หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบปัญหาของการท่าเรือฯ ลักษณะปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับขบวนการที่ก่อให้เกิดแถวรอคอย (WAITING LINE) ที่เรียกว่า คิว ซึ่งเวลาการมาและเวลาที่ใช้ในการบริการมีการกระจายในลักษณะเชิงสุ่ม การจะจัดการกับปัญหาคิวที่เวลาการมาและเวลาบริการมีการกระจายเชิงสุ่ม วิธีที่ดีวิธีหนึ่ง คือ การจำลองรูปแบบปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาซึ่งมีความน่าจะเป็นเข้ามาเกี่ยวข้อง สำหรับการออกแบบสร้างรูปแบบปัญหา (MODEL) เพื่อใช้แทนระบบงานจริง (REAL SYSTEM) ไม่มีหลักตายตัว แต่ในปัจจุบันได้มีผู้คิดค้นเทคนิคใหม่ ๆ สำหรับการจำลองรูปแบบปัญหา เพื่อให้เกิดความสะดวกและประหยัดเวลาในการจำลอง เช่น ซึ่งในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงแต่เฉพาะ เกอท ทีร์คิว เทคนิค (GERTS III Q TECHNIQUE)

3.1 การจำลองแบบปัญหา (SIMULATION)

การจำลองแบบปัญหาหมายถึง ขบวนการหรือวิธีการออกแบบ แบบจำลองของระบบงาน (MODEL) ซึ่งจะสามารถใช้แทนระบบงานจริง (REAL SYSTEM) และดำเนินการใช้แบบจำลองนั้น ในการศึกษาพฤติกรรมของระบบงานจริง และการวิเคราะห์หาข้อมูลอันเกิดจากการใช้กุศโลบาย (STRATEGIES) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบงาน

ประโยชน์ของการจำลองแบบปัญหาก็คือ เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการศึกษาและอบรมฝึกหัดเกี่ยวกับระบบงาน เพราะผู้ทำการทดลองสามารถทราบความเป็นไปและความเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ภายในระบบงานเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อม และส่วนประกอบต่าง ๆ ในระบบงาน รวมทั้งผลที่จะเกิดขึ้น เมื่อมีการนำเอาวิธีการใหม่ ๆ เข้าไปใช้ในการดำเนินงานของระบบงาน ทำให้การวางแผนในการดำเนินงานมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ขบวนการดำเนินงานของการใช้การจำลองแบบปัญหา (SIMULATION PROCESS)

ในการจำลองแบบปัญหาแบบงานโดยทั่ว ๆ ไป จะมีขบวนการดำเนินการดังนี้

1. การแจกแจงอธิบายปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์

2. การให้คำจำกัดความของระบบงาน การจำกัดขอบเขตของระบบงานที่จะศึกษารวมทั้งขอบข่ายและการวัดประสิทธิภาพของระบบงาน

3. การออกแบบรูปแบบปัญหา การลดหรือแปลงจากระบบงานจริงไปเป็นรูปแบบปัญหา ในลักษณะของแผนผังการทำงานเชิงตรรกวิทยา

4. การจัดเตรียมข้อมูล ศึกษาพิจารณาข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ รวมทั้งการจัดเปลี่ยนรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในลักษณะที่จะใช้กับรูปแบบปัญหาได้

5. การสร้างรูปแบบปัญหา เปลี่ยนรูปแบบปัญหาในข้อ 3 ไปเป็นภาษาที่ใช้กับคอมพิวเตอร์ (สำหรับการวิจัยนี้จะเปลี่ยนรูปแบบปัญหาในข้อ 3 ให้อยู่ในรูปแบบของ เกอห์ ทีรคิว)

6. การทดสอบความมีเหตุผลสมควรที่จะเชื่อว่ารูปแบบปัญหานั้นเป็นรูปแบบปัญหาที่ถูกต้อง

7. การวางแผนการใช้กุศโลบาย การออกแบบการทดลองที่จะนำเอารูปแบบปัญหาไปใช้ เพื่อหาข้อมูลที่ต้องการ

8. การวางแผนการดำเนินกุศโลบาย การศึกษาพิจารณาว่าการออกแบบการทดลองในข้อ 7 นั้น จะนำไปใช้กับรูปแบบปัญหาได้อย่างไร

9. การทำการทดลองนำเอารูปแบบปัญหามาใช้หาผลลัพธ์ต่าง ๆ ตามที่ได้วางแผนไว้ในข้อ 8 รวมทั้งความไวของผลลัพธ์เหล่านั้นด้วย

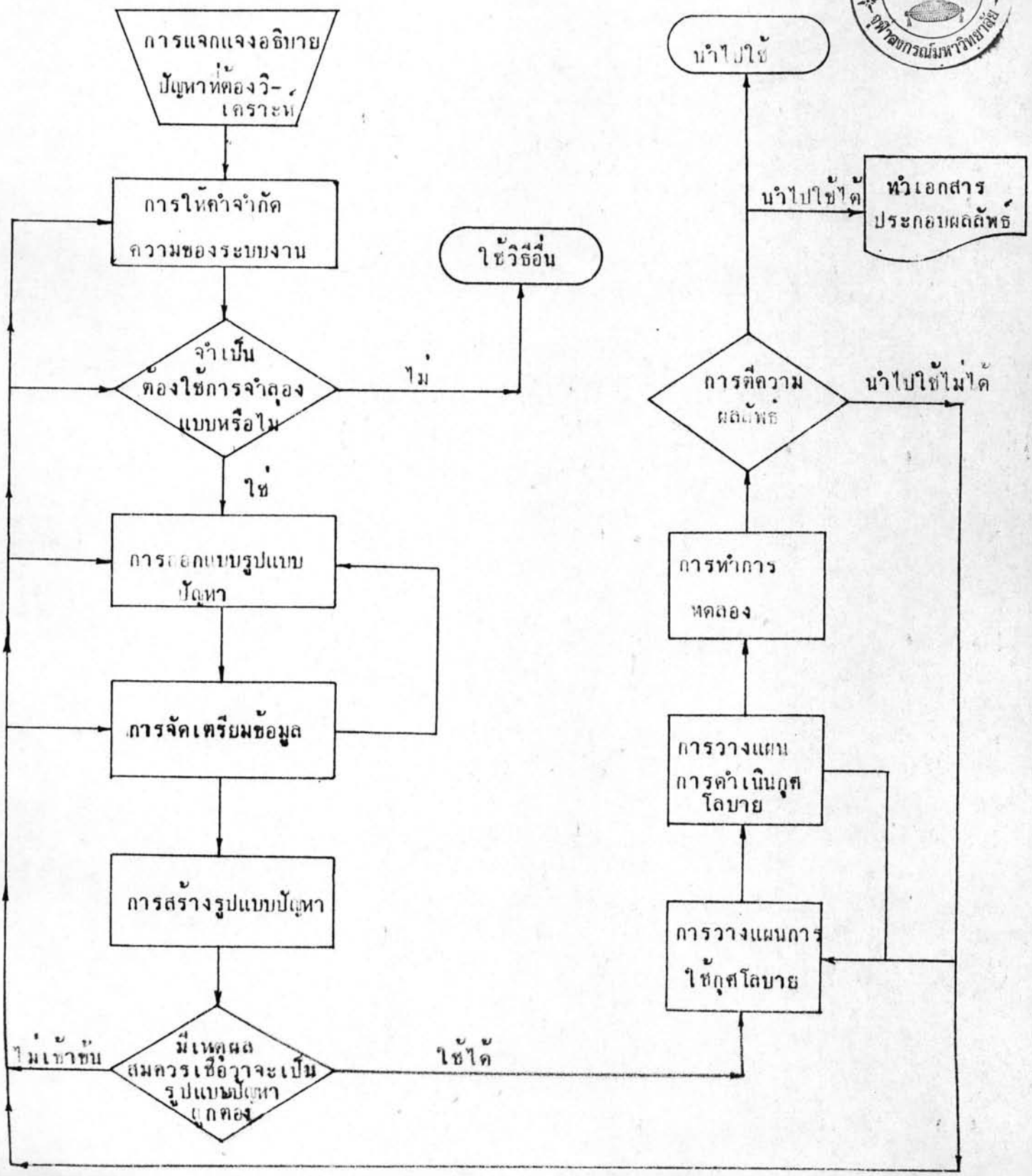
10. การตีความผลลัพธ์จากผลลัพธ์ในข้อ 9 นำมาตีความว่า ผลลัพธ์เหล่านั้นบอกอะไรเราเกี่ยวกับระบบงานจริง

11. นำเอารูปแบบปัญหาหรือผลลัพธ์ในข้อ 10 ไปใช้

12. ทำเอกสารประกอบผลลัพธ์ กล่าวคือ เมื่อได้ผลลัพธ์และผลที่จะเกิดกับระบบงานจริง มีการจัดทำเอกสารแจ้งผลเพื่อให้ฝ่ายบริหารทราบ หรือเก็บไว้เป็นหลักฐานสำหรับประกอบการวิเคราะห์ระบบงานต่อไป

จากขั้นตอนของการดำเนินงานในการใช้การจำลองแบบปัญหา อาจเขียนแสดงความสัมพันธ์ของขั้นตอน เป็นแผนผังได้ดังรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการดำเนินงานในการใช้การจำลองแบบปัญหา



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ระบบแถวคอย (QUEUEING SYSTEM)

แถวคอยเป็นสภาพที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีการรอคอยเพื่อรับบริการ แถวคอยจึงประกอบขึ้นด้วยหน่วยที่ขอรับบริการและส่วนให้บริการ ปัญหาที่เราพบเห็นอยู่ทุกวันนี้ก็มีลักษณะเหมือนกับแถวคอย เช่น คนรอรถเมล์ รถไฟ เรือรอเข้าเทียบท่า ฯลฯ ซึ่งสภาพการรอคอยที่เกิดขึ้นโดยทั่ว ๆ ไป เรามักพิจารณาว่าเกิดจากความต้องการรับบริการมีอัตราสูงกว่าความสามารถในการให้บริการ (DEMAND SUPPLY) ข้อเท็จจริงดังกล่าวแม้จะมีความถูกต้องอยู่ แต่ว่าการเกิดแถวคอยไม่จำเป็นต้องอาศัยเงื่อนไขดังกล่าว ความจริงแล้ว สภาพการเกิดแถวคอยมีสาเหตุมาจากความไม่แน่นอนของการเข้ารับบริการและการให้บริการ เช่น การเข้ารับบริการนั้นแต่ละหน่วยที่เข้ารับบริการจะเข้ามาขอรับบริการในช่วงเวลาที่ต่าง ๆ กัน และเวลาที่ใช้ในการให้บริการก็ไม่เท่ากัน สำหรับหน่วยของรับบริการหนึ่ง ๆ การเกิดแถวคอยจึงมีขึ้นได้โดยที่หน่วยรอรับบริการรอคอยในระบบแถวคอยในจำนวนมากบ้างน้อยบ้าง ตามสภาวะหรือเวลาต่าง ๆ กัน ซึ่งมีการเข้ารับบริการและการให้บริการ

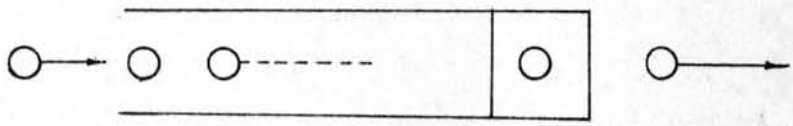
ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอย ปัจจัยสำคัญที่จะต้องพิจารณาได้แก่

1. ลักษณะรูปแบบการเข้าขอรับบริการ (ARRIVAL PATTERN) เป็นการศึกษารูปแบบการเข้าสู่ระบบแถวคอย ว่ามีการแผ่กระจายความน่าจะเป็นแบบใด การหารูปแบบดังกล่าวมี 2 วิธี คือ หาอัตราการเข้ารับบริการ (ARRIVAL RATE) ซึ่งจะมีหน่วยเป็นจำนวนที่เข้ารับบริการต่อหน่วยเวลา และอีกวิธีหนึ่งที่นิยมคือ หาการแผ่กระจายความน่าจะเป็นของเวลาช่วงห่างระหว่างหน่วยต่อเนื่องกัน ที่เข้ามาในระบบแถวคอย (INTER ARRIVAL TIME) แล้วหาอัตราการเข้าสู่ระบบช่วงเวลาหน่วยเข้าต่อหน่วยเข้า

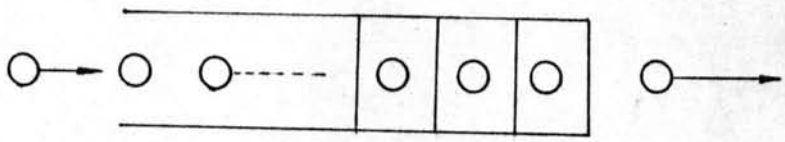
2. ลักษณะรูปแบบการบริการ (DEPARTURE PATTERN) โดยทั่วไปหน่วยให้บริการ การให้บริการจะใช้เวลาบริการที่ไม่แน่นอน ซึ่งอาจหารูปแบบการกระจายทางทฤษฎีความเป็นไปได้ เป็นแบบหนึ่งแบบใด เช่น เอกซ์โพเนนเชียล (EXPONENTIAL)

3. ลักษณะการจัดหน่วยให้บริการ (SERVICE PATTERN)

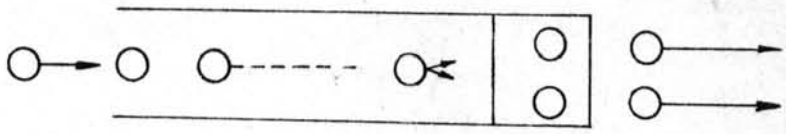
ก. ระบบแถวคอยมีหนึ่งหน่วยบริการ



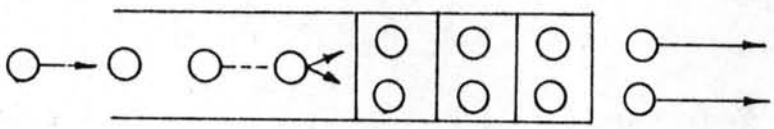
ข. ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบอนุกรม



ค. ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบขนาน



ง. ระบบแถวคอยมีหลายหน่วยบริการแบบขนานและอนุกรม



4. ลักษณะการจัดเข้ารับบริการ (SERVICE DISIPLINE) หมายถึง ลักษณะการเลือกให้บริการแก่ลูกค้า ที่เข้ามารับบริการ เรามีหลักวิธีดำเนินการให้หลายอย่าง เช่น หลักให้บริการตามลำดับก่อนหลัง (FIRST COME FIRST SERVICE) เข้าก่อนบริการหลัง (FIRST COME LAST SERVICE) เข้ารับบริการตามแต่สะดวกโดยไม่มีหลักเกณฑ์ใด ๆ (RANDOM) และการจัดให้บริการใช้หลักให้อภิสิทธิ์ (PRIORITY)

5. ลักษณะขีดความสามารถของระบบแถวคอย (QUEUEING SYSTEM CAPACITY) ในกรณีที่แถวคอยมีขีดจำกัด หน่วยเข้าบริการจะเข้าขอรับบริการไม่ได้เพราะไม่มีที่ให้รอในกรณีที่แถวคอยไม่มีขีดขอบเขตจำกัดจะสามารถมีแถวคอยไปได้ไม่จำกัด

6. ลักษณะแหล่งของหน่วยเข้ารับบริการ (CALLING SOURCE) ส่วนที่จะเข้ามารับบริการนี้ประกอบด้วยแหล่งของผู้เข้ารับบริการ (INPUT SOURCE) ซึ่งจะมีหน่วยที่จะขอเข้ารับบริการอยู่ไม่จำกัดจำนวน (INFINITE) หรือบางครั้งแหล่งของหน่วยจะขอเข้ารับบริการก็มีอยู่จำกัด (FINITE)

3.3 เกอท ทรีคิว

เกอท ทรีคิว คือ โปรแกรมภาษาโฟร์แทรน (FORTRAN) ที่เขียนขึ้นเป็นโปรแกรมอเนกประสงค์ (GENERAL PURPOSE PROGRAM) มีจุดประสงค์เฉพาะงานทางด้านการจำลองแบบปัญหา ซึ่งจำลองแบบปัญหาในรูปของโครงข่าย (SIMULATION NETWORKS) ภายในโครงข่ายประกอบด้วย โนด (NODE) และลูกศร (BRANCE) เป็นตัวบรรยายรายละเอียดเกี่ยวกับระบบงานที่สร้างขึ้นเป็นโครงข่าย

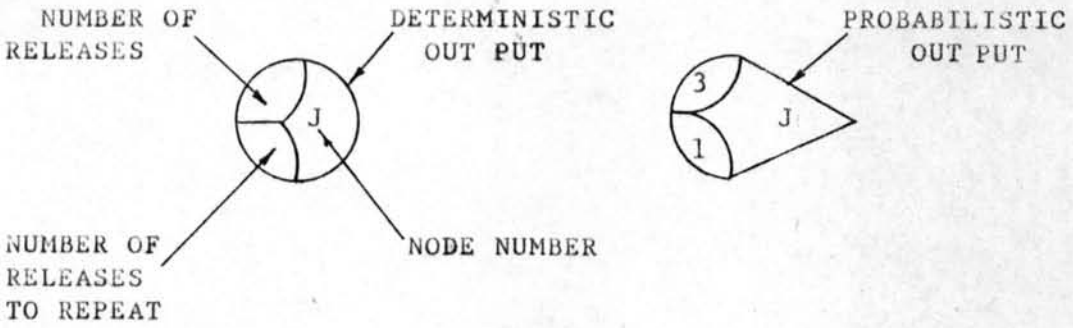
ความหมายของโนดและลูกศร

โนด คือ จุดของเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในขณะใดขณะหนึ่ง ภายในโนดจะมีตัวเลขใด ๆ อยู่ภายใน ซึ่งตัวเลขบางตัวใช้แสดงถึงจุดของเหตุการณ์ และตัวเลขบางตัวจะบอกถึงคุณลักษณะของโนดนั้น ๆ

ลูกศร แทนความหมายของงาน หรือกิจกรรมหรือข้อมูลที่เป็นเวลา

ลักษณะของโนด

โนด ๆ หนึ่งจะประกอบด้วย ด้านเข้า (INPUT SIDE) และด้านออก (OUTPUT SIDE) ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของโนดของ เกอท ทรีดิว

ด้านเข้า (INPUT SIDE) ประกอบด้วย NUMBER OF RELEASES และ NUMBER OF RELEASES TO REPEAT

NUMBER OF RELEASES หมายถึง จำนวนครั้งการแล้วเสร็จ (REALIZED) ของกิจกรรม (ACTIVITY) ที่พุ่งเข้าหาโนด J ซึ่งจะทำให้โนด J เป็นจริง (REALIZED) เป็นครั้งแรก

NUMBER OF RELEASES TO REPEAT หมายถึง จำนวนครั้งการแล้วเสร็จ (REALIZED) ของกิจกรรมที่พุ่งเข้าหาโนด J ซึ่งจะทำให้โนด J เป็นจริง (REALIZED) ในครั้งต่อ ๆ ไป

ทุกครั้งที่โนด J เป็นจริง ก็จะมีกิจกรรมพุ่งออกมาจากทางด้านออกและเราสามารถกำหนดให้เกิดการแล้วเสร็จของกิจกรรมที่พุ่งเข้าหาโนดกี่ครั้งก็ได้ ในการทำให้โนดนั้นเป็นจริง โดยการกำหนดที่ NUMBER OF RELEASES และ NUMBER OF RELEASES TO REPEAT

ด้านออก (OUTPUT SIDE) มี 2 ชนิด คือ

1. DETERMINISTIC OUTPUT หมายถึง ทุก ๆ กิจกรรมที่พุ่งออกจากด้านออกจะทำงานทุกกิจกรรม

2. PROBABILISTIC OUTPUT หมายถึง ทุก ๆ กิจกรรมที่พุ่งออกจากด้านออก จะมีเพียงกิจกรรมเดียวเท่านั้นที่ทำงาน

ประเภทของโนด

เราสามารถกำหนดให้โนดใด ๆ เป็นโนดประเภทใดประเภทหนึ่งตามความเหมาะสมในจำนวน 5 ประเภทได้ ดังนี้ คือ

1. SOURCE NODE เป็นโนดเริ่มต้นของระบบ มีแต่ด้านออกไม่มีด้านเข้า เมื่อเริ่มการจำลองแบบ SOURCE NODE จะเป็นจริง (REALIZED) และทุกกิจกรรมที่พุ่งออกจาก SOURCE NODE ก็จะทำงานทันที แต่จะไม่มีกิจกรรมออกมาอีกเลยในการ SIMULATE รอบนั้น

2. SINK NODE เป็นโนดที่มีแต่ด้านเข้าไม่มีด้านออก เมื่อใดก็ตามที่โนดที่เป็น SINK NODE เป็นจริง (REALIZED) หมายถึง การสิ้นสุดของการ SIMULATE ในรอบนั้น ๆ

3. STATISTICS NODE เป็นโนดที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้บันทึกข้อมูลที่ต้องการทราบภายในระบบ แบ่งออกเป็น 5 ประเภท คือ

ก. 'INTERVAL' STATISTIC NODE เป็นโนดที่ใช้บันทึกเวลาการเดินทางจากโนดหนึ่งไปยังอีกโนดหนึ่ง โดยกำหนดให้โนดเริ่มต้นเป็น MARK NODE และโนดปลายเป็น 'INTERVAL' STATISTIC NODE

ข. 'BETWEEN' STATISTIC NODE เป็นโนดที่ใช้บันทึกเวลา ช่วงห่างของแต่ละกิจกรรม ที่พุ่งมายัง 'BETWEEN' STATISTIC NODE นั้น

ค. 'DELAY' STATISTIC NODE เป็นโนดที่ใช้บันทึกเวลาที่โนด 'DELAY' จะต้องรอตั้งแต่กิจกรรมแรกที่พุ่งเข้าโนด 'DELAY' จนกระทั่งโนด 'DELAY' เป็นจริง (REALIZED)

ง. 'FIRST' STATISTIC NODE เป็นโนดที่บันทึกเวลาตั้งแต่เริ่มการทำการจำลองแบบจนกระทั่งโนดที่เป็น 'FIRST' STATISTIC NODE เป็นจริงเป็นครั้งแรกของการ SIMULATE รอบนั้น

จ. 'ALL' STATISTIC NODE เป็นโนดที่บันทึกเวลาทุกครั้งที่ 'ALL' STATISTIC NODE เป็นจริง

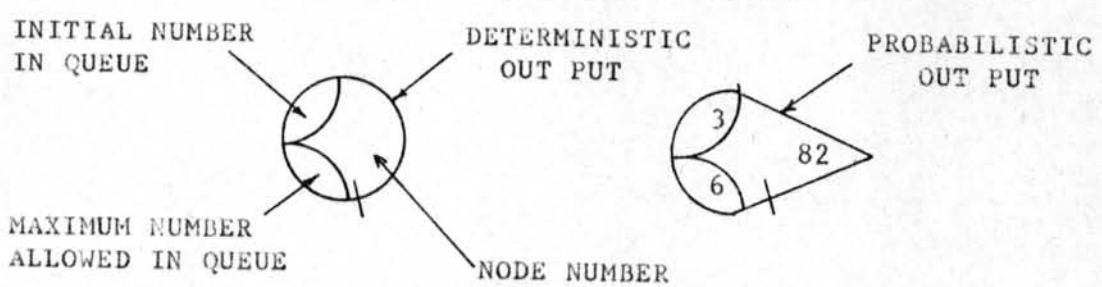
ทุก ๆ SINK NODE จะถูกกำหนดให้เป็น STATISTIC NODE โดยอัต - โนมัติ แต่จะเป็นประเภทใดเราสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสม

4. MARK NODE เป็นโนดที่กำหนดให้กับโนดเริ่มต้น เมื่อต้องการบันทึกเวลาจากโนดหนึ่งไปยังอีกโนดหนึ่ง โดยใช้คู่กับ 'INTERVAL' STATISTIC NODE

5. คิวโนด (QUEUE NODE) เป็นโนดซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติแตกต่างไปจากโนดทั้ง 4 ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น คิวโนดจะทำหน้าที่เสมือนหน่วยสถานีบริการ (SERVICE FACILITY) หน่วยหนึ่งที่ปล่อยให้มีกิจกรรมออกมาด้วยความเร็วเท่ากับอัตราบริการที่ละหน่วย ตราบใดที่กิจกรรมที่พุ่งออกมาจากคิวโนดยังไม่เสร็จ ก็จะไม่มีกิจกรรมเกิดขึ้นจากคิวโนด แม้จะมีกิจกรรมหลายกิจกรรมพุ่งเข้าหาคิวโนด (กิจกรรมที่พุ่งเข้าหาคิวโนดก็จะเปรียบเสมือนเวลาการมาของผู้รับบริการ) ดังนั้นถ้าเวลาการมาของกิจกรรมที่พุ่งเข้าหาคิวโนดเร็วกว่าการแล้วเสร็จของกิจกรรมที่พุ่งออกจากคิวโนดก็จะทำให้เกิดแถวรอคอยในคิวโนดนั้น เพิ่มขึ้นทีละหนึ่งหน่วยทุก ๆ กิจกรรมที่พุ่งเข้าหายังคิวโนดและจำนวนแถวคอยในคิวโนดจะลดลงทีละหนึ่งทุกครั้งที่มีการแล้วเสร็จของกิจกรรมที่พุ่งออกจากคิวโนด

<u>ลักษณะของคิวโนด</u> (ดูรูปที่ 3.3)

ได้เขียนลักษณะของคิวโนดให้แตกต่างไปจากโนดธรรมดาที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีทั้ง DETERMINISTIC OUTPUT และ PROBABILISTIC OUTPUT



รูปที่ 3.3 ลักษณะของคิวโนด

INITIAL NUMBER IN QUEUE หมายถึง จำนวนหน่วยภายในแถวคอยที่เกิดขึ้นในขณะเริ่มทำการ SIMULATE

MAXIMUM NUMBER ALLOWED IN QUEUE หมายถึง จำนวนหน่วยภายในแถวคอยสูงสุดที่คิวโนดนี้จะรับไว้ได้

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ ลักษณะโดยทั่วไปก็เหมือนกับโนดที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น

ชนิดของข้อมูล

ข้อมูลที่เราต้องกำหนดให้กับแต่ละกิจกรรมประกอบด้วย

1. PROBABILITY OF RELIZATION คือการกำหนดความน่าจะเป็นให้กับกิจกรรมที่พุ่งออกมาจากโนด สำหรับ DETERMINISTIC NODE ทุก ๆ กิจกรรมที่พุ่งออกมาจากโนดจะมีความน่าจะเป็นเท่ากับ 1 ทุกกิจกรรม ส่วน PROBABILITIC NODE ทุก ๆ กิจกรรมที่พุ่งออกมาจากโนดจะมีความน่าจะเป็นรวมกันเท่ากับ 1 และจะมีเพียงกิจกรรมเดียวเท่านั้นที่ทำงาน

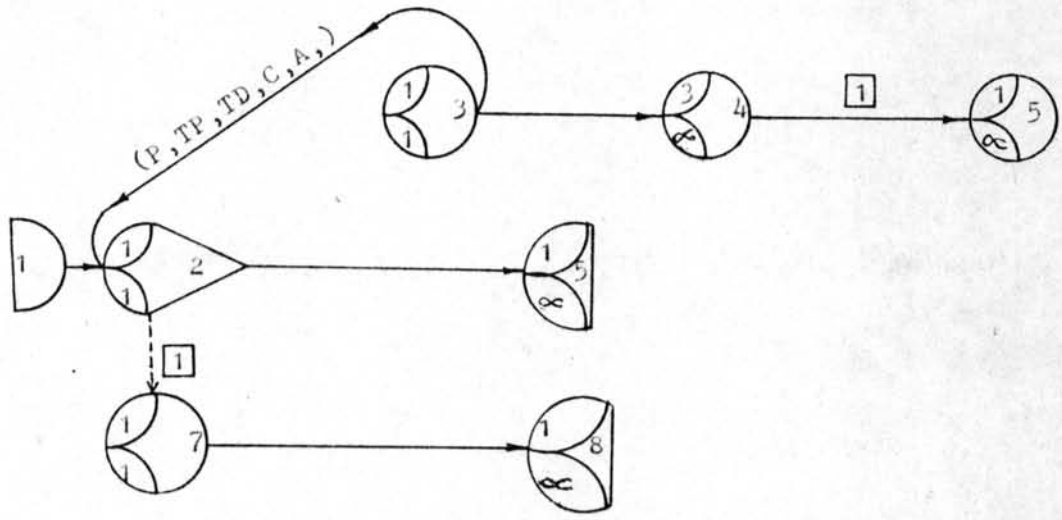
2. PARAMETER SET OF TIME คือการกำหนดเวลาเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุดและต่ำสุดของเวลา ของแต่ละกิจกรรม

3. DISTRIBUTION TYPE คือการกำหนดลักษณะการกระจายของข้อมูลที่เกิดขึ้นกับกิจกรรม

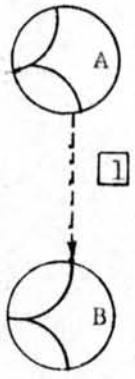
4. COUNTER TYPE คือการกำหนดให้มีการนับจำนวนกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเส้นทางที่ต้องการทราบ ในการกำหนด COUNTER TYPE จะกำหนดได้ไม่เกิน 4 ตัว

5. ACTIVITY NUMBER เป็นตัวกำหนดให้การแล้วเสร็จของกิจกรรมหนึ่งมีผลต่อการเคลื่อนไหวหรือทิศทางของกิจกรรมในส่วนอื่นของระบบ โดยการกำหนดหมายเลขให้แก่กิจกรรมที่เป็นต้นเหตุ และกำหนดหมายเลขเดียวกันให้กับกิจกรรมที่ต้องการให้สับเปลี่ยนจากรูปที่ 3.4 เมื่อกิจกรรมจากโนด 4 ไปโนด 5 แล้วเสร็จเมื่อใด โนด 2 ก็จะถูกแทนที่โดยโนด 7 และกิจกรรมที่พุ่งออกจากโนด 2 ก็จะหยุดลง ในที่นี้ ACTIVITY NUMBER หมายเลขหนึ่ง

ที่กำหนดบนกิจกรรมจากโนด 4 ไปยังโนด 5 จะเป็นตัวต้นเหตุ ส่วน ACTIVITY NUMBER ที่กำหนดบนกิจกรรมจากโนด 2 ไปยังโนด 7 จะเป็นตัวที่ถูกสับเปลี่ยน



P = PROBABILITY OF RELIZATION
TP = PARAMETER SET OF TIME
TD = DISTRIBUTION TYPE
C = COUNTER TYPE
A = ACTIVITY NUMBER



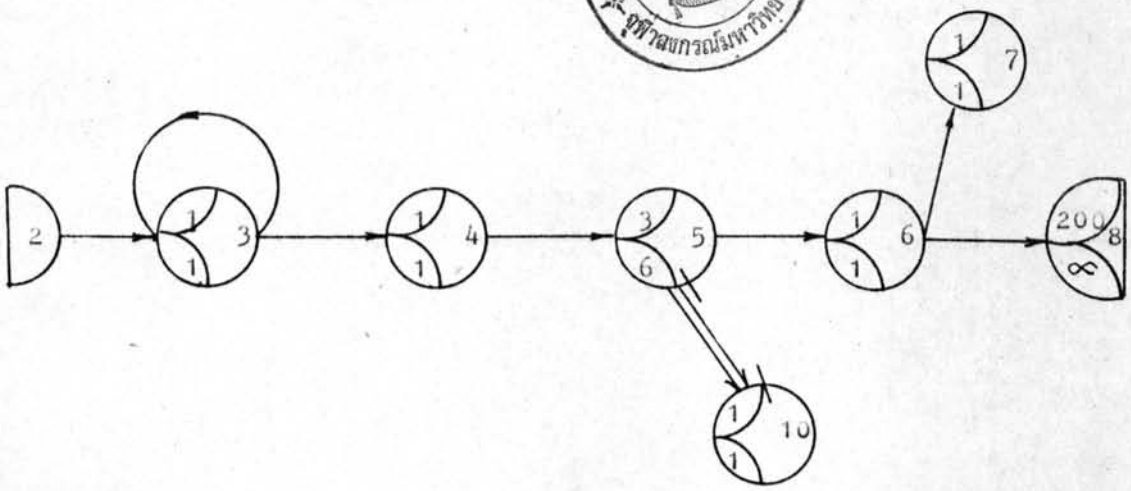
โนด A จะถูกแทนที่โดยโนด B เมื่อกิจกรรมที่ถูกกำหนดด้วย ACTIVITY NUMBER 1 แล้วเสร็จ

รูปที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของข้อมูลในกิจกรรมและการใช้สัญญลักษณ์ในการสับเปลี่ยนโนด

ตัวอย่างการใช้ เกอท ทรีคิว

สำหรับตัวอย่างที่จะนำมาเป็นแบบในการอธิบาย เกอท ทรีคิว นี้ เป็นแถวคอยที่มีหน่วยบริการเพียงหน่วยเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.5

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แสดงโครงข่ายแถวคอยที่มีหน่วยบริการเพียงหน่วยเดียว

จากรูปที่ 3.5 โนด 2 เป็น SOURCE NODE ที่จะกระตุ้นให้โนด 3 (ซึ่งใช้เป็นตัว GENERATE การมาของผู้เข้ารับบริการ) เป็นจริงและเนื่องจากด้านออก (OUTPUT SIDE) ของโนด 3 เป็น DETERMINISTIC OUTPUT ดังนั้น จะเกิดลูกศรพุ่งจากโนด 3 ไปยังโนด 4 และจากโนด 3 กลับไปยังโนด 3 ทุกครั้งที่มีกิจกรรมออกจากโนด 3 ลูกศรที่พุ่งออกจากโนด 3 กลับไปยังโนด 3 จะแทนช่วงเวลาการมาถึงระบบระหว่างผู้รับบริการแต่ละหน่วย และโนด 3 จะถูกกำหนดให้เป็น MARK NODE โนด 4 ถูกสร้างขึ้นเพื่อบันทึกเวลาการมาของผู้รับบริการ เมื่อมีกิจกรรมพุ่งออกจากโนด 4 ก็จะเป็น อินพุท (INPUT) ของโนด 5 ซึ่งเป็นคิวโนดและมีแถวคอยเมื่อตอนเริ่มต้นระบบอยู่ 3 หน่วย จำนวนแถวคอยที่คิวโนดจะรับไว้ได้สูงสุดไม่เกิน 6 หน่วย ลูกศรที่พุ่งจากโนด 5 ไปโนด 6 จะแทนเวลาในการให้บริการ (SERVICE ACTIVITY) โนด 6 จะถูกกำหนดให้เป็น 'INTERVAL' STATISTIC NODE เพื่อบันทึกเวลาของแต่ละหน่วยเมื่อเริ่มต้นเข้าสู่ระบบ (เมื่อเริ่มออกจากโนด 3) จนกระทั่งได้รับบริการเสร็จเรียบร้อย (จนกระทั่งโนด 6 เป็นจริง) สำหรับ OUTPUT ของโนด 6 เป็น DETERMINISTIC ดังนั้นจะมีลูกศรพุ่งจากโนด 6 ไปยังโนด 7 และโนด 8 ทั้งสองทาง โนด 7 จะถูกกำหนดให้เป็น 'BETWEEN' STATISTIC NODE บันทึกช่วงเวลาการหลุดพ้นจากระบบของแต่ละหน่วย โนด 8 เป็น SINK NODE ซึ่งได้กำหนดจำนวนครั้งของกิจกรรม

ที่จะเข้ามากระตุ้นเท่ากับ 200 ครั้ง จึงจะทำให้ตัวมันเป็นจริง เมื่อโนด 8 ทำงาน หมายถึง การสิ้นสุดการ SIMULATE ในรอบนั้น

สำหรับลูกศรเส้นขนานที่พุ่งจากโนด 5 ไปยังโนด 10 แสดงถึงว่า เกิดการล้นคิวขึ้นกับคิวโนด กิจกรรมที่พุ่งเข้าหาคิวโนดในขณะที่คิวโนดมีแถวคอยเต็มอยู่แล้วนั้น กิจกรรมนั้นก็จะถูกถ่ายทอดไปยังโนด 10 ทันที

การกำหนดข้อมูลให้กับโปรแกรม เกอท ทรีคิว (INPUT TO GERTS III Q PROGRAM)

ข้อมูลที่ใส่ให้กับ เกอท ทรีคิว มีด้วยกัน 7 ชุด ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดรายละเอียดและควบคุมการทำงานของโครงข่าย (NETWORKS) ในการ SIMULATE

DATA CARD 1

FIELD 1	ชื่อผู้วิเคราะห์ (6 A 2)
FIELD 2	หมายเลขของโครงการ (I4) (ถ้าเป็นลบจะต้องใช้ DATA CARD7)
FIELD 3	เดือน (I2)
FIELD 4	วัน (I2)
FIELD 5	ปี (I4)
FIELD 6	จำนวนรอบที่ต้องการ SIMULATE (I4)
FIELD 7	จำนวนความแตกต่างของชุดข้อมูลของเวลา (I4)
FIELD 8	จำนวนบรรทัดทั้งหมดภายในโครงข่ายระบบงาน + จำนวนกิจกรรมซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้พร้อมกัน (I4)
FIELD 9	ตัวเลขสุ่ม ซึ่งเป็นเลขจำนวนเต็ม (I8)
FIELD 10	ตัวเลขสุ่ม ซึ่งเป็นตัวเลขทศนิยม (F10.4)

DATA CATD 2

FIELD 1	หมายเลขของโนดที่สูงที่สุดภายในโครงข่าย (I3)
FIELD 2	จำนวน SOURCE NODE ทั้งหมดในโครงข่าย (I3)

FIELD 3 จำนวน SINK NODE ทั้งหมดในโครงข่าย (I3)

FIELD 4 จำนวนครั้งที่ SINK NODE จะต้องถูกกระตุ้นก่อนที่จะสิ้นสุดการ SIMULATE แต่ละรอบ (I3)

FIELD 5 จำนวนโนดที่เป็น STATISTICS NODE ทั้งหมดรวมทั้ง SINK NODE (I3)

FIELD 6 จำนวนของ COUNTER TYPE ที่กำหนดภายในโครงข่ายระบบงาน (I3)

FIELD 7 เป็น 1 ถ้ามีการสับเปลี่ยนโนด ถ้าไม่มีการสับเปลี่ยนเป็น 0 (I3)

DATA CARD 3

FIELD 1 หมายเลขของโนด (I3)

FIELD 2 ชนิดของโนด (I3)

SOURCE NODE = 1

SINK NODE = 2

STATISTIC NODE = 3

MARK NODE = 4

ถ้าไม่มีการกำหนดชนิดของโนดจะถือว่าเป็นโนดธรรมดา

FIELD 3 จำนวนครั้งที่จะต้องเกิดกิจกรรมกระตุ้นให้โนดทำงานครั้งแรก (I3)

FIELD 4 จำนวนครั้งที่จะต้องเกิดกิจกรรมกระตุ้นให้โนดทำงานครั้งต่อไป (I3)

FIELD 5 ชนิดของด้านออก (OUTPUT SIDE) ถ้าเป็นP หมายถึง PROBABILISTIC และเป็นD หมายถึงDETERMINISTIC(A1)

FIELD 6 ถ้าโนดนี้ได้เกิดขึ้นแล้วไม่ต้องการให้เกิดขึ้นอีกจนกว่าจะมี ACTIVITY พุ่งเข้ามาหาโนดต้นทางครั้งใหม่ ให้ใส่ R แต่ยังเกิดขึ้นได้อีกให้ว่างไว้ (A1)

ตั้งแต่ FIELD 7 ถึง FIELD 9 ต่อไปนี้ใช้ได้เฉพาะ SINK NODE และSTATISTIC NODE เท่านั้น

FIELD 7 เป็นตัวเลขต่ำสุดที่กำหนดให้กับ CELL ที่ 2 ในตาราง HISTOGRAM ส่วน CELL ที่ 1 จะเป็นตัวเก็บตัวเลขที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ CELL ที่ 2 (F6.2)

FIELD 8 กำหนดช่วงกว้างของแต่ละ CELL ของ HISTOGRAM ซึ่งมี CELL ทั้งหมด 32 CELL CELL ที่ 32 จะเป็นตัวเก็บตัวเลขที่มีค่าสูงกว่า CELL ที่ 31 (F6.2)

FIELD 9 ประเภทของ STATISTICS NODE (A1)

'FIRST'STATISTIC NODE = F

'ALL' STATISTIC NODE = A

'BETWEEN' STATISTIC NODE = B

'INTERVAL' STATISTIC NODE = I

'DELAY' STATISTIC NODE = D

DATA CARD 4

เป็นข้อมูลภายในชุดข้อมูล ซึ่งมีจำนวนชุดเท่ากับจำนวนที่กำหนดใน DATA CARD 1 FIELD 7 แต่ละชุดจะมีลักษณะข้อมูลอย่างไร ขึ้นอยู่กับชนิดของการแจกแจง (DISTRIBUTION TYPE) เช่น

FOR CONSTANT DISTRIBUTION (1)

FIELD 1 เวลาที่ใช้ (F10.4)

FOR NORMAL (2) LOGNOMAL (5) BETA (7) and GAMMA (9)

FIELD 1 ค่าเฉลี่ย (F10.4)

FIELD 2 ค่าต่ำสุด (F10.4)

FIELD 3 ค่าสูงสุด (F10.4)

FIELD 4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (F10.4)

I16686408

FOR UNIFORM DISTRIBUTION (3)

FIELD 1	ไม่ใช้	(F10.4)
FIELD 2	ค่าต่ำสุด	(F10.4)
FIELD 3	ค่าสูงสุด	(F10.4)
FIELD 4	ไม่ใช้	(F10.4)

FOR ERLANG DISTRIBUTION (4)

FIELD 1	ค่าเฉลี่ย	(F10.4)
FIELD 2	ค่าต่ำสุด	(F10.4)
FIELD 3	ค่าสูงสุด	(F10.4)
FIELD 4	จำนวนหน่วยที่มีการกระจายแบบเอ็กโมเนนเชียล ก่อนปรับให้เป็น ERLANG	

ถ้าใน FIELD 4 มีค่าเป็น 1 จะหมายถึง การกระจายแบบเอ็กโมเนนเชียล

FOR POISSON DISTRIBUTION (6)

FIELD 1	ค่าเฉลี่ย	(F10.4)
FIELD 2	ค่าต่ำสุด	(F10.4)
FIELD 3	ค่าสูงสุด	(F10.4)
FIELD 4	ไม่ใช้	(F10.4)

DATA CARD 5

แต่ละกิจกรรมจะใช้ DATA CARD 5 เพียง 1 ใบ

FIELD 1	ความน่าจะเป็นที่เกิดกิจกรรม	(F8.3)
FIELD 2	START NODE	(I3)
FIELD 3	END NODE	(I3)
FIELD 4	หมายเลขชุดของข้อมูล	(I3)
FIELD 5	ชนิดของการแจกแจง	(I3)

FIELD 6 COUNTER TYPE (I3)

FIELD 7 ACTIVITY NUMBER (I3)

CARD ใบสุดท้ายของข้อมูลชุดนี้ จะต้องใส่ค่า 0 ที่ FIELD ที่ 2

DATA CARD 6

DATA CARD ใบนี้จะใช้เมื่อมีการใช้ ACTIVITY NUMBER ในการสับเปลี่ยนโนด (MODIFIED NODE) ใน FIELD ที่ 7 ของ DATA CARD 2 มีค่ามากกว่า 0

FIELD 1 หมายเลขของ ACTIVITY NUMBER (I3)

FIELD 2 หมายเลขของโนดที่จะถูกแทนที่ เมื่อ ACTIVITY NUMBER ใน FIELD 1 เกิดขึ้น (I3)

FIELD 3 หมายเลขของโนดที่จะเข้าแทนที่ เมื่อ ACTIVITY NUMBER ใน FIELD 1 เกิดขึ้น (I3)

FIELD 4-21 ถ้า ACTIVITY NUMBER ใน FIELD ที่ 1 มีผลต่อการสับเปลี่ยนโดนหลาย ๆ โนด โนดต่อ ๆ ไปที่ถูกสับเปลี่ยนก็จะเขียนต่อไปตั้งแต่ FIELD 4-27 เช่นเดียวกับใน FIELD 2 และ FIELD 3 ถ้าการสับเปลี่ยนสิ้นสุดที่ FIELD ใด ๆ ให้ใส่ 0 ลงใน FIELD ถัดมา บัตรใบสุดท้ายของ DATA ชุดนี้ต้องเป็น 0

DATA CARD 7

DATA CARD ใบนี้จะใช้เมื่อหมายเลขโครงการที่กำหนดใน FIELD ที่ 2 ของ DATA CARD 1 มีค่าเป็นลบ

FIELD 1 รอบที่จะให้เริ่มต้นแสดงผลการเกิดกิจกรรมต่าง ๆ (I3)

FIELD 2 รอบที่จะให้จบการแสดงผลการเกิดกิจกรรม เมื่อกิจกรรมต่าง ๆ ในรอบนั้นได้สิ้นสุดลง (I3)

สำหรับการกำหนดข้อมูลให้กับคิวโนดมีข้อแตกต่างจากโนดธรรมดาที่ DATA CARD 3 ซึ่งข้อมูลของคิวโนดใน DATA CARD 3 จะมีรายละเอียดดังนี้

FIELD 1 หมายเลขของโนด

FIELD 2 โค๊ดของคิวโนด คือ 5

FIELD 3 จำนวนแถวคอยภายในคิวโนดเมื่อเริ่มต้นระบบ ถ้ามีค่ามากกว่า 0 แสดงว่า หน่วยบริการขณะนั้นกำลังอยู่ในระหว่างการให้บริการ และจะบริการเสร็จเมื่อไร จะถูกจัดการให้โดยอัตโนมัติ

FIELD 4 จำนวนแถวคอยสูงสุดที่คิวโนดนี้จะรับได้ ถ้า - 1 แสดงจำนวนแถวคอยที่มีได้สูงสุดเท่ากับ 0 ถ้าเป็น 0 แสดงว่าจำนวนแถวคอยในคิวโนดมีได้ไม่จำกัด

FIELD 7-8 เป็นตัวเลขต่ำสุดที่กำหนดให้กับ CELL และความกว้างของแต่ละ CELL ในตาราง HISTOGRAM ซึ่งเป็นตัวเลขเกี่ยวกับจำนวนแถวคอยโดยเฉลี่ยภายในคิวโนด

FIELD 10 ลักษณะการจัดเข้ารับบริการ

0 = FIRST-COME-FIRST-OUT (FIFO)

1 = LAST IN-FIRST-OUT (LIFO)

FIELD 11 กำหนดโนดที่จะรับการถ่ายทอดหน่วยเข้ารับบริการจากคิวโนด ในกรณีที่แถวคอยเกินขีดจำกัดสูงสุดที่มีได้

ข้อกำหนดบางประการในการใช้โปรแกรม เกอท ทรีคิว

1. จะมีคิวโนด 2 คิวโนด ต่อเนื่องกันไม่ได้

2. จะกำหนด COUNTER TYPE ให้กับกิจกรรมที่พุ่งเข้าหาคิวโนดหรือกิจกรรมที่พุ่งออกจากคิวโนด (SERVICE ACTIVITY) ไม่ได้

3. กิจกรรมที่พุ่งเข้าหาโนดที่เป็น 'DELAY' STATISTIC NODE จะกำหนดให้มี COUNTER TYPE ไม่ได้

4. โนดเริ่มต้นของระบบ (SOURCE NODE) ไม่ว่าจะมีกี่โนดก็ตามหมายเลขของโนด (NODE NUMBER) จะต้องขึ้นต้นตั้งแต่หมายเลข 2 ขึ้นไป

5. ถ้าจำนวนคิวสูงสุดที่คิวโนดสามารถจะรับไว้ได้ มิได้ถูกกำหนดโปรแกรมเกอท์ จะกำหนดค่าสูงสุดของจำนวนคิวที่คิวโนด สามารถรับได้ ให้โดยอัตโนมัติ

6. ผลรวมของโนดที่เป็นคิวโนดและ STATISTICS NODE ต้องเท่ากับหรือน้อยกว่า 100 โนด

3.4 การแจกแจงความน่าจะเป็นบางชนิด

การแจกแจงปัวซอง (POISSONDISTRIBUTION)

เป็นการแจกแจงเหตุการณ์ของตัวแปรสุ่ม X ซึ่งแสดงให้เห็นถึงจำนวนครั้งที่จะเกิดเหตุการณ์นั้นขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนดให้ อาจเป็นหนึ่งนาทีหนึ่งวันหรือหนึ่งสัปดาห์ การแจกแจงปัวซองอาจได้จากการสังเกตุตัวแปรสุ่ม X ที่แสดงจำนวนครั้งที่มีโทรศัพท์เข้าต่อ ชม. ในบริษัทแห่งหนึ่ง หรือแสดงจำนวนเรือสินค้าที่เข้ามาจอดที่สันดอนปากแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อรอเข้ารับบริการการขนถ่ายสินค้า ณ บริเวณท่าเรือกรุงเทพฯ ในช่วงเวลา 1 วัน ตัวแปรสุ่ม X ซึ่งมีการแจกแจงแบบปัวซอง จะมีการแจกแจงดังนี้ คือ

$$P(X,u) = \frac{e^{-\mu}\ \mu^{X}}{x!} \qquad \text{เมื่อ } X = 0,1,2,\ldots\ldots\ldots (3.5.1)$$

โดยที่ u คือค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งของความสำเร็จที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว

และ $e = 2.71828$

การแจกแจงแกมม่า (GAMMA DISTRIBUTION)

ตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง X ที่มีการแจกแจงแกมม่า พารามิเตอร์ α และ β มีการแจกแจง

$$f(X) = \frac{1 \cdot X^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^{\alpha}\,\Gamma(\alpha)} \qquad \text{เมื่อ } X > 0$$

$$= 0 \qquad \text{เมื่อ } X \text{ มีค่าอื่น ๆ}$$

จากแกมม่า ฟังชั่น $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} \cdot e^{-x}\, dx \quad , \quad \alpha > 0$

$= (\alpha-1)!$

ดังนั้น $f(x) = \frac{1 \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha (\alpha-1)!}$

และ COMULATIVE DISTRIBUTION หาได้จาก

$$F(x) = \int_0^x \frac{1 \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha (\alpha-1)!}\, dx$$

$$= 1 - \beta e^{-x/\beta}(x^{\alpha-1} + \beta(\alpha-1)x^{\alpha-2} + \beta^2(\alpha-1)(\alpha-2)x$$

$$+ \cdots \beta^{\alpha-1}(\alpha-1)(\alpha-2)\cdots(\alpha-(\alpha-1)))/\beta^\alpha(\alpha-1)!$$

ให้ $\theta = (\alpha - 1)$

$$F(x) = \frac{1 - e^{-x/\beta}(x^\theta + \beta\theta x^{\theta-1} + \beta^2\theta(\theta-1)x^{\theta-2} + \cdots \beta^\theta\theta(\theta-1)\cdots(\alpha-\theta)x^{\theta-\theta}}{\beta^\theta \theta!} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5.2)$$

ค่าเฉลี่ย และความแปรปรวน หาได้จาก

$$\mu = \alpha\beta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5.3)$$

$$\sigma^2 = \alpha\beta^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3.5.4)$$

<u>การแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล</u> (EXPONENTIAL DISTRIBUTION)

ให้ X เป็นตัวแปรสุ่มต่อเนื่อง ซึ่งมีการแจกแจงเอ็กซ์โปเนนเชียล จะมีการแจกแจงดังนี้

$$\int(x) = \lambda \varrho^{-\lambda x}, \qquad x > 0$$

และฟังชันการแจกแจงสะสมจะหาได้จาก

$$F(x) = 1 - \varrho^{-\lambda x}$$

การแจกแจงชนิดนี้มีใช้มาก โดยเฉพาะในการหาค่าความเชื่อถือได้และในเรื่องเกี่ยวกับการรอ

3.6 การทดสอบความเหมาะสมของการแจกแจง (TEST OF GOODNESS OF FIT)

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบว่าการกระจายของข้อมูล หรือตัวเลขที่ได้จากการทดลอง มีการกระจายในรูปแบบใด จากการแจกแจงความน่าจะเป็นจะหาความถี่ของตัวแปรสุ่ม X แต่ละค่าได้ ถ้าทราบความถี่ทั้งหมด ซึ่งก็คือจำนวนครั้งที่ทำการทดลอง สมมุติ เท่ากับ N ความถี่เหล่านี้จะมีค่าเท่ากับ N.Pr (X = x) ค่าของ N.Pr (X = x) ที่เป็นความถี่ที่คาดว่าจะได้เท่านั้นไม่ใช่ความถี่ที่ได้จากการทดลองจริง ๆ ดังนั้น จะต้องทดสอบความถี่ที่คาดว่าจะได้ตามที่ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม X

ในการทดสอบความแตกต่างของความถี่จากการทดลอง และความถี่ที่คาดว่าจะได้ตามหลุมว่ามีนัยสำคัญหรือไม่ โดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (CHI - SQUARE TEST) ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าของ

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

เมื่อ χ^2 เป็นค่าตัวแปรสุ่ม x^2 ซึ่งมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงไคสแควร์มากที่สุด สัญลักษณ์ Oi และ Ei เขียนแทนความถี่ที่ได้จากการทดลอง และความถี่ที่คาดว่าจะได้ตามหลุมตามลำดับ

ถ้าความถี่ที่คาดว่าจะได้จากการทดลอง มีค่าใกล้เคียงกับความถี่ที่คาดว่าจะได้ตามหลุม χ^2 ก็จะมีค่าน้อย ถ้าความถี่ต่างกันมากค่าของ χ^2 ก็มากด้วย ฉะนั้น ขอบเขตที่ยอม

รับได้ ก็คือ เมื่อ $\chi^2 < \chi^2_{\infty}$ โดยที่ χ^2_{∞} เป็นค่าที่ได้จากการแจกแจงไคสแควร์ เมื่อระดับความมีนัยสำคัญ คือ ∞ ขอบเขตที่ยอมรับได้นี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อความถี่ที่คาดไว้ในแต่ละเซลล์มีค่าอย่างน้อย 5 ชั้นแห่งความเป็นอิสระสำหรับการแจกแจงไคสแควร์ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 2 ประการ คือ จำนวนเซลล์ ในการทดลอง และจำนวนค่า สถิติที่ได้จากการทดลองเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความถี่ที่คาดว่าจะได้ตามทฤษฎี ซึ่งมีวิธีการดังนี้

$$\gamma = k - m - 1$$

เมื่อ γ = ชั้นแห่งความเป็นอิสระ

k = จำนวนเซลล์

m = จำนวนค่าสถิติที่คำนวณจากการทดลอง