141$    ASSIGN:     Opt(2ndLp)=OptMc(2ndLp,1);
Collect ASSIGN:     1StLp=1;
185$    ASSIGN:     SumERTL=0:
                SumERTM=0:
                SumERTR=0:
                SumAWINQL=0:
                SumAWINQM=0:
                SumAWINQR=0:
                WtERTL=0:
                WtERTM=0:
                WtERTR=0:
                WtAWINQL=0:
                WtAWINQM=0:
                WtAWINQR=0:
                WtOptL=0:
                WtOptM=0:
                WtOptR=0:
                SumWtL=0:
                SumWtM=0:
                SumWtR=0:
                SlackMem1=0:
                SlackMem2=0:
                SumOpt=0:
                1stLp=1;
```



```
186$      WHILE:      1stLp<=Choice(2ndLp);
187$      ASSIGN:     ERT(1stLp)=0:
                      AWINQ(1stLp)=0:
                      AverOptL(1stLp)=0:
                      AverOptM(1stLp)=0:
                      AverOptR(1stLp)=0:
                      AverERTL(1stLp)=0:
                      AverERTM(1stLp)=0:
                      AverERTR(1stLp)=0:
                      AverAWINQL(1stLp)=0:
                      AverAWINQM(1stLp)=0:
                      AverAWINQR(1stLp)=0:
                      ScoreL(1stLp)=0:
                      ScoreM(1stLp)=0:
                      ScoreR(1stLp)=0:
                      Final(1stLp)=0:
                      ERTMem1(1stLp)=0:
                      ERTMem2(1stLp)=0:
                      AWINQMem1(1stLp)=0:
                      AWINQMem2(1stLp)=0:
                      m1stLp=1;
188$      WHILE:      m1stLp<=3;
189$      ASSIGN:     F_ERT1(1stLp,m1stLp)=0:
                      F_ERT2(1stLp,m1stLp)=0:
                      F_AWINQ1(1stLp,m1stLp)=0:
                      F_AWINQ2(1stLp,m1stLp)=0:
                      F_Slack1(m1stLp)=0:
                      F_Slack2(m1stLp)=0:
                      m1stLp=m1stLp+1;
190$      ENDWHILE;
191$      ASSIGN:     1stLp=1stLp+1;
192$      ENDWHILE;
193$      ASSIGN:     1stLp=1;
128$      BRANCH,     1:
                      If,2ndLp==1,Tran1,Yes:
                      Else,89$,Yes;
Tran1     TRANSPORT:  AsAGV,NextMM1;

89$       BRANCH,     1:
                      If,NextMM1==M,90$,Yes:
                      Else,18$,Yes;
90$       BRANCH,     1:
                      If,NR(BefQSet(M))<5,91$,Yes:
                      Else,92$,Yes;
91$       ASSIGN:     Y=Y-1;
112$      RELEASE:    BefQSet(SetIndex+11),1;
WorkQue   SEIZE,      1:
                      BefQSet(SetIndex),1;
113$      ASSIGN:     WINQ(SetIndex)=WINQ(SetIndex)+Opt(2ndLp);
4$        QUEUE,      QueueSet(SetIndex),5;
```

สำนักวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
S2        SEIZE,      5:
                MachineSet(SetIndex),1;
Test      RELEASE:    BefQSet(SetIndex),1:MARK(Time);
114$      ASSIGN:     Beg(SetIndex)=Time:
                WINQ(SetIndex)=WINQ(SetIndex)-Opt(2ndlp);
B1        BRANCH,     2:
                Always,22$,Yes:
                Always,Processing,Yes;
22$       BRANCH,     1:
                If,nq(BufferQ)<>0,Find,Yes:
                Else,Disp,Yes;
Find      FINDJ,      1,nq(bufferq):aque(bufferq,J,39)==m;
23$       BRANCH,     1:
                If,J<>0,REM,Yes:
                Else,Disp,Yes;
REM       REMOVE:     J,BufferQ,Detach1:NEXT(Disp);

Disp      DISPOSE;

Detach1   QUEUE,      Q;
24$       REQUEST,    25:AsAGV(SDS);
25$       ASSIGN:     Nextmm1=Remember:NEXT(Tran1);

Processing DELAY:     Opt(2ndLp);
17$       SEIZE,      1:
                BefQSet(SetIndex+11),1;
FreeMC2   RELEASE:    MachineSet(Setindex),1:MARK(EndP);
SlackAspect ASSIGN:   TimeOut(Setindex)=EndP:
                Remain=Remain-AvgOptMc(2ndLp):
                Slack=Duedate-tnow-remain:
                RemainWait=RemainWait-AvgWait(2ndLp):
                2ndLp=2ndLp+1;
20$       ASSIGN:     Z=Y+1:
                Y=Y+1;
21$       BRANCH,     1:
                If,2ndLp>Optnum,Exit,Yes:
                Else,FuzzySys,Yes;
Exit      ASSIGN:     NextMM1=Member(DeptSet,12);
18$       QUEUE,      QueueSet(SetIndex+11),5;
R         REQUEST,    Z:AsAgv(SDS);
39$       BRANCH,     1:
                If,lock(setindex)==0,40$,Yes:
                Else,53$,Yes;
40$       ASSIGN:     Y=Y-1:
                K1=1;
41$       WHILE:      K1<=11;
79$       BRANCH,     1:
                If,lock(k1)==0,42$,Yes:
                Else,80$,Yes;
42$       ASSIGN:     N1=1;
```

```
44$     WHILE:    N1<=NQ(k1+11);
45$     ASSIGN:   A(41,entatrank(n1,queueset(k1+11)))=A(41,entatrank(n1,queueset(k1+11)))-1:
              N1=N1+1;
46$     ENDWHILE;
47$     ASSIGN:   K1=K1+1;
48$     ENDWHILE;
49$     ASSIGN:   N1=1;
50$     WHILE:    N1<=nq(agvque);
51$     ASSIGN:   A(41,entatrank(n1,agvque))=A(41,entatrank(n1,agvque))-1:
              N1=N1+1;
52$     ENDWHILE;
19$     RELEASE:  BefQSet(Setindex+11),1;
84$     DELAY:    0.0:NEXT(Tran1);

80$     BRANCH,   1:
              If,nr(befqset(k1+11))<5,43$,Yes:
              Else,42$,Yes;
43$     ASSIGN:   N1=2:NEXT(44$);

53$     ASSIGN:   lock(setindex)=0:
              K1=1;
              H=H-1:
              Lo=Lock(1)+Lock(2)+Lock(3)+Lock(4)+Lock(5)+Lock(6)+Lock(7)+Lock(8)+Lock(9)+Lock(10)+Lock(11);
54$     WHILE:    K1<=11;
55$     IF:       lock(k1)==1;
56$     ASSIGN:   A(41,entatrank(1,queueset(k1+11)))=A(41,entatrank(1,queueset(K1+11)))-1;
59$     ELSE;
57$     ENDIF;
60$     ASSIGN:   K1=K1+1;
58$     ENDWHILE:NEXT(19$);

92$     ASSIGN:   Remember=M:
              NextMM1=Buffer:NEXT(18$);

142$    ASSIGN:   Opt(2ndLp)=OptMc(2ndLp,2):NEXT(Collect);

143$    ASSIGN:   Opt(2ndLp)=OptMc(2ndLp,3):NEXT(Collect);

144$    ASSIGN:   Opt(2ndLp)=OptMc(2ndLp,4):NEXT(Collect);

250$    ASSIGN:   NextMM=MM(2ndLp,1stLp):
              m1stLp=m1stLp+1:NEXT(251$);

T2      ASSIGN:   AWINQ(1stLp)=Winq(MM(2ndlp,1stLp)):NEXT(255$);

Step2   ASSIGN:   m1stLp=1:
              Dummy=Choice(2ndLp);
221$    WHILE:    m1stLp<=Choice(2ndLp);
222$    BRANCH,   1:
              If,Fail(MM(2ndlp,m1stLp))==0,223$,Yes:
```

```
                Else,224$,Yes;
223$    ASSIGN:     m1stLp=m1stLp+1;
229$    ENDWHILE;
233$    WHILE:      Choice(2ndLp)<Dummy;
234$    ASSIGN:     MM(2ndLp,Dummy)=0:
                    OptMc(2ndLp,Dummy)=0:
                    AWINQ(Dummy)=0:
                    Dummy=Dummy-1;
235$    ENDWHILE;
264$    BRANCH,     1:
                    If,choice(2ndlp)==1,265$,Yes:
                    Else,Step1,Yes;
265$    ASSIGN:     NextMM=MM(2ndlp,1):
                    NextMM1=Member(DeptSet,NextMM):
                    Opt(2ndLp)=OptMc(2ndlp,1):NEXT(Collect);

Step1   ASSIGN:     1stLp=1;
196$    WHILE:      1stLp<Choice(2ndLp);
198$    ASSIGN:     m1stLp=1stLp+1;
200$    WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
197$    BRANCH,     1:
                    If,AWINQ(1stLp)>AWINQ(m1stLp),L,Yes:
                    Else,198$,Yes;
L       ASSIGN:     Dummy=AWINQ(1stLp):
                    AWINQ(1stLp)=AWINQ(m1stLp):
                    AWINQ(m1stLp)=Dummy;
218$    ASSIGN:     Dummy=MM(2ndLp,1stLp):
                    MM(2ndLp,1stLp)=MM(2ndLp,m1stLp):
                    MM(2ndLp,m1stLp)=Dummy;
219$    ASSIGN:     Dummy=OptMc(2ndLp,1stLp):
                    Optmc(2ndLp,1stLp)=OptMc(2ndLp,m1stLp):
                    OptMc(2ndLp,m1stLp)=Dummy:
                    m1stLp=m1stLp+1;
201$    ENDWHILE;
202$    ASSIGN:     1stLp=1stLp+1;
sorting ENDWHILE;
Af_Sort ASSIGN:     m1stLp=1;
236$    WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
239$    BRANCH,     1:
                    If,AWINQ(m1stLp)<=0,240$,Yes:
                    If,AWINQ(m1stLp)>0.and.AWINQ(m1stLp)<60,241$,Yes:
                    Else,242$,Yes;
240$    ASSIGN:     AWINQ(m1stLP)=100;
237$    ASSIGN:     m1stLp=m1stLp+1;
238$    ENDWHILE;
havezero ASSIGN:    Dummy=Choice(2ndLp):
                    m1stLp=2;
244$    BRANCH,     1:
                    If,AWINQ(1)==0,208$,Yes:
                    Else,216$,Yes;
```

```
208$      ASSIGN:     Wl=Wl+1:
                      1stLp=1:
                      m1stLp=2;
210$      WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
209$      BRANCH,     1:
                      If,WINQ(MM(2ndLp,1stLp))>WINQ(MM(2ndLp,m1stLp)),211$,Yes:
                      Else,212$,Yes;
211$      ASSIGN:     NextMM=MM(2ndLp,m1stLp):
                      1stLp=m1stLp:
                      m1stLp=m1stLp+1;
Mark1     ENDWHILE;
207$      ASSIGN:     1stLp=1:
                      m1stLp=1:
                      NextMM1=Member(DeptSet,NextMM):NEXT(AssignOpt);

212$      ASSIGN:     NextMM=MM(2ndLp,1stLp):
                      m1stLp=m1stLp+1:NEXT(Mark1);

216$      WHILE:      m1stLp<=Dummy;
Difference BRANCH,    1:
                      If,(AWINQ(1)-AWINQ(m1stLp))/((AWINQ(1)))<=0.05,214$,Yes:
                      Else,215$,Yes;
214$      ASSIGN:     m1stLp=m1stLp+1;
217$      ENDWHILE;
step3.1   BRANCH,     1:
                      If,Choice(2ndLp)<>1,203$,Yes:
                      Else,WINQRule,Yes;
203$      ASSIGN:     m1stLp=Dummy;
204$      WHILE:      m1stLp>Choice(2ndLp);
205$      ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=0:
                      mm(2ndLp,m1stLp)=0:
                      Optmc(2ndLp,m1stLp)=0:
                      m1stLp=m1stLp-1;
206$      ENDWHILE;
213$      ASSIGN:     m1stLp=1:
                      Fuzzy=Fuzzy+1;
fuzzy1    WHILE:      m1StLp<=Choice(2ndLp);
177$      ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=WINQ(MM(2ndLp,m1stLp));
178$      BRANCH,     1:
                      If,AWINQ(m1stLp)<=0,179$,Yes:
                      If,AWINQ(m1stLp)>0.and.AWINQ(m1stLp)<50,180$,Yes:
                      Else,181$,Yes;
179$      ASSIGN:     AWINQ(m1stLP)=100;
FuzzyAWINQ BRANCH,    1:
                      If,(AWINQ(m1stLp)>=0).and.(AWINQ(m1stLp)<=2),0AWINQ2,Yes:
                      If,(AWINQ(m1stLp)>2).and.(AWINQ(m1stLp)<=50),2AWINQ50,Yes:
                      If,(AWINQ(M1stLp)>50).and.(AWINQ(m1stLp)<=74),50AWINQ74,Yes:
                      If,(AWINQ(m1stLp)>74).and.(AWINQ(m1stLp)<=82),74AWINQ82,Yes:
                      If,(AWINQ(m1stLp)>82).and.(AWINQ(m1stLp)<=100),82AWINQ100,Yes:
                      Else,268$,Yes;
```

```
0AWINQ2    ASSIGN:    F_AWINQ1(m1stLp,1)=0:
                      F_AWINQ1(m1stLp,2)=0:
                      F_AWINQ1(m1stLp,3)=2:
                      F_AWINQ2(m1stLp,1)=0:
                      F_AWINQ2(m1stLp,2)=22:
                      F_AWINQ2(m1stLp,3)=50:
                      AWINQMem1(m1stLp)=(-0.5*AWINQ(m1stLp))+1:
                      AWINQMem2(m1stLp)=0.5*AWINQ(m1stLp):NEXT(FuzzyERT1);

FuzzyERT1  ASSIGN:    ERT(m1stLp)=ep(-(-UpTime(MM(2ndLp,m1stLp))+Tnow+WINQ(MM(2ndLp,m1stLp)))/500);
182$       ASSIGN:    ERT(m1stLp)=ERT(m1stLp)*100;
FuzzyERT   BRANCH,    1:
                      If,(ERT(m1stLp)>=0).and.(ERT(m1stLp)<=7),0ERT7,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>7).and.(ERT(m1stLp)<=20),7ERT20,Yes:
                      If,(ERT(M1stLp)>20).and.(ERT(m1stLp)<=42),20ERT42,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>42).and.(ERT(m1stLp)<=54),42ERT54,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>54).and.(ERT(m1stLp)<=68),54ERT68,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>68).and.(ERT(m1stLp)<=75),68ERT75,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>75).and.(ERT(m1stLp)<=89),75ERT84,Yes:
                      If,(ERT(m1stLp)>89).and.(ERT(m1stLp)<=100),89ERT100,Yes:
                      Else,169$,Yes:
0ERT7      ASSIGN:    F_ERT1(m1stLp,1)=0:
                      F_ERT1(m1stLp,2)=0:
                      F_ERT1(m1stLp,3)=7:
                      F_ERT2(m1stLp,1)=0:
                      F_ERT2(m1stLp,2)=7:
                      F_ERT2(m1stLp,3)=20:
                      ERTMem1(m1stLp)=(-0.14286*ERT(m1stLp))+1:
                      ERTMem2(m1stLp)=0.14286*ERT(m1stLp):NEXT(FuzzyOpt);

FuzzyOpt   ASSIGN:    AverOptL(m1stLp)=1/OptMc(2ndLp,m1stLp):
                      AverOptM(m1stLp)=1/OptMc(2ndLp,m1stLp):
                      AverOptR(m1stLp)=1/OptMc(2ndLp,m1stLp);
Accu       ASSIGN:    SumERTL=SumERTL+((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,1))+(F_ERT2(m1stLp,1)*ERTMem2(m1stLp))):
                      SumERTM=SumERTM+((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,2))+(ERTMem2(m1stLp)*F_ERT2(m1stLp,2))):
                      SumERTR=SumERTR+((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,3))+(ERTMem2(m1stLp)*F_ERT2(m1stLp,3))):

SumAWINQL=SumAWINQL+((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,1))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,1))):

SumAWINQM=SumAWINQM+((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,2))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,2))):

SumAWINQR=SumAWINQR+((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,3))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,3))):
                      SumOpt=SumOpt+AverOptL(m1stLP):
                      m1stLp=m1stLp+1;
145$       ENDWHILE;
146$       ASSIGN:    m1stLp=1;
147$       WHILE:     m1stLp<=Choice(2ndLp);
171$       BRANCH,    1:
                      If,SumERTL==0,172$,Yes:
                      Else,173$,Yes;
```

```
172$    ASSIGN:    AverERTL(m1stLp)=0:
                   AverERTM(m1stLp)=0:
                   AverERTR(m1stLp)=0;
174$    BRANCH,    1:
                   If,SumAWINQL==0,175$,Yes:
                   Else,176$,Yes;
175$    ASSIGN:    AverAWINQL(m1stLp)=0:
                   AverAWINQM(m1stLp)=0:
                   AverAWINQR(m1stLp)=0;
194$    BRANCH,    1:
                   If,SumOpt==0,195$,Yes:
                   Else,Normalize,Yes;
195$    ASSIGN:    AverOptL(m1stLp)=0:
                   AverOptM(m1stLp)=0:
                   AverOptR(m1stLp)=0;
148$    ASSIGN:    m1stLp=m1stLp+1;
149$    ENDWHILE;
Slack   BRANCH,    1:
                   If,Slack<=0,150$,Yes:
                   If,0<Slack<280,151$,Yes:
                   Else,152$,Yes;
150$    ASSIGN:    Slack=0;
153$    BRANCH,    1:
                   If,(Slack>=0).and.(Slack<=9),0Slack6,Yes:
                   If,(Slack>9).and.(Slack<=19),6Slack12,Yes:
                   If,(Slack>19).and.(Slack<=37),12Slack16,Yes:
                   If,(Slack>37).and.(Slack<=47),16Slack24,Yes:
                   If,(Slack>47).and.(Slack<=50),24Slack32,Yes:
                   If,(Slack>50).and.(Slack<=57),32Slack38,Yes:
                   If,(Slack>57).and.(Slack<=100),38Slack100,Yes:
                   Else,183$,Yes;
0Slack6 ASSIGN:    F_Slack1(1)=0:
                   F_Slack1(2)=0:
                   F_Slack1(3)=9:
                   F_Slack2(1)=0:
                   F_Slack2(2)=9:
                   F_Slack2(3)=19:
                   SlackMem1=(-0.11111*Slack)+1:
                   SlackMem2=0.11111*Slack;
154$    ASSIGN:    WtERTL=(SlackMem1*0.1521)+(SlackMem2*0.1524):
                   WtERTM=(SlackMem1*0.1991)+(SlackMem2*0.2176):
                   WtERTR=(SlackMem1*0.2620)+(SlackMem2*0.3116):
                   WtAWINQL=(SlackMem1*0.5818)+(SlackMem2*0.5100):
                   WtAWINQM=(SlackMem1*0.7334)+(SlackMem2*0.6910):
                   WtAWINQR=(SlackMem1*0.9193)+(SlackMem2*0.9260):
                   WtOptL=(SlackMem1*0.0539)+(SlackMem2*0.0681):
                   WtOptM=(SlackMem1*0.0675)+(SlackMem2*0.0914):
                   WtOptR=(SlackMem1*0.0882)+(SlackMem2*0.1314);
158$    ASSIGN:    SumWtL=WtERTL+WtAWINQL+WtOptL:
                   SumWtM=WtERTM+WtAWINQM+WtOptM:
```

```
                SumWtR=WtERTR+WtAWINQR+WtOptR;
159$    ASSIGN:     WtERTL=WtERTL/SumWtR:
                WtERTM=WtERTM/SumWtM:
                WtERTR=WtERTR/SumWtL:
                WtAWINQL=WtAWINQL/SumWtR:
                WtAWINQM=WtAWINQM/SumWtM:
                WtAWINQR=WtAWINQR/SumWtL:
                WtOptL=WtOptL/SumWtR:
                WtOptM=WtOptM/SumWtM:
                WtOptR=WtOptR/SumWtL:
                m1stLp=1;
160$    WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
161$    ASSIGN:     ScoreL(m1StLp)=(WtERTL*AverERTL(m1stLp))+(WtAWINQL*AverAWINQL(m1stLp))+(WtOptL*AverOptL(m1stLp));
162$    ASSIGN:
ScoreM(m1StLp)=(WtERTM*AverERTM(m1stLp))+(WtAWINQM*AverAWINQM(m1stLp))+(WtOptM*AverOptM(m1stLp));
163$    ASSIGN:     ScoreR(m1StLp)=(WtERTR*AverERTR(m1stLp))+(WtAWINQR*AverAWINQR(m1stLp))+(WtOptR*AverOptR(m1stLp));
Final   ASSIGN:     Final(m1stLp)=(0.95*(ScoreM(m1stLp)-ScoreR(m1stLp)))+ScoreR(m1stLp):
                m1stLp=m1stLp+1;
164$    ENDWHILE;
decision    ASSIGN:     m1stLp=2:
                1stLp=1;
165$    WHILE:      m1stLp<=Choice(2ndLp);
assignM     BRANCH,     1:
                If,Final(1stLp)>=Final(m1stLp),166$,Yes:
                Else,167$,Yes;
166$    ASSIGN:     NextMM=MM(2ndLp,1stLp):
                m1stLp=m1stLp+1;
168$    ENDWHILE;
Final1  ASSIGN:     NextMM1=Member(DeptSet,NextMM):NEXT(AssignOpt);

167$    ASSIGN:     NextMM=MM(2ndLp,m1stLp):
                1stLp=m1stLp:
                m1stLp=m1stLp+1;NEXT(168$);

6Slack12    ASSIGN:     F_Slack1(1)=0:
                F_Slack1(2)=9:
                F_Slack1(3)=19:
                F_Slack2(1)=9:
                F_Slack2(2)=19:
                F_Slack2(3)=37:
                SlackMem1=(-0.1*Slack)+1.9:
                SlackMem2=(0.1*Slack)-0.9;
155$    ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.1524)+(SlackMem2*0.1709):
                WtERTM=(SlackMem1*0.2176)+(SlackMem2*0.2583):
                WtERTR=(SlackMem1*0.3116)+(SlackMem2*0.4012):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.5100)+(SlackMem2*0.4306):
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.6910)+(SlackMem2*0.6370):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.9260)+(SlackMem2*0.9185):
                WtOptL=(SlackMem1*0.0681)+(SlackMem2*0.0748):
                WtOptM=(SlackMem1*0.0914)+(SlackMem2*0.1047):
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                WtOptR=(SlackMem1*0.1314)+(SlackMem2*0.1592):NEXT(158$);

12Slack16   ASSIGN:     F_Slack1(1)=9:
                F_Slack1(2)=19:
                F_Slack1(3)=37:
                F_Slack2(1)=19:
                F_Slack2(2)=37:
                F_Slack2(3)=47:
                SlackMem1=(-0.05556*Slack)+2.05556:
                SlackMem2=(0.05556*Slack)-1.05556;
156$        ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.1709)+(SlackMem2*0.1897):
                WtERTM=(SlackMem1*0.2583)+(SlackMem2*0.3196):
                WtERTR=(SlackMem1*0.4012)+(SlackMem2*0.5914):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.4306)+(SlackMem2*0.3133):
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.6370)+(SlackMem2*0.5584):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.9185)+(SlackMem2*0.9188):
                WtOptL=(SlackMem1*0.0748)+(SlackMem2*0.0800):
                WtOptM=(SlackMem1*0.1047)+(SlackMem2*0.1220):
                WtOptR=(SlackMem1*0.1592)+(SlackMem2*0.2050):NEXT(158$);

16Slack24   ASSIGN:     F_Slack1(1)=19:
                F_Slack1(2)=37:
                F_Slack1(3)=47:
                F_Slack2(1)=37:
                F_Slack2(2)=47:
                F_Slack2(3)=50:
                SlackMem1=(-0.1*Slack)+4.7:
                SlackMem2=(0.1*Slack)-3.7;
157$        ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.1897)+(SlackMem2*0.2574):
                WtERTM=(SlackMem1*0.3196)+(SlackMem2*0.4):
                WtERTR=(SlackMem1*0.5914)+(SlackMem2*0.5814):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.3133)+(SlackMem2*0.2574):
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.5584)+(SlackMem2*0.4):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.9188)+(SlackMem2*0.5814):
                WtOptL=(SlackMem1*0.08)+(SlackMem2*0.1238):
                WtOptM=(SlackMem1*0.122)+(SlackMem2*0.2):
                WtOptR=(SlackMem1*0.2050)+(SlackMem2*0.4031):NEXT(158$);

24Slack32   ASSIGN:     F_Slack1(1)=37:
                F_Slack1(2)=47:
                F_Slack1(3)=50:
                F_Slack2(1)=47:
                F_Slack2(2)=50:
                F_Slack2(3)=57:
                SlackMem1=(-0.33333*Slack)+16.66667:
                SlackMem2=(0.33333*Slack)-15.66667;
220$        ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.2574)+(SlackMem2*0.2451):
                WtERTM=(SlackMem1*0.4)+(SlackMem2*0.5):
                WtERTR=(SlackMem1*0.5814)+(SlackMem2*0.8715):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.2574)+(SlackMem2*0.1699):
```

```
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.4)+(SlackMem2*0.25):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.5814)+(SlackMem2*0.4190):
                WtOptL=(SlackMem1*0.1238)+(SlackMem2*0.1699):
                WtOptM=(SlackMem1*0.2)+(SlackMem2*0.25):
                WtOptR=(SlackMem1*0.4031)+(SlackMem2*0.4190):NEXT(158$);

32Slack38   ASSIGN:     F_Slack1(1)=47:
                F_Slack1(2)=50:
                F_Slack1(3)=57:
                F_Slack2(1)=50:
                F_Slack2(2)=57:
                F_Slack2(3)=100:
                SlackMem1=(-0.14286*Slack)+8.14286:
                SlackMem2=(0.14286*Slack)-7.14286;
268$        ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.2451)+(SlackMem2*0.3865):
                WtERTM=(SlackMem1*0.5)+(SlackMem2*0.6):
                WtERTR=(SlackMem1*0.8715)+(SlackMem2*0.8850):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.1699)+(SlackMem2*0.1534):
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.25)+(SlackMem2*0.2):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.4190)+(SlackMem2*0.2788):
                WtOptL=(SlackMem1*0.1699)+(SlackMem2*0.1534):
                WtOptM=(SlackMem1*0.25)+(SlackMem2*0.2):
                WtOptR=(SlackMem1*0.4190)+(SlackMem2*0.2788):NEXT(158$);

38Slack100  ASSIGN:     F_Slack1(1)=50:
                F_Slack1(2)=57:
                F_Slack1(3)=100:
                F_Slack2(1)=57:
                F_Slack2(2)=100:
                F_Slack2(3)=100:
                SlackMem1=(-0.02326*Slack)+2.32558:
                SlackMem2=(0.02326*Slack)-1.32558;
184$        ASSIGN:     WtERTL=(SlackMem1*0.3865)+(SlackMem2*0.3991):
                WtERTM=(SlackMem1*0.6)+(SlackMem2*0.6250):
                WtERTR=(SlackMem1*0.8850)+(SlackMem2*0.9516):
                WtAWINQL=(SlackMem1*0.1534)+(SlackMem2*0.0891):
                WtAWINQM=(SlackMem1*0.2)+(SlackMem2*0.1365):
                WtAWINQR=(SlackMem1*0.2788)+(SlackMem2*0.2431):
                WtOptL=(SlackMem1*0.1534)+(SlackMem2*0.1384):
                WtOptM=(SlackMem1*0.2)+(SlackMem2*0.2385):
                WtOptR=(SlackMem1*0.2788)+(SlackMem2*0.4013):NEXT(158$);

183$        ASSIGN:     Slack=100:NEXT(38Slack100);

151$        ASSIGN:     Slack=(0.35714*Slack):NEXT(153$);

152$        ASSIGN:     Slack=100:NEXT(153$);

Normalize   ASSIGN:     AverOptL(m1stLp)=AverOptL(m1stLp)/sumOpt:
                AverOptM(m1stLp)=AverOptM(m1stLp)/SumOpt:
```

```
AverOptR(m1stLp)=AverOptR(m1stLp)/sumopt:NEXT(148$);

176$    ASSIGN:    AverAWINQL(m1stLp)=
           ((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,1))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,1)))/SumAWINQR:
           AverAWINQM(m1stLp)=
           ((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,2))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,2)))/SumAWINQM:
           AverAWINQR(m1stLp)=
           ((AWINQMem1(m1stLp)*F_AWINQ1(m1stLp,3))+(AWINQMem2(m1stLp)*F_AWINQ2(m1stLp,3)))/SumAWINQL
           :NEXT(194$);

173$    ASSIGN:    AverERTL(m1stLp)=((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,1))+(ERTMem2(m1stLp)*F_ERT2(m1stLp,1)))/SumERTR:
           AverERTM(m1stLp)=((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,2))+(ERTMem2(m1stLp)*F_ERT2(m1stLp,2)))/SumERTM:
           AverERTR(m1stLp)=((ERTMem1(m1stLp)*F_ERT1(m1stLp,3))+(ERTMem2(m1stLp)*F_ERT2(m1stLp,3)))/SumERTL
           :NEXT(174$);

7ERT20    ASSIGN:    F_ERT1(m1stLp,1)=0:
           F_ERT1(m1stLp,2)=7:
           F_ERT1(m1stLp,3)=20:
           F_ERT2(m1stLp,1)=7:
           F_ERT2(m1stLp,2)=20:
           F_ERT2(m1stLp,3)=42:
           ERTMem1(m1stLp)=(-0.07692*ERT(m1stLp))+1.53846:
           ERTMem2(m1stLp)=(0.07692*ERT(m1stLp))-0.53846:NEXT(FuzzyOpt):

20ERT42   ASSIGN:    F_ERT1(m1stLp,1)=7:
           F_ERT1(m1stLp,2)=20:
           F_ERT1(m1stLp,3)=42:
           F_ERT2(m1stLp,1)=20:
           F_ERT2(m1stLp,2)=42:
           F_ERT2(m1stLp,3)=54:
           ERTMem1(m1stLp)=(-0.04545*ERT(m1stLp))+1.90909:
           ERTMem2(m1stLp)=(0.04545*ERT(m1stLp))-0.90909:NEXT(FuzzyOpt);

42ERT54   ASSIGN:    F_ERT1(m1stLp,1)=20:
           F_ERT1(m1stLp,2)=42:
           F_ERT1(m1stLp,3)=54:
           F_ERT2(m1stLp,1)=42:
           F_ERT2(m1stLp,2)=54:
           F_ERT2(m1stLp,3)=68:
           ERTMem1(m1stLp)=(-0.08333*ERT(m1stLp))+4.5:
           ERTMem2(m1stLp)=(0.08333*ERT(m1stLp))-3.5:NEXT(FuzzyOpt);

54ERT68   ASSIGN:    F_ERT1(m1stLp,1)=42:
           F_ERT1(m1stLp,2)=54:
           F_ERT1(m1stLp,3)=68:
           F_ERT2(m1stLp,1)=54:
           F_ERT2(m1stLp,2)=68:
           F_ERT2(m1stLp,3)=75:
           ERTMem1(m1stLp)=(-0.07143*ERT(m1stLp))+4.85714:
           ERTMem2(m1stLp)=(0.07143*ERT(m1stLp))-3.85714:NEXT(FuzzyOpt);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
66ERT75   ASSIGN:   F_ERT1(m1stLp,1)=54:
                    F_ERT1(m1stLp,2)=68:
                    F_ERT1(m1stLp,3)=75:
                    F_ERT2(m1stLp,1)=68:
                    F_ERT2(m1stLp,2)=75:
                    F_ERT2(m1stLp,3)=89:
                    ERTMem1(m1stLp)=(-0.14286*ERT(m1stLp))+10.71429:
                    ERTMem2(m1stLp)=(0.14286*ERT(m1stLp))-9.71429:NEXT(FuzzyOpt);

75ERT84   ASSIGN:   F_ERT1(m1stLp,1)=68:
                    F_ERT1(m1stLp,2)=75:
                    F_ERT1(m1stLp,3)=89:
                    F_ERT2(m1stLp,1)=75:
                    F_ERT2(m1stLp,2)=89:
                    F_ERT2(m1stLp,3)=100:
                    ERTMem1(m1stLp)=(-0.07143*ERT(m1stLp))+6.35714:
                    ERTMem2(m1stLp)=(0.07143*ERT(m1stLp))-5.35714:NEXT(FuzzyOpt);

89ERT100  ASSIGN:   F_ERT1(m1stLp,1)=75:
                    F_ERT1(m1stLp,2)=89:
                    F_ERT1(m1stLp,3)=100:
                    F_ERT2(m1stLp,1)=89:
                    F_ERT2(m1stLp,2)=100:
                    F_ERT2(m1stLp,3)=100:
                    ERTMem1(m1stLp)=(-0.09091*ERT(m1stLp))+9.09091:
                    ERTMem2(m1stLp)=(0.09091*ERT(m1stLp))-8.09091:NEXT(FuzzyOpt);

169$      ASSIGN:   ERT(m1stLp)=100:NEXT(89ERT100);

2AWINQ50  ASSIGN:   F_AWINQ1(m1stLp,1)=0:
                    F_AWINQ1(m1stLp,2)=2:
                    F_AWINQ1(m1stLp,3)=50:
                    F_AWINQ2(m1stLp,1)=2:
                    F_AWINQ2(m1stLp,2)=50:
                    F_AWINQ2(m1stLp,3)=74:
                    AWINQMem1(m1stLp)=(-0.02083*AWINQ(m1stLp))+1.04167:
                    AWINQMem2(m1stLp)=(0.02083*AWINQ(m1stLp))-0.04167:NEXT(FuzzyERT1);

50AWINQ74 ASSIGN:   F_AWINQ1(m1stLp,1)=2:
                    F_AWINQ1(m1stLp,2)=50:
                    F_AWINQ1(m1stLp,3)=74:
                    F_AWINQ2(m1stLp,1)=50:
                    F_AWINQ2(m1stLp,2)=74:
                    F_AWINQ2(m1stLp,3)=82:
                    AWINQMem1(m1stLp)=(-0.04167*AWINQ(m1stLp))+3.08333:
                    AWINQMem2(m1stLp)=(0.04167*AWINQ(m1stLp))-2.08333:NEXT(FuzzyERT1);

74AWINQ82 ASSIGN:   F_AWINQ1(m1stLp,1)=50:
                    F_AWINQ1(m1stLp,2)=74:
```

```
                F_AWINQ1(m1stLp,3)=82:
                F_AWINQ2(m1stLp,1)=74:
                F_AWINQ2(m1stLp,2)=82:
                F_AWINQ2(m1stLp,3)=100:
                AWINQMem1(m1stLp)=(-0.125*AWINQ(m1stLp))+10.25:
                AWINQMem2(m1stLp)=(0.125*AWINQ(m1stLp))-9.25:NEXT(FuzzyERT1);

82AWINQ100  ASSIGN:     F_AWINQ1(m1stLp,1)=74:
                F_AWINQ1(m1stLp,2)=82:
                F_AWINQ1(m1stLp,3)=100:
                F_AWINQ2(m1stLp,1)=82:
                F_AWINQ2(m1stLp,2)=100:
                F_AWINQ2(m1stLp,3)=100:
                AWINQMem1(m1stLp)=(-0.05556*AWINQ(m1stLp))+5.55556:
                AWINQMem2(m1stLp)=(0.05556*AWINQ(m1stLp))-4.55556:NEXT(FuzzyERT1);

266$        BRANCH,     1:
                If,AWINQ(m1stLp)<0,267$,Yes:
                Else,170$,Yes;
267$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=0:NEXT(0AWINQ2);

170$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=100:NEXT(82AWINQ100);

180$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=(-2.0*AWINQ(m1stLp))+100:NEXT(FuzzyAWINQ);

181$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=0:NEXT(FuzzyAWINQ);

WINQRule    ASSIGN:     Choice(2ndLp)=Dummy:NEXT(208$);

215$        ASSIGN:     Choice(2ndLp)=m1stLp-1:
                m1stLp=Dummy+1:NEXT(217$);

241$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=(-2*AWINQ(m1stLp))+100:NEXT(237$);

242$        ASSIGN:     AWINQ(m1stLp)=0:NEXT(237$);

198$        ASSIGN:     m1stLp=m1stLp+1:NEXT(201$);

224$        ASSIGN:     MM(2ndLp,m1stLp)=0:
                OptMc(2ndLp,m1stLp)=0:
                AWINQ(m1stLp)=0:
                ForDel=m1stLp;
225$        WHILE:      Fordel<Choice(2ndLp);
226$        ASSIGN:     MM(2ndLp,ForDel)=MM(2ndLp,ForDel+1):
                OptMc(2ndLp,ForDel)=OptMc(2ndLp,ForDel+1):
                AWINQ(ForDel)=AWINQ(ForDel+1):
                ForDel=ForDel+1;
227$        ENDWHILE;
228$        ASSIGN:     Choice(2ndLp)=Choice(2ndLp)-1:NEXT(229$);
```

```
75$       BRANCH,    1:
                If,nr(befqset(k+11))<5,28$,Yes:
                Else,29$,Yes;
29$       ASSIGN:    N=2:NEXT(30$);

111$      ASSIGN:    MulOptMc(1StLp,m1StLp)=
                Disc(0.067,1,0.133,2,0.2,3,0.267,4,0.333,5,0.4,6,0.467,7,0.533,8,0.6,9,0.667,10,0.733,11,0.8,12,0.867,13,0.933,14,1,15):
                OptMc(1StLp,m1StLp)=(((MulOptMc(1stLp,m1StLp))*0.01)*Opt(1StLp))+Opt(1StLp):NEXT(115$);


2$        STATION,   DeptSet;
AlmostFin BRANCH,    1:
                If,NextMM1<>Dept12,A1,Yes:
                Else,13$,Yes;
A1        ASSIGN:    SetIndex=MemIdx(DeptSet,NextMM1);
11$       BRANCH,    1:
                If,NR(BefQSet(SetIndex))<>5,Z1,Yes:
                Else,Z2,Yes;
Z1        DELAY:     0;
3$        BRANCH,    1:
                If,

nq(12).or.nq(13).or.nq(14).or.nq(15).or.nq(16).or.nq(17).or.nq(18).or.nq(19).or.nq(20).or.nq(21).or.nq(22).or.nq(23).or.nq(Q)>0,
                FreeAgv,Yes:
                Else,Sendstage,Yes;
FreeAgv   FREE:      AsAgv:NEXT(WorkQue);

Sendstage BRANCH,    2:
                Always,SendBack,Yes:
                Always,WorkQue,Yes;
SendBack  MOVE:      AsAgv,Staging;
FreeAGV2  FREE:      AsAgv:NEXT(Disp);

Z2        BRANCH,    1:
                If,NR(BefQSet(SetIndex+11))==5,61$,Yes:
                Else,15$,Yes;
61$       BRANCH,    1:
                If,NQ(SetIndex+11)==5,76$,Yes:
                Else,15$,Yes;
76$       BRANCH,    1:
                If,aque(queueset(setIndex+11),1,41)<50,15$,Yes:
                Else,16$,Yes;
15$       ASSIGN:    Remember=M:
                Minus=15-M;
Tran2     TRANSPORT: AsAgv,Buffer;

16$       ASSIGN:    lock(setIndex)=1:
                A(41,entatrank(1,queueset(setIndex+11)))=H+1;
                H=H+1:
                Y=Y-1:
```

```
                k2=1;
                Lo=Lock(1)+Lock(2)+Lock(3)+Lock(4)+Lock(5)+Lock(6)+Lock(7)+Lock(8)+Lock(9)+Lock(10)+Lock(11);
62$     WHILE:      K2<=11;
77$     BRANCH,     1:
                If,lock(k2)==0,63$,Yes:
                Else,78$,Yes;
63$     ASSIGN:     N2=1;
65$     WHILE:      N2<=NQ(k2+11);
66$     ASSIGN:     A(41,entatrank(n2,queueset(k2+11)))=A(41,entatrank(n2,queueset(k2+11)))-1:
                N2=N2+1;
67$     ENDWHILE;
68$     ASSIGN:     K2=K2+1;
69$     ENDWHILE;
70$     ASSIGN:     N2=1;
71$     WHILE:      N2<=nq(agvque);
72$     ASSIGN:     A(41,entatrank(n2,agvque))=A(41,entatrank(n2,agvque))-1:
                N2=N2+1;
73$     ENDWHILE:NEXT(15$);

78$     BRANCH,     1:
                If,nr(befqset(k2+11))<5,64$,Yes:
                Else,63$,Yes;
64$     ASSIGN:     N2=2:NEXT(65$);

13$     DELAY:      0;
tal     TALLY:      Flowtime,INT(Timein),1;
85$     ASSIGN:     Lateness=Tnow-DueDate;
86$     BRANCH,     1:
                If,TNOW>DueDate,87$,Yes:
                Else,88$,Yes;
87$     ASSIGN:     Tardiness=TNOW-DueDate:
                TardyJob=TardyJob+1;
129$    TALLY:      Tardy,Tardiness,1;
130$    TALLY:      Late,Lateness,1;
14$     BRANCH,     1:
                If,

NQ(12).or.NQ(13).or.NQ(14).or.NQ(15).or.NQ(16).or.NQ(17).or.NQ(18).or.NQ(19).or.NQ(20).or.NQ(21).or.NQ(22).or.NQ(23).or.NQ(Q)>0,
                94$,Yes:
                Else,95$,Yes;
94$     FREE:       AsAgv:NEXT(Delete);

Delete  ASSIGN:     Del=1;
96$     WHILE:      Del<=6;
97$     ASSIGN:     Del1=1:
                ToTalOpt=0:
                Time=0:
                Slack=0:
                Optnum=0:
                Timein=0;
```

```
98$     WHILE:      Del1<=4;
99$     ASSIGN:     MM(Del,Del1)=0:
                    OptMc(Del,Del1)=0:
                    MulOptMc(Del,Del1)=0:
                    Del1=Del1+1;
100$    ENDWHILE;
101$    ASSIGN:     AvgWait(Del)=0:
                    AvgOptMc(Del)=0:
                    Choice(Del)=0:
                    Opt(Del)=0:
                    Del=Del+1;
                    Remain=0:
                    RemainWait=0;
102$    ENDWHILE;
125$    ASSIGN:     2ndlp=1;
124$    WHILE:      2ndLp<=6;
116$    ASSIGN:     SumERTL=0:
                    SumERTM=0:
                    SumERTR=0:
                    SumAWINQL=0:
                    SumAWINQM=0:
                    SumAWINQR=0:
                    WtERTL=0:
                    WtERTM=0:
                    WtERTR=0:
                    WtAWINQL=0:
                    WtAWINQM=0:
                    WtAWINQR=0:
                    WtOptL=0:
                    WtOptM=0:
                    WtOptR=0:
                    SumWtL=0:
                    SumWtM=0:
                    SumWtR=0:
                    SlackMem1=0:
                    SlackMem2=0:
                    SumOpt=0:
                    SumInverse=0:
                    1stLp=1;
117$    WHILE:      1stLp<=Choice(2ndLp);
118$    ASSIGN:     ERT(1stLp)=0:
                    AWINQ(1stLp)=0:
                    AverOptL(1stLp)=0:
                    AverOptM(1stLp)=0:
                    AverOptR(1stLp)=0:
                    AverERTL(1stLp)=0:
                    AverERTM(1stLp)=0:
                    AverERTR(1stLp)=0:
                    AverAWINQL(1stLp)=0:
                    AverAWINQM(1stLp)=0:
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
                AverAWINQR(1stLp)=0:
                ScoreL(m1stLp)=0:
                ScoreM(m1stLp)=0:
                ScoreR(m1stLp)=0:
                Final(m1stLp)=0:
                ERTMem1(1stLp)=0:
                ERTMem2(1stLp)=0:
                AWINQMem1(1stLp)=0:
                AWINQ(1stLp)=0:
                AWINQMem2(1stLp)=0:
                Inverse(1stLp)=0:
                m1stLp=1;
119$    WHILE:      m1stLp<=3;
120$    ASSIGN:     F_ERT1(1stLp,m1stLp)=0:
                F_ERT2(1stLp,m1stLp)=0:
                F_AWINQ1(1stLp,m1stLp)=0:
                F_AWINQ2(1stLp,m1stLp)=0:
                F_Slack1(m1stLp)=0:
                F_Slack2(m1stLp)=0:
                m1stLp=m1stLp+1;
121$    ENDWHILE;
122$    ASSIGN:     1stLp=1stLp+1;
123$    ENDWHILE;
126$    ASSIGN:     2ndlp=2ndlp+1;
127$    ENDWHILE:NEXT(Again);

95$     BRANCH,     2:
                Always,Delete,Yes:
                Always,SendBack,Yes;
88$     ASSIGN:     Tardiness=0:
                NonTardy=Nontardy+1:NEXT(129$);


Buffer  STATION,    Buffer;
12$     BRANCH,     1:
                If,

NQ(12).or.NQ(13).or.NQ(14).or.NQ(15).or.NQ(16).or.NQ(17).or.NQ(18).or.NQ(19).or.NQ(20).or.NQ(21).or.NQ(22).or.NQ(23).or.NQ(Q)>0,
                FreeAGV3,Yes:
                Else,93$,Yes;
FreeAGV3    FREE:       AsAgv;
10$     QUEUE,      BufferQ:DETACH;
93$     BRANCH,     2:
                Always,10$,Yes:
                Always,SendBack,Yes;

131$    CREATE,     11,0;
136$    ASSIGN:     B0=B0+1;
132$    ASSIGN:     Insindex=B0:
                M=Insindex:
```

```
                TTF(InsIndex)=Expo(500):
                Fail(InsIndex)=0:
                DownTime(InsIndex)=Tnow+TTF(InsIndex);
133$    DELAY:      TTF(InsIndex);
134$    QUEUE,      PreEmptQSet(InsIndex);
S1      PREEMPT,    1:MachineSet(InsIndex);
135$    ASSIGN:     TTR(InsIndex)=expo(200):
                UpTime(InsIndex)=Tnow+TTR(InsIndex):
                Fail(insIndex)=1;
139$    ASSIGN:     Bus(1)=nr(mc1)-fail(mc1):
                Bus(2)=nr(mc2)-fail(mc2):
                Bus(3)=nr(mc3)-fail(mc3):
                Bus(4)=nr(mc4)-fail(mc4):
                Bus(5)=nr(mc5)-fail(mc5):
                Bus(6)=nr(mc6)-fail(mc6):
                Bus(7)=nr(mc7)-fail(mc7):
                Bus(8)=nr(mc8)-fail(mc8):
                Bus(9)=nr(mc9)-fail(mc9):
                Bus(10)=nr(mc10)-fail(mc10):
                Bus(11)=nr(mc11)-fail(mc11);
269$    TALLY:      FailQue1,nq(InsIndex),1;
StartFail DELAY:    TTR(InsIndex);
270$    TALLY:      FailQue2,nq(InsIndex),1;
FreeMC1   RELEASE:  MachineSet(InsIndex),1;
137$    ASSIGN:     TTF(InsIndex)=Expo(500):
                Fail(InsIndex)=0:
                DownTime(InsIndex)=Tnow+TTF(InsIndex);
140$    ASSIGN:     Bus(1)=nr(mc1)-fail(mc1):
                Bus(2)=nr(mc2)-fail(mc2):
                Bus(3)=nr(mc3)-fail(mc3):
                Bus(4)=nr(mc4)-fail(mc4):
                Bus(5)=nr(mc5)-fail(mc5):
                Bus(6)=nr(mc6)-fail(mc6):
                Bus(7)=nr(mc7)-fail(mc7):
                Bus(8)=nr(mc8)-fail(mc8):
                Bus(9)=nr(mc9)-fail(mc9):
                Bus(10)=nr(mc10)-fail(mc10):
                Bus(11)=nr(mc11)-fail(mc11);
138$    DELAY:      TTF(InsIndex):NEXT(134$);
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Experimental frame

PROJECT, 70WINQ100%,Pattita,30/11/97,Yes;

ATTRIBUTES: 1,TimeIn:
2,OptNum:
3,1stLp:
4,Opt(6):
10,MM(6,4):
34,2ndLp:
35,NextMM:
36,NextMM1:
37,SetIndex:
38,C:
39,Remember:
40,Minus:
41,Z:
42,Choice(6):
48,m1StLp:
49,3rdLp:
50,TotalOpt:
51,DueDate:
52,3rdC:
SumInverse:
SumAWINQL:
AWINQMem2(6):
ScoreR(6):
SumAWINQM:
Final(6):
WtERTL:
F_Slack1(3):
AverOptL(6):
AVGWait(6):
ForDel:
WtAWINQR:
WtERTM:
F_Slack2(3):
AverOptM(6):
AverERTR(6):
F_ERT1(6,3):
ERT(6):
AWINQ(4):
Dummy:
EndP:
SumERTL:
SumWtL:
AverAWINQR(6):
F_ERT2(6,3):
InsIndex:
SlackMem1:

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
SumERTM:
SumWtM:
OptMc(6,4):
Tardiness:
StackMem2:
SumAWINQR:
Inverse(6):
WtOptL:
Lateness:
SumOpt:
WtOptM:
WtERTR:
AverOptR(6):
SumERTR:
SumWtR:
ScoreL(6):
F_AWINQ1(6,3):
ScoreM(6):
Slack:
F_AWINQ2(6,3):
WtOptR:
ERTMem1(6):
WtAWINQL:
Remain:
AverERTL(6):
MulOptMc(6,4):
Time:
ERTMem2(6):
WtAWINQM:
AverAWINQL(6):
AverERTM(6):
AvgOptMc(6):
RemainWait:
AWINQMem1(6):
AverAWINQM(6);

VARIABLES:  1,80,0:
            2,TTF(11):
            13,TTR(11):
            24,Fail(11),0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0:
            Beg(11):
            CC,0:
            W(11),13.64535,14.14302,11.55975,14.87831,13.7022,14.49055,12.51288,13.46994,13.49196,13.78303,13.06531:
            Lo,0:
            WI:
            TimeOut(11):
            TardyJob:
            Y,50:
            H,1:
            Bf:
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```
        dl:
        N1:
        I:
        Fuzzy,0:
        Prob:
        dist(1..4):
        N2:
        WINQ(11):
        Del:
        K:
        Del1:
        K1:
        Percent:
        K2,1:
        UpTime(11):
        N:
        ExpectRepair(11):
        ExpectFail(11):
        Lock(11):
        NonTardy:
        Bus(11):
        DownTime(11):
        B;

QUEUES:  1,Q1,FirstInFirstOut:
         2,Q2,FirstInFirstOut:
         3,Q3,FirstInFirstOut:
         4,Q4,FirstInFirstOut:
         5,Q5,FirstInFirstOut:
         6,Q6,FirstInFirstOut:
         7,Q7,FirstInFirstOut:
         8,Q8,FirstInFirstOut:
         9,Q9,FirstInFirstOut:
         10,Q10,FirstInFirstOut:
         11,Q11,FirstInFirstOut:
         12,Q12,FirstInFirstOut:
         13,Q13,FirstInFirstOut:
         14,Q14,FirstInFirstOut:
         15,Q15,FirstInFirstOut:
         16,Q16,FirstInFirstOut:
         17,Q17,FirstInFirstOut:
         18,Q18,FirstInFirstOut:
         19,Q19,FirstInFirstOut:
         20,Q20,FirstInFirstOut:
         21,Q21,FirstInFirstOut:
         22,Q22,FirstInFirstOut:
         23,AGVQue,FirstInFirstOut:
         24,BufferQ,FirstInFirstOut:
         25,Q,FirstInFirstOut:
         26,Fake11,FirstInFirstOut:
```

27,Fake12,FirstInFirstOut:
28,Fake13,FirstInFirstOut:
29,Fake14,FirstInFirstOut:
30,Fake15,FirstInFirstOut:
31,Fake16,FirstInFirstOut:
32,Fake17,FirstInFirstOut:
33,Fake18,FirstInFirstOut:
34,Fake19,FirstInFirstOut:
35,Fake110,FirstInFirstOut:
36,Fake111,FirstInFirstOut:
37,Fake21,FirstInFirstOut:
38,Fake22,FirstInFirstOut:
39,Fake23,FirstInFirstOut:
40,Fake24,FirstInFirstOut:
41,Fake25,FirstInFirstOut:
42,Fake26,FirstInFirstOut:
43,Fake27,FirstInFirstOut:
44,Fake28,FirstInFirstOut:
45,Fake29,FirstInFirstOut:
46,Fake210,FirstInFirstOut:
47,Fake211,FirstInFirstOut;

RESOURCES: 1,MC1,Capacity(1,):
2,MC2,Capacity(1,):
3,MC3,Capacity(1,):
4,MC4,Capacity(1,):
5,MC5,Capacity(1,):
6,MC6,Capacity(1,):
7,MC7,Capacity(1,):
8,MC8,Capacity(1,):
9,MC9,Capacity(1,):
10,MC10,Capacity(1,):
11,MC11,Capacity(1,):
12,BefQ1,Capacity(5,):
13,BefQ2,Capacity(5,):
14,BefQ3,Capacity(5,):
15,BefQ4,Capacity(5,):
16,BefQ5,Capacity(5,):
17,BefQ6,Capacity(5,):
18,BefQ7,Capacity(5,):
19,BefQ8,Capacity(5,):
20,BefQ9,Capacity(5,):
21,BefQ10,Capacity(5,):
22,BefQ11,Capacity(5,):
23,BefQ12,Capacity(5,):
24,BefQ13,Capacity(5,):
25,BefQ14,Capacity(5,):
26,BefQ15,Capacity(5,):
27,BefQ16,Capacity(5,):
28,BefQ17,Capacity(5,):

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

29,BefQ18,Capacity(5,):

30,BefQ19,Capacity(5,):

31,BefQ20,Capacity(5,):

32,BefQ21,Capacity(5,):

33,BefQ22,Capacity(5,);

STATIONS: 1,Dept1:

2,Dept2:

3,Dept3:

4,Dept4:

5,Dept5:

6,Dept6:

7,Dept7:

8,Dept8:

9,Dept9:

10,Dept10:

11,Dept11:

12,Dept12:

13,ENTER:

14,Staging:

15,Buffer;

DISTANCES: AgvPath,Dept1-Dept1-0,Dept1-Dept2-53,Dept1-Dept3-123,Dept1-Dept4-87,Dept1-Dept5-242,Dept1-Dept6-173,Dept1-Dept7-156,Dept1-Dept8-100,Dept1-Dept9-146,Dept1-Dept10-120,Dept1-Dept11-105,Dept1-Dept12-135,Dept1-ENTER-21,Dept1-Staging-245,Dept1-Buffer-76,Dept2-Dept1-191,Dept2-Dept2-0,Dept2-Dept3-94,Dept2-Dept4-34,Dept2-Dept5-189,Dept2-Dept6-120,Dept2-Dept7-103,Dept2-Dept8-47,Dept2-Dept9-93,Dept2-Dept10-67,Dept2-Dept11-62,Dept2-Dept12-82,Dept2-ENTER-212,Dept2-Staging-192,Dept2-Buffer-23,Dept3-Dept1-221,Dept3-Dept2-274,Dept3-Dept3-0,Dept3-Dept4-306,Dept3-Dept5-219,Dept3-Dept6-150,Dept3-Dept7-133,Dept3-Dept8-199,Dept3-Dept9-123,Dept3-Dept10-97,Dept3-Dept11-22,Dept3-Dept12-52,Dept3-ENTER-242,Dept3-Staging-222,Dept3-Buffer-297,Dept4-Dept1-157,Dept4-Dept2-210,Dept4-Dept3-280,Dept4-Dept4-0,Dept4-Dept5-155,Dept4-Dept6-86,Dept4-Dept7-69,Dept4-Dept8-13,Dept4-Dept9-59,Dept4-Dept10-33,Dept4-Dept11-262,Dept4-Dept12-292,Dept4-ENTER-178,Dept4-Staging-158,Dept4-Buffer-233,Dept5-Dept1-140,Dept5-Dept2-193,Dept5-Dept3-263,Dept5-Dept4-227,Dept5-Dept5-0,Dept5-Dept6-69,Dept5-Dept7-52,Dept5-Dept8-54,Dept5-Dept9-42,Dept5-Dept10-74,Dept5-Dept11-245,Dept5-Dept12-275,Dept5-ENTER-161,Dept5-Staging-141,Dept5-Buffer-216,Dept6-Dept1-71,Dept6-Dept2-124,Dept6-Dept3-194,Dept6-Dept4-156,Dept6-Dept5-69,Dept6-Dept6-0,Dept6-Dept7-81,Dept6-Dept8-83,Dept6-Dept9-71,Dept6-Dept10-103,Dept6-Dept11-176,Dept6-Dept12-206,Dept6-ENTER-92,Dept6-Staging-72,Dept6-Buffer-147,Dept7-Dept1-152,Dept7-Dept2-205,Dept7-Dept3-275,Dept7-Dept4-239,Dept7-Dept5-150,Dept7-Dept6-81,Dept7-Dept7-0,Dept7-Dept8-66,Dept7-Dept9-64,Dept7-Dept10-86,Dept7-Dept11-257,Dept7-Dept12-287,Dept7-ENTER-173,Dept7-Staging-153,Dept7-Buffer-248,Dept8-Dept1-144,Dept8-Dept2-197,Dept8-Dept3-267,Dept8-Dept4-231,Dept8-Dept5-142,Dept8-Dept6-73,Dept8-Dept7-56,Dept8-Dept8-0,Dept8-Dept9-46,Dept8-Dept10-20,Dept8-Dept11-249,Dept8-Dept12-279,Dept8-ENTER-165,Dept8-Staging-145,Dept8-Buffer-220,Dept9-Dept1-98,Dept9-Dept2-151,Dept9-Dept3-221,Dept9-Dept4-185,Dept9-Dept5-96,Dept9-Dept6-27,Dept9-Dept7-10,Dept9-Dept8-76,Dept9-Dept9-0,Dept9-Dept10-113,Dept9-Dept11-203,Dept9-Dept12-233,Dept9-ENTER-119,Dept9-Staging-94,Dept9-Buffer-174,Dept10-Dept1-124,Dept10-Dept2-177,Dept10-Dept3-247,Dept10-Dept4-211,Dept10-Dept5-122,Dept10-Dept6-53,Dept10-Dept7-36,Dept10-Dept8-102,Dept10-Dept9-26,Dept10-Dept10-0,Dept10-Dept11-229,Dept10-Dept12-259,Dept10-ENTER-145,Dept10-Staging-120,Dept10-Buffer-200,Dept11-Dept1-199,Dept11-Dept2-252,Dept11-Dept3-322,Dept11-Dept4-286,Dept11-Dept5-197,Dept11-Dept6-128,Dept11-Dept7-111,Dept11-Dept8-177,Dept11-Dept9-101,Dept11-Dept10-75,Dept11-Dept11-0,Dept11-Dept12-30,Dept11-ENTER-220,Dept11-Staging-200,Dept11-Buffer-275,Dept12-Dept1-169,Dept12-Dept2-222,Dept12-Dept3-292,Dept12-Dept4-256,Dept12-Dept5-167,Dept12-Dept6-98,Dept12-Dept7-81,Dept12-Dept8-147,Dept12-Dept9-71,Dept12-Dept10-45,Dept12-Dept11-274,Dept12-Dept12-0,Dept12-ENTER-190,Dept12-Staging-165,Dept12-Buffer-245,ENTER-Dept1-223,ENTER-Dept2-32,ENTER-Dept3-102,ENTER-Dept4-66,ENTER-Dept5-221,ENTER-Dept6-152,ENTER-Dept7-135,ENTER-Dept8-79,ENTER-Dept9-125,ENTER-Dept10-99,ENTER-Dept11-124,ENTER-Dept12-154,ENTER-

```
        ENTER-0,ENTER-Staging-224,ENTER-Buffer-55,Staging-Dept1-245,Staging-Dept2-54,Staging-Dept3-124,Staging-Dept4-88,
        Staging-Dept5-243,Staging-Dept6-174,Staging-Dept7-157,Staging-Dept8-101,Staging-Dept9-147,Staging-Dept10-121,
        Staging-Dept11-106,Staging-Dept12-136,Staging-ENTER-22,Staging-Staging-0,Staging-Buffer-77,Buffer-Dept1-170,
        Buffer-Dept2-223,Buffer-Dept3-293,Buffer-Dept4-13,Buffer-Dept5-168,Buffer-Dept6-99,Buffer-Dept7-82,Buffer-Dept8-
        26,Buffer-Dept9-72,Buffer-Dept10-46,Buffer-Dept11-275,Buffer-Dept12-305,Buffer-ENTER-191,Buffer-Staging-171,
        Buffer-Buffer-0;

TRANSPORTERS: 1,AsAgv,2,Distance(AGVPath),700---,Station(Staging)-Active;

TALLIES:    FailQue2:
        Tardy:
        Flowtime:
        Late:
        FailQue1;

DSTATS:     1,Tardyjob:
        2,(Bus(1)+Bus(2)+Bus(3)+Bus(4)+Bus(5)+Bus(6)+Bus(7)+Bus(8)+Bus(9)+Bus(10)+Bus(11))/11,Util_after_Fail:
        3,(Fail(1)+Fail(2)+Fail(3)+Fail(4)+Fail(5)+Fail(6)+Fail(7)+Fail(8)+Fail(9)+Fail(10)+Fail(11))/11,AvgFail:
        Nq(BufferQ);

REPLICATE,   50,0,15000,No,Yes,40000;

SETS:       1,PreEmptQSet,Fake11,Fake12,Fake13,Fake14,Fake15,Fake16,Fake17,Fake18,Fake19,Fake110,Fake111:
        2,DeptSet,Dept1,Dept2,Dept3,Dept4,Dept5,Dept6,Dept7,Dept8,Dept9,Dept10,Dept11,Dept12:
        3,QueueSet,Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8,Q9,Q10,Q11,Q12,Q13,Q14,Q15,Q16,Q17,Q18,Q19,Q20,Q21,Q22:
        4,MachineSet,MC1,MC2,MC3,MC4,MC5,MC6,MC7,MC8,MC9,MC10,MC11:
        5,BefQSet,BefQ1..BefQ22;
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
ผลการวิเคราะห์ปัจจัยความซับซ้อนของระบบ โหลดงานในระบบ และกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน ด้วย ANOVA

ในภาคผนวกนี้ จะแสดงผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักความซับซ้อนของระบบ ปัจจัยหลักโหลดงานในระบบและปัจจัยหลักกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน รวมทั้งปัจจัยร่วมด้วย ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบในด้าน Mean flow time Mean tardiness Mean lateness Proportion of tardy jobs และ System utilization

รูปที่ 5.10 แสดงการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่ใช้ในการทดสอบผลของกฎการจัดเส้นทางเดินของงานที่สภาวะความซับซ้อนและโหลดงานในระบบต่างๆ

ปัจจัยหลักความซับซ้อนของระบบมี 2 ระดับคือความซับซ้อนของระบบต่ำและความซับซ้อนของระบบสูง

ปัจจัยหลักโหลดงานในระบบมี 2 ระดับคือโหลดงานในระบบน้อยและโหลดงานในระบบมาก

ปัจจัยหลักกฎการจัดเส้นทางเดินของงานมี 7 ระดับคือ FuzzyAHP-WINQ FuzzyAHP-NF FuzzyAHP WINQ NINQ SPT และ RAN

กำหนดให้

y_{ijkl} คือประสิทธิภาพของระบบที่ระดับความซับซ้อนของระบบ i โหลดงานในระบบ j กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน k และครั้งการทำซ้ำที่ l

μ คือ ผลของค่าเฉลี่ยทั้งหมด (overall mean effect)

ι_i คือ ผลของปัจจัยความซับซ้อนของระบบระดับที่ i

a คือ ระดับของปัจจัยความซับซ้อนของระบบ (a=2)

β_j คือ ผลของปัจจัยโหลดงานในระบบระดับที่ j

b คือ ระดับของปัจจัยโหลดงานในระบบ (b=2)

γ_k คือ ผลของปัจจัยกฎการจัดเส้นทางเดินของงานระดับที่ k

k คือ ระดับของปัจจัยกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน (k=7)

l คือครั้งที่ของการทำซ้ำ

n คือจำนวนครั้งของการทำซ้ำ (n=10)

ε_{ijkl} คือส่วนประกอบของความผิดพลาดอย่างสุ่ม (Random error component)

ภายใต้การทดลองแบบแฟคทอเรียลแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomised design) สามารถเขียนสมการเส้นตรงเชิงสถิติ (Linear statistical model) ได้ดังนี้ (Montgomery,1997)

$$y_{ijkl} = \mu + \iota_i + \beta_j + \gamma_k + (\iota\beta)_{ij} + (\iota\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\iota\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \qquad ข.1)$$

ดังนั้นสำหรับประสิทธิภาพของระบบแต่ละด้าน สมมติฐานหลัก (H0) ของการทดลองคือ

H0: $\iota_1 = \iota_2 = 0$

$\beta_1 = \beta_2 = 0$

$\gamma_1 = \gamma_2 = \gamma_3 = \gamma_4 = \gamma_5 = \gamma_6 = \gamma_7 = 0$

$(\iota\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุก i และ j

$(\iota\gamma)_{ik} = 0$ สำหรับทุก i และ k

$(\beta\gamma)_{jk} = 0$ สำหรับทุก i และ k

$(\iota\beta\gamma)_{ijk} = 0$ สำหรับทุก i j และ k

สมมติฐานรองของการทดลอง (H1) คือ

H1: อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ ι_i ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ β_j ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ γ_k ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ $(\iota\beta)_{ij}$ ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ $(\iota\gamma)_{ik}$ ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ $(\beta\gamma)_{jk}$ ที่ไม่เท่ากับ 0

อย่างน้อยมีหนึ่งค่าของ $(\iota\beta\gamma)_{ijk}$ ที่ไม่เท่ากับ 0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.1 Mean flow time

ตารางที่ ช.1 ผล ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบด้าน Mean flow time เมื่อ α = 5%

ปัจจัย	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-Ratio	Sig.
ความซับซ้อนของระบบ	4770981	1	4770981	9527.602	0.000
โหลดงานในระบบ	2757725	1	2757725	5507.149	0.000
กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	1881746	6	313624.3	626.305	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ	383944.7	1	383944.7	766.734	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	420446.5	6	70074.42	139.938	0.000
โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	70566.84	6	11761.14	23.487	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	21713.10	6	3618.851	7.227	0.000
Error	126189.9	252	500.754		

หมายเหตุ: MSE ในที่นี้ใช้เป็น MSE ในการทำ Duncan's multiple range test

ช.2 Mean tardiness

ตารางที่ ช.2 ผล ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบด้าน Mean tardiness เมื่อ α = 5%

ปัจจัย	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-Ratio	Sig.
ความซับซ้อนของระบบ	679188.3	1	679188.3	1553.385	0.000
โหลดงานในระบบ	161453.5	1	161453.5	369.263	0.000
กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	1148163	6	191360.4	437.664	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ	13806.36	1	13806.36	31.577	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	264119.9	6	44019.98	100.679	0.000
โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	23487.33	6	3914.555	8.953	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	11133.45	6	1855.575	4.244	0.000
Error	110182.2	252	437.231		

หมายเหตุ: MSE ในที่นี้ใช้เป็น MSE ในการทำ Duncan's multiple range test

ช.3 Mean lateness

ตารางที่ ช.3 ผล ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบด้าน Mean lateness เมื่อ α = 5%

ปัจจัย	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-Ratio	Sig.
ความซับซ้อนของระบบ	379001.5	1	379001.5	738.385	0.000
โหลดงานในระบบ	5289.446	1	5289.446	10.305	0.001
กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	1904312	6	317385.3	618.342	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ	8013.565	1	8013.565	15.612	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	419934.2	6	69989.03	136.355	0.000
โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	66981.61	6	11163.60	21.749	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	18412.38	6	3068.731	5.979	0.000
Error	129347.7	252	513.285		

หมายเหตุ: MSE ในที่นี้ใช้เป็น MSE ในการทำ Duncan's multiple range test

ช.4 Proportion of tardy jobs

ตารางที่ ช.4 ผล ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบด้าน Mean proportion of tardy jobs เมื่อ α = 5%

ปัจจัย	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-Ratio	Sig.
ความซับซ้อนของระบบ	7188.756	1	7188.756	1552.821	0.000
โหลดงานในระบบ	1273.273	1	1273.273	275.036	0.000
กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	40808.02	6	6801.337	1469.136	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ	29.374	1	29.374	6.345	0.012
ความซับซ้อนของระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	3976.126	6	662.688	143.145	0.000
โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	1397.936	6	232.989	50.327	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	1578.312	6	263.052	56.821	0.000
Error	1166.629	252	4.629		

หมายเหตุ: MSE ในที่นี้ใช้เป็น MSE ในการทำ Duncan's multiple range test

ช.5 System utilization

ตารางที่ ช.5 ผล ANOVA ของประสิทธิภาพของระบบด้าน System utilization เมื่อ α = 5%

ปัจจัย	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F-Ratio	Sig.
ความซับซ้อนของระบบ	4.091	1	4.091	0.405	0.525
โหลดงานในระบบ	10432.94	1	10432.94	1033.527	0.000
กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	49889.99	6	8314.999	823.715	0.000
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ	46.152	1	46.152	4.572	0.033
ความซับซ้อนของระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	160.811	6	26.802	2.655	0.016
โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	245.998	6	41.000	4.062	0.001
ความซับซ้อนของระบบ-โหลดงานในระบบ-กฎการจัดเส้นทางเดินของงาน	182.868	6	30.478	3.019	0.007
Error	2543.815	252	10.095		

หมายเหตุ: MSE ในที่นี้ใช้เป็น MSE ในการทำ Duncan's multiple range test

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ช
ข้อมูลดิบ

ภาคผนวกนี้จะแสดงข้อมูลดิบของการทดลองเปรียบเทียบกฎการจัดเส้นทางเดินของงาน FuzzyAHP-WINQ FuzzyAHP-NF FuzzyAHP WINQ NINQ SPT และ RAN ที่สภาวะความขับข้อนของระบบและโหลดงานในระบบต่างๆ อันประกอบด้วยข้อมูลของ Mean flow time Mean tardiness Mean lateness Proportion of tardy jobs System utilization เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด และ จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ช.1 Mean flow time

ตารางที่ ช.1 Mean flow time ที่สภาวะความขับข้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	94.00	69.95	74.24	75.55	74.14	76.48	73.84	74.61	74.05	75.33	76.22
FuzzyAHP-NF	86.17	103.95	85.40	93.08	94.57	83.26	87.14	86.66	94.99	104.32	91.95
FuzzyAHP	152.24	149.08	159.60	125.48	165.14	131.84	126.55	140.47	168.73	133.45	145.26
WINQ	82.95	80.95	74.17	81.15	70.36	81.97	75.13	82.80	80.14	81.93	79.16
NINQ	70.51	81.24	80.80	66.88	80.31	84.26	65.92	86.99	82.73	74.91	77.46
SPT	133.86	157.09	123.62	122.62	176.14	172.28	119.27	134.75	139.68	141.84	142.12
RAN	148.56	161.72	160.84	152.90	166.87	163.69	177.04	166.49	121.54	163.03	158.27

ตารางที่ ช.2 Mean flow time ที่สภาวะความขับข้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	189.36	195.14	178.48	179.79	185.79	176.06	173.67	197.05	174.16	178.44	182.79
FuzzyAHP-NF	195.07	197.23	193.48	202.38	202.18	203.16	199.49	211.89	202.66	191.91	199.95
FuzzyAHP	260.26	332.37	348.82	266.30	337.14	268.54	302.66	309.47	310.98	314.94	305.15
WINQ	192.01	181.97	197.34	178.69	193.50	169.30	204.86	165.59	179.79	200.61	186.37
NINQ	181.75	190.58	206.53	194.19	179.07	179.41	190.47	179.71	182.08	168.79	185.26
SPT	268.56	330.82	288.04	302.24	263.81	267.07	259.46	278.04	288.66	227.74	277.44
RAN	307.83	288.82	335.40	274.29	300.33	304.55	267.29	357.04	356.42	252.38	304.44

ตารางที่ ช.3 Mean flow time ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	177.97	176.96	190.84	194.10	186.65	192.65	180.81	202.84	179.89	198.76	188.15
FuzzyAHP-NF	228.20	229.07	227.84	231.59	223.30	223.01	220.31	227.44	221.72	223.72	225.62
FuzzyAHP	355.05	349.61	378.64	380.26	381.62	335.03	382.70	372.86	400.16	413.93	374.99
WINQ	205.73	210.35	205.49	201.66	210.63	201.42	197.62	191.46	213.79	199.27	203.74
NINQ	204.24	195.48	189.08	209.39	202.27	202.23	212.11	213.16	189.32	186.46	200.37
SPT	494.57	476.73	523.33	386.97	481.24	425.64	479.69	467.14	433.41	470.82	463.95
RAN	409.47	416.54	406.92	406.42	449.62	481.65	358.60	469.19	402.83	425.33	422.66

ตารางที่ ช.4 Mean flow time ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	433.95	414.69	418.86	421.55	420.81	445.47	410.88	443.35	433.85	442.16	428.56
FuzzyAHP-NF	527.85	517.94	514.42	516.82	506.14	527.95	525.84	491.63	488.13	530.52	514.72
FuzzyAHP	677.58	721.49	735.29	734.76	719.89	725.49	748.48	810.32	707.44	708.67	728.94
WINQ	464.22	446.87	461.95	435.43	442.91	429.00	453.97	455.26	455.26	442.32	448.72
NINQ	422.95	424.20	442.76	443.08	424.24	465.32	427.65	430.31	420.00	435.98	433.65
SPT	678.73	675.78	628.38	684.15	672.25	702.31	723.36	673.57	632.49	788.67	685.97
RAN	756.14	767.72	685.91	696.57	781.53	821.27	718.78	715.74	731.39	792.29	746.73

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.2 Mean tardiness

ตารางที่ ช.5 Mean tardiness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	41.1	19.75	21.04	22.4	19.67	24.13	21.87	24.22	21.88	22.35	23.84
FuzzyAHP-NF	26.41	43.05	23.57	31.4	34.81	23	27.18	27.73	36.63	43.46	31.72
FuzzyAHP	80.64	74.49	88.35	55.38	91.37	64.58	54.32	68.03	95.81	63.23	73.62
WINQ	30.19	31.36	22.52	31.16	21.08	31.59	27.32	31.99	29.44	30.42	28.71
NINQ	20.97	31.6	28.57	18.16	28.39	34.51	17.53	36	31.04	26.37	27.31
SPT	73.03	94.99	61.25	62.79	110.7	108.1	59.23	69.89	75.07	77.37	79.24
RAN	87.54	99.65	97.08	90.97	102.1	93.88	111.7	99.2	56.99	99.77	93.89

ตารางที่ ช.6 Mean tardiness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	44.89	49.32	49.02	31.89	58.02	34.41	42.51	30.05	47.26	50.08	43.75
FuzzyAHP-NF	55.61	54.94	45.98	58.25	55.92	59.68	55.79	70.65	56.04	46.29	55.92
FuzzyAHP	88.41	149.2	154.2	85.55	144.6	87.66	118.9	127.3	130.9	135.8	122.2
WINQ	60.58	45.77	67.61	47.5	58.91	42.11	67.42	36.89	44.49	62.07	53.34
NINQ	49.29	54.05	62.46	61.54	45.8	43.59	58.85	48.25	50.81	36.72	51.14
SPT	115.6	172.9	135.7	150.2	107.7	120.1	101.4	126	138.8	76.61	124.5
RAN	150.3	127.8	181.1	119.9	141.3	147.3	110.6	191.9	185.3	98.01	145.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.7 Mean tardiness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
uzzyAHP-WIN	41.83	38.13	51.24	48.21	44.12	53.67	47.76	61.59	42.89	59.56	48.9
FuzzyAHP-NF	66.47	67.38	61.27	70.41	58.97	59.1	63.27	67.58	57.8	63.93	63.618
FuzzyAHP	157	155.22	183.29	183.37	189.3	143.62	191.71	174.84	204.59	217.91	180.09
WINQ	65.56	75.22	69.31	62.8	69.65	65.25	60.45	56.47	76.42	62.82	66.395
NINQ	67.44	61.28	56.15	67.39	64.7	65.07	74.07	77.54	53.6	48.6	63.584
SPT	316.9	298.82	340.81	205.31	297.32	241.41	294.17	288.43	254.04	283.58	282.08
RAN	226.65	240.35	229.81	225.67	271.52	302.19	185.37	295.17	222.76	249.26	244.88

ตารางที่ ซ.8 Mean tardiness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	92.26	86.47	74.25	88.02	85.18	114.4	77.76	96.39	93.49	102.2	91.05
FuzzyAHP-NF	143.5	142.2	125.7	128.7	121.8	148	141.2	107.1	105.9	142	130.6
FuzzyAHP	226	265.8	284.6	282.1	272.4	261.9	295.9	345	252.4	256.9	274.3
WINQ	144.3	122.9	146	120.4	127.1	104.2	131.9	130.2	144.4	123.2	129.5
NINQ	91.96	99.35	109.9	107.7	95.93	132.9	105.3	100.6	92.88	104.1	104.1
SPT	298	301.6	244.7	295.2	286.2	323.1	329.8	287	259.6	394.1	301.9
RAN	360.3	356.5	295.1	312.3	373.8	431	336.9	327.6	339.2	393.8	352.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.3 Mean lateness

ตารางที่ ช.9 Mean lateness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	1.48	-19.01	-19.73	-16.69	-22.05	-13.66	-17.34	-14.58	-18.61	-15.64	-15.58
FuzzyAHP-NF	-4.73	11.56	-7.99	-69.19	2.77	-10.28	-1.79	-5.15	4.33	10.41	-7.006
FuzzyAHP	61.95	53	68.93	32.32	73.19	43.83	35.54	46.98	73.17	43.58	53.25
WINQ	-11.97	-9.5	-19.56	-9.6	-21.68	-10.56	-14.8	-9.42	-10.89	-10.72	-12.87
NINQ	-22.11	-6.3	-13.02	-25.41	-14.84	-8.05	-22.59	-6.96	-10.57	-12.91	-14.28
SPT	42.77	64.9	32.92	28.71	85.86	81.15	28.87	40.43	44.86	48.06	49.85
RAN	59.48	71.58	68.06	61.72	76.74	68.38	86.91	71.17	29.02	75.04	66.81

ตารางที่ ช.10 Mean lateness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	-46.33	-42.26	-64.74	-59.83	-48.07	-64.61	-58.17	-43.98	-62.93	-56.55	-54.75
FuzzyAHP-NF	-33.42	-37.8	-51.19	-41.66	-31.17	-31.9	-33.18	-16.4	-33.34	-49.41	-35.95
FuzzyAHP	30.4	99.41	107.1	30.36	91.57	33.53	58.9	73.12	79.6	81.34	68.54
WINQ	-42.05	-57.04	-40.58	-59.24	-45.88	-61.39	-40.21	-65.81	-57.95	-43.99	-51.41
NINQ	-49.62	-46.57	-37.94	-44.33	-56.69	-62.83	-44.44	-58.78	-51.46	-66.09	-51.88
SPT	32.75	90.47	47.06	68.3	29	28.42	18.96	37.97	57.87	0.006	41.08
RAN	78.62	47.44	105.3	47.51	59.26	80.28	27.34	115.7	113.5	13.09	68.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.11 Mean lateness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
uzzyAHP-WIN	-34.61	-37.34	-28.62	-27.11	-30.78	-21.41	-30.11	-12.43	-35.85	-17.33	-27.56
FuzzyAHP-NF	11.97	11.73	7.27	15.82	3.49	6.15	7.86	14.53	2.09	8.35	8.926
FuzzyAHP	136.51	134.81	163.64	163.6	166.36	120.09	170.41	151.6	182.75	198.8	158.86
WINQ	-13.2	-1.83	-7.75	-13.27	-10.02	-13.38	-17.35	-23.19	-77.81	-16.15	-19.4
NINQ	-14.7	-16.66	-22.36	-9.56	-13.6	-15.88	-4.76	-1.1	-26.06	-32.91	-15.76
SPT	277.76	264.73	309.8	164.87	261.94	204.07	260.7	249.91	220.35	251.97	246.61
RAN	190.93	206.68	195.99	186.03	239.45	264.48	142.12	262.86	185.11	213.08	208.67

ตารางที่ ซ.12 Mean lateness ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	-49.24	-62.38	-74.53	-65.59	-66	-28.81	-69.4	-50.6	-53.46	-41.28	-56.13
FuzzyAHP-NF	35.66	35.8	26.88	18.74	13.63	42.45	31.53	3.46	3.51	42	25.37
FuzzyAHP	191.4	227.1	247.7	244.5	242.8	222	255.2	311.5	219.2	222.3	238.4
WINQ	-28.01	-43.78	-33.44	-58.86	-39.09	-57.38	-30.66	-34.09	-30.89	-48.89	-40.51
NINQ	-66.91	-59.15	-49.67	-50.6	-58.61	-22.22	-52.19	-45.84	-72.92	-49.66	-52.78
SPT	195.2	190.4	139.1	199.4	193.6	214.6	228.5	187.5	147.6	299	199.5
RAN	267.1	270.4	199.2	215.3	291.8	332.5	236.2	240.1	247.5	306.5	260.7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.4 Proportion of tardy jobs

ตารางที่ ช.13 Proportion of tardy jobs ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ และโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	0.2698	0.2279	0.2361	0.2379	0.2191	0.2343	0.2379	0.2412	0.2444	0.2682	0.2417
FuzzyAHP-NF	0.3778	0.3611	0.3716	0.3464	0.3733	0.3333	0.3292	0.3384	0.3310	0.3448	0.3507
FuzzyAHP	0.4542	0.4492	0.4698	0.3792	0.4833	0.4101	0.4537	0.4818	0.4063	0.4347	0.4422
WINQ	0.2524	0.2297	0.2159	0.2158	0.2026	0.2226	0.2040	0.2298	0.2212	0.2429	0.2237
NINQ	0.2042	0.2564	0.2364	0.2015	0.2286	0.2309	0.2251	0.2140	0.2465	0.2201	0.2264
SPT	0.4197	0.4412	0.4592	0.3818	0.5193	0.5000	0.4043	0.4766	0.4580	0.4702	0.4530
RAN	0.4331	0.4814	0.4452	0.4348	0.4874	0.4773	0.4656	0.4919	0.4695	0.4886	0.4675

ตารางที่ ช.14 Proportion of tardy jobs ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ และโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	0.3178	0.3401	0.3154	0.3046	0.3301	0.3249	0.3085	0.3117	0.3191	0.3472	0.3219
FuzzyAHP-NF	0.3340	0.3047	0.3427	0.3199	0.3668	0.3255	0.3416	0.3178	0.3317	0.3311	0.3316
FuzzyAHP	0.4520	0.4817	0.5067	0.4459	0.4598	0.4638	0.4745	0.4869	0.4626	0.4602	0.4694
WINQ	0.3459	0.3207	0.3255	0.3005	0.3343	0.3094	0.3343	0.3234	0.3242	0.3445	0.3263
NINQ	0.3452	0.3277	0.3553	0.3022	0.3268	0.3143	0.3137	0.3090	0.3327	0.3063	0.3233
SPT	0.4610	0.4673	0.4692	0.4993	0.4876	0.4295	0.4710	0.4228	0.4870	0.4591	0.4654
RAN	0.5263	0.5051	0.5261	0.5096	0.5007	0.5376	0.4800	0.5091	0.5366	0.4599	0.5091

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ช.15 Proportion of tardy jobs ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง และโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	0.2627	0.2658	0.2537	0.2890	0.2719	0.2718	0.2491	0.3071	0.2521	0.2829	0.2706
FuzzyAHP-NF	0.3339	0.3514	0.3374	0.3524	0.3425	0.3222	0.3231	0.3400	0.3124	0.3187	0.3334
FuzzyAHP	0.6365	0.6374	0.6558	0.6667	0.6113	0.5883	0.6406	0.6486	0.6332	0.6760	0.6394
WINQ	0.2970	0.2985	0.2944	0.3029	0.2924	0.3085	0.2872	0.2696	0.3095	0.2895	0.2950
NINQ	0.2794	0.2816	0.2630	0.3034	0.2849	0.2927	0.2995	0.3040	0.2797	0.2707	0.2859
SPT	0.6600	0.6637	0.7106	0.6345	0.6798	0.6570	0.6813	0.6732	0.6651	0.7082	0.6733
RAN	0.6592	0.6725	0.6739	0.6348	0.6868	0.6731	0.5928	0.6889	0.6437	0.6663	0.6592

ตารางที่ ช.16 Proportion of tardy jobs ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง และโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	0.3801	0.3549	0.3586	0.3496	0.3552	0.3890	0.3542	0.3904	0.3732	0.3779	0.3683
FuzzyAHP-NF	0.4619	0.4456	0.4491	0.4507	0.4391	0.4670	0.4588	0.4242	0.4529	0.4688	0.4518
FuzzyAHP	0.7038	0.6882	0.6918	0.7125	0.7313	0.6715	0.6886	0.7242	0.7134	0.6957	0.7021
WINQ	0.3770	0.3761	0.3602	0.3546	0.3779	0.3751	0.3887	0.3821	0.3708	0.3587	0.3721
NINQ	0.3480	0.3598	0.3695	0.3616	0.3612	0.3858	0.3674	0.3786	0.3376	0.3814	0.3651
SPT	0.5926	0.5845	0.5702	0.6136	0.6117	0.6043	0.6227	0.6105	0.5545	0.6479	0.6012
RAN	0.6393	0.6470	0.6325	0.6173	0.6736	0.6366	0.6046	0.6576	0.6410	0.6645	0.6414

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.5 System utilization

ตารางที่ ช.17 System utilization ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ และโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	49.05	62.93	62.95	61.39	64.66	59.59	61.57	59.69	62.11	60.5	60.44
FuzzyAHP-NF	52.52	44.93	54.52	49.76	46.99	55.78	50.96	51.9	46.47	46.35	50.22
FuzzyAHP	30.37	31.82	27.73	35.64	29.44	33.52	35.52	33.19	28.4	32.79	31.84
WINQ	57.15	56.74	63.12	56.19	64.45	56.58	60.34	55.5	57.07	55.88	58.30
NINQ	64.71	53.72	57.23	67.77	56.12	56.38	65.51	52.83	57.40	58.03	58.97
SPT	32.35	27.89	34.67	36.74	23.92	26.03	34.47	33.20	33.67	32.57	31.55
RAN	30.09	27.61	29.19	28.28	28.11	28.58	25.26	29.59	37.89	24.62	28.92

ตารางที่ ช.18 System utilization ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำ และโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	68.02	67.87	75.4	73.53	70.02	75.93	73.19	69.17	75.24	70.15	71.85
FuzzyAHP-NF	64.94	66.1	69.83	67.03	63.92	63.54	64.96	59.78	64.67	69.01	65.38
FuzzyAHP	46.66	39.16	40.08	48.81	39.77	48.36	45.41	42.64	40.53	40.66	43.21
WINQ	69.59	73.27	66.95	73.53	69.13	75.05	67.22	77.72	72.82	66.55	71.18
NINQ	69.69	65.64	67.31	68.87	72.53	74.67	67.97	72.27	71.54	76.76	70.73
SPT	45.76	39.38	41.4	41.79	47.98	48.78	49.49	45.27	42.23	52.39	45.45
RAN	42.21	45.42	37.6	46	45.38	40.79	49.84	36.52	39.17	53.00	43.59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.19 System utilization ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง และโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	66.2	66.69	63.36	63.26	63.52	61.7	63.55	59.53	65.24	60.13	63.32
FuzzyAHP-NF	51.95	52.72	54.04	52.28	54.48	53.8	52.9	52.65	53.84	52.36	53.10
FuzzyAHP	35.77	36.2	31.43	33.06	33.53	36.38	30.82	35.65	32.25	32.85	33.79
WINQ	58.63	55.93	58.14	59.59	57.42	59.25	60.57	63.32	55.65	59.56	58.81
NINQ	58.72	60.1	61.51	57.63	58.64	59.25	56.05	55.32	61.92	66.12	59.53
SPT	24.66	25.03	23.42	32.53	25.23	29.09	25.08	25.55	26.50	25.61	26.27
RAN	30.28	29.52	30.43	32.03	27.64	26.18	33.02	26.33	30.94	27.85	29.42

ตารางที่ ซ.20 System utilization ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูง และโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	71.77	72.97	74.36	73.64	74.7	67.86	74.29	69.73	72.52	70.5	72.23
FuzzyAHP-NF	58.02	58.37	62.49	60.96	61.49	58.64	60.14	63.33	62.25	59.43	60.51
FuzzyAHP	45.94	44.05	43.52	44.05	41.79	46.79	42.85	40.55	45.27	44.91	43.97
WINQ	67.23	70.15	69	70.69	70.74	72.58	67.52	68.06	67.29	71.63	69.49
NINQ	72.63	72	70.15	71.6	70.81	66.75	70.87	70.5	74.12	69.89	70.93
SPT	44.14	43.7	48.36	44.47	44.38	43.95	42.64	44.49	47.97	38.50	44.26
RAN	42.18	42.21	46.91	44.02	41.96	37.93	43.18	44.30	43.72	39.74	42.62

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซ.6 เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด

ตารางที่ ซ.21 เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	54.26	50.20	53.37	51.30	53.43	49.36	51.45	51.13	53.59	51.92	52.00
FuzzyAHP-NF	50.05	49.29	50.23	153.89	51.13	49.92	43.19	49.70	48.28	50.44	59.61
FuzzyAHP	34.24	39.02	36.63	37.14	35.18	35.18	34.38	40.62	38.13	34.76	36.53
WINQ	56.39	53.05	53.66	51.98	53.63	54.22	52.92	53.76	51.79	54.34	53.57
NINQ	54.14	50.96	54.46	54.57	56.04	55.34	51.77	54.66	55.23	50.36	53.75
SPT	52.15	53.85	52.39	55.13	51.59	53.90	50.96	56.28	55.74	55.33	53.73
RAN	49.50	54.13	52.31	51.75	49.37	48.79	46.43	55.17	52.72	48.36	50.85

ตารางที่ ซ.22 เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	133.71	138.78	166.18	131.89	158.36	146.67	145.59	107.56	161.82	163.33	145.39
FuzzyAHP-NF	133.67	133.39	147.84	146.90	137.53	135.78	135.14	127.60	133.73	143.06	137.46
FuzzyAHP	105.85	96.07	95.46	99.61	98.14	100.95	114.17	105.66	95.37	100.85	101.21
WINQ	156.89	151.34	160.39	152.60	157.41	149.87	161.69	151.79	151.59	161.81	155.54
NINQ	151.06	149.66	155.73	151.72	152.24	155.20	150.51	154.90	153.27	148.20	152.25
SPT	153.75	154.73	167.00	163.56	153.60	160.65	155.89	152.43	157.70	141.61	156.09
RAN	151.22	162.37	159.94	147.68	164.22	144.86	160.12	155.19	154.96	157.23	155.78

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.23 เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	103.67	102.80	107.01	105.94	102.87	103.10	103.71	86.74	105.28	107.22	102.83
FuzzyAHP-NF	81.83	85.79	81.49	84.30	84.38	78.12	81.86	80.38	81.02	81.58	82.07
FuzzyAHP	56.37	56.28	57.08	59.31	59.01	57.15	59.27	66.13	59.53	58.98	58.91
WINQ	112.03	109.83	109.21	109.13	112.60	113.71	109.15	109.06	223.37	111.15	121.93
NINQ	113.99	108.48	106.53	110.47	109.50	114.44	112.54	112.98	110.60	111.77	111.13
SPT	115.13	101.36	107.14	110.64	110.49	108.86	105.04	117.87	100.60	108.32	108.54
RAN	104.83	102.81	103.71	108.54	102.41	115.37	106.22	103.86	105.66	108.42	106.18

ตารางที่ ซ.24 เวลารวมที่ชิ้นงานเสร็จก่อนกำหนดต่อจำนวนชิ้นงานที่เสร็จก่อนกำหนดทั้งหมด ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	228.27	230.75	231.95	236.18	234.47	234.44	227.88	241.11	234.44	230.71	233.02
FuzzyAHP-NF	200.38	191.86	179.29	200.09	192.80	198.00	202.72	179.92	187.13	188.25	192.04
FuzzyAHP	116.78	124.15	119.72	130.60	110.07	121.46	130.58	121.37	115.69	113.80	120.42
WINQ	276.60	267.15	280.50	277.79	267.18	258.60	265.90	265.79	278.57	268.40	270.65
NINQ	243.66	247.58	253.06	247.90	241.94	252.53	248.95	235.72	250.32	248.50	247.01
SPT	252.40	267.60	245.63	247.87	238.34	274.23	268.38	255.51	251.38	270.09	257.14
RAN	258.32	243.86	260.84	253.29	251.02	271.24	254.65	255.51	255.56	259.93	256.42

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ช.7 จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ตารางที่ ช.25 จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบน้อย

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	745	996	936	933	940	926	950	937	941	932	923.6
FuzzyAHP-NF	810	684	818	742	750	840	802	792	719	696	765.3
FuzzyAHP	469	463	430	538	449	534	551	467	416	513	483
WINQ	844	875	945	862	982	858	941	840	877	844	886.8
NINQ	989	866	863	1042	831	866	1053	799	868	936	911.3
SPT	517	442	564	571	389	420	559	512	524	504	500.2
RAN	471	430	438	437	435	419	393	433	573	395	442.4

ตารางที่ ช.26 จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบต่ำและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WINQ	1070	1035	1062	1182	1018	1142	1154	1219	1028	1037	1095
FuzzyAHP-NF	1033	1014	1030	991	987	980	1004	944	998	1027	1001
FuzzyAHP	739	602	598	749	585	746	666	647	642	628	660.2
WINQ	1064	1104	1017	1108	1041	1170	990	1209	1098	981	1078
NINQ	1095	1004	1002	1039	1120	1120	1055	1097	1109	1182	1082
SPT	731	612	650	673	769	773	777	712	692	867	725.6
RAN	665	681	593	728	677	651	750	548	574	798	666.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.27 จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบน้อย

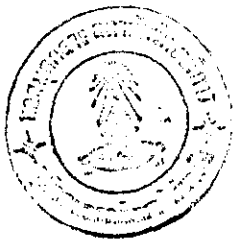
	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	2113	2114	1967	1934	2008	1939	2055	1869	2063	1902	1996.4
FuzzyAHP-NF	1635	1628	1657	1623	1676	1679	1702	1656	1684	1666	1660.6
FuzzyAHP	1073	1081	979	999	975	1110	935	1033	935	932	1005.2
WINQ	1805	1789	1824	1875	1761	1867	1880	1977	1751	1865	1839.4
NINQ	1829	1925	1981	1793	1853	1869	1756	1770.	1959	2028	1876.3
SPT	753	776	729	974	762	895	772	817	863	795	813.6
RAN	898	916	920	920	843	774	1029	794	957	875	892.6

ตารางที่ ซ.28 จำนวนชิ้นงานที่ทำเสร็จ

ที่สภาวะความซับซ้อนของระบบสูงและโหลดงานในระบบมาก

	การทำซ้ำครั้งที่										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	เฉลี่ย
FuzzyAHP-WIN	2265	2347	2298	2314	2345	2193	2363	2157	2275	2228	2279
FuzzyAHP-NF	1836	1856	1953	1886	1913	1850	1859	1992	1974	1856	1898
FuzzyAHP	1418	1347	1327	1339	1321	1382	1291	1193	1406	1367	1339
WINQ	2090	2183	2121	2205	2236	2277	2120	2141	2136	2230	2174
NINQ	2299	2293	2192	2229	2270	2115	2278	2282	2322	2221	2250
SPT	1458	1415	1575	1413	1455	1380	1333	1466	1531	1190	1422
RAN	1278	1269	1442	1377	1256	1175	1338	1402	1326	1225	1309

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ประวัติผู้วิจัย

นางสาวภัททิตา สุวรรณรุจิ เกิดวันที่ 14 ธันวาคม พ.ศ. 2516 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย