

513.3
D 9417
16

การจำลองแบบการ เล่นเกมส์โยนเหรียญ

ปริญญานิพนธ์

ของ

โกมล ไพศาล

ปี 7 พ.ศ. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2529

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

177960

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปัญหานี้
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....ประธาน
.....กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
.....กรรมการ
.....กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและให้คำแนะนำจาก
ดร. เพ็ชรรัตน์ จันทรแสนวิไล ประธานกรรมการที่ปรึกษาและ ดร. ยศิ กฤษณังกูร
กรรมการที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ผู้วิจัยขอกราบนิมรลึงถึงพระคุณของบิดามารดา ที่ได้อบรมเลี้ยงดูให้ความ
อุปการะทั้งในค่าน้ำกำลังใจ และกำลังทรัพย์ สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา
พระคุณนี้หาที่เปรียบมิได้

โกมล ไพศาล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
	ขอบเขตของการวิจัย	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	3
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
	การประยุกต์ของเทคนิคการจำลองแบบ	5
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองแบบ	7
3	วิธีดำเนินการ	11
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	11
	การจำลองแบบและการวิเคราะห์	12
	โครงสร้างของโปรแกรมจำลองแบบ	12
	รายละเอียดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจำลองแบบ	14
	โปรแกรมจำลองแบบ	21
4	ผลการทดลอง	24
	ข้อเสนอแนะ	28
	บรรณานุกรม	29
	ภาคผนวก	31

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 เหตุการณ์ที่'เกิดหัวและ'ก้อย	24
2 คา'สติไค-สแควร์สำหรับการเกิดหัวและ'ก้อย	25

ภูมิหลัง

การวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research) เป็นการประยุกต์วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในปัญหาที่สลับซับซ้อนซึ่งเกิดขึ้นในการบริหารระบบงานใหญ่ ๆ เกี่ยวกับกำลังคน เครื่องจักร เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และการเงินของอุตสาหกรรม ธุรกิจ รัฐบาลและการป้องกันประเทศ วิธีที่น่าสนใจนี้เป็นการสร้างแบบจำลองของระบบและมาตรการในการวัดปัจจัยบางอย่าง เช่น โอกาสและความเสี่ยงในการทำนายและเปรียบเทียบผลลัพธ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับทางเลือกการตัดสินใจ ยุทธวิธีหรือการควบคุม ทั้งนี้ก็เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะช่วยการบริหารให้ตัดสินใจกำหนดนโยบายและกิจกรรมต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์มากขึ้น (สมคิด แก้วสนธิ 2524 : 2 - 3)

ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่สอง ทางทหารได้ให้ความสนใจอย่างมากในการวิจัยการดำเนินงานโดยได้รวบรวมผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่าง ๆ เช่น นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักคณิตศาสตร์ ฯลฯ มาวิเคราะห์หาคำตอบและวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานทางทหารให้ดีขึ้น ผลของการวิจัยได้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงวิธีปฏิบัติงานทางทหารอย่างมากมาย เช่น เปลี่ยนวิธีการทิ้งระเบิดของฝูงบินจากการที่เครื่องบินแต่ละลำในฝูงต่างเล็งหาเป้าหมายเองมาเป็นการทิ้งระเบิดพร้อม ๆ กันหมดทุกลำในฝูง ลดจำนวนเครื่องบินในแผนบินแต่ละแบบ เปลี่ยนวิธีลาดตระเวนบนน้ำแบบเคาะสุ่มมาเป็นวิธีการอย่างมีแบบแผน เป็นต้น ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สอง อุตสาหกรรมและกิจการงานต่าง ๆ ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว กิจการที่ใช้บุคคลเดียวเป็นทั้งผู้จัดการทั่วไป ผู้จัดการฝ่ายจัดซื้อ ผู้จัดการฝ่ายขาย ฯลฯ ก็เริ่มหมดไป และการผูกขาดในกิจการงานแต่ละชนิดเริ่มสลายตัวอย่างรวดเร็วการดำเนินงานแต่ละชนิดได้วิจัยอย่างละเอียดเพื่อลดค่าใช้จ่ายและเพื่อให้มีโอกาสแข่งขันกับผู้อื่นมากขึ้น วิธีการและเทคนิคจึงได้รับการพัฒนาอย่าง

มากมายในทางอุตสาหกรรมได้นำวิธีการและเทคนิคเหล่านี้ไปใช้แก้ไขปัญหาขัดแย้งระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ภายในระบบงานเดียวกัน เช่น ปัญหาในการเก็บทุนสินค้า ปัญหาในการแบ่งปันกำลังทรัพยากร กำลังคน และทรัพยากรที่มีจำกัดในระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อกิจการใดกิจการหนึ่ง เป็นต้น (วิจิต หล่อจิระสุนท์กุล 2515 : 1 - 2)

ในการวิเคราะห์หาคำตอบที่ต้องการโดยการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แทนระบบจริง ๆ ในบางครั้งจะพบว่า ระบบที่กำลังศึกษาอยู่มีความสลับซับซ้อนมาก จนวิธีการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายอาจจะใช้หาคำตอบได้ การจำลองแบบ (Simulation) จึงเข้ามามีบทบาทแทนวิธีการสร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์แบบที่จำลองอาจเป็นในรูปของแผนภาพหรืออื่น ๆ ในปัจจุบันวิทยาการทางคอมพิวเตอร์เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว จึงได้มีการจำลองแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยโดยการเขียนโปรแกรมซึ่งจะจำลองแต่ละส่วนในระบบที่ต้องการศึกษา ในปัจจุบันปัญหาต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการบริหาร การปกครอง การแพทย์ การอุตสาหกรรมและอื่น ๆ ต่างประกอบด้วยระบบที่มีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากมากขึ้น เหตุผลประการหนึ่งคือผลิตภัณฑ์และบริการต่าง ๆ มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากมา การเปลี่ยนแปลงอะไรก็ตามย่อมมีผลกระทบกระเทือนต่อส่วนอื่น ๆ ของระบบซึ่งมีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นผู้บริหารหรือผู้ตัดสินใจจึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพอย่างเช่นวิธีการจำลองแบบเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา (ธีรนิจ ยุวหงษ์ 2522 : 5)

จากการเล็งเห็นความสำคัญของการจำลองแบบดังกล่าวนี้เอง ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาหลักการของการจำลองแบบจากตัวอย่างปัญหาที่อาจใช้การจำลองแบบได้ เช่น การเล่นเกมส์ รูปแบบแถวคอย แต่ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาการจำลองแบบการเล่นเกมส์ เพราะว่าในปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้เกมส์ในเครื่องคอมพิวเตอร์มีการพัฒนาตามไปด้วยจนมีบทบาทมากในปัจจุบัน

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองแบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญ

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเข้าใจลักษณะและหลักการของการจำลองแบบโดยใช้เกมส์โยนเหรียญ
2. เพื่อนำผลที่ได้จากการจำลองแบบไปตัดสินใจในการเล่นเกมส์โยนเหรียญ

จริง

ขอบเขตของการวิจัย

จำลองแบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีกติกาการเล่นดังนี้ มีเหรียญเพียงตรงอยู่ 1 อันซึ่งมีความน่าจะเป็นของการได้ก้อยเท่ากับ $\frac{1}{2}$ และความน่าจะเป็นของการได้หัวเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ผู้เล่นจะโยนเหรียญไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลต่างระหว่างจำนวนหัวและก้อยที่ขึ้นเท่ากับ 3 หรือ จำนวนครั้งที่โยนเหรียญเท่ากับ 20 ครั้ง จึงจะจบเกมส์ โดยที่แต่ละครั้งที่โยนเหรียญผู้เล่นจะต้องเสียเงิน 1 บาทก่อน และจะได้รับเงิน 7 บาท เมื่อจบเกมส์ ผู้เล่นจะเลิกเล่นก่อนจบเกมส์ไม่ได้ ผู้เล่นควรตัดสินใจเล่นเกมส์นี้หรือไม่

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

เกมส์ หมายถึง การแข่งขันซึ่งมีผลได้ผลเสียเป็นเดิมพัน และมีการตกลงกัน ในกติกาการแข่งขันเพื่อให้ผู้เข้าแข่งขันแข่งกันในรอบระยะเวลาเดียวกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำลองแบบ (Simulation) หมายถึง ขบวนการหรือวิธีการออกแบบจำลองระบบจริง (Real System) และดำเนินการทดลองโดยใช้แบบจำลองนั้นในการศึกษาพฤติกรรมของระบบจริงและการวิเคราะห์หาข้อมูลอันเกิดจากการใช้กลยุทธ์ (Strategies) ต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบ (วิจิตร ศัทพ์สิทธิ์ 2524:192)

วัตถุประสงค์ในการใช้การจำลองแบบอาจสรุปได้ดังนี้

1. ใช้อธิบายและศึกษาพฤติกรรมของระบบ
2. เพื่อสร้างทฤษฎีหรือสมมุติฐานของการเกิดพฤติกรรมต่าง ๆ ในระบบ
3. ใช้ทฤษฎีที่ได้ในการคาดคะเนพฤติกรรม ซึ่งจะเกิดขึ้นในอนาคต (โดยเฉพาะในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมหรือส่วนประกอบของระบบ) (วิจิตร ศัทพ์สิทธิ์ 2524 : 192)

การใช้การจำลองแบบนี้ก็เพื่อที่จะสามารถทำการทดลองกับรูปแบบปัญหาซึ่งสร้างเลียนแบบระบบจริงเพื่อศึกษาพฤติกรรมต่าง ๆ ของระบบจริง เหตุที่มีการนำเอาการจำลองแบบเข้าไปใช้นั้น เนื่องจากมีอุปสรรคในการทำการทดลองโดยตรงกับระบบจริง อุปสรรคดังกล่าวอาจสรุปได้ดังนี้

1. การทดลองกับระบบจริงนั้นอาจก่อให้เกิดความขัดข้องในการดำเนินงานของหน่วยงาน
2. การทดลองซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องกับความสามารถในการทำงานของคน เมื่อทำการทดลองกับระบบจริงนั้นอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดเนื่องจากว่าคนทำงานภายใต้การตรวจวัดความสามารถนั้นไม่ได้ทำงานด้วยความสามารถจริงที่ตนเคยทำอยู่ หรือจะทำต่อไปเพราะทราบว่าตนกำลังถูกทดสอบความสามารถทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อน

3. การทดลองกับระบบจริงนั้นเป็นการยากที่จะควบคุมสภาวะแวดล้อมทุกอย่างของการทำงานให้คงที่ สมำเสมอ ซึ่งมีผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลไม่ไ้ประสิทธิภาพตามที่ต้องการ เนื่องจากความผันแปรของสภาวะแวดล้อมทำให้ข้อมูลที่ควรจะต้องมาจากกลุ่มประชากร (Population) เกี่ยวกันในการวิเคราะห์นั้นโดยจริงแล้วไม่ได้มาจากกลุ่มเดียวกัน เพราะได้มาจากการทดลองภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน

4. การทดลองกับระบบจริงนั้น อาจต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก

5. การทดลองเพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการดำเนินงานที่ดีที่สุดเมื่อทำการทดลองกับระบบจริงโดยการนำเอาวิธีทุกวิธีที่เป็นไปได้มาทดลองใช้กับระบบจริงเพื่อหาข้อมูล อาจเป็นไปได้ (วิจิตร ตันตสุทธิ์ 2524 : 196)

ในปัจจุบันปัญหาทางด้านการบริหารมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบที่ดำเนินงานโดยบุคคล ความซับซ้อนเหล่านี้มีสาเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งตั้งขึ้นเพื่อประสานงานหรือร่วมกันดำเนินงานไปตามวัตถุประสงค์ของระบบและจากความเป็นจริงอย่างหนึ่ง คือ เมื่อระบบใดถูกเปลี่ยนแปลงแก้ไข ณ จุดใดจุดหนึ่ง ย่อมมีผลกระทบกระเทือนไปถึงส่วนอื่น ๆ ของระบบนั้นด้วย ดังนั้น เทคนิคของการวิเคราะห์ระบบจึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้บริหารได้เข้าใจและศึกษาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างแท้จริง สามารถแก้ไขข้อบกพร่องได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ในการนี้ความเจริญก้าวหน้าด้านวิทยาการทางคอมพิวเตอร์ได้มีส่วนช่วยให้เทคนิคของการจำลองแบบเป็นที่แพร่หลายและนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาที่สลับซับซ้อนดังกล่าว ซึ่งไม่อาจแก้ไขได้ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ (ชววิช พงศ์ประยูร 2525 : 18)

การประยุกต์ของเทคนิคการจำลองแบบ (Applications of Simulation Technique)

วิธีการจำลองแบบที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในแขนงงานต่าง ๆ ได้แก่วิธี "มอนติคาร์โล" (Monte Carlo) ซึ่งเป็นผลงานของ ฟอน นิวแมน (Von Neumann) และ ยูแลม (Ulam) ทั้งสองคนได้พยายามใช้วิธีการนี้เพื่อหาคำตอบจากการแก้ปัญหา

การสร้างเครื่องป้องกันรังสีนิวเคลียร์ ในปี พ.ศ. 2473 - 2493 เป็นงานลับที่ทำกันที่ ลอส อลามอส (Los Alamos) โดยใช้รหัสของงานนี้ว่า "มอนติคาร์โล" และในเวลาต่อมาได้ถูกเปิดเผยและนำมาใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ ด้วยมอนติคาร์โล เป็นวิธีการจำลองแบบ การทดลองโดยการสร้างส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบที่ไม่สามารถควบคุมได้โดยการเลือกตัวเลขสุ่ม (Sampling Random Number) ขึ้นมาเพื่อจะได้รู้ได้ว่าส่วนประกอบต่าง ๆ นั้นควรจะมีพฤติกรรมหรือค่าอย่างไรตามการกระจายความน่าจะเป็นของส่วนประกอบวิธีการนี้เมื่อทำซ้ำ ๆ หลายครั้งก็พอจะได้คำตอบที่ค่าการผันแปรของระบบและใช้ตอบปัญหาได้ (ธีรนิจ ยุวหงษ์ 2522 : 5 - 6)

การจำลองแบบได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายและได้กลายเป็นเครื่องมืออันสำคัญของนักออกแบบ เช่น การสร้างแบบจำลองเครื่องมือทดลองในอุโมงค์ลม การสร้างแบบจำลองแถวคอยการจราจรทางอากาศของท่าอากาศยาน การสร้างแบบจำลองแผนผังโรงงานด้วยวิธีการกำหนดมาตราส่วนเครื่องจักร การสร้างแบบจำลองเส้นทาง การติดต่อประสานงานในแผนผังจัดการบริหารงานในองค์การขนาดใหญ่ จากการพัฒนาของคอมพิวเตอร์ประเภทไฮบริด ทำให้ความสามารถในการปฏิบัติงานวิเคราะห์หาค่ายเครื่องคอมพิวเตอร์ดำเนินงานได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นผลให้การประยุกต์การจำลองแบบในการปฏิบัติงานวิจัยหลายสาขาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว (Mize and Cox. 1968 : 1)

ในประเทศไทยก็ได้มีการใช้การจำลองแบบเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกับโครงการที่สำคัญ เช่น โครงการพัฒนาลุ่มแม่น้ำโขงโดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเขื่อนด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์หาค่าผลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างเขื่อนกับทะเลสาบจนได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นขนาดความสูง ความหนาของเขื่อน จากการตรวจสอบขนาดต่าง ๆ ว่าถูกต้องตามหลักการแล้วจึงก่อสร้างจริงที่หลวง การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ก็ใช้การจำลองแบบ ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ช่วยในการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้า
มิให้ดับเพราะการจ่ายกระแสไฟฟ้าไม่เพียงพอ ทางด้านการควบคุมระบบจราจรทาง
อากาศกรมการบินพลเรือน กองทัพอากาศได้มีการนำเอา "เรดาร์ ซิมูเลเตอร์"
(Radar Simulator) ช่วยในการฝึกหัดเจ้าหน้าที่ควบคุมการจราจรทางอากาศ
ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ นับได้ว่าการจำลองแบบมีใช้ในงานหลายสาขาคู่กัน
(วีรวัฒน์ เกรียงไกรเพชร 2522 : 12)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองแบบ

ในปี พ.ศ. 2460 เออร์แลง (Erlang) ชาวเดนมาร์ก ได้ทำการวิจัย
แก้ปัญหาความหนาแน่นของแถวคอยของการใช้โทรศัพท์เป็นผลสำเร็จ ยอร์จ บริแกรม
(George Brigram) ได้ทำการวิจัยถึงการจัดจำนวนเจ้าหน้าที่สำหรับเบิกจ่าย
เครื่องมือปฏิบัติงานให้เหมาะสมกับปริมาณงานให้กับบริษัทสร้างเครื่องบินแบบโบอิงได้
สำเร็จในปี พ.ศ. 2498 ต่อมา แกลไลเฮอร์ และวีลเลอร์ (Gallaiher and
Wheeler) ได้ทำการวิจัยในปี พ.ศ. 2501 ถึงความน่าจะเป็นของความหนาแน่น
ของแถวคอยเครื่องบินที่บินรอในอากาศเพื่อรอนลงใช้บริการของท่าอากาศยานใน
สภาพที่อัตราการเข้าใช้บริการของเครื่องบินที่เข้ารับบริการไม่เปลี่ยนแปลงตามระยะ
เวลาและมีค่าคงที่ในปี พ.ศ. 2511 โรเซนชิน (Rosenchine) ได้ทำการวิจัย
ถึงวิธีแก้ปัญหาแถวคอยการจราจรทางอากาศได้เป็นผลสำเร็จ และต่อมาใน พ.ศ.
2519 เรืออากาศโทหญิงศักดิ์ รวยรื่น นิสิตปริญญาโท แผนกวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการวิจัยเรื่องปัญหาแถวคอยเครื่องบินขึ้นลงที่ท่าอากาศยาน
กรุงเทพฯ ในสภาพไม่สม่ำเสมอ เพื่อศึกษาถึงการปรับปรุงท่าอากาศยานกรุงเทพฯ ต่อไป
(วีรวัฒน์ เกรียงไกรเพชร 2522 : 11)

ในปี พ.ศ. 2522 ชีรนิจ ยุวพงษ์ ได้ทำการวิจัยเรื่องการจำลองแบบแถว
คอยของเรือ ณ ท่าเรือคลองเตย ผลที่ได้จากการจำลองแบบแถวคอยทำให้ได้ข้อสรุปว่า
เรือที่จะเข้าเทียบท่า ณ ท่าเรือคลองเตยจำเป็นต้องเสียเวลาในการรอคอยบริเวณสันดอน

ปากอ่าวโดยเฉลี่ยแล้วลำนละ 19.8112 ชั่วโมง ปกติแล้วเรือสินค้าในปัจจุบันขณะที่ถึง
 สมอจอร์จคอยอยู่เป็นประจำต้องเดินเครื่องนำไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เครื่อง เพื่อใช้กับ
 อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ บนเรือ เช่น เกี่ยวกับระบบการระบายและปรับอากาศ ไฟสัญญาณ
 ต่าง ๆ เป็นต้น เครื่องไฟฟ้าขนาด 152 แรงม้ามี 8 ชุด จะต้องใช้น้ำมันดีเซลเป็น
 จำนวนประมาณ 33 ลิตรต่อชั่วโมง น้ำมันดีเซลราคาดีเซลละ 3.03 บาท ดังนั้นเรือ
 แต่ละลำที่จะเข้ามาทำการขนถ่ายสินค้า ณ ท่าเรือคลองเตยต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายไป
 ประมาณ 1,980 บาท ในปีหนึ่ง ๆ มีเรือสินค้าเข้ามาเทียบท่าโดยประมาณ 1,500 ลำ
 จำนวนเงินที่สูญเสียไปประมาณ 3,000,000 บาท เงินจำนวนที่สูญเสียไปนี้ย่อมมีผล
 ต่อเศรษฐกิจของประเทศ กล่าวคือในค่านของสินค้าขาเข้าผู้ผลิตย่อมจะต้องผลักภาระ
 ให้แก่ผู้บริโภคทำให้สินค้าต่าง ๆ แพงขึ้น ค่าครองชีพจะสูงขึ้นในค่านสินค้าขาออกก็จะ
 ทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายในการนำสินค้าออกสูงขึ้น เงินตราต่างประเทศที่ควรจะได้รับ
 เข้าสู่ประเทศก็กลับลดลง และในปัจจุบันแนวโน้มที่เรือเพลิงจะเป็นทรัพยากรที่หายากขึ้น
 ย่อมจะมีผลทำให้การสูญเสียนี้มีความมากยิ่งขึ้น จากผลการจำลองแบบโดยพิจารณาเวลา
 ที่เรือสินค้าให้บริการเฉพาะเวลาที่เทียบท่าเรือเพื่อขนถ่ายสินค้านั้น จะเห็นว่าอัตราการ
 ให้บริการนี้โดยเฉลี่ย 58.944 ชั่วโมงต่อลำ การรอคอยของเรือสินค้าจะลดลงเหลือ
 4.1923 ชั่วโมงต่อลำ ในลักษณะนี้จะเห็นได้ว่าการรอคอยเฉลี่ยต่อลำลดลงถึง 15.6184
 ชั่วโมง คิดเป็นค่าเชื้อเพลิงต่อปีประมาณ 2,340,000 บาท นอกจากนี้เนื่องจากท่าเรือ
 คลองเตยเป็นท่าเรือที่ตั้งอยู่ในแม่น้ำการทำเรือแห่งประเทศไทยจึงจำเป็นต้องทำการขุด
 ลอกสันดอนและร่อนน้ำให้มีความลึกอยู่ในมาตรฐานและกฎเกณฑ์เพื่อความปลอดภัยของสินค้า
 ค่าใช้จ่ายในการนี้ใน พ.ศ. 2519, 2520 และ 2521 เป็นจำนวนเงิน 34,413,503.43,
 39,333,584.04 และ 36,893,552.76 บาท ตามลำดับ เฉลี่ยต่อปีเป็นจำนวนถึง
 36,880,213.40 บาท เมื่อพิจารณาจากสาเหตุทั้ง 2 ประการ อาจเห็นได้ว่าการมี
 ท่าเรือน้ำลึกที่มีความสามารถในการขนถ่ายเท่าเทียมกับท่าเรือคลองเตย ในปัจจุบันจะ
 มีส่วนทำให้ไม่ต้องสูญเสียเงินจำนวนดังกล่าวไป ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสูงขึ้นทุกปีตามหลักการนี้
 และการพัฒนาปรับปรุงท่าเรือสัตหีบซึ่งมีอยู่แล้วในปัจจุบันให้เป็นที่พำนัก ย่อมจะมีส่วน
 พัฒนาค่านเศรษฐกิจให้กับประเทศไทยได้ก็ขึ้นได้ส่วนหนึ่ง (ธีรนิจ ยุวหงษ์ 2522 :144-145)

ในปี พ.ศ. 2525 รัช พงศ์ประยูร ได้วิจัยเรื่องแบบจำลองแถวคอยของแผนกจ่ายยาในโรงพยาบาล ผลจากการจำลองแบบแถวคอย แผนกจ่ายยาของโรงพยาบาลพระมงกุฎฯ สรุปได้ว่า ในวันที่ผู้รับบริการมาหนาแน่น ผู้รับบริการจะต้องเสียเวลาอยู่ในระบบเฉลี่ยถึง 1254.99 วินาที ผู้รับบริการส่วนใหญ่คือ คนไข้ซึ่งได้รับทุกข์เนื่องจากความเจ็บป่วยทางร่างกายอยู่แล้ว ยังต้องมาเสียเวลารอคอยเพื่อรับบริการจากแผนกจ่ายยา อันเป็นการเพิ่มทุกข์ทางกายและใจมากขึ้น นอกจากนี้คนไข้ส่วนใหญ่มักมีญาติมาด้วย ถ้าเสียเวลาในการรอกอยนานอาจทำให้คนเหล่านี้ต้องขาดงาน อันเป็นผลเสียต่อรายได้ส่วนตัวและระบบเศรษฐกิจของประเทศ เป็นส่วนรวม ตามปกติคนไข้ส่วนใหญ่ต้องการมารับการตรวจรักษาที่โรงพยาบาลของรัฐบาล เพราะเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าและหากเป็นข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจยังสามารถเบิกค่ารักษาพยาบาลได้ด้วย ถ้าแผนกจ่ายยาของโรงพยาบาลพระมงกุฎฯ ได้รับการปรับปรุงแก้ไข โดยเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการแล้ว เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการอยู่ในระบบจะลดลงเหลือ 198.66 วินาที แถวคอยจะมีความสม่ำเสมอยิ่งขึ้น และความแออัดของผู้รับบริการจะลดลงได้มาก ดังนั้นผู้บริหารจึงสมควรปรับปรุงระบบการให้บริการของแผนกดังกล่าวให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการปฏิบัติงาน โดยการเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการดังกล่าวข้างต้น พร้อมทั้งปรับปรุงระบบโดยใช้วิธีการวิจัยการดำเนินงาน ซึ่งคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมในการดำเนินงานด้วยการลดเวลาให้บริการอาจทำได้อีกทางหนึ่งโดยมีต้องเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการด้วยการนำเอาเครื่องมือเครื่องใช้ที่ทันสมัยมาใช้กับระบบ หรือนำเอาเทคนิคของวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวและเวลา (Motion and Time Studies) มาช่วยวิเคราะห์หาวิธีปฏิบัติงานที่ดีที่สุด ซึ่งอาจช่วยลดเวลาส่วนที่ไม่จำเป็นหรือลดการปฏิบัติงานที่ซ้ำซ้อนได้ การที่มีผู้ให้บริการมากเกินไปในระบบ นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากโดยไม่จำเป็น บางครั้งอาจเกิดความด้อยประสิทธิภาพ ซึ่งเป็ผลเสียต่อระบบ (รัช พงศ์ประยูร 2525 : 141 - 142)

ปี พ.ศ. 2525 สิรี ศิริคุปต์ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การจำลองแบบแถวคอยของผู้โดยสารที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองและด่านศุลกากร ณ ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ ผลการวิจัยระบบแถวคอยของผู้โดยสารขาออกและขาเข้าที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองและด่านศุลกากร ณ ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ สรุปได้ว่า

1. ช่วงเวลาคับคั่งของผู้โดยสารขาออกและขาเข้าที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองและด่านศุลกากร คือ ช่วงเวลา 09.15 - 10.15 น. และ 17.00 - 18.00 น. ตามลำดับ

2. อัตราการเข้ารับบริการของผู้โดยสารขาออกในช่วงเวลาคับคั่งเฉลี่ยประมาณ 12.457 คนต่อนาที และเวลาที่เจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองให้บริการแก่ผู้โดยสารขาออก เฉลี่ยประมาณ 71.83 วินาทีต่อคน

3. อัตราการเข้ารับบริการของผู้โดยสารขาเข้าในช่วงเวลาคับคั่ง เฉลี่ยประมาณ 7.94 นาทีต่อกลุ่ม หรือประมาณ 13.22 นาทีต่อคน เวลาที่เจ้าหน้าที่ตรวจคนเข้าเมืองให้บริการ เฉลี่ยประมาณ 79.44 วินาทีต่อคน โดยผู้โดยสารทุกคนจะเสียเวลาที่บริเวณรับกระเป๋าอย่างน้อยคนละประมาณ 15 นาที และเวลาที่ศุลกากรทำให้บริการเฉลี่ยประมาณ 74.46 วินาทีต่อคน

4. อัตราการเข้ารับบริการของผู้โดยสารขาออกเป็นแบบบิวของและลักษณะการให้บริการที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองขาออกเป็นแบบโค้งปกติ

5. ลักษณะการเข้ารับบริการของผู้โดยสารขาเข้าเป็นแบบเอกซ์โพเนนเชียล ลักษณะการให้บริการที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองและด่านศุลกากรขาเข้าเป็นแบบโค้งปกติ

6. จากผลการจำลองแบบแถวคอยของผู้โดยสารในปัจจุบัน พบว่า ระบบการให้บริการในปัจจุบันยังคงมีประสิทธิภาพพอเพียง ในการสนองตอบความต้องการเข้ารับบริการของผู้โดยสารได้จนถึงปี พ.ศ. 2527 สำหรับผู้โดยสารขาออก และปี พ.ศ. 2529 สำหรับผู้โดยสารขาเข้า (สิรี ศิริคุปต์ 2525 : 84 - 85)

จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแสดงให้เห็นว่าการจำลองแบบสามารถนำไปใช้กับระบบต่าง ๆ ได้มากมายโดยเฉพาะกับระบบที่มีความสลับซับซ้อนและเป็นระบบงานที่ถ่วงน้ำหนักกับระบบงานจริงแล้วต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง

วิธีดำเนินการ

ในการศึกษาการจำลองแบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญสามารถศึกษาได้ตามลำดับดังนี้

1. ศึกษารูปแบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญว่ามีลักษณะและขอบเขตของการเล่นเป็นอย่างไร เพื่อเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญดังกล่าว
2. เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามผลที่ได้จากการศึกษาในข้อ 1
3. ทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากข้อ 2 โดยใช้ข้อมูลเลขต่าง ๆ
4. ทดลองว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งเขียนขึ้นเป็นแบบจำลองของเกมส์โยนเหรียญ ใช้แทนเกมส์โยนเหรียญจริงได้หรือไม่ โดยใช้วิธีทางสถิติ
5. ประเมินผลการวิจัยเพื่อหาข้อสรุปและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งนี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ย โดยคำนวณจากสูตร

$$S_{\bar{X}} = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n^2(n-1)}}$$

เมื่อ $S_{\bar{X}}$ แทนค่า ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้ง ในการโยนเหรียญ

n แทนค่า จำนวนเกมส์ที่เล่นทั้งหมด

X แทนค่า จำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมส์

$\sum X$ แทนค่า ผลรวมทั้งหมดของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมส์

$\sum X^2$ แทนค่า ผลรวมของกำลังสองของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญ

2. ค่าไค-สแควร์ โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ χ^2	แทนค่า	ไค-สแควร์
k	แทน	จำนวนชั้นที่คำนวณค่าของไค-สแควร์
O_i	แทน	ค่าสังเกตของจำนวนการเกิดหน้าของ เหรียญชั้นที่ i
E_i	แทน	ค่าคาดหวังของจำนวนการเกิดหน้าของ เหรียญชั้นที่ i

การจำลองแบบและการวิเคราะห์

1. เกมสโตนเหรียญซึ่งต้องการจำลองแบบในที่นี้ใช้เหรียญซึ่งมี 2 หน้า คือ หัวกับก้อย ความน่าจะเป็นของการขึ้นหัวเท่ากับ $\frac{1}{2}$ และความน่าจะเป็นของการขึ้นก้อยเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ดังนั้นเราจำลองแบบเหตุการณ์การขึ้นหัวและเหตุการณ์การขึ้นก้อยโดยใช้เลขสุ่มที่ผลิตได้ในช่วง (0,1) (ดูภาคผนวก ก) ในที่นี้จะใช้เลขสุ่มตั้งแต่ 0.00000001-0.50000000 แทนเหตุการณ์การขึ้นหัวและจะใช้เลขสุ่มตั้งแต่ 0.50000001-0.99999999 แทนเหตุการณ์การขึ้นก้อย

2. โครงสร้างของโปรแกรมจำลองแบบ

โครงสร้างของโปรแกรมจำลองแบบนี้จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ส่วนที่เป็นโปรแกรมหลัก (Main Program) เป็นโปรแกรมที่

อ่านข้อมูลนำเข้าและความคุมสั่งการให้ส่วนอื่น ๆ ปฏิบัติงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ จากข้อมูลนำเข้า

2.2 ส่วนที่เป็นโปรแกรมย่อย (Subroutine) จะทำหน้าที่แต่ละด้านในการจำลองแบบ ซึ่งแยกหน้าที่ออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

2.2.1 SUBROUTINE WRITE ทำหน้าที่ในการพิมพ์ข้อมูลนำเข้าและรูปแบบของการจำลองแบบ

2.2.2 SUBROUTINE RAN ทำหน้าที่ในการผลิตเลขสุ่มที่แจกแจงสม่ำเสมอในช่วง (0,1)

2.2.3 SUBROUTINE SDD ทำหน้าที่ในการคำนวณค่าต่าง ๆ จากการจำลองแบบ พิมพ์ออกเป็นรายงาน

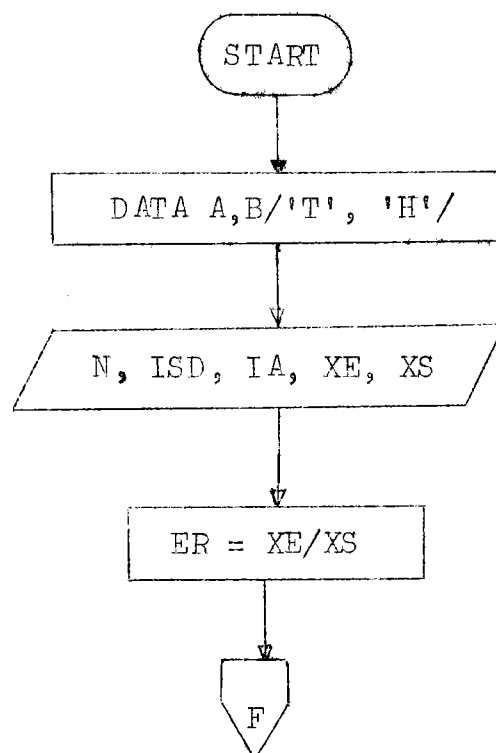
2.3 ตัวแปรที่ใช้ในโปรแกรมจำลองแบบ

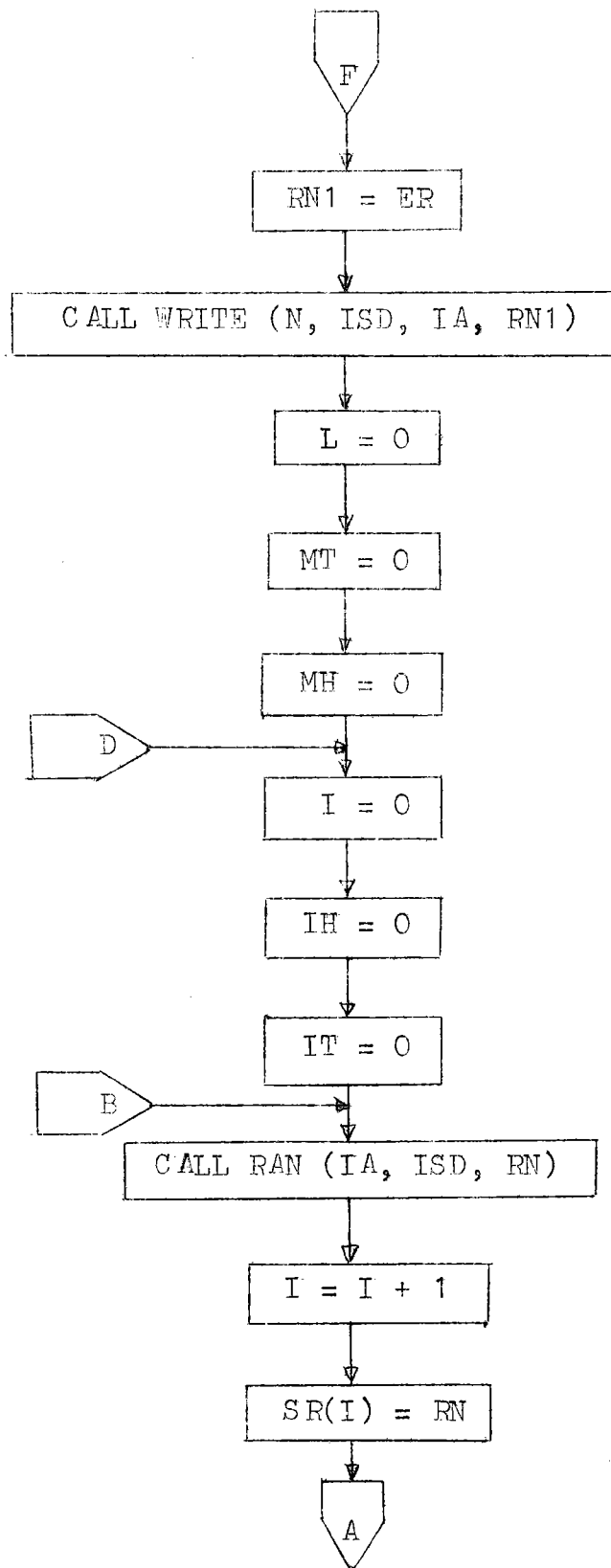
SR(I) : ใช้เก็บเลขสุ่มที่สร้างขึ้น
 TH(I) : เป็นตัวเก็บการเกิดหัวหรือกอย
 IP(L) : ใช้เก็บจำนวนหัวและกอย
 A : ใช้เก็บการเกิดกอย
 B : ใช้เก็บการเกิดหัว
 N : จำนวนเกมส์ที่เล่นทั้งหมด
 ISD : ค่าคงตัว "SEED" (N_0)
 IA : ค่าคงตัว (a)
 XE : เหตุการณ์ที่เกิดหัว
 XS : เหตุการณ์ที่เกิดหัวหรือกอย
 ER : ใช้เก็บความน่าจะเป็นของการเกิดหัว
 RN1 : สัดส่วนของการเกิดหัว
 L : เป็นตัวเช็คค่าเกมส์ที่เล่นครบหรือยัง
 MT : ใช้เก็บจำนวนกอยทั้งหมด
 MH : ใช้เก็บจำนวนหัวทั้งหมด
 I : เป็นตัวเช็คค่าจบในแต่ละเกมส์หรือยัง

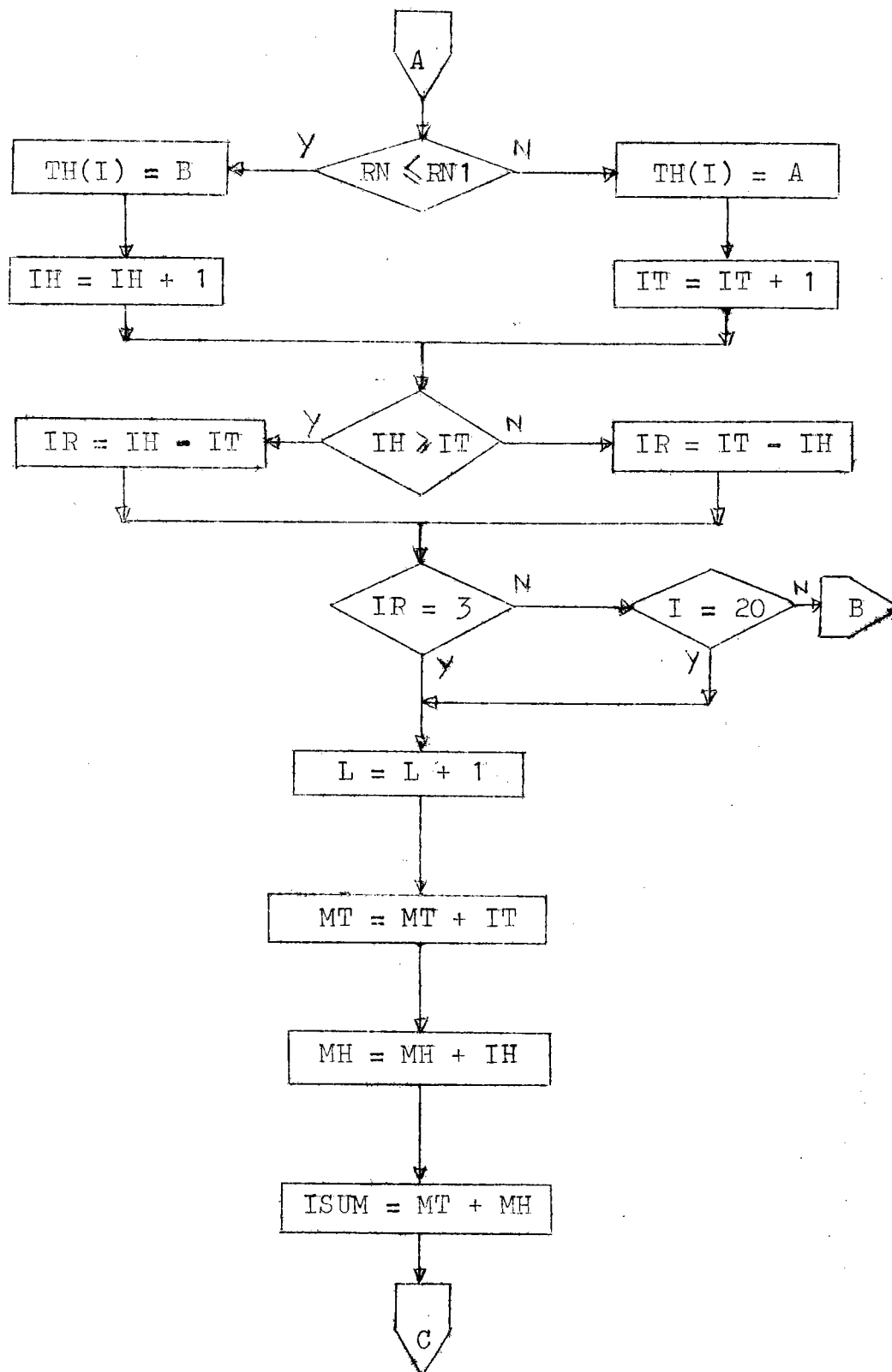
IH : ผลรวมของการเกิดหัวในแต่ละเกมส์
 IT : ผลรวมของการเกิดก้อยในแต่ละเกมส์
 RN : ตัวเลขสุ่มที่สร้างขึ้น
 IR : ผลต่างของหัวกับก้อย
 ISUM : จำนวนหัวและก้อยทั้งหมด
 IS : จำนวนหัวและก้อยในแต่ละเกมส์

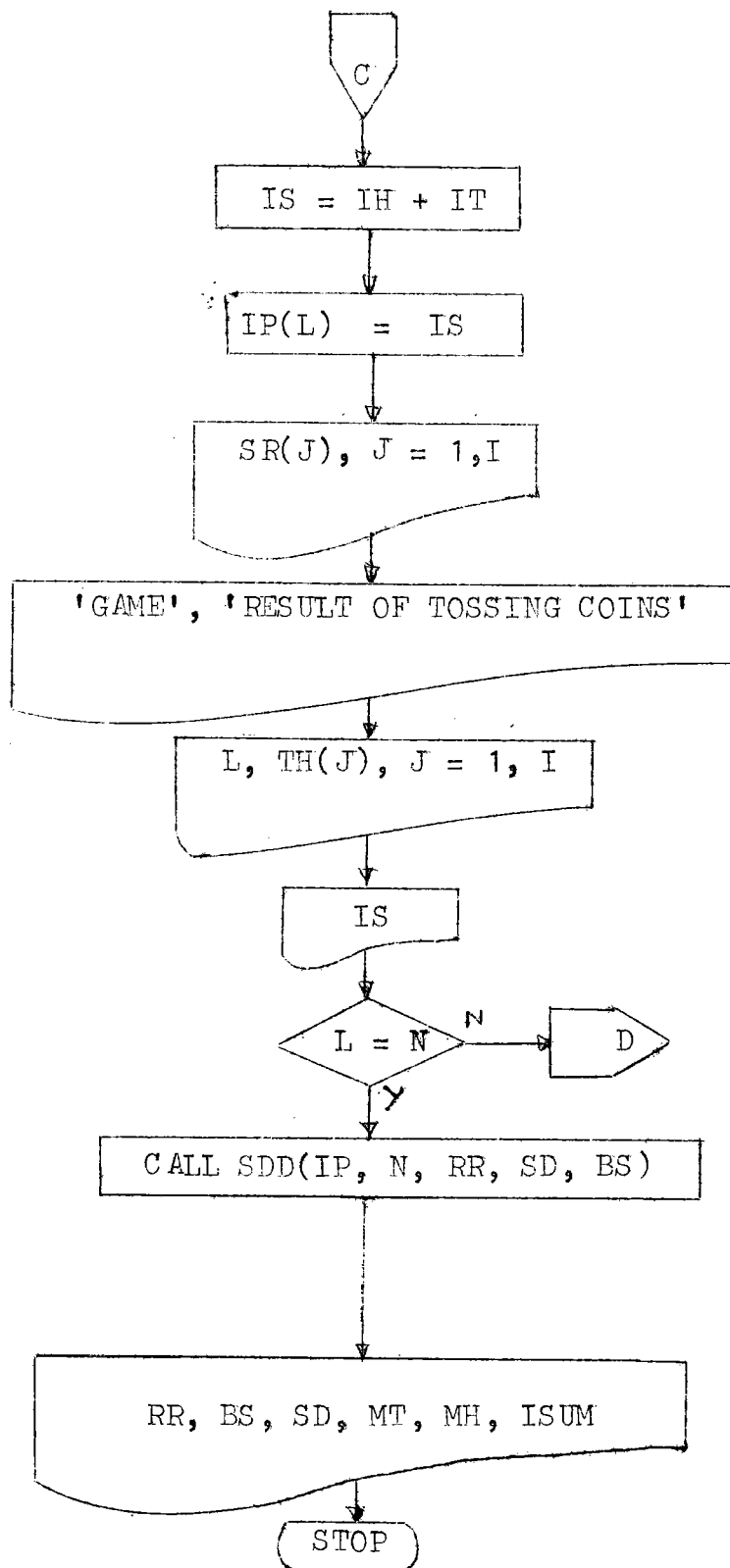
3. รายละเอียดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจำลองแบบ

3.1 ฟังก์ชันของโปรแกรมหลัก



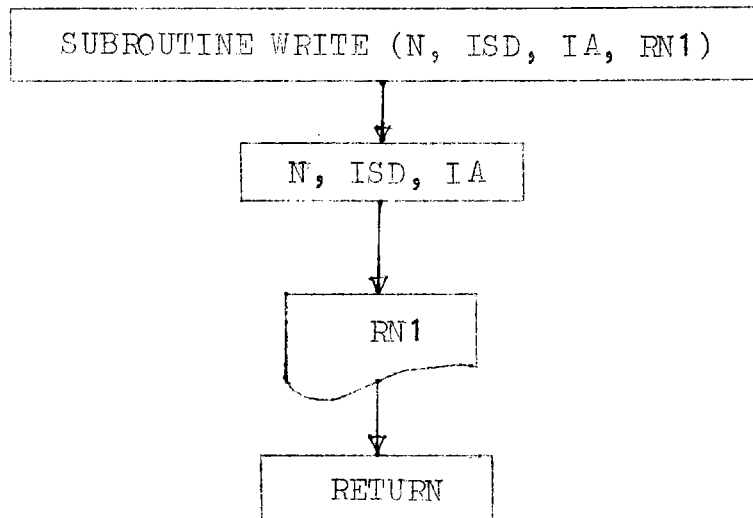




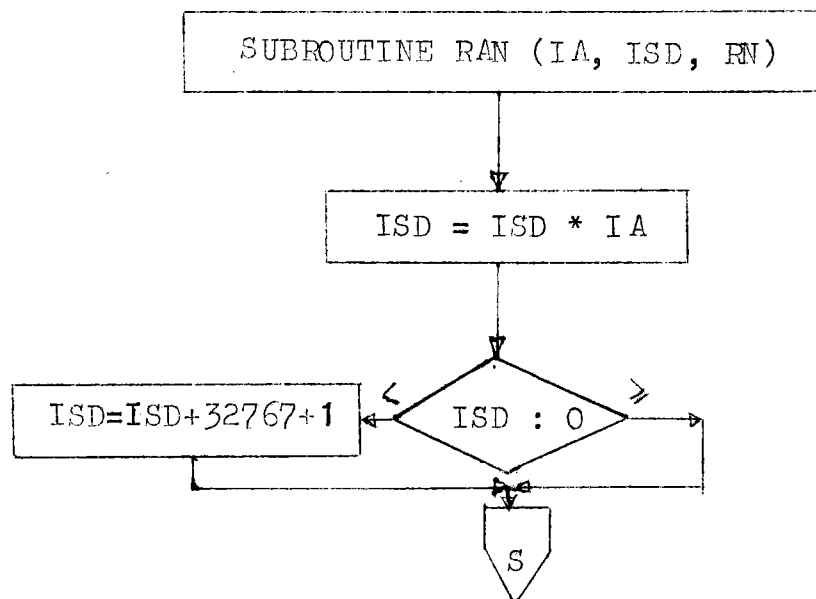


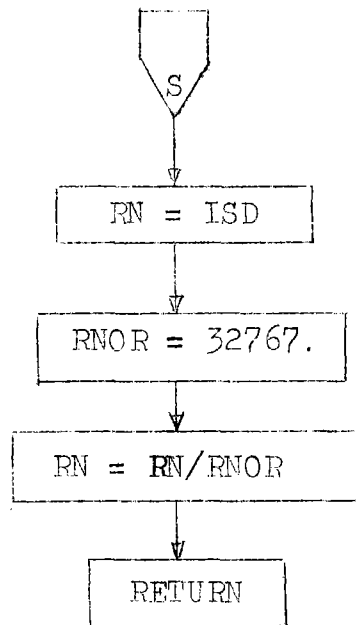
3.2 ใช้งานของโปรแกรมย่อย

3.2.1 SUBROUTINE WRITE

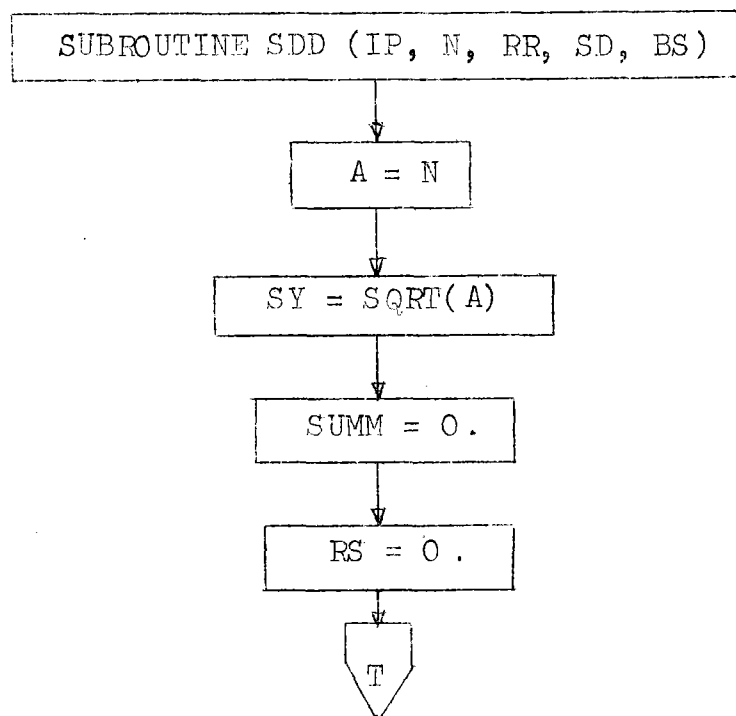


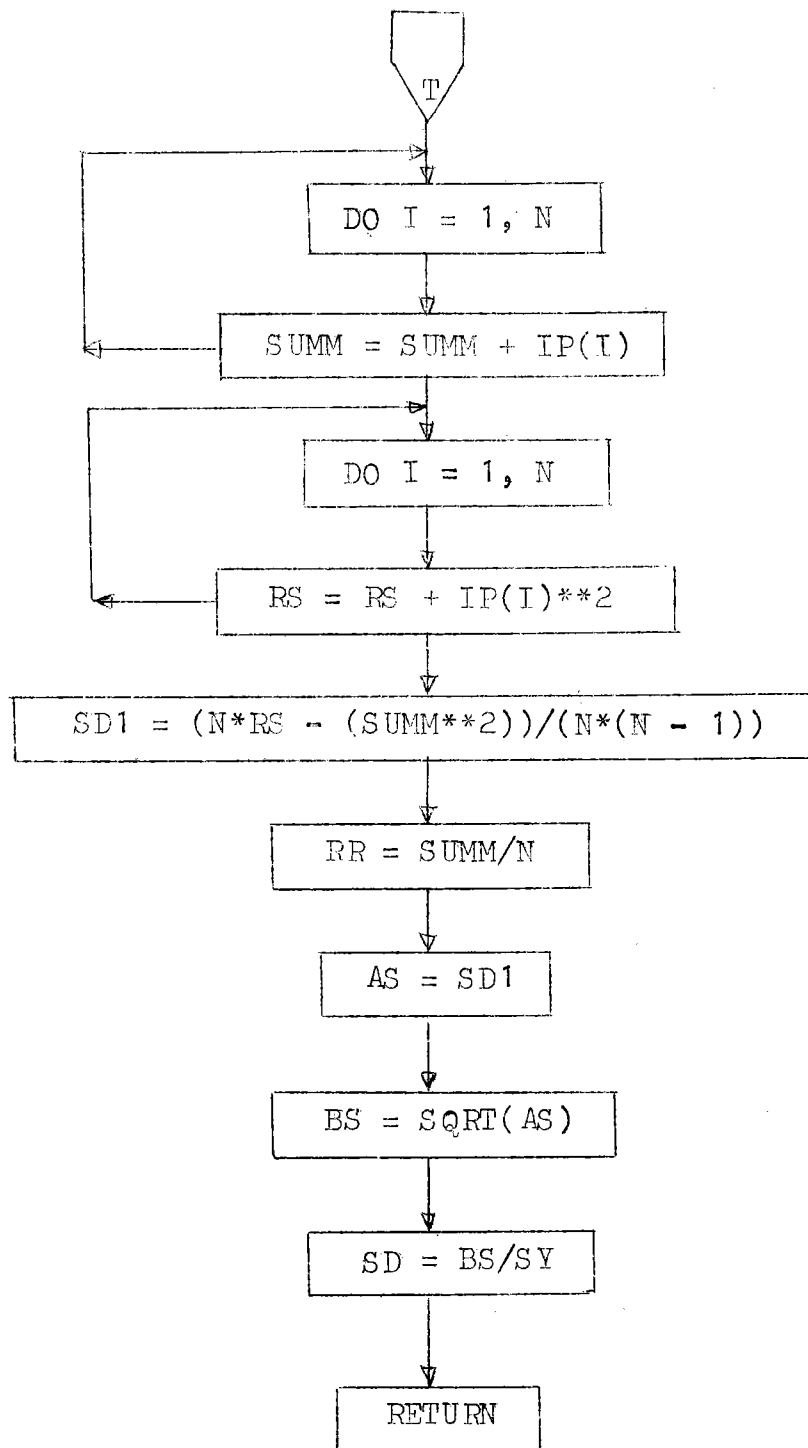
3.2.2 SUBROUTINE RAN





3.2.3 SUBROUTINE SDD





4. โปรแกรมจำลองเกม

```

C      SIMULATION OF GAME OF TOSSING COINS
C      ISD:SEED
C      XE:EVENT OF HEAD
C      XS:SAMPLE SPACE
C      N:NUMBER OF GAME TO PLAY
      DIMENSION SR(20), TH(20), IP(110)
      DATA A,B/'T','H'/
      READ(3,88) N,ISD,IA,XE,XS
88     FORMAT(I3,I5,I4,F2.0,F3.0)
      ER=XE/XS
      RN1=ER
      CALL WRITE(N,ISD,IA,RN1)
      L=C
      MT=0
      MH=0
13     I=0
      IH=0
      IT=0
11     CALL RAN(IA,ISD,RN)
      I=I+1
      SR(I)=RN
      IF(RN.LE.RN1) GOTO 6
      TH(I)=A
      IT=IT+1
      GOTO 7
6      TH(I)=B
      IH=IH+1
7      IF(IH.GE.IT) GOTO 8
      IR=IT-IH
      GOTO 9
8      IR=IH-IT
9      IF(IR.EQ.3) GOTO 77
      IF(I.EQ.20) GOTO 77
      GOTO 11
77     L=L+1
      MT=MT+IT
      MH=MH+IH
      ISUM=MT+MH
      IS=IH+IT
      IP(L)=IS
      WRITE(3,62) (SR(J),J=1,I)
62     FORMAT(' ',7(F10.8,1X))
      WRITE(3,61)
61     FORMAT(' ', 'GAME', 5X, 'RESULT OF TOSSING COINS')
      WRITE(3,63) L,(TH(J), J=1,I)
63     FORMAT(' ', I3,5X,20(A1,2X))
      WRITE(3,64) IS
64     FORMAT(' ', 'TOTAL OF TAIL AND HEAD=',I3)
      WRITE(3,55)
55     FORMAT(' ', '-----')
      2-----')

```

```

        IF(L.EQ.N) GOTO 15
        GOTO 13
15 CALL SDD(IP,N,RR,SD,BS)
   WRITE(3,19) RR
19 FORMAT(' ',27X,'XBAR=',F5.2)
   WRITE(3,44) BS
44 FORMAT(' ',13X,'STANDARD DEVIATION=',F5.2)
   WRITE(3,21) SD
21 FORMAT(' ',2X,'STANDARD DEVIATION OF AVERAGE=',F5.3)
   WRITE(3,50)
50 FORMAT(' ', '-----
5-----')
   WRITE(3,48) MT
48 FORMAT(' ',8X,'TOTAL OF TAIL IN THE GAME =',I3)
   WRITE(3,49) MH
49 FORMAT(' ',8X,'TOTAL OF HEAD IN THE GAME =',I3)
   WRITE(3,33) ISUM
33 FORMAT(' ', 'TOTAL OF HEAD AND TAIL IN THE GAME=',I3)
   WRITE(3,98)
98 FORMAT(' ', '-----
4-----')
   STOP
   END
C  SUBROUTINE SUBPROGRAM WRITE
   SUBROUTINE WRITE(N,ISD,IA,RN1)
   WRITE(3,78)
78 FORMAT(' ', '-----
3-----')
   WRITE(3,33) N,ISD,IA
33 FORMAT(' ', 'NUMBER OF GAME TO PLARY=',I5,/,19X,
1,'SEED=',I5,/,22X,'A=',I4)
   WRITE(3,34) RN1
34 FORMAT(' ', 'COMPARE SIMULATION OF GAME=',F10.8)
   WRITE(3,35)
35 FORMAT(' ', '-----
2-----')
   RETURN
   END
C  SUBROUTINE SUBPROGRAM RANMIX
   SUBROUTINE RAN(IA,ISD,RN)
   ISD=ISD*IA
   IF(ISD)3,4,4
3 ISD=ISD+32767+1
4 RN=ISD
   RNOR=32767.
   RN=RN/RNOR
   RETURN
   END

```

```

C      SUBROUTINE SUBPROGRAM STANDARD DEVIATION
      SUBROUTINE SDD(IP,N,RR,SD,BS)
      DIMENSION IP(110)
      A=N
      SY=SQRT(A)
      SUMM=0.
      RS=0.
      DO 10 I=1,N
10    SUMM=SUMM+IP(I)
      DO 11 I=1,N
11    RS=RS+IP(I)**2
      SD1=(N*RS-(SUMM**2))/(N*(N-1))
      RR=SUMM/N
      AS=SD1
      BS=SQRT(AS)
      SD=BS/SY
      RETURN
      END

```

ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

1. ความเชื่อถือได้ของโปรแกรมการจำลองแบบ

แบบจำลองนี้ได้สร้างขึ้นตามข้อสมมุติฐานและข้อกำหนดต่าง ๆ ข้อสมมุติฐานอันหนึ่งคือ ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ $\frac{1}{2}$ และความน่าจะเป็นของการเกิดก้อยเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ซึ่งข้อสมมุติฐานและข้อกำหนดดังกล่าวได้กำหนดโดยอาศัยสภาพความเป็นจริง การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมการจำลองแบบที่สร้างขึ้น โดยเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองแบบกับข้อมูลในอดีตนั้นไม่อาจกระทำได้ เนื่องจากไม่มีการรวบรวมไว้อย่างไรก็ดีเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมการจำลองแบบนี้ จึงได้ทำการทดสอบความถูกต้องของการเกิดหัวและก้อยจากโปรแกรม โดยใช้สถิติทดสอบคือ ไค-สแควร์ จากผลการทดลองการเล่นเกมส์ 100 เกมส์ เมื่อค่าเริ่มต้น N_0 เท่ากับ 345 และค่าคงตัว a เท่ากับ 259 ผลปรากฏดังตาราง 1

ตาราง 1 เหตุการณ์ที่เกิดหัวและก้อย

เหตุการณ์ที่เกิด	จำนวนครั้ง
หัว	424
ก้อย	427

จากตาราง 1 นำมาทดสอบโดยใช้ไค-สแควร์ ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดย
ตั้งข้อสมมุติฐานดังนี้

$$H_0 : P_1 = P_2$$

$$H_1 : P_1 \neq P_2$$

เมื่อ P_1 แทน ความน่าจะเป็นของการเกิดหัว
 P_2 แทน ความน่าจะเป็นของการเกิดก้อย

การคำนวณไค-สแควร์ ผลปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 ค่าสถิติไค-สแควร์สำหรับการเกิดหัวและก้อย

เหตุการณ์	O_i	E_i	$O_i - E_i$	$\sum_{i=1}^2 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
$i=1$ (หัว)	424	$\frac{1}{2}(851)$	-1.5	0.0053
$i=2$ (ก้อย)	427	$\frac{1}{2}(851)$	1.5	0.0053
				$\chi^2 = 0.0106$

ค่า degree of freedom = 1

$$\chi^2_{.05, 1} = 3.841$$

จากตาราง 2 จะเห็นว่า $0.0106 < 3.841$ แสดงว่า ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ $\frac{1}{2}$ และความน่าจะเป็นของการเกิดก้อยเท่ากับ $\frac{1}{2}$ ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ไว้ข้างต้น สรุปได้ว่าโปรแกรมของแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความเชื่อถือได้ 95 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการจำลองแบบ

ในการจำลองแบบการ เล่นเกมสโตนเหรียญนี้ได้จำลองให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการเล่นเกมสโตนทั้งหมด 100 เกมสโตน เมื่อให้ค่าเริ่มต้น N_0 เท่ากับ 345 และค่าคงตัว a เท่ากับ 255 โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ $\frac{1}{2}$ (ดูรายละเอียดผลที่ได้ในภาคผนวก ข) ได้ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมสโตนเท่ากับ 8.51 โดยมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการโยนเหรียญเท่ากับ 0.539 ดังนั้นเราสามารถหาค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมสโตนของประชากร ณ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ .05 จากสูตร

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} (S_{\bar{X}})$$

เมื่อ μ	แทน ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมสโตนของประชากร
$\bar{X}$	แทน ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมสโตนของกลุ่มตัวอย่าง
Z	แทน ค่าที่ได้จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน
∞	แทน ระดับนัยสำคัญ
$S_{\bar{X}}$	แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการโยนเหรียญ

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned}\mu &= 8.51 \pm 1.96(0.539) \\ &= 8.51 \pm 1.056\end{aligned}$$

สรุปได้ว่าถ้ามีการประมาณค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกม 100 ครั้ง จะพบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 7.454 ถึง 9.566 เป็นจำนวน 95 ครั้ง

จากการทดลองถ้าเปลี่ยนค่าเริ่มต้น N_0 เป็น 971 ส่วนค่าคงตัว a ยังคงเดิม เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการเล่นเกมครบ 100 เกม (ดูรายละเอียดผลที่ได้ในภาคผนวก ค) จะได้ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมเท่ากับ 8.44 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในการโยนเหรียญเท่ากับ 0.521 จะเห็นว่าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในช่วง 7.454 - 9.566 จากผลการทดลองจึงกล่าวทำให้สรุปได้ว่า ผู้เล่นไม่ควรเล่นเกมโยนเหรียญนี้ เพราะค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมสูงกว่า 7 ครั้ง ซึ่งทำให้ผู้เล่นเสียเปรียบ ถ้าเปลี่ยนค่าความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเป็น 0.75 ส่วนค่าอื่น ๆ ยังคงเดิม คือค่าเริ่มต้น N_0 เท่ากับ 971 และค่าคงตัว a เท่ากับ 259 เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการเล่นเกมครบ 100 เกม (ดูรายละเอียดผลที่ได้ในภาคผนวก ง) จะได้ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมเท่ากับ 5.56 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งในแต่ละเกมเท่ากับ 0.338 เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมของประชากร ณ ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 จากสูตร

$$\mu = \bar{X} \pm Z_{\alpha/2} (S_{\bar{X}})$$

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned}\mu &= 5.56 \pm 1.96(0.338) \\ &= 5.56 \pm 0.662\end{aligned}$$

สรุปได้ว่าถ้ามีการประมาณค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกม 100 ครั้ง จะพบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนในแต่ละเกมจะมีค่าอยู่ระหว่าง 4.898 ถึง 6.222 เป็นจำนวน 95 ครั้ง ดังนั้นผู้เล่นควรตัดสินใจเล่นเกมโยนเหรียญนี้ เพราะค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมน้อยกว่า 7 ครั้ง ซึ่งทำให้ผู้เล่นได้เปรียบ

สรุปจากผลการทดลองเล่นเกมโยนเหรียญโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นี้ ผู้เล่นเกมนี้จะเล่นเกมชนะหรือแพ้ขึ้นอยู่กับค่าของความน่าจะเป็นของการเกิดหัวหรือก้อย ถ้าค่าของความน่าจะเป็นของการเกิดหัวหรือก้อยไม่เท่ากับ 0.5 โอกาสที่ผู้เล่นเกมนี้จะชนะจะมีมากขึ้น และถ้าเปลี่ยนจำนวนเงินที่ได้รับจาก 7 บาท เมื่อเล่นเกมเป็นค่าที่มากกว่า 8.51 บาท โดยที่กติกาอื่น ๆ ยังคงเดิม ผู้เล่นเกมนี้ก็จะได้เปรียบมากขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

โปรแกรมที่ใช้ในที่นี้สามารถเปลี่ยนแปลงเพื่อให้ได้การเล่นเกมโยนเหรียญ ซึ่งแตกต่างจากนี้ เช่น โยนเหรียญเพียงครั้ง 2 อัน ในการเล่นเกมโดยมีกติกาการเล่น ดังนี้ ผู้เล่นจะได้รับเงิน 5 บาท ถ้าผลของการโยนเหรียญขึ้นหัวทั้งคู่ ได้ 2 บาท ถ้าผลของการโยนเหรียญขึ้นหัว 1 อัน และได้เงิน 1 บาท ถ้าเหรียญขึ้นก้อยทั้งคู่ โดยแต่ละครั้งที่โยนเหรียญทั้งสองอันจะเสียเงิน 2.50 บาท โดยตัดโปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่เช็คความผลต่างระหว่างหัวกับก้อยเท่ากับ 3 ออก แล้วเพิ่มส่วนที่ทำหน้าที่ในการเช็คความเกิดหัวหรือก้อยเป็นจำนวนเท่าไรในการโยนเหรียญ 2 อัน ในแต่ละครั้ง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ธวัช พงศ์ประยูร แบบจำลองแถวคอยของแผนกจ่ายยาในโรงพยาบาล วิทยานิพนธ์
วท.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525, 187 หน้า

อัครสำเนา

ธีรนิจ ยุวหงษ์ การจำลองแบบแถวคอยของเรือ ณ ท่าเรือคลองเตย วิทยานิพนธ์
วท.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2522, 163 หน้า

อัครสำเนา

วิจิตร ศิลมสุตม์ วันชัย วิจิตรนิชและศิริจันทร์ ทองประเสริฐ การวิจัยดำเนินงาน
ม.ป.ท. 2524, 462 หน้า

วิจิต หล่อจิระสุนท์กุล การจำลองแบบ ม.ป.ท. 2525, ไม่มีเลขหน้า

_____ "การผลิตเลขสุ่ม" คอมพิวเตอร์สาร 13 : 45 - 53 ตุลาคม 2520

_____ ขอบเขตของการวิจัยวิธีดำเนินงานเกี่ยวกับการแข่งขันประมวล ม.ป.ท.

2514, 40 หน้า

วีรวัฒน์ เกรียงไกรเพชร การประยุกต์แบบจำลองผลเพื่อแก้ปัญหาแถวคอยในสายงาน
การซ่อมบำรุงเครื่องบิน วิทยานิพนธ์ วท.ม. วิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย 2522, 125 หน้า อัครสำเนา

สมคิด แก้วสนธิ ลิเนียร์โปรแกรม : หลักและการประยุกต์ โรงพิมพ์สามเจริญพานิช
2524, 177 หน้า

ศิริ ศิริคุปต์ การจำลองแบบแถวคอยของผู้โดยสารที่คานทรวจคนเข้าเมืองและคาน
ศุลกากร ณ ท่าอากาศยานกรุงเทพฯ วิทยานิพนธ์ วท.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525, 141 หน้า อัครสำเนา

Mize, Joe H., and Cox, J. Grady. Essentials of Simulation.
Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice - Hall, 1968.
397 p.

Naylor, Thomas H. and others. Computer Simulation Techniques.
New York, John Wiley & Sons, 1967. 352 p.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การผลิตเลขสุ่ม

การผลิตเลขสุ่ม (Random Number Generation)

ในขบวนการของการจำลองแบบมีปัญหอย่างหนึ่งก็คือ การกำหนดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบ ซึ่งการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้จะต้องใกล้เคียงความเป็นจริงให้มากที่สุด สิ่งที่ใช้ในการกำหนดเหตุการณ์ต่าง ๆ นี้คือเลขสุ่มประสิทธิภาพของการจำลองแบบขึ้นอยู่กับคุณภาพของเลขสุ่มที่ใช้เป็นอย่างมาก ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาวิธีการผลิตเลขสุ่ม เพื่อให้เหมาะสมกับระบบการจำลองแบบที่สร้างขึ้น ตัวเลขสุ่มที่ผลิตขึ้นมีการแจกแจงหลายแบบแต่ละจะเลือกพิจารณาเฉพาะแบบที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอ (Uniformly Distributed Random Numbers) เนื่องจากเลขสุ่มที่มีการแจกแจงในลักษณะอื่นสามารถผลิตได้จากเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอ การผลิตเลขสุ่มที่มีการแจกแจงสม่ำเสมออาจกระทำได้ 2 วิธี คือ

1. การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรม วิธีนี้เป็นการผลิตเลขสุ่มจากความสัมพันธ์ที่ซ้ำซาก (Recurrence Relation) กล่าวคือ เลขตัวถัดไปเกิดจากการดำเนินการทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์กับตัวเลขตัวปัจจุบันหรือกลุ่มของตัวเลขในอดีต เลขที่ผลิตในลักษณะนี้จึงเป็นเลขสุ่มในความหมายที่แท้จริงไม่ได้ เรียกเลขสุ่มเหล่านี้ว่า เลขคล้ายสุ่ม (Pseudo Random Numbers) เลขสุ่มเหล่านี้จะมีความคือเมื่อผลิตเลขสุ่มไปเรื่อย ๆ แล้วจะมีเลขซ้ำเกิดขึ้นไม่สิ้นสุด อย่างไรก็ตาม เลขสุ่มที่ผลิตออกมานี้จะผ่านการทดสอบความสุ่มเชิงสถิติหลายอย่างได้จึงทำหน้าที่เป็นเลขสุ่มได้ การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรมมีข้อดีหลายประการแต่ที่สำคัญคือ สามารถผลิตเลขสุ่มให้ซ้ำชุดเดิมได้ ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการจำลองแบบ เมื่อต้องการทบทวนการคำนวณ นอกจากนี้แล้วโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อการผลิตตัวเลขสุ่มนั้นง่ายและสั้นมาก

2. การผลิตเลขสุ่มโดย RND (Random Number Device) วิธีนี้เป็นการแปลงผลที่ได้จากกระบวนการกายภาพที่มีความสุ่ม (Random Physical Process) เช่น จำนวนอนุภาค (Particle) ที่หลุดจากสารกัมมันตภาพรังสี ณ ขณะใดขณะหนึ่ง เป็นต้น มาเป็นอันดับของเลขสุ่ม การผลิตเลขสุ่มโดยวิธีนี้จะต้องบำรุงรักษา "RND" เป็นประจำ เพื่อให้ทำงานได้อย่างถูกต้องและมีเสถียรภาพเลขสุ่ม

ที่ได้จากการผลิตด้วย RND จะเป็นเลขสุ่มในความหมายที่แท้จริงจึงมีอาจผลิตอันดับของเลขสุ่มที่ซ้ำกันได้ (วิธีท หล่อจิระชุนห์กุล 2525 : 31 - 32)

การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรม

การผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรมมีวิธีการหลายวิธีด้วยกันแต่วิธีที่จะให้เลขสุ่มที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ (วิธีท หล่อจิระชุนห์กุล 2520 : 45 - 53)

1. เลขสุ่มที่ผลิตออกมาจะต้องมีการแจกแจงสม่ำเสมอ
2. เลขสุ่มที่ผลิตออกมาจะต้องเป็นอิสระต่อกันในเชิงสถิติ
3. สามารถผลิตเลขสุ่มที่ซ้ำกันได้
4. เลขสุ่มที่ผลิตออกมาจะไม่ซ้ำกันในช่วงที่กำหนด
5. ผลิตเลขสุ่มด้วยอัตราเร็วสูง
6. ต้องการใช้น้อยความจำในคอมพิวเตอร์น้อย

เทคนิคการผลิตเลขสุ่มโดยโปรแกรมได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วหลังจาก ฟอน นิวแมน (Von Neuman) และเมโทรโพลิส (Metropolis) ได้เสนอวิธีตัวกลางกำลังสอง (Mid - square Method) และในปี พ.ศ. 2489 เปอร์ซีเท (Porsythe) ได้ปรับปรุงวิธีตัวกลางกำลังสองนี้ ต่อมาเลห์เมอร์ (Lehmer) ได้เสนอวิธีการผลิตเลขสุ่มด้วยการใช้เศษจากการหารของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในคอมพิวเตอร์ในยุคปัจจุบัน ต่อมาโรเทนเบิร์ก (Rotenberg) ได้ปรับปรุงวิธีการของเลห์เมอร์ เป็นการใส่เศษของผลบวกของผลคูณกับค่าคงตัวจากการหาร (Mixed Congruential Method) (วิธีท หล่อจิระชุนห์กุล 2525 : 32 - 33)

การผลิตเลขสุ่มด้วยการใช้เศษของผลหาร (Congruential Method)

วิธีการนี้ถึงแม้ว่าจะไม่ได้เลขสุ่มที่แท้จริงแต่ก็สามารถทดสอบได้ว่ามีคุณสมบัติ 6 ประการ ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น การผลิตเลขสุ่มด้วยการใช้เศษของผลหารนี้ยังแบ่งได้เป็น 3 วิธีด้วยกันคือ (Naylor. 2510 : 47 - 55)

1. การใช้เศษจากการหารของผลคูณ (Multiplicative Congruential Method)
2. การใช้เศษจากการหารของผลบวก (Additive Congruential Method)
3. การใช้เศษของผลบวกของผลคูณกับค่าคงตัวจากการหาร (Mixed Congruential Method)

ในที่นี้จะเลือกพิจารณาเฉพาะวิธีการที่ 1 เท่านั้น เนื่องจากเป็นวิธีง่ายและใช้กันแพร่หลายในคอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ตัวเลขที่ผลิตโดยวิธีนี้มักจะมีคุณสมบัติเชิงสถิติที่ดีและเป็นที่ยอมรับในเชิงสถิติว่าเป็นเลขสุ่ม จากวิธีการที่ 1 การผลิตเลขสุ่มโดยใช้เศษจากการหารของผลคูณโมดูลอ (Modulo) $m = p^e$ เป็นขนาดของหน่วยความจำ (Word) ในคอมพิวเตอร์ โดยที่ p จะเป็นตัวเลขใด ๆ ขึ้นอยู่กับระบบเลขในคอมพิวเตอร์นั้นว่าใช้ระบบเลขฐานใด เช่น คอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบเลขฐาน 2 p จะเท่ากับ 2 ส่วน e จะเป็นจำนวนหลักของเลขใน 1 หน่วยความจำ การผลิตเลขสุ่มโดยวิธีการนี้อาศัยความสัมพันธ์

$$N_{i+1} = a(N_i) \pmod{p^e}, \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

โดยที่ a เป็นค่าคงตัวและ N_0 เป็นค่าเริ่มต้นเรียกว่า "SEED" จากความสัมพันธ์นี้ สิ่งที่จะต้องพิจารณา คือ ค่า a และค่าเริ่มต้น N_0

กรณีคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบเลขฐาน 2 (Binary Computers) จะเลือกให้ $m = 2^b$ โดยที่ b เป็นจำนวนบิต (Bit) ใน 1 หน่วยความจำ เมื่อ $b > 2$ แล้วค่า T ที่ยาวที่สุดที่เป็นไปได้ คือ $T = 2^{b-2}$ ซึ่งค่าในที่นี่ก็คือเมื่อผลิตเลขสุ่มไปเรื่อย ๆ แล้วจะมีเลขซ้ำเกิดขึ้นไม่สิ้นสุด อันตบต่อไป คือ หากค่าตัวคูณคงตัว a ที่มีค่าเท่ากับ 2^{b-2} ซึ่งค่าที่เหมาะสมคือค่าที่เขียนอยู่ในรูปของสมการ $a = 8t \pm 3$ เมื่อ t เป็นเลขจำนวนเต็มบวกและจากสูตรของกรีนเบอร์เกอร์ (Greenberger) ค่า a ที่ใกล้เคียง $2^{b/2}$ จะทำให้มีสหสัมพันธ์อันดับแรกในระหว่างเลขสุ่มน้อย เนื่องจากเลขสุ่มต้องมีสหสัมพันธ์น้อย ดังนั้นจึงถือเป็นกฎสำหรับการเลือกตัวคูณที่ดีที่สุด เมื่อสามารถ

เลือกตัวคูณได้แล้วจะต้องพิจารณาตัวเลขเริ่มต้น N_0 โดยที่ N_0 จะต้องเป็น "Relatively Prime" กับ 2^b ดังนั้นจึงเลือกจำนวนคี่มาเป็นค่าเริ่มต้น โดยสรุปแล้วการผลิตเลขสุ่มโดยวิธีนี้ในคอมพิวเตอร์ที่ใช้ระบบเลขฐาน 2 สามารถลำดับวิธีการได้ดังนี้

1. เลือกเลขคี่ใด ๆ เพื่อมาเป็นค่าเริ่มต้น N_0
2. เลือกเลขจำนวนเต็มซึ่งสอดคล้องสมการ $a = 8t \pm 3$ โดยที่ t เป็นเลขจำนวนเต็มบวกใด ๆ และเป็นค่าที่ใกล้เคียง $2^{b/2}$
3. คำนวณค่า $a(N_0)$ โดยใช้ "Fixed Point Integer Arithmetic" จะได้ผลคูณประกอบด้วย $2b$ Bits b Bits ทางขวามือจะเป็นค่า N_1 และ b Bits ทางซ้ายมือตัดทิ้งไป (การคูณในภาษาฟอร์แทรน จะตัด b Bits ทางซ้ายทิ้งไปโดยอัตโนมัติ)
4. คำนวณ $r_i = N_i / 2^b$ ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีการแจกแจงสม่ำเสมอในช่วง $(0, 1)$
5. เลขสุ่ม N_{i+1} ได้จาก b Bits ทางขวามือที่เกิดจากการคูณของ $a(N_i)$

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองเมื่อใช้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 345
ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ 0.50

NUMBER OF GAME TO PLAY= 100
SEED= 345

A= 259

COMPARE SIMULATION OF GAME= .50000000

.72692037 .26664022 .05771050 .94659263 .16000055 .44096196 .20566423
GAME RESULT OF TOSSING COINS
1 T H H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.26541940 .74156928 .06057924 .68956572 .59208959 .34653768 .75054169
.38430064 .55156100 .04997100 .13577685 .16513565 .76885283 .12600441
.84136480 .90685749 .86895353
GAME RESULT OF TOSSING COINS
2 H T H T T H T H T T H H T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 17

.05209510 .49223304 .48448133
GAME RESULT OF TOSSING COINS
3 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.47685170 .50003923 .71343118 .77306437 .21756646 .34800255 .12991729
.64757228 .71611685 .46861172 .36674094 .98303169 .59746087 .73766291
.04886013 .65440840 .48661762 .03012177 .80132449 .53672904
GAME RESULT OF TOSSING COINS
4 H T T T H H H T T H H T T T H T H H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.00857570 .22104557 .24906155
GAME RESULT OF TOSSING COINS
5 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.50498900 .78838468 .18539995 .01712088 .43418685 .45097202 .79821163
.73052156 .19931638 .62138736 .93444622 .01419111 .67540514 .92461926
.46910000 .49320963 .73741877 .98565632 .27719963 .79253519
GAME RESULT OF TOSSING COINS
6 T T H H H H T T H T T H T T H H T T H T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.26035342 .42948699 .23374127
GAME RESULT OF TOSSING COINS
7 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.53715628 .11923581 .08116091 .21372113 .35209206 .18906216 .96563613
.09213530 .86236155 .34482864 .30790123
GAME RESULT OF TOSSING COINS
8 T H T H H H T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

```

.74401075 .69292277 .46153143 .53300577 .04428236 .46879482 .41416669
.26590776 .86803794 .81499678 .07773064 .13162634 .09018219
GAME RESULT OF TOSSING COINS
9 T T H T H H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.35648671 .32724997 .75518054 .58580279 .71831417 .03769036 .76152837
.22983490 .52543718 .08407849 .77568895 .89733571 .40287486 .34141058
.42265084 .46324044 .97564626 .68468279 .32743308 .80260628
GAME RESULT OF TOSSING COINS
10 H H T T T H T H T H T T H H H H T T H T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.86870939 .98889124 .11502426 .79039890 .70708334
GAME RESULT OF TOSSING COINS
11 T T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.12900174 .41044343 .30161443
GAME RESULT OF TOSSING COINS
12 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.11575671 .98010194 .83867913 .21127965 .71977907 .41709647 .02468948
.39439070 .14407788
GAME RESULT OF TOSSING COINS
13 H T T H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.31504259 .59355450 .72594380 .01370281 .54893643 .17020173 .08090457
.95367289 .99377424 .37968078 .33433026 .58891571 .52452165 .84698021
.36118656 .54448074 .01620533 .19705802 .03646962 .44535661
GAME RESULT OF TOSSING COINS
14 H T T H T H H T T H H T T T H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.34385204 .05496383 .23520616
GAME RESULT OF TOSSING COINS
15 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.91656238 .38242745 .04568621 .83239233 .58305615 .00692770 .79424423
.70299387 .06985687 .09237953 .92559588 .72203743 .00198370 .51377910
.06472976 .76451916 .00442518 .14609210 .83672595 .70543534
GAME RESULT OF TOSSING COINS
16 T H H T T H T T H H T T H T H T H H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.70220041 .86437577 .86651206
GAME RESULT OF TOSSING COINS
17 T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

```

```

-----
.41978210 .72026736 .54356515 .77910703 .78258616
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
18      H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.68364513 .05868709 .19949950 .66881311 .21732230 .28476822 .75273901
.95348978 .94634849 .09677419 .06375317 .51158178 .49565113 .36973175
.75762200 .21811579 .49027985
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
19      T H H T H H T T T H H T H H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 17
-----
.97863704 .45927304 .94811851 .55522323 .79845577
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
20      T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.79375589 .57652515 .31546983 .70421463 .38602862 .97839290 .39603871
.57090974 .86114079
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
21      T T H T H T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.02865688 .42191839 .27353740
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
22      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.84405041 .60240483 .01809748 .68712425 .95977658
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
23      T T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.57457197 .80962557 .68663597
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
24      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.83330792 .82018495 .42143011 .14706869 .08963286 .21420942 .47856075
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
25      T T H H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.94347972 .35380107 .63170260 .60600603 .95080417
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
26      T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.25077060 .94763023 .42875454 .04403821 .48556046
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
27      H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----

```

```

.03695792 .57182533 .09823908 .44315928 .77477342 .66020691 .98840296
.98858607 .03598132 .31888792 .58946502 .66679889 .69566941
GAME RESULT OF TOSSING COINS
28 H T H H T T T T H H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.17288736 .77648246 .10281686 .62877285 .84722435 .42442092 .92168951
.71031833 .96685690
GAME RESULT OF TOSSING COINS
29 H T H T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.40830714 .74834436 .81530195 .15677358 .60313731 .20780054 .81872004
.04202399 .88390762 .92510760 .59556872
GAME RESULT OF TOSSING COINS
30 H T T H T H T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.24759667 .12558366 .52519304 .02084414 .39848018
GAME RESULT OF TOSSING COINS
31 H H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.20322275 .63310647 .96960354 .11966307 .99182105 .87383646 .31675160
.03616443 .36631367 .87237161 .93737602 .77300334 .20175786 .25370038
.70641196 .95513779 .37314981 .64287239 .49888608 .20755638
GAME RESULT OF TOSSING COINS
32 H T T H T T H H H T T T H H T T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.75548571 .66484571 .18979461 .15530869 .22373119 .94463944 .65416425
.42338330 .65294349 .10721152 .76696068 .63676870 .91808832
GAME RESULT OF TOSSING COINS
33 T T H H H T T H T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.77764213 .40318003 .42045352 .89416182 .58085877 .43784904 .39945677
.45616016 .14188056
GAME RESULT OF TOSSING COINS
34 T H H T T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.74596393 .19876705 .47911009 .08572649 .20249031
GAME RESULT OF TOSSING COINS
35 T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.44340342 .83800775 .03738517 .68248540 .75835443 .40781885 .62187564
.06088443 .76860869 .06357005 .46415600 .21274453 .09915464
GAME RESULT OF TOSSING COINS
36 H T H T T H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

```

.68028008 .18924528 .01303140 .37504196 .13290811

GAME RESULT OF TOSSING COINS

37 T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.42216253 .33677176 .22122867

GAME RESULT OF TOSSING COINS

38 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.29648733 .78789634 .05893124 .26273385 .04599139

GAME RESULT OF TOSSING COINS

39 H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.91143331 .05453658 .12454604 .25644705 .41776788

GAME RESULT OF TOSSING COINS

40 T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.19858395 .43168432 .00285043 .93194371 .36606953 .00913723 .56016725

.07889035 .43198949 .08189340 .40342417 .48368785 .27134007

GAME RESULT OF TOSSING COINS

41 H H T T H T T H H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.27494127 .20761742 .77129430 .75914794 .61333048 .84777367 .56669819

GAME RESULT OF TOSSING COINS

42 H H T T T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.77037871 .52201989 .19882809 .49491867 .18002869 .62602621 .13583788

.18094425 .86315501 .55034029 .53379923 .24979401 .69469285 .91998047

.26767784 .32645649 .54966885 .35990480 .21250038 .03592028

GAME RESULT OF TOSSING COINS

43 T T H H H T H H T T T H T T H H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.30307931 .49516281 .24326304

GAME RESULT OF TOSSING COINS

44 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.00320444 .82995087 .95074314 .23496200 .85332805 .00521867 .35160375

.06259346 .21121861

GAME RESULT OF TOSSING COINS

45 H T T H T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.70397043 .32279429 .60118413 .70195621 .00114138

GAME RESULT OF TOSSING COINS

46 T H T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.48930326	.72569966	.95049900	.17172766	.47611928	.31113622	.58183539
.69878648	.98826136	.23252052	.22098453	.23325297	.41068760	
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
47	H	T	T	H	H	H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13						
.36484879	.49296549	.67418438	.60844755	.58311719	.02273629	.88854641
.12649922	.76232183	.43534654	.75133520	.58989227	.77745903	
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
48	H	H	T	T	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13						
.35575426	.13754693	.62358469	.50352490	.40897855	.92223883	.85259563
.81554615	.22000794	.98034608	.90191352			
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
49	H	H	T	T	H	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11						
.58848840	.41386151	.18686484	.39652699	.69737846	.61552781	.41685233
.96148562	.01718192	.44999543	.54527420	.22171697	.42295602	
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
50	T	H	H	H	T	H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13						
.54228342	.44712669	.80230111	.78966641	.51738030		
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
51	T	H	T	T	T	
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5						
.99743646	.32816553	.99230933	.00027467	.07113864	.42435989	.90588093
.61601609	.54332101	.71587270	.40537736	.98956269	.28891873	.82769251
.36582538	.74590290	.18295847	.38480788	.66222113	.51005584	
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
52	T	H	T	H	H	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20						
.10043641	.01223792	.16953032				
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
53	H	H	H			
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3						
.90704060	.91637927	.33500168	.76281017	.56181526		
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
54	T	T	H	T	T	
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5						
.50572222	.97808772	.31699577	.09939878	.74352247	.56645405	.70714438
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
55	T	T	H	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7						

.14481033 .50474560 .72515029 .80822170 .32303843 .66441846 .07913449
 .49522385 .25987162 .09750663 .25345623
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 56 H T T T H T H H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.64317757 .57792902 .67906737
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 57 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.87310404 .12704855 .98459913 .28403577 .56303596 .82189399 .86407053
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 58 T H T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.78746909 .94830167 .60264903
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 59 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.08133183 .86430250 .65385908 .34434035 .18143255
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 60 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.98962373 .30472732 .92199469 .78936124 .43833736 .52592546 .21054719
 .53007597 .28550065 .94244212 .08505508 .02859584 .40610981 .17923521
 .42051455
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 61 T H T T H T H T H T H H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 15

.98997040 .67516100 .86138493
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 62 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.09189123 .79912716 .96765035 .61381876 .97424239
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 63 H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.32108524 .15854366 .06155583
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 64 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.94250315 .10086367 .12289003 .82964569 .87170017 .76348156 .73570973
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 65 T H H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

```

-----
.54301584 .63682973 .93389690
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
66      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.87194431 .82671589 .11288796 .23709831 .48659809 .30570391 .17490157
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
67      T T H H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.29813531 .21469772 .60502946 .69786674 .74199653 .17123936 .34965056
.55674917 .19363995 .15121922 .16458632
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
68      H H T T T H H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.62657553 .27811518 .02963347 .67485583 .78234202 .62041080 .68150884
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
69      T H H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.58541785 .89904475 .84551531
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
70      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.98181099 .28128910 .85168004 .57841730 .80553603
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
71      T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.62749106 .51524401 .44413587 .02768029 .16898099 .76476336 .06765953
.52330089 .53080845 .47520372 .07400738 .16733299 .33793145
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
72      T T H H H T H T T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13
-----
.52159184 .08816797 .83483380 .21536912 .77892393 .73516035 .40073854
.78814054 .12216559 .63994265 .74010438
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
73      T H T H T T H T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.68120366 .42637411 .42753381 .72789699 .51957762 .56651509 .72295296
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
74      T H H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.23911253 .92828149 .41758478 .15115818 .14877774
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
75      H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----

```

.53227335 .85460985 .33719900 .33188879 .95660269 .75255591 .90606403
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 76 T T H H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.66344190 .82622761 .98644978
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 77 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.48271126 .01840266 .76616716 .43125707 .69219029 .27182835 .40140995
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 78 H H T H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.96203500 .15945922 .29868466 .35697502 .45371869
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 79 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.50956756 .97399825 .25785089 .78136539 .36747336 .17270425 .72905666
 .81994081 .35819575 .76989043 .39555040 .44444105 .10672323 .64049196
 .88238168 .52989286 .23807490 .65953553 .81450850
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 80 T T H T H H T T H T H H H T T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

.95129246 .37723929 .70201725 .81694996 .58360547
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 81 T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.14920500 .64293343 .51469469 .30185857 .17899106 .35728019 .53276163
 .98107851 .09158605 .72008425 .49613941 .49620044 .51200902 .60631120
 .02981658 .72220158 .06521805 .89090787 .75884277 .53428757
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 82 H T T H H H T T H T H H T T H T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.37626269 .44907987 .30814540
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 83 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.80724508 .07010102 .15561388 .30277413 .41611987
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 84 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.77178258 .88561660 .36771753 .23593859 .10623493 .51402324 .12796411
 .14169744 .69853818 .91589099 .20853297 .00839259 .17361981
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 85 T T H H H T H H T T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.96618551	.23441267	.71105075	.15652944	.53990293	.83062226	.12460707
.27225563	.51207006	.62211984	.12411878	.14578693	.75768304	.23392437
.58458203	.40214241	.15170752	.29105502	.38096255		
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
86	T	H	T	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19						
.66631061	.56920069	.41850033	.38828701	.56328011	.88512832	.24124882
.48155156	.71807003	.97448653	.38431960	.53575242	.75566882	
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
87	T	T	H	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13						
.71227151	.47270119	.42588580	.30106509	.97350991	.13138218	.02694784
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
88	T	H	H	H	T	H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7						
.97930843	.63316751	.98541218				
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
89	T	T	T			
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3						
.21396527	.41532639	.56627095	.65971863	.86193424	.23416853	.64781642
.77935117	.84582049					
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
90	H	H	T	T	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9						
.06082339	.75280005	.96929836	.84062014	.52031004	.75621814	.85454881
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
91	H	T	T	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7						
.32139042	.23758660	.53306681	.06009094	.56309700	.83770257	.95837277
.21097445	.64073610	.94561601	.90710163			
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
92	H	H	T	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11						
.93218786	.42930388	.18631551	.25424969	.84868926	.80382705	.18485062
.87487411	.58549762	.63927120	.56620991			
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
93	T	H	H	H	T	T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11						
.64391005	.76763207	.81066316				
GAME RESULT OF TOSSING COINS						
94	T	T	T			
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3						

 .95538193 .43638417 .02005066 .19296853 .97735524 .12729271 .96783352
 .66124457 .25711843 .59166235 .23587756 .09042634 .41972107
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 95 T H H H T H T T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.70445877 .44926298 .35557115 .09012116 .34067813
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 96 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.23294778 .33164465 .89336830 .37534714 .21195105
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 97 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.89367354 .45439008 .68346202 .01126133 .91662341 .39823604 .13998841
 .25589770 .27549058
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 98 T H T H T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.34989470 .61998349 .57084870 .84533221 .93438518
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 99 H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.99841303 .58110297 .50108343
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 100 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 XBAR= 8.51
 STANDARD DEVIATION= 5.39
 STANDARD DEVIATION OF AVERAGE= .539

TOTAL OF TAIL IN THE GAME =427
 TOTAL OF HEAD IN THE GAME =424
 TOTAL OF HEAD AND TAIL IN THE GAME =851

STOP

ภาคผนวก ค

ผลการทดลองเมื่อใช้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 971
ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ 0.50

 NUMBER OF GAME TO PLAY= 100
 SEED= 971
 A= 259

COMPARE SIMULATION OF GAME= .50000000

 .67485583 .78234202 .62041080
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 1 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .68150884 .50541705 .89904475
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 2 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .84551531 .98181099 .28128910 .85168004 .57841730
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 3 T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

 .80553603 .62749106 .51524401
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 4 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .44413587 .02768029 .16898099
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 5 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .76476336 .06765953 .52330089 .53080845 .47520372 .07400738 .16733299
 .33793145 .52159184 .00816797 .83483380 .21536912 .77892393 .73516035
 .40073854 .78814854 .12216559 .63994265 .74010438 .68120366
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 6 T H T T H H H T H T H T T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

 .42637411 .42753381 .72789699 .51957762 .56651509 .72295296 .23911253
 .92828149 .41758478 .15115818 .14877774 .53227335 .85460985 .33719900
 .33188879 .95660269 .75255591 .90606403 .66344190
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 7 H H T T T T H T H H H T T H H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

 .82622761 .98644978 .48271126 .01840266 .76616716 .43125707 .69219029
 .27182835 .40140995 .96203500 .15945922 .29868466 .35697502
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 8 T T H H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

```

.45371069 .50956756 .97399825 .25785089 .78136539 .36747336 .17270425
.72905666 .81994081 .35819575 .76989043 .39555040 .44444105 .10672323
.64049196 .88238168 .52989286 .23807490 .65953553 .81450850
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
 9      H T T H T H H T T H T H H H T T T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.95129246 .37723929 .70201725 .81694996 .58360547
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
10      T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.14920500 .64293343 .51469469 .30185857 .17899186 .35728019 .53276163
.98107851 .09158605 .72008425 .49613941 .47620044 .51200902 .60631120
.02981658 .72228158 .06521805 .89098787 .75884277 .53428757
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
11      H T T H H H T T H T H H T T H T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.37626269 .44907987 .30814540
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
12      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.80724508 .07010102 .15561388 .30277413 .41611987
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
13      T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.77178258 .88561660 .36771753 .23593859 .10623493 .51402324 .12796411
.14169744 .69853818 .91589099 .20853297 .00839259 .17361981
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
14      T T H H H T H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.96618551 .23441267 .71105075 .15652944 .53990293 .83062226 .12460707
.27225563 .51207006 .62211984 .12411878 .14578693 .75768304 .23392437
.58458203 .40214241 .15170752 .29105502 .38096255
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
15      T H T H T T H H T T H H T H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

.66631061 .56920069 .41850033 .38828701 .56328011 .88512832 .24124882
.48155156 .71807003 .97448653 .38431960 .53575242 .75566882
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
16      T T H H T T H H T T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.71227151 .47270119 .42588580 .30106509 .97350991 .13138218 .02694784
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
17      T H H H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

```

```

-----
.97930843 .63316751 .98541218
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
18      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.21396527 .41532639 .56627095 .65971863 .86193424 .23416853 .64781642
.77935117 .84582049
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
19      H H T T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.06082339 .75280005 .96929836 .04062014 .52031004 .75621814 .85454881
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
20      H T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.32139042 .23758660 .53306681 .06009094 .56309700 .83770257 .95837277
.21097445 .64073610 .94561601 .90710163
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
21      H H T H T T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.93218786 .42930388 .18631551 .25424969 .84868926 .80382705 .18485062
.87487411 .58549762 .63927120 .56620991
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
22      T H H H T T H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.64391005 .76763207 .81066316
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
23      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.95538193 .43638417 .02005066 .19296853 .97735524 .12729271 .96783352
.66124457 .25711843 .59166235 .23587756 .09042634 .41972107
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
24      T H H H T H T T H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13
-----
.70445877 .44926298 .35557115 .09012116 .34067813
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
25      T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.23294778 .33164465 .89336830 .37534714 .21195105
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
26      H H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.89367354 .45439008 .68346202 .01126133 .91662341 .39823604 .13998841
.25589770 .27549058
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
27      T H T H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----

```

```

-----
.34989470 .61998349 .57084870 .84533221 .93438518
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
28      H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.99841303 .58118297 .50108343
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
29      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.77666557 .15024263 .91167945 .11777093 .50175482 .95056003 .18753624
.57042146 .23467207
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
30      T H T H T T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.27426985 .03372295 .73400068 .10037538 .99645984 .07522812 .48350474
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
31      H H T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.22391431 .99206519 .93707085 .69396037 .73027742
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
32      H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.13608204 .24417859 .24033326
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
33      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.24442275 .30356762 .62163150 .99768060 .39139989 .36948758 .69438767
.84093755 .79619741 .20883816 .08743553 .64513075 .08377331 .69664603
.42582476 .28525651 .87920773 .70707680 .33451340 .63634145
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
34      H H T T H H T T T H H T H T H H T T H T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20
-----
.80742818 .11752678 .43852046 .57335126 .49345377 .80065310 .36283457
.97131258 .56230354 .63219094 .73247474
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
35      T H H T H T H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.70519120 .63896602 .48716697 .17239906 .65001374 .34842983 .24057741
.30765709 .68077642 .31571397 .76744896 .76323742 .67247534 .16580707
.94274729 .16409802 .50010681 .52372813 .64146052
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
36      T T H H T H H T H T T T H T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19
-----

```

 .13528855 .03866695 .01443525
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 37 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.73863947 .30179754 .16318247 .26297799 .10922574
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 38 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.28861356 .74864954 .89434493 .62828457 .72075564
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 39 H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.67003387 .53349406 .17075107 .22318186 .80236214 .80547500 .61168247
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 40 T T H H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.42094180 .02059999 .33524582
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 41 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.82604450 .93902403 .19980468 .74785608 .68883330
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 42 T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.40238655 .21494186 .66826379 .07504501 .43607900
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 43 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.94103825 .72148806 .85973692
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 44 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.66508991 .25302896 .53251749 .91784418 .71440780
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 45 T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.02597125 .72637105 .12436292 .20902127 .13486129
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 46 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

```

-----
.92803735 .35435842 .77397290 .45469528 .76250494 .48277229 .03421125
.86046940 .85479295 .38462478 .61479539 .22714926 .82988983 .93493456
.14065981 .42979217 .31278419 .00863674 .23685415
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
47      T H T H T H H T T H T H T T H H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19
-----
.34336376 .92852563 .48081911 .52836698 .84289074 .30204168 .22641683
.64018679 .80333871 .05838191 .12045655 .19730216 .09970397
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
48      H T H T T H H T T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13
-----
.82256538 .03793451 .82476270 .60704368 .21951964 .85387737 .14749596
.20029297 .87432480 .44322032 .79058200 .75450909 .41190833 .68102056
.37894833 .14462721 .45731986 .44224373 .53764457 .24570452
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
49      T H T T H T H H T H T T H T H H H H T H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20
-----
.63554794 .68191655 .89165932
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
50      T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.93273723 .57158118 .03500473 .06595050 .08066042 .89043856 .61656547
.68559831 .56456190
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
51      T T H H H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.21707816 .22153386 .37553027
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
52      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.25937682 .17654958 .72496718 .76079595 .04013184 .39384136 .00180059
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
53      H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.46635336 .78185368 .49394208 .92712182 .11722159 .35947752 .10184027
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
54      H T H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.37583545 .33041977 .64806056 .84258550 .22299875 .75493640 .52256846
.34118537 .34660790 .99176002 .85802788 .22244942 .61265910 .67387921
.52940458
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
55      H H T T H T T H H T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 15
-----

```

```

-----
.11160619 .90514845 .42631307 .41172522 .63359475 .09604175 .87408066
.37998596 .41337320
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
56      H T H H T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.06039613 .64213997 .30918303 .07596057 .67320782 .35551012 .07431257
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
57      H T H H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.24637593 .80944240 .63921016 .55040133 .54960781
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
58      H T T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.34409618 .11819819 .61241496 .61064488 .15219581 .41752374 .13534959
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
59      H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.05447554 .10873745 .16214484
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
60      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.99426252 .50614947 .08871730 .97711110 .06405835 .59062469 .96716207
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
61      T T H T H T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.48735000 .21982402 .93292034 .61900693 .31791133 .33652762 .15799433
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
62      H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.91930908 .09378338 .28916287 .89092684 .74303412 .43998536 .95275736
.75664538 .96520009
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
63      T H H T T H T T T
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.98150581 .20224616 .38016906 .46079898 .34330273
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
64      T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.91271704 .38651693 .10483108 .15042573 .95910519 .40067750 .77233189
.02786340 .21640675
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
65      T H H H T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----

```

 .04763939 .33823663 .60063481 .55967897 .95245218 .67760247 .49369794
 .86388743 .74004334

GAME RESULT OF TOSSING COINS

66 H H T T T T H T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

 .66539508 .33207190 .00399792 .03543199 .17661062

GAME RESULT OF TOSSING COINS

67 T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

 .74077576 .85509813 .46366772 .08627582 .34476760 .29209265 .64970857

.26938689 .76909697 .19003876 .21854305

GAME RESULT OF TOSSING COINS

68 T T H H H H T H T H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

 .60093999 .63872188 .42393261 .79522079 .95593125

GAME RESULT OF TOSSING COINS

69 T T H T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

 .57866144 .86877042 .00466933 .20932646 .21390423 .39951780 .47196874

GAME RESULT OF TOSSING COINS

70 T T H H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

 .23618275 .16946928 .89123201 .82207710 .91149634 .07034516 .21884823

.67998290 .11020233 .54155093 .25742364 .67070526 .70738852 .20804468

.88195443 .41923276 .57799006 .69487596 .96740621

GAME RESULT OF TOSSING COINS

71 H H T T T H H T H T H T H T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

 .55058444 .59703362 .62700270

GAME RESULT OF TOSSING COINS

72 T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .38877529 .68974882 .63951534 .62944424 .02108829 .46171454 .58043152

.32718894 .73937196 .49150059 .29477829 .34525591 .41856137

GAME RESULT OF TOSSING COINS

73 H T T T H H T H T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

 .40409559 .65758234 .30063369 .93371379 .82451856 .54380929 .84234136

GAME RESULT OF TOSSING COINS

74 H T H T T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.15976439 .37772760 .82848597 .57133704 .97180092 .68877226 .38657796
 .12063967 .24472792 .38261056 .09311197
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 75 H H T T T T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.11526841 .85363322 .08426160 .82311469 .18021180 .67345196 .41874447
 .45152134 .94848893 .57921082 .01101718 .85338908 .02102725 .44590595
 .48612934
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 76 H T H T H T H H T T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 15

.90368360 .04690695 .14853358 .46903896 .47740105
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 77 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.64311653 .56212044 .58476514
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 78 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.44956815 .43461409 .56163216 .45829645 .69518113 .04641865 .02206488
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 79 H H T H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.71465194 .08920560 .10354930 .81847590 .97882015 .50669879 .23099460
 .82580036 .87578964
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 80 T H H T T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.82262641 .05374309 .91906494 .03054903 .91198462 .19681387 .97326577
 .06814783 .64976960 .28519547 .86339915 .61357462 .91100800
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 81 T H T H T H T H T H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.94390696 .46446121 .29178748 .57066560 .79790646 .65147865 .72783595
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 82 T H H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.50376904 .47221291 .29941711 .54667007 .58531451 .59184545 .28330332
 .37333292 .69029814 .78179264 .47813350 .83281958 .69371623
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 83 T H H T T T H H T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.66704309 .75890380 .55009615
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 84 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.47056490 .07261575 .00057985 .15018159 .89587086 .02346873 .07821894
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 85 H T H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.25809503 .84459972 .74468213 .86681724 .49882504 .19174780 .66118354
 .24130985 .49736014 .81237221 .39799190 .07675405 .87871945 .58140814
 .58012635 .24814600 .26786095 .37388226 .83257544 .63048190
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 86 H T T T H H T H H T H H H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 20

.28983429 .06479079 .78032780 .09872738 .56962800 .52916044 .04837184
 .52793968 .73223060 .64195687 .26175725 .79308450 .40263069 .27817622
 .04544206 .76915801 .20584735 .31284523 .02444533
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 87 H H T H T T H T T T H T H H H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

.33115634 .76689965 .62096012 .82378614 .35410628 .71074557 .07748649
 .06839198 .71300393 .66240424 .55748159
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 88 H T T T H T H H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.38334301 .28281504 .24686423
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 89 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.93591112 .39359722 .93859679 .08914457 .08774071 .72417372 .55528426
 .81426436 .88805813
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 90 T H T H H T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.00003052 .00790429 .04715110
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 91 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.21176794 .84624773 .17148350 .41288492 .93395793 .88775295 .92101812
 .53642386 .92956328
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 92 H T H H T T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.74956512 .13144322 .04275643 .07358012 .05667287
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 93 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.67784661 .55693227 .24106571 .43412581 .43516344 .70390940 .30698568
 .50688195 .27842036 .10867641 .14633626
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 94 T T H H H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.89996034 .08261360 .39628285 .63414413 .23831904 .72276986 .19168676
 .64537489 .14700766 .07382427 .11990722
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 95 T H H T H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.05502487 .25101474 .01083407
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 96 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.80596334 .73815119 .17532884 .40879545 .87481308 .56968904 .54496902
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 97 T T H H T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.14267403 .95147556 .42466506 .98492384 .08749656 .66093934 .17807551
 .12015137 .11825922
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 98 H T H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.62822354 .70494705 .57573169
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 99 T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.10995819 .47831661 .88024539 .97662282 .93762016 .83623767 .57896662
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 100 H H T T T T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

XBAR= 8.44
 STANDARD DEVIATION= 5.21
 STANDARD DEVIATION OF AVERAGE= .521

TOTAL OF TAIL IN THE GAME =424
 TOTAL OF HEAD IN THE GAME =420
 TOTAL OF HEAD AND TAIL IN THE GAME =844

STOP

ภาคผนวก ง

ผลการทดลองเมื่อใช้ค่าเริ่มต้นเท่ากับ 971
ความน่าจะเป็นของการเกิดหัวเท่ากับ 0.75

NUMBER OF GAME TO PLAY= 100

SEED= 971

A= 259

COMPARE SIMULATION OF GAME= .75000000

.67485583 .78234202 .62041080 .68150884 .50541705

GAME RESULT OF TOSSING COINS

1 H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.89904475 .84551531 .98181099

GAME RESULT OF TOSSING COINS

2 T T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.28128910 .85168004 .57841730 .80553603 .62749106 .51524401 .44413587

GAME RESULT OF TOSSING COINS

3 H T H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.02768029 .16898099 .76476336 .06765953 .52330089

GAME RESULT OF TOSSING COINS

4 H H T H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.53080845 .47520372 .07400738

GAME RESULT OF TOSSING COINS

5 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.16733299 .33793145 .52159184

GAME RESULT OF TOSSING COINS

6 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.08816797 .83483380 .21536912 .77892393 .73516035 .40073854 .78814054

.12216559 .63994265

GAME RESULT OF TOSSING COINS

7 H T H T H H T H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.74010438 .68120366 .42657411

GAME RESULT OF TOSSING COINS

8 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.42753381 .72709699 .51957762

GAME RESULT OF TOSSING COINS

9 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

 .56651509 .72295296 .23911253
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 10 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.92828149 .41758478 .15115818 .14877774 .53227335
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 11 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.85460985 .33719900 .33188879 .95660269 .75255591 .90606403 .66344190
 .82622761 .98644978
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 12 T H H T T T H T T
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.48271126 .01840266 .76616716 .43125707 .69219029
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 13 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.27182835 .40140995 .96203500 .15945922 .29868466
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 14 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.35697502 .45371869 .50956756
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 15 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.97399825 .25785089 .78136539 .36747336 .17270425 .72905666 .81994081
 .35819575 .76989043 .39555040 .44444105
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 16 T H T H H H T H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11

.10672323 .64049196 .88238168 .52989286 .23807490
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 17 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.65953553 .81450850 .95129246 .37723929 .70201725 .81694996 .58360547
 .14920500 .64293343
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 18 H T T H H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.51469469 .30185857 .17899106
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 19 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.35728019 .53276163 .98107851 .09158605 .72008425
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 20 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.49613941 .49620044 .51200902
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 21 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.60631120 .02981658 .72228158
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 22 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.06521805 .89098787 .75884277 .53428757 .37626269 .44907987 .30814540
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 23 H T T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.80724508 .07010102 .15561388 .30277413 .41611987
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 24 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.77178258 .88561660 .36771753 .23593859 .10623493 .51402324 .12796411
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 25 T T H H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.14169744 .69853818 .91589099 .20853297 .00839259
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 26 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.17361981 .96618531 .23441267 .71105075 .15652944
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 27 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.53990293 .83062226 .12460707 .27225563 .51207006
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 28 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.62211984 .12411878 .14578693
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 29 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.76768304 .23392437 .58458203 .40214241 .15170752

GAME RESULT OF TOSSING COINS

30 T H H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.29105502 .38096255 .66631061

GAME RESULT OF TOSSING COINS

31 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.56920069 .41850033 .38828701

GAME RESULT OF TOSSING COINS

32 H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.56328011 .88512832 .24124882 .48155156 .71807003

GAME RESULT OF TOSSING COINS

33 H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.97448653 .38431960 .53575242 .75566882 .71227151 .47270119 .42588580

GAME RESULT OF TOSSING COINS

34 T H H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.30106509 .97350991 .13138218 .02694784 .97930843 .63316751 .98541218

.21396527 .41532639

GAME RESULT OF TOSSING COINS

35 H T H H T H T H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.56627095 .65971863 .86193424 .23416853 .64781642

GAME RESULT OF TOSSING COINS

36 H H T H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.77935117 .84582049 .06082339 .75280005 .96929836

GAME RESULT OF TOSSING COINS

37 T T H T T

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.04062014 .52031004 .75621814 .85454881 .32139042 .23758660 .53306681

GAME RESULT OF TOSSING COINS

38 H H T T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.06009094 .56309700 .83770257 .95837277 .21097445 .64073610 .94561601

.90710163 .93218786 .42930388 .18631551 .25424969 .84868926 .80382705

.18485062 .87487411 .58549762 .63927120 .56620991

GAME RESULT OF TOSSING COINS

39 H H T T H H T T T H H H T T H T H H H

TOTAL OF TAIL AND HEAD= 19

.64391005 .76763207 .81066316 .95538193 .43638417 .02005066 .19296853
 .97735524 .12729271 .96783352 .66124457 .25711843 .59166235
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 40 H T T T H H H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 13

.23587756 .89042634 .41972107
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 41 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.70445877 .44926298 .35557115
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 42 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.09012116 .34067813 .23294778
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 43 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.33164465 .89336830 .37534714 .21195105 .89367354 .45439008 .68346202
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 44 H T H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.01126133 .91662341 .39823604 .13998841 .25589770
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 45 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.27549058 .34989470 .61998349
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 46 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.57084870 .84533221 .93438518 .99841303 .58110297 .50108343 .77666557
 .15024263 .91167945 .11777093 .50175482 .95056003 .18753624 .57042146
 .73467207

GAME RESULT OF TOSSING COINS
 47 H T T T H H T H H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 15

.27426985 .03372295 .73400068
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 48 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.10037538 .99645984 .07522812 .48350474 .22391431
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 49 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

 .99206519 .93707085 .69396037 .73027742 .13608204 .24417859 .24033326
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 50 T T H H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.24442275 .30356762 .62163150
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 51 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.99768060 .39139989 .36948758 .69438767 .84093755 .79619741 .20883816
 .08743553 .64513075
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 52 T H H H T T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.08377331 .69664603 .42582476
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 53 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.28525651 .87920773 .70787680 .33451340 .63634145
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 54 H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.08742818 .11752678 .43852046 .57335126 .49345377
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 55 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.80065310 .36283457 .97131258 .56250354 .63219094 .73247474 .70519120
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 56 T H T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.63896602 .48716697 .17239906
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 57 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.65001374 .34842983 .24057741
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 58 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.30765709 .68077642 .31571397
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 59 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

```

-----
.76744896 .76323742 .67247534 .16580707 .94274729 .16409802 .50010681
.52372813 .64146852
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
60      T T H H T H H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9
-----
.13528855 .03866695 .01443525
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
61      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.73863947 .30179754 .16318247
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
62      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.26297799 .10922574 .20861356
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
63      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.74864934 .89434493 .62828457 .72075564 .67003387
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
64      H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----
.53349406 .17075107 .22318186
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
65      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.00236214 .80547500 .61168247 .42094180 .02059999 .33524582 .82604450
.93902403 .19980468 .74785608 .68883330
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
66      T T H H H H T T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 11
-----
.40238655 .21494186 .66826379
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
67      H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3
-----
.07504501 .43607900 .94103825 .72148806 .05973692 .66508991 .25302896
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
68      H H T H T H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7
-----
.53251749 .91784418 .71440780 .02597125 .72637105
GAME      RESULT OF TOSSING COINS
69      H T H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5
-----

```

.12436292 .20902127 .13486129
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 70 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.92803735 .35435042 .77397990 .45469328 .76250494 .48277229 .03421125
 .86046940 .05479295 .38462478 .61479539 .22714926 .82988983 .93493456
 .14065981 .42979217 .31278419
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 71 T H T H T H H T T H H H T T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 17

.00863674 .23685415 .34336376
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 72 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.92852563 .48081911 .52836698 .84289074 .30204168 .22641683 .64018679
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 73 T H H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.80333871 .05838191 .12045655 .19730216 .09970397
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 74 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.82256538 .03793451 .82476270 .60704368 .21951964 .85387737 .14749596
 .20029297 .87432480 .44322032 .79058200 .75450909 .41190833 .68102056
 .37894833
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 75 T H T H H T H H T H T T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 15

.14462721 .45731986 .44224373
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 76 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.53764457 .24570452 .63554794
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 77 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.60191655 .89165932 .93273723 .57158118 .03500473 .06595050 .08066042
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 78 H T T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.89043856 .61656547 .68559831 .56456190 .21707816
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 79 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

 .22153386 .37553027 .25937682
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 80 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.17654958 .72496718 .76079595 .04013184 .39384136
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 81 H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.00180059 .46635336 .78185368 .49394208 .92712182 .11722159 .35947752
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 82 H H T H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.10184027 .37583545 .33841977
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 83 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.64806056 .84258550 .22299875 .75493640 .52256846 .34110537 .34360790
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 84 H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.99176002 .85802788 .22244942 .61265910 .67387921 .52940458 .11160619
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 85 T T H H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.90514845 .42631307 .41172522 .63359475 .09684175
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 86 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.87400066 .37998596 .41337320 .06039613 .64213997
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 87 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.30918303 .07596057 .67320782
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 88 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.35551012 .07431257 .24637593
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 89 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.80944240 .63921016 .55040133 .54960781 .34409618
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 90 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.11819819 .61241496 .61064488
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 91 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.15219581 .41752374 .13534959
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 92 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.05447534 .10873745 .16214484
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 93 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.99426232 .50614947 .08871730 .97711110 .06405835 .59062469 .96716207
 .48735008 .21982482
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 94 T H H T H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 9

.93292034 .61900693 .31791133 .33652762 .15799433
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 95 T H H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 5

.91930908 .09378338 .28916287 .89092684 .74303412 .43998536 .95275736
 .75664338 .96520889 .98150581 .20224616 .38016906 .46079898 .34330273
 .91271704 .38651693 .10483108
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 96 T H H T H H T T T T H H H H T H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 17

.15042573 .95910519 .40067750 .77233189 .02786340 .21640675 .04763939
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 97 H T H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.33823663 .60063481 .55967897
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 98 H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

.95245210 .67760247 .49369794 .86388743 .74004334 .66539508 .33207190
 GAME RESULT OF TOSSING COINS
 99 T H H T H H H
 TOTAL OF TAIL AND HEAD= 7

.00399792 .03543199 .17661062
GAME RESULT OF TOSSING COINS
100 H H H
TOTAL OF TAIL AND HEAD= 3

XBAR= 5.56
STANDARD DEVIATION= 3.38
STANDARD DEVIATION OF AVERAGE= .338

TOTAL OF TAIL IN THE GAME =137
TOTAL OF HEAD IN THE GAME =419
TOTAL OF HEAD AND TAIL IN THE GAME =556

STOP

การจำลองแบบการเล่น เกมสโตนเทรียญ

บทคัดย่อ

ของ

โกมด ไพศาล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2529

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลอง
แบบการเล่นเกมส์โยนเหรียญ

เกมส์โยนเหรียญที่ใช้ในการจำลองแบบมีกติกาการเล่นดังนี้ คือมีเหรียญเพียงตรง
1 อันซึ่งมีความน่าจะเป็นของการไถ่ก้อยเท่ากับ $\frac{1}{2}$ และความน่าจะเป็นของการไถ่หัว
เท่ากับ $\frac{1}{2}$ ผู้เล่นจะโยนเหรียญไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลต่างระหว่างจำนวนหัวและก้อยที่ขึ้น
เท่ากับ 3 หรือจำนวนครั้งที่โยนเหรียญเท่ากับ 20 ครั้ง จึงจะจบเกมส์ โดยที่แต่ละครั้ง
ที่โยนเหรียญ ผู้เล่นจะต้องเสียเงิน 1 บาทก่อน และจะได้รับเงิน 7 บาทเมื่อจบเกมส์
ผู้เล่นจะเลิกเล่นก่อนจบเกมส์ไม่ได้ ผู้เล่นควรจะต้องตัดสินใจเล่นเกมส์นี้หรือไม่

ผลของการทดลองปรากฏว่า ผู้เล่นไม่ควรเล่นเกมส์โยนเหรียญนี้ เพราะว่า
ค่าเฉลี่ยของจำนวนครั้งที่โยนเหรียญในแต่ละเกมส์สูงกว่า 7 ครั้ง ซึ่งทำให้ผู้เล่นเสียเปรียบ
แต่ถ้าเปลี่ยนจำนวนเงินที่ได้รับจาก 7 บาท เมื่อเล่นจบเกมส์เป็นค่าที่มากกว่า 8.51 บาท
โดยที่กติกาอื่น ๆ ยังคงเดิม ผู้เล่นเกมส์ก็จะได้เปรียบมากขึ้น ซึ่งผลการทดลองนี้เชื่อถือ
ได้ 95%

SIMULATION OF A GAME OF TOSSING COINS

AN ABSTRACT

BY

GOMOL PISAL

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

April 1986

The purpose of this study is to write a computer program to simulate a game of tossing coins.

In this game of tossing coins, the player will repeatedly flip a fair coin until the difference between the number of heads and tails obtained is three, or until the coin has been tossed for 20 times. The player would be required to pay 1 baht for each toss and would receive 7 bahts at the end of the game. The player is not allowed to quit during a play of a game. How would the player decide whether or not to play this game ?

From the result of this simulation, the player should not play this game as the mean of the number of toss in each game is **greater** than 7. If instead of receiving 7 bahts at the end of the game, the player receives more than **8.51** bahts with the rest of the game unchanged then the game would be to the advantage of the player. This result is obtained with a 95% level of confidence.