# รายการอ้างอิง


[1] Ian G. Warnock. Programmable Controllers Operation and Application. Prentice Hall, 1988.

[2] David W. Pessen. Industrial Automation. John Willey & Sons, 1990.

[3] Gilles Michel. Programmable Logic Controllers : Architecture and Application. John Willey & Sons, 1990.

[4] IEC848 - Preparation of function charts for contros systems. International Electronical Commission, 1988.

[5] Graph 5 User Manual. Siemens AG, 1991.

[6] James L. Peterson. Petri Net Theory and the Modeling of Systems. Prentice Hall, 1981.

[7] Richard Zurawski and MengChu Zhou. Petri Nets and Industrial Applications : A Tutorial. IEEE Transaction on Industrial Electronics. Vol 41 (December 1994) : 567-581.

[8] Tudao Murata. Petri Nets : Properties, Analysis and Applications. Proceeding of the IEEE. Vol77(April 1989) : 541-580.

[9] วรรณวิทย์ กมลเดชเดชา และ ดร.สมบูรณ์ จงชัยกิจ. ซอฟต์แวร์เพ็ตตรีเน็ตสำหรับหาแบบจำลองและวิเคราะห์ระบบ. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 18. พฤศจิกายน 2538 : 873-877.

[10] Kurapati Venkatesh and MengChu Zhou. Automatic Generation of Petri Net Models from Logic Control Specification. Proceedingd of the Fourth International Conferrence on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology. 1994 : 242-247.

[11] Rene David and Hassane Alla. Petri Net & Grafcet : Tool for Modelling Discrete Event Systems. Prentice Hall, 1992.

[12] Rene David. Grafcet : A Powerful Tool for Specification of Logic Controllers. IEEE Transaction on Control Systems Technology. Vol 3(1995) : 253-268.

[13] Phil FeldMan, Roger Jennings and Barry Seymour. Using Visual Basic 3. Que, 1993.

[14] Steven Holzner and the Peter Norton Computiong Group. Visual Basic for Windows Release 3.0. Brady, 1993

[15] A. El Rhalibi, F. Prunet and C. Durante. From Modelling Using Function Charts for Control Systems to Analysis Using Petri Nets. Proceeding of the Third International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Computer andTelecommunication Systems. 1995 : 383-393.

[16] T.O. Boucher and P. Sung. Developing a Class of Sequential Function Charts From Petri Nets. Proceedings of the Fourth International Conferrence on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology. 1994 : 163-168.

[17] Haruki Tanaka, Masanori Hikichi and Yoshiharu Maruyama. A Method for Adding Counter-places to the Incidence Matrix of Petri Net. Proceeding of the IEEE Annual Conference on Industrial Electronics. 1992 : 1422-1426.

[18] Alain Finkel. The Minimal Coverability Graph for Petri Nets. Advance in Petri Nets. Springer Verlag, 1990.

[19] Kurt Jensen. Computer tools for construction, modification and analysis of Petri Nets. Advance in Petri Nets. Springer Verlag, 1986

[20] Michael R. Gile. NETMAN User Manual. May 1994

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

# ทฤษฎีของแบ็ก

ทฤษฎีของแบ็ก (Bags Theory) เป็นส่วนขยายของทฤษฎีเซ็ต แบ็กคล้ายกับเซ็ตคือเป็นกลุ่มของสมาชิกบนบางโดเมน แต่ที่ไม่เหมือนกับเซ็ตก็คือ แบ็กยอมให้เกิดสมาชิกเดียวกันได้หลายครั้ง ในทฤษฎีของเซ็ตได้กำหนดนิยามของสมาชิกของเซ็ตว่าเป็นสมาชิกของเซ็ตหนึ่งหรือไม่เป็นสมาชิกของเซ็ตนั้นอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ในทฤษฎีของแบ็กได้กำหนดนิยามของสมาชิกของแบ็กว่าเป็นสมาชิกของแบ็กนั้นกี่ครั้ง เช่น 0 ครั้ง(ไม่เป็นสมาชิกของแบ็กนั้น) หรือ 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง หรือ จำนวนเต็มบวกใด ๆ ครั้ง

*ตัวอย่าง* พิจารณาแบ็กภายใต้โดเมน {a, b, c, d} :

$$B_1 = \{a, b, c\}$$

$$B_2 = \{a\}$$

$$B_3 = \{a, b, c, c\}$$

$$B_4 = \{a, a, a\}$$

$$B_5 = \{b, c, b, c\}$$

$$B_6 = \{c, c, b, b\}$$

$$B_7 = \{a, a, a, a, a, b, b, c, d, d, d, d, d\}$$

บางแบ็กเป็นเซ็ต (เช่น $B_1$, $B_2$) ลำดับของสมาชิกไม่สำคัญดังนั้น $B_5$ และ $B_6$ เป็นแบ็กเดียวกัน

แนวความคิดพื้นฐานในทฤษฎีของเซ็ต คือ ความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกและเซ็ต โดยกำหนดว่าสมาชิกใดเป็นของเซ็ตใด แต่แนวความคิดพื้นฐานในทฤษฎีของแบ็ก คือ ฟังก์ชันจำนวนการเกิดของสมาชิก โดยฟังก์ชันนี้กำหนดจำนวนของการเกิดขึ้นของสมาชิกในแบ็ก สำหรับสมาชิก x และ แบ็ก B เรากำหนดจำนวนการเกิดขึ้นของ x ในแบ็ก B ด้วย #(x,B) (อ่านว่า "จำนวนของ x ใน B") ถ้าเรากำหนดให้จำนวนของสมาชิกในแบ็กเป็น $0 \le \#(x,B) \le 1$ ดังนั้นจะ

ได้ผลลัพธ์เป็นทฤษฎีของเซ็ต

**ความเป็นสมาชิก (Membership)**

ฟังก์ชัน #(x,B) กำหนดจำนวนของการเกิดขึ้นของสมาชิก x ในแบ็ก B ดังนั้น $\#(x,B) \geq 0$ สำหรับทุกสมาชิกของ x และ B เราตรวจสอบการเป็นสมาชิกของแบ็กโดยแยกความแตกต่างในกรณีที่ฟังก์ชันนี้มีค่าเป็นศูนย์กับไม่เป็นศูนย์ สมาชิก x เป็นสมาชิกของแบ็ก B ถ้า $\#(x,B) > 0$ แสดงว่า x เป็นสมาชิกของแบ็ก B แต่ถ้า $\#(x,B) = 0$ แสดงว่า x ไม่เป็นสมาชิกของแบ็ก B

เรากำหนดให้แบ็กว่าง (Empty Bag : $\varnothing$ ) คือแบ็กที่ไม่มีสมาชิก สำหรับทุกสมาชิก x ให้ $\#(x,\varnothing)=0$

**คาร์ดินัลลิตี (Cardinality)**

คาร์ดินัลลิตี |B| ของแบ็ก B เป็นจำนวนทั้งหมดของการเกิดขึ้นของสมาชิกในแบ็ก

$$|B| = \sum_{x} \#(x,B) \qquad \text{(ก-1)}$$

**ความเป็นส่วนหนึ่งและความเท่ากันของแบ็ก (Bag Inclusion and Equality)**

แบ็ก A เป็นซับแบ็ก (Subbag) ของแบ็ก B (สามารถเขียนเป็น $A \subseteq B$) ถ้าทุกสมาชิกของ A เป็นสมาชิกของ B อย่างน้อยหนึ่งครั้ง

$A \subseteq B$ ก็ต่อเมื่อ $\#(x,A) \leq \#(x,B)$ สำหรับทุกสมาชิกของ x

แบ็ก A เท่ากับ แบ็ก B (A=B) ก็ต่อเมื่อ $\#(x,A) = \#(x,B)$ สำหรับทุกสมาชิกของ x จากนิยามเหล่านี้เราสามารถแสดงได้ว่า

$$A=B \leftrightarrow ((A \subseteq B) \wedge (B \subseteq A)) \qquad \text{(ก-2)}$$

$$\varnothing \subseteq B \quad ,\forall B \qquad \text{(ก-3)}$$

$$A=B \rightarrow |A|=|B| \qquad \text{(ก-4)}$$

$$A \subseteq B \rightarrow |A|<|B| \qquad \text{(ก-5)}$$

$$(A \subseteq B) \wedge (A \neq B) \rightarrow A \subset B \qquad \text{(ก-6)}$$

*ข้อสังเกต*: จากสมการที่ (ก-6) ถ้า $A \subset B$ ไม่จำเป็นที่ $\#(x,A) < \#(x,B)$ ถึงแม้ว่า $|A| < |B|$

<u>การดำเนินการ (Operations)</u>

สำหรับแบ็ก A และ B จำนวน 2 แบ็ก เรานิยามตัวดำเนินการ 4 ตัว ดังนี้

1. ยูเนียนของแบ็ก (Bag Union ) เขียนแทนได้ด้วย $A \cup B$ โดยมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดเป็น

$$\#(x,A \cup B) = \max[\#(x,A),\#(x,B)] \qquad (ก\text{-}7)$$

2. อินเตอร์เซคชันของแบ็ก (Bag Intersection) เขียนแทนได้ด้วย $A \cap B$ โดยมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดเป็น

$$\#(x,A \cap B) = \min[\#(x,A),\#(x,B)] \qquad (ก\text{-}8)$$

3. ผลรวมของแบ็ก (Bag Sum) เขียนแทนได้ด้วย A+B โดยมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดเป็น

$$\#(x,A+B) = \#(x,A) + \#(x,B) \qquad (ก\text{-}9)$$

4. ผลต่างของแบ็ก (Bag Difference) เขียนแทนได้ด้วย A-B โดยมีฟังก์ชันความเป็นสมาชิกกำหนดเป็น

$$\#(x,A-B) = \#(x,A) - \#(x,B) \qquad (ก\text{-}10)$$

ตัวดำเนินการยูเนียน อินเตอร์เซคชัน และ ผลรวมมีคุณสมบัติสลับที่ และ จัดหมู่

$$A \cap B \subseteq A \subseteq A \cup B \qquad (ก\text{-}11)$$

$$A-B \subseteq A \subseteq A+B \qquad (ก\text{-}12)$$

ความแตกต่างระหว่างยูเนียนและผลรวมที่เห็นได้ชัดคือ

$$|A \cup B| \leq |A| + |B| \qquad (ก\text{-}13)$$

$$|A+B| = |A| + |B| \qquad (ก\text{-}14)$$

<u>ปริภูมิของแบ็ก (Bag Space)</u>

เรานิยามโดเมน D เป็นเซ็ตของสมาชิกจากแบ็กที่ถูกสร้างขึ้น ปริภูมิของแบ็ก $D^n$ เป็นเซ็ตของแบ็กทั้งหมดที่สมาชิกของแบ็กนั้นอยู่ใน D และไม่มีสมาชิกเกิดขึ้นมากกว่า n ครั้ง สำหรับทุกสมาชิกของ $B \in D^n$

1. $(x \in B) \rightarrow (x \in D)$
2. $\#(x,B) \leq n$ สำหรับทุกสมาชิกของ x

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เซ็ต $D^{\infty}$ เป็นเซ็ตของแบ็กทั้งหมดภายใต้โดเมน D โดยไม่มีการจำกัดจำนวนการเกิดขึ้นของการเกิดขึ้นของสมาชิกในแบ็ก

<u>ตัวอย่าง</u>

ให้ $D = \{a, b, c, d\}$ เป็นโดเมนหนึ่ง ดังนั้นสำหรับแบ็กต่อไปนี้

$$A = \{a, b\}$$

$$B = \{a, a, b, c\}$$

$$C = \{a, a, a, c, c\}$$

แสดงว่า

$$|A| = 2$$

$$|C| = 5$$

$$A \cup B = \{a, a, b, c\} = B$$

$$A \cup C = \{a, a, a, b, c, c\} = B \cup C$$

$$A \cap C = \{a\}$$

$$B \cap C = \{a, a, c\}$$

$$A + B = \{a, a, a, b, b, c\}$$

$$A - B = \varnothing$$

$$C - A = \{a, a, c, c\}$$

$$C - B = \{a, c\}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ข

## การติดต่อกับผู้ใช้

ซอฟต์แวร์เพทริเน็ต หรือ "GUIPET" เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ และ วิเคราะห์ ระบบควบคุมลำดับโดยทฤษฎีเพทริเน็ต ถึงแม้ว่า "GUIPET" จะมีการติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิกซึ่งง่ายต่อการใช้งาน แต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีคำแนะนำและตัวอย่างในการใช้งาน เพื่อให้ใช้ซอฟต์แวร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

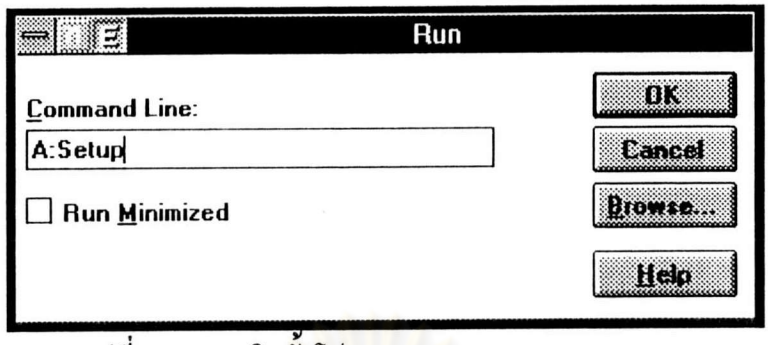
<u>การติดตั้งซอฟต์แวร์</u>

"GUIPET" เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ ซึ่งเป็นระบบติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟฟิก และ ระบบคอมพิวเตอร์ที่จะทำการติดตั้งซอฟต์แวร์นี้จำเป็นต้องมีระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังนี้

- เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่เข้ากันได้กับ IBM-AT หรือสูงกว่า
- ฮาร์ดดิสค์มีที่ว่างอย่างน้อย 1 เมกะไบต์
- เมาส์หรืออุปกรณ์ที่ใช้ชี้อย่างอื่น
- หน่วยความจำอย่างน้อย 2 เมกะไบต์ (แนะนำ 4 เมกะไบต์)
- จอภาพชนิด EGA หรือ VGA (แนะนำ VGA)
- ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ เวอร์ชัน 3.0 หรือสูงกว่า

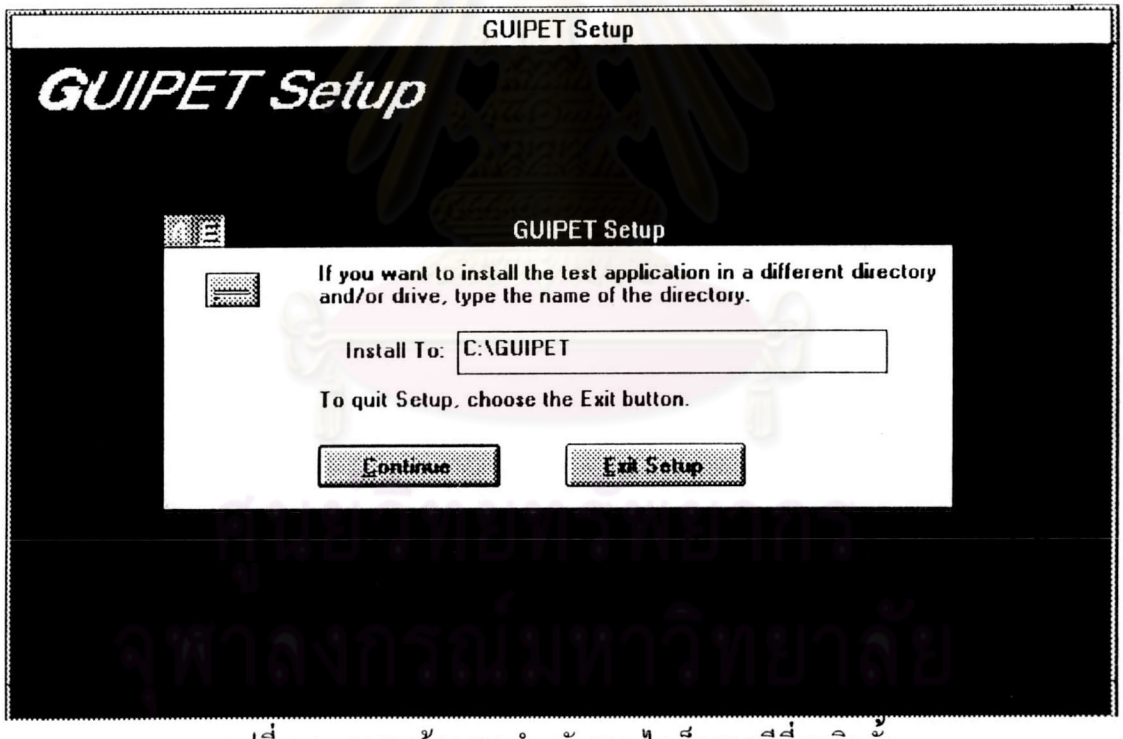
ขั้นตอนในการติดตั้งซอฟต์แวร์ "GUIPET" ประกอบด้วย

1. เริ่มต้นสั่งให้โปรแกรมไมโครซอฟต์วินโดว์เริ่มทำงาน
2. ใส่แผ่น "GUIPET Setup" ลงในไดรฟ์ A: หรือ B:
3. เลือก "Run" จากรายการคำสั่งของ "File" ใน Program Manager
4. พิมพ์ไดรฟ์ A หรือ B :Setup แล้วกดคีย์ <Enter> แสดงดังรูปที่ ข.1



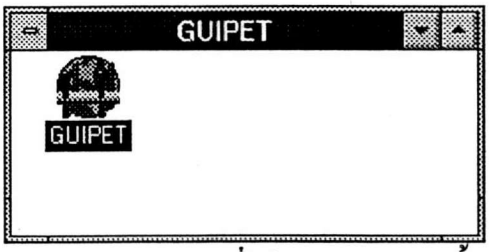

รูปที่ ข.1 การติดตั้งโปรแกรมจาก Program Manager

5. รอสักครู่จะปรากฏจอภาพ GUIPET Setup การติดตั้งจะถามคุณให้ระบุไดเรกทรอรีในตำแหน่งที่ซอฟต์แวร์เพทริเน็ตจะติดตั้งระบบให้ แสดงดังรูปที่ ข.2 ค่าปกติจะเป็น C:\GUIPET โดยการกดคีย์ <Enter> หรือเลือก "Continue" โปรแกรมจะเริ่มทำการติดตั้ง




รูปที่ ข.2 กรอบข้อความสำหรับระบุไดเร็กทรอรีที่จะติดตั้ง

6. เมื่อการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ระบบจะสร้างไอคอนใหม่ขึ้นมาบนไมโครซอฟต์วินโดว์ ดังแสดงในรูปที่ ข.3




รูปที่ ข.3 ไอคอนของ GUIPET ที่ได้หลังจากการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์

<u>การสร้างแบบจำลองเพทริเน็ต</u>

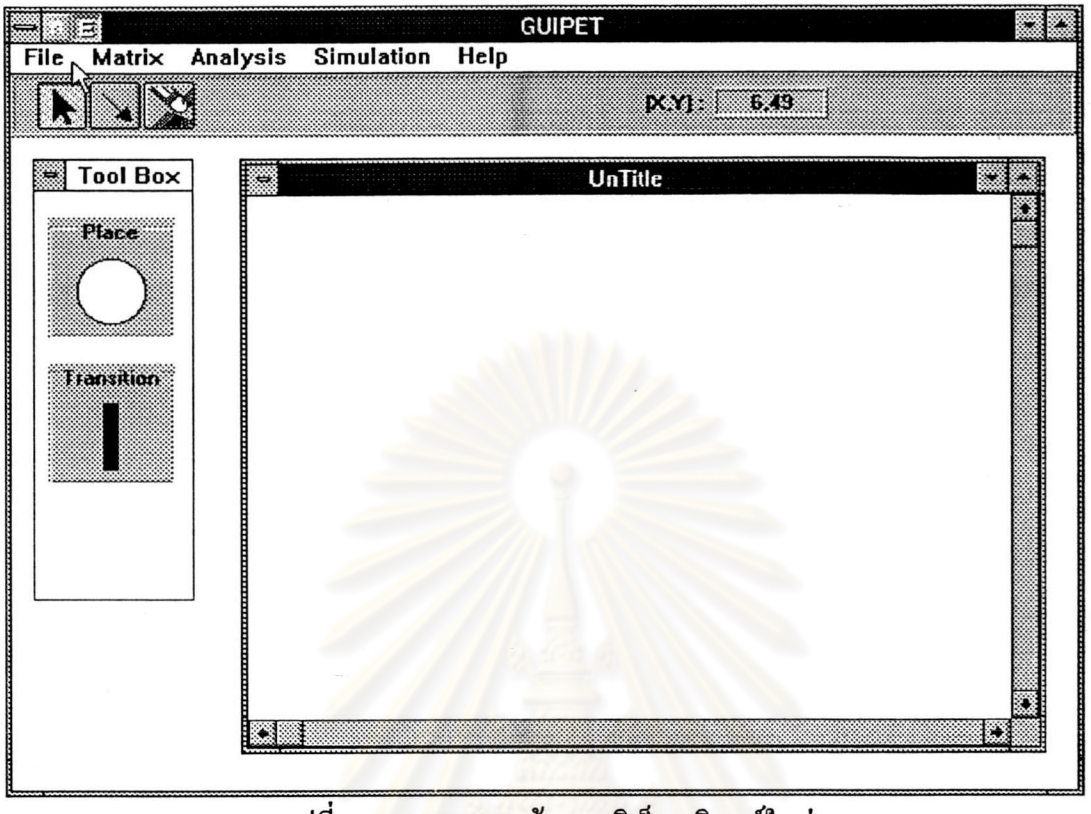
ในการสร้างแบบจำลองเพทริเน็ต ซอฟต์แวร์ GUIPET มีขั้นตอนการสร้างดังต่อไปนี้

1. เลือก "New" จากรายการคำสั่งของ "File" ดังแสดงในรูปที่ ข.4

รูปที่ ข.4 เลือก "New" จากรายการคำสั่งของ "File"

2. ซอฟต์แวร์ GUIPET จะสร้างวินโดว์ใหม่ สำหรับทำหน้าที่เป็นเพทริเน็ตเอดิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ ข.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ ข.5 GUIPET สร้างเพทริเน็ตเอดิเตอร์ใหม่

3. สร้างองค์ประกอบของแบบจำลองเพทริเน็ต

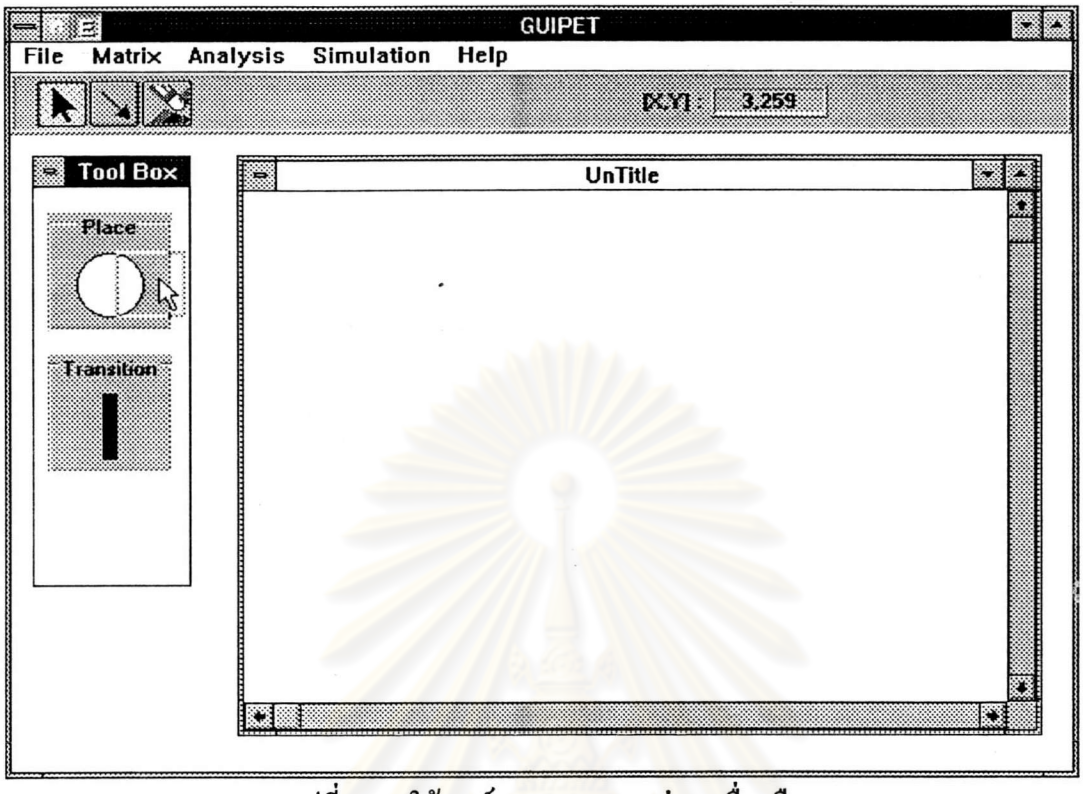
ในแบบจำลองเพทริเน็ตมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ เพลส ทรานซิชัน และอาร์ก ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองเพทริเน็ตจึงอธิบายการสร้างแบบจำลองเพทริเน็ตเป็น 3 ส่วน คือ

3.1 การสร้างเพลสบนเพทริเน็ตเอดิเตอร์ มีขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

*ขั้นตอนที่ 1* เลือก "Point Button" เป็นเครื่องมือที่ใช้วาดจากรายการเครื่องมือ

*ขั้นตอนที่ 2* ใช้เมาส์ลากเพลสจากกล่องเครื่องมือไปปล่อยในบริเวณเพทริเน็ตเอดิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ ข.6 และหลังจากปล่อยเพลสในบริเวณเพทริเน็ตเอดิเตอร์จะแสดงผลดังรูปที่ ข.7

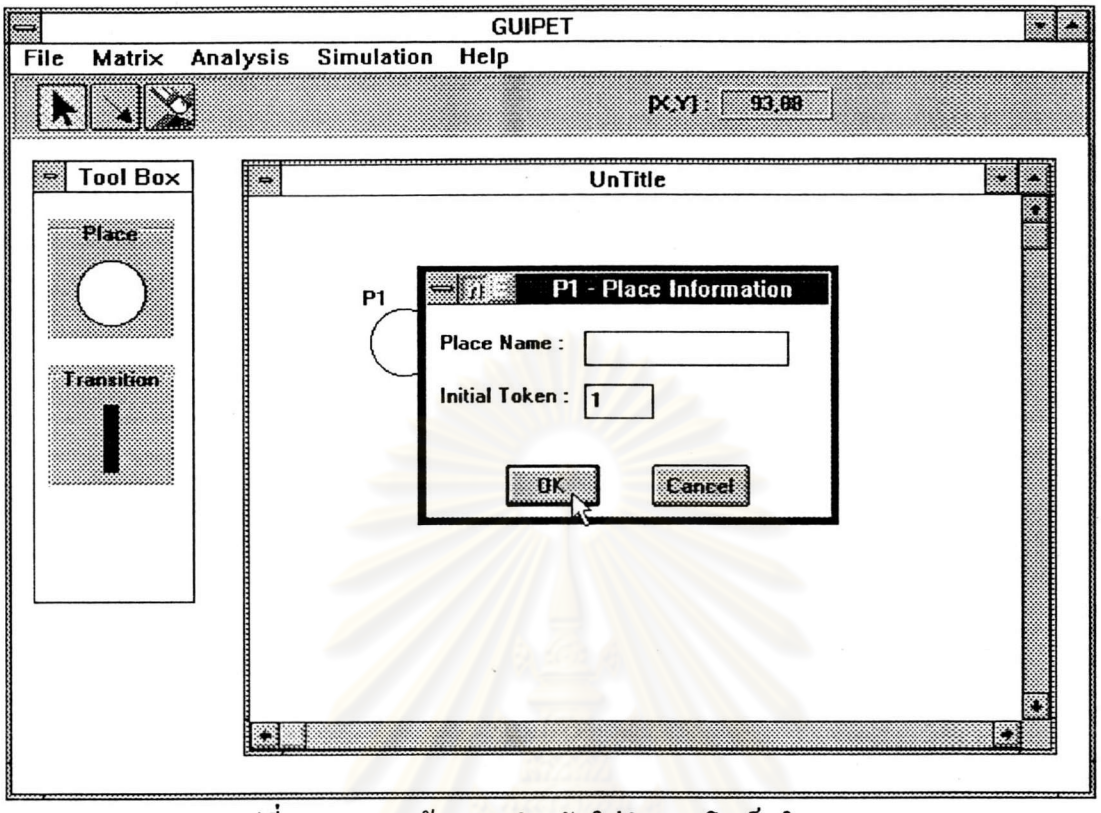
*ขั้นตอนที่ 3* ผู้ใช้สามารถกำหนดจำนวนโทเค็นในเพลสได้โดยผู้ใช้ดับเบิ้ลคลิกบนเพลสที่ต้องการ GUIPET จะแสดงกรอบข้อความให้ผู้ใช้ใส่จำนวนโทเค็นในเพลสนั้น แสดงดังรูปที่ ข.8 หลังจากผู้ใช้กดคีย์ <Enter> หรือเลือกปุ่ม "OK" เพทริเน็ตเอดิเตอร์จะแสดงจำนวนโทเค็นที่กำหนดในเพลสนั้นแสดงดังรูปที่ ข.9



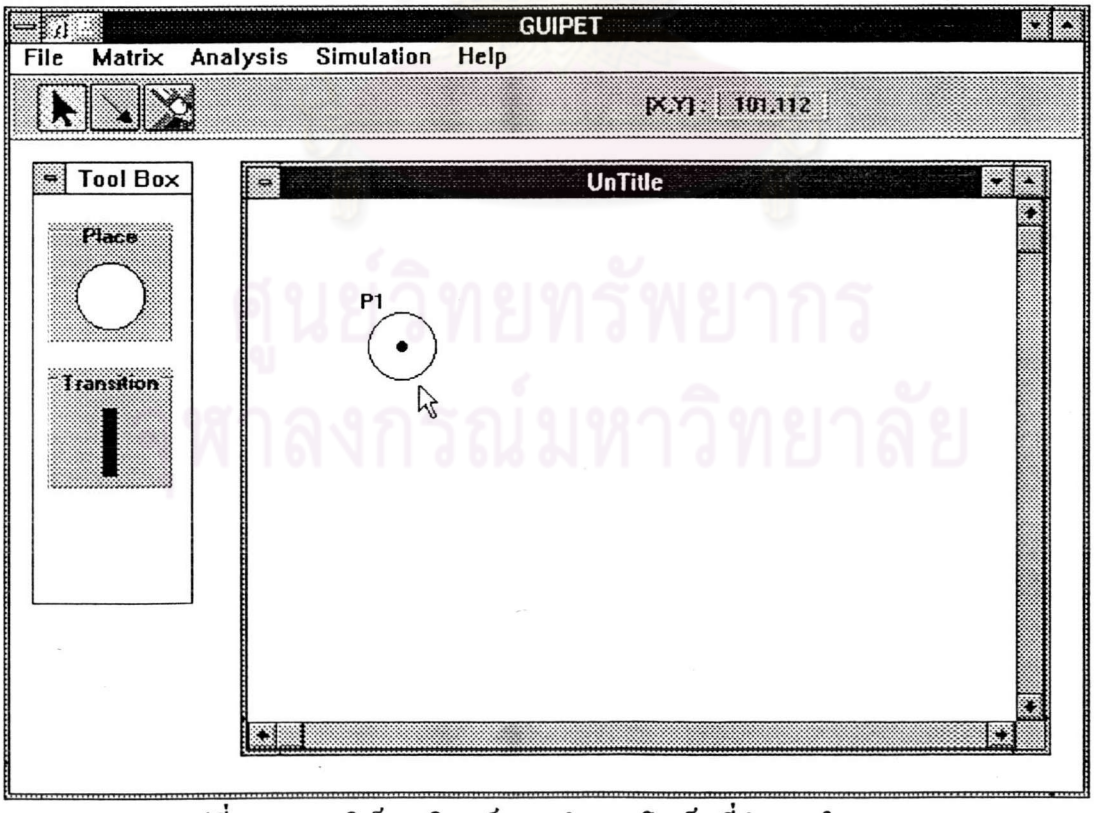

รูปที่ ข.6 ใช้เมาส์ลากเพลสจากกล่องเครื่องมือ

รูปที่ ข.7 ปล่อยเพลสบนเพทริเน็ตเอดิเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ ข.8 กรอบข้อความสำหรับใส่จำนวนโทเค็นในเพลส




รูปที่ ข.9 เพทริเน็ตเอดิเตอร์แสดงจำนวนโทเค็นที่กำหนดในเพลส

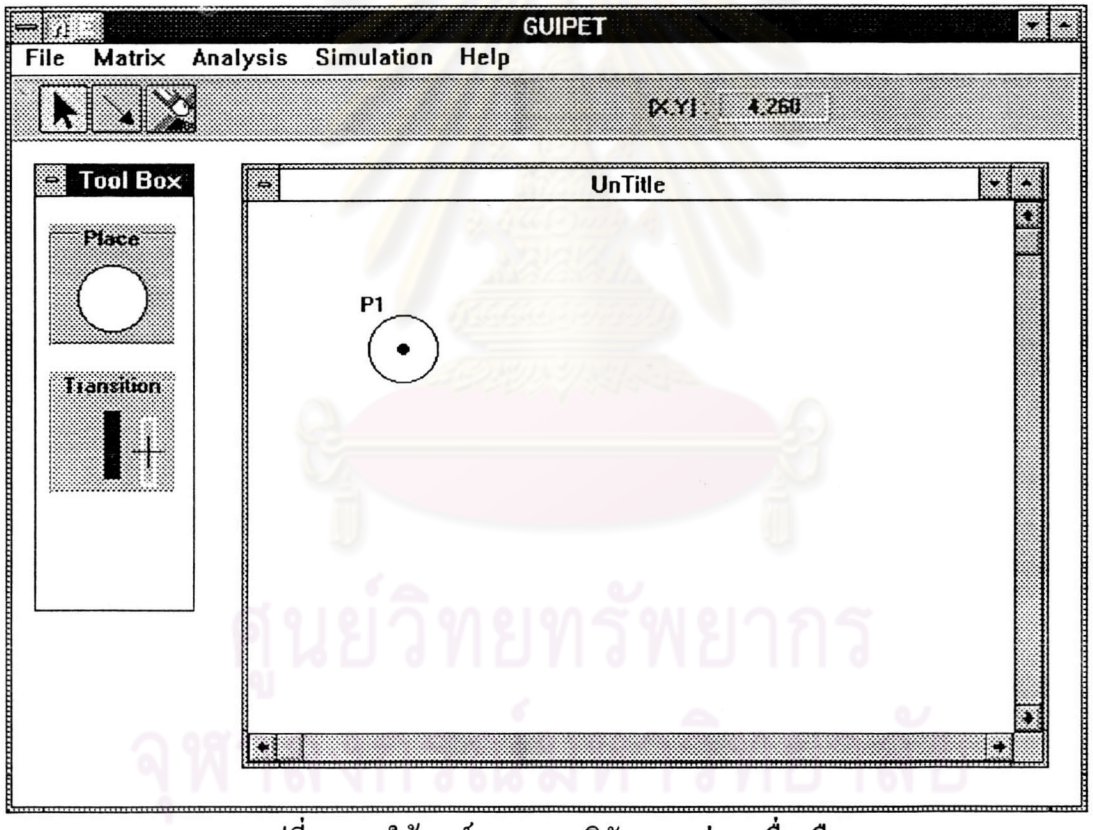
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การสร้างทรานซิชันบนเพทริเน็ตเอดิเตอร์ มีขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

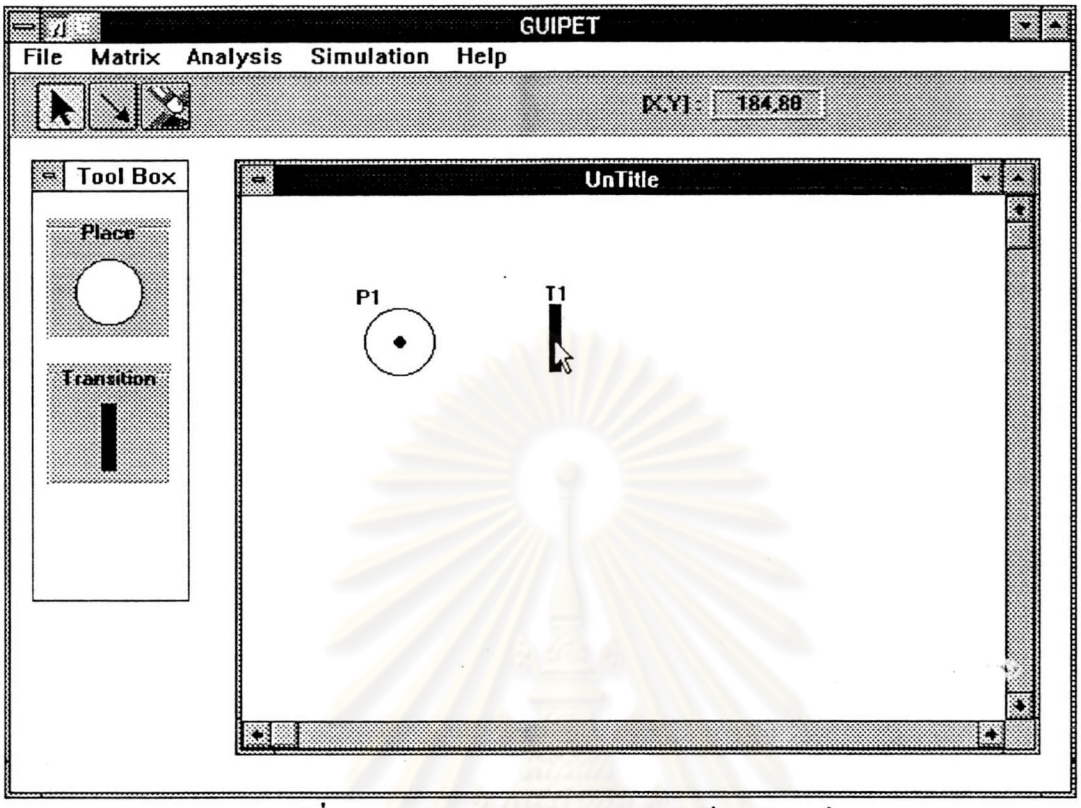
*ขั้นตอนที่ 1* เลือก "Point Button" เป็นเครื่องมือที่ใช้วาดจากรายการเครื่องมือ

*ขั้นตอนที่ 2* ใช้เมาส์ลากทรานซิชันจากกล่องเครื่องมือไปปล่อยในบริเวณเพทริเน็ตเอดิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ ข10. และ หลังจากปล่อยทรานซิชันในบริเวณเพทริเน็ตเอดิเตอร์จะแสดงผลดังรูปที่ ข.11

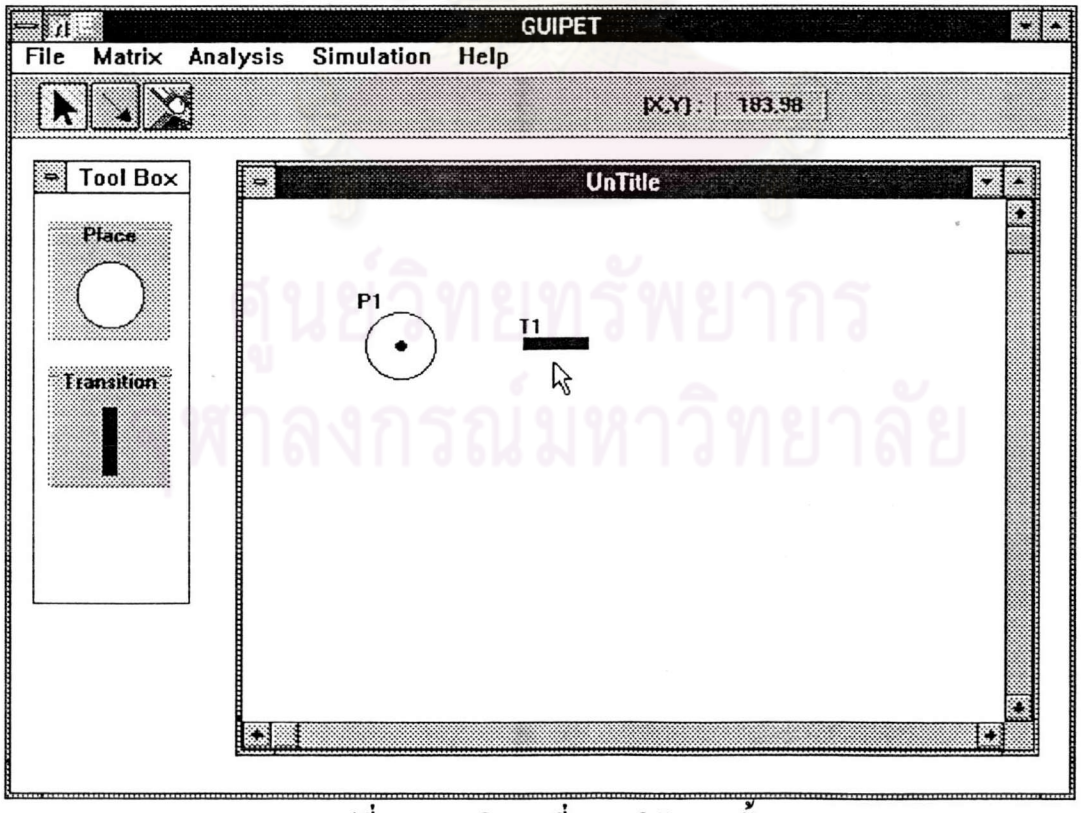
*ขั้นตอนที่ 3* ผู้ใช้สามารถเลือกทิศทางที่แสดงของทรานซิชันได้โดยการคลิกขวาที่ทรานซิชันเพื่อที่จะเปลี่ยนทรานซิชันในแนวตั้งเป็นแนวนอน หรือ เปลี่ยนทรานซิชันในแนวนอนเป็นแนวตั้ง ซึ่งแสดงผลทรานซิชันที่ถูกคลิกขวา 1 ครั้งดังรูปที่ ข.12 ถ้าคลิกขวาที่ทรานซิชัน T1 ในรูปที่ ข.12 อีกครั้งทรานซิชัน T1 จะแสดงผลเหมือนกับรูปที่ ข.11




รูปที่ ข.10 ใช้เมาส์ลากทรานซิชันจากกล่องเครื่องมือ




รูปที่ ข.11 ปล่อยทรานซิชันบนเพทริเน็ตเอดิเตอร์




รูปที่ ข.12 คลิกขวาที่ทรานซิชัน 1 ครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

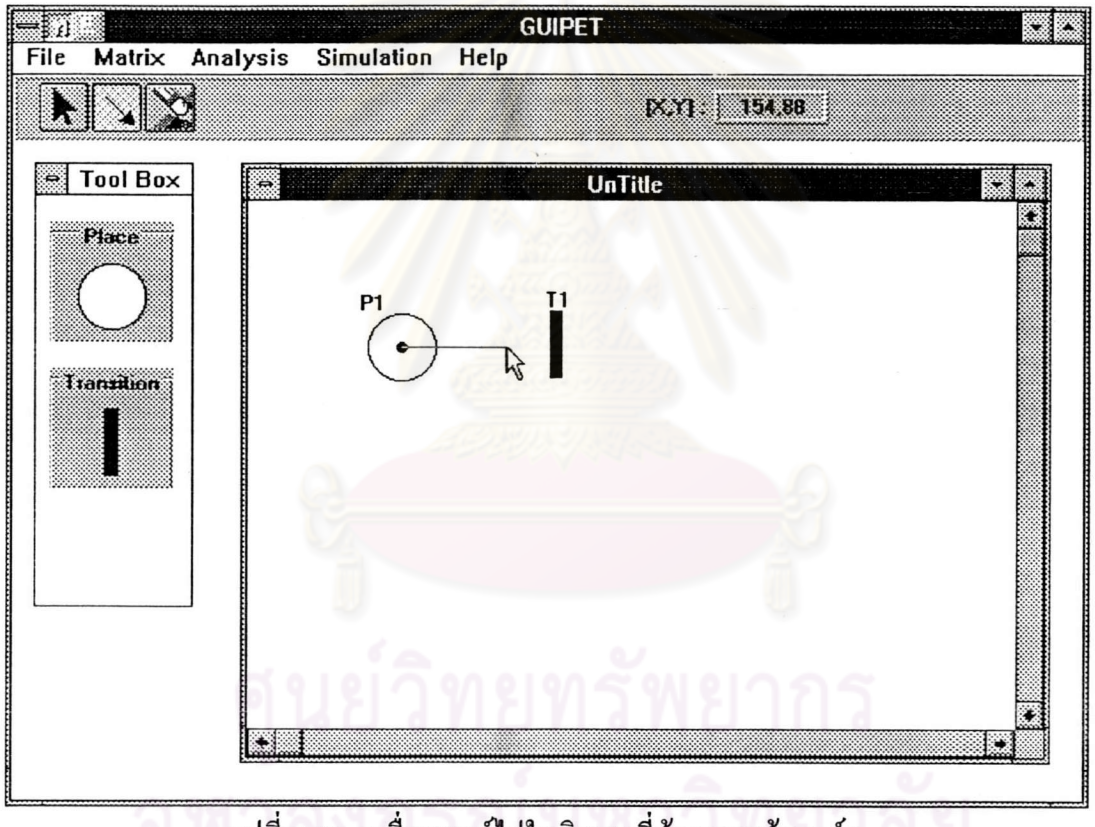
3.3 การสร้างอาร์กบนเพทริเน็ตเอดิเตอร์ มีขั้นตอนในการสร้างดังต่อไปนี้

*ขั้นตอนที่ 1* เลือก "Arc Button" เป็นเครื่องมือที่ใช้วาดจากรายการเครื่องมือ

*ขั้นตอนที่ 2* ถ้าอาร์กที่ต้องการสร้างเป็นอินพุตอาร์ก ใช้เมาส์คลิกจากอินพุตเพลสและเคลื่อนเมาส์ไปในทิศทางที่ต้องการสร้างอาร์ก ซึ่งให้ผลดังรูปที่ ข.13

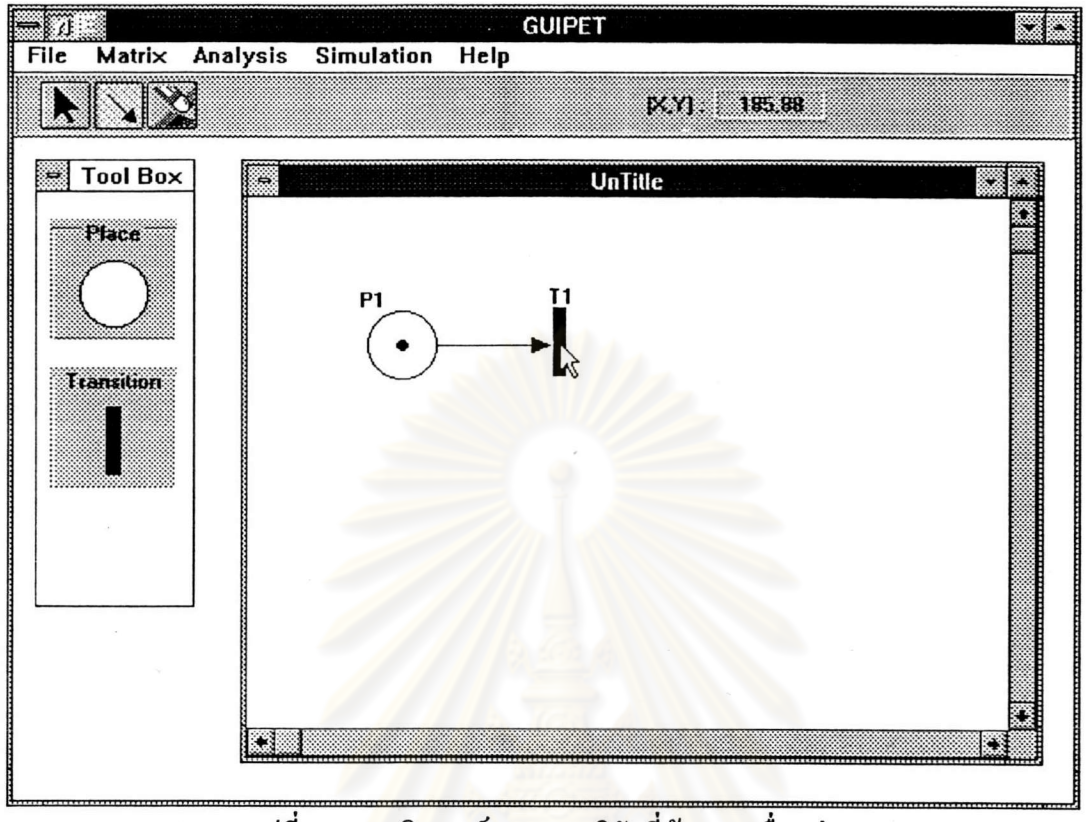
*ขั้นตอนที่ 3* ผู้เมื่อถึงทรานซิชันที่ต้องการเชื่อมต่อ ให้ใช้เมาส์คลิกบนทรานซิชันนั้น ซึ่งจะให้ผลดังรูปที่ ข.14

สำหรับในการสร้างเอาต์พุตอาร์ก มีขั้นตอนในการสร้างเหมือนกับการสร้างอินพุตอาร์ก เพียงแต่เริ่มจากทรานซิชันไปยังเพลส




รูปที่ ข.13 เคลื่อนเมาส์ไปในทิศทางที่ต้องการสร้างอาร์ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ ข.14 คลิกเมาส์บนทรานซิชันที่ต้องการเชื่อมต่อ

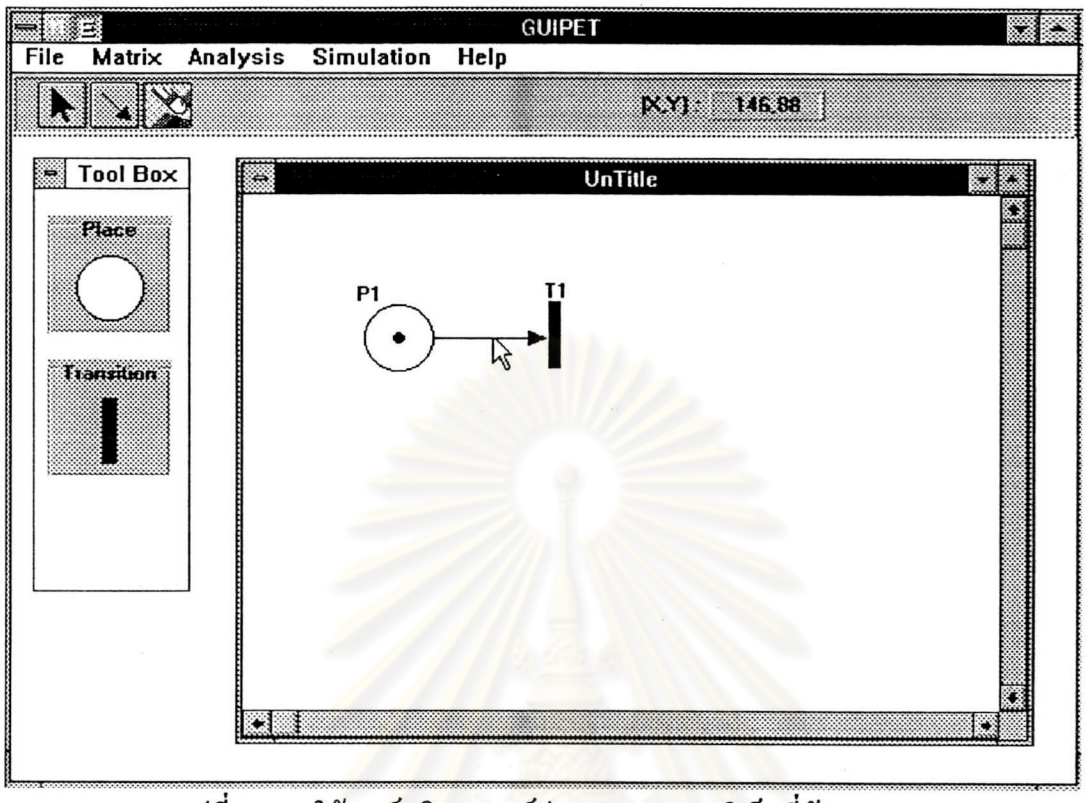
<u>การลบองค์ประกอบของแบบจำลองเพทริเน็ต</u>

ในการลบองค์ประกอบของแบบจำลองเพทริเน็ต มีขั้นตอนการลบดังต่อไปนี้

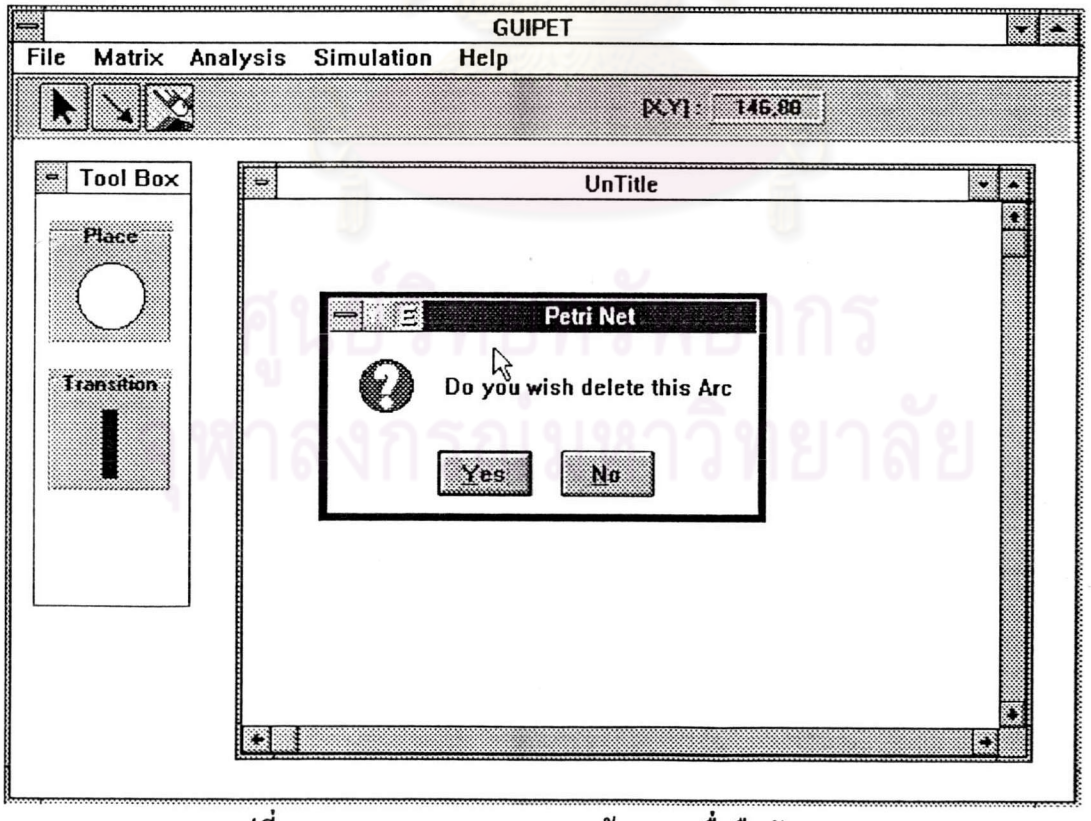
1. เลือก "Rubber Button" เป็นเครื่องมือที่ใช้วาดจากรายการเครื่องมือ

2. ใช้เมาส์คลิกบนองค์ประกอบของแบบจำลองเพทริเน็ตที่ต้องการลบ แสดงดังรูปที่ ข.16

3. ซอฟต์แวร์ "GUIPET" จะแสดงกรอบข้อความ เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันการลบองค์ประกอบนั้น ดังแสดงในรูปที่ ข.16 โดยการเลือกปุ่ม "OK" องค์ประกอบนั้นจะถูกลบออกจากเพทริเน็ตเอดิเตอร์



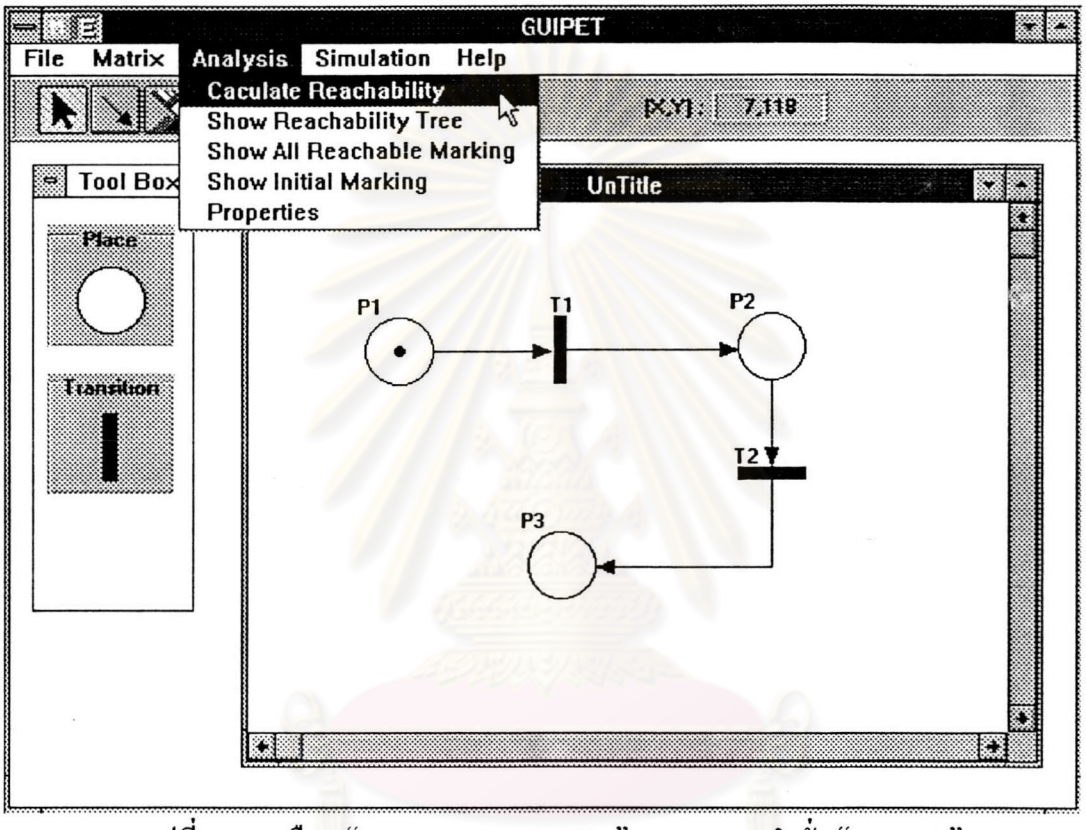

รูปที่ ข.15 ใช้เมาส์คลิกบนองค์ประกอบของเพทริเน็ตที่ต้องการลบ




รูปที่ ข.16 GUIPET แสดงกรอบข้อความเพื่อยืนยันการลบ

<u>การวิเคราะห์แบบจำลองเพทริเน็ต</u>

หลังจากผู้ใช้สร้างแบบจำลองเพทริเน็ตเสร็จสมบูรณ์ ผู้ใช้สามารถวิเคราะห์หาคุณ-สมบัติของแบบจำลองเพทริเน็ตนั้นด้วยวิธีรีชเอบิลิตีทรี โดยการเลือก "Calculate Reachability" จากรายการคำสั่ง "Analysis" ดังแสดงในรูปที่ ข.17

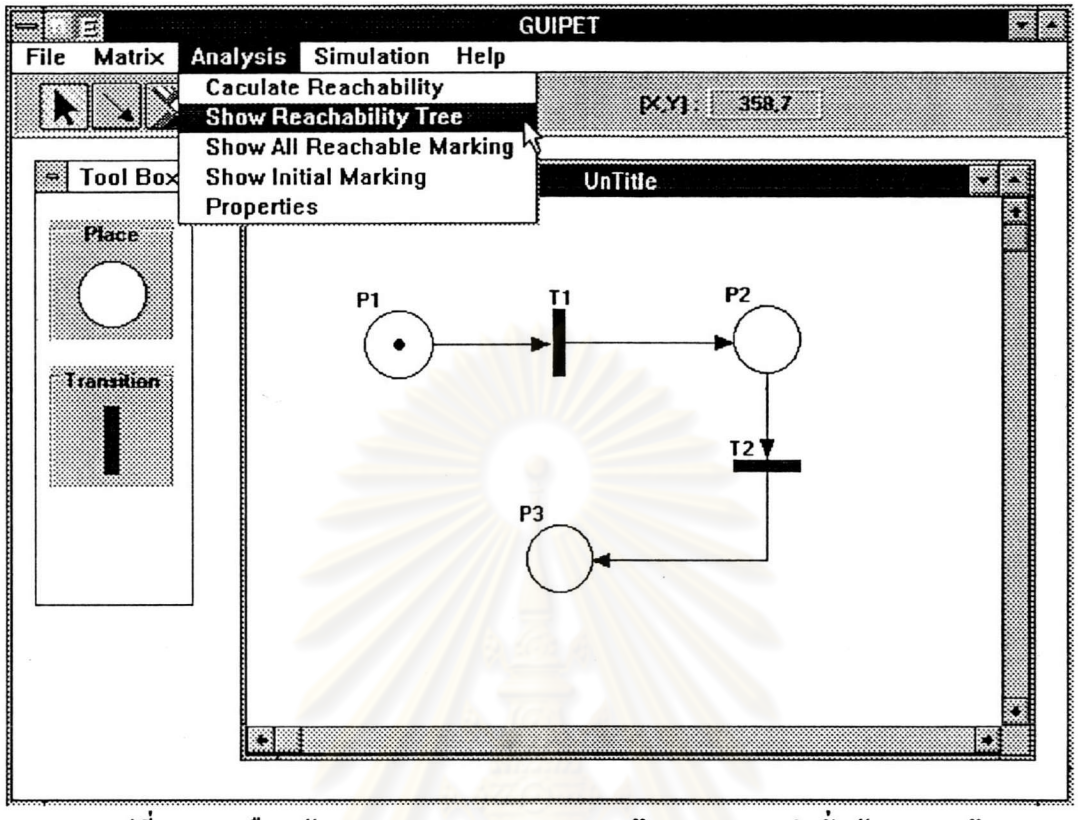



รูปที่ ข.17 เลือก "Calculate Reachability" จากรายการคำสั่ง "Analysis"

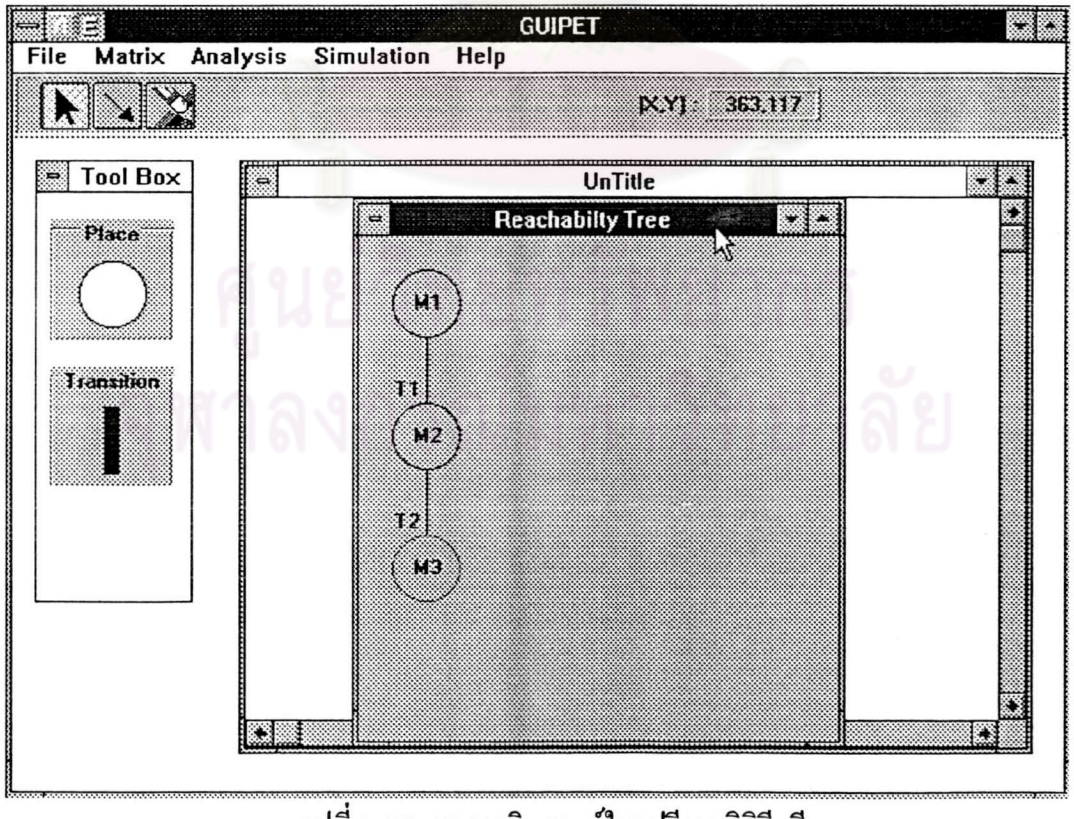
เมื่อซอฟต์แวร์วิเคราะห์แบบจำลองเพทริเน็ตเสร็จเรียบร้อยแล้ว GUIPET สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ได้ 3 ส่วน คือ

1. รีชเอบิลิตีทรี

เมื่อผู้ใช้เลือก "Show All Reachability Tree" จากรายการคำสั่ง "Analysis" แสดงดังรูปที่ ข.18 หลังจากเลือกแล้ว GUIPET จะแสดงผลการวิเคราะห์เป็นรีชเอบิลิตีทรีของแบบจำลองเพทริเน็ตที่สร้าง แสดงดังรูปที่ ข.19




รูปที่ ข.18 เลือก "Show All Reachability Tree" จากรายการคำสั่ง "Analysis"




รูปที่ ข.19 ผลการวิเคราะห์ในรูปรีชเอบิลิตีทรี

จากรูปที่ ข.19 GUIPET ใช้สีของวงกลมที่ล้อมรอบแต่ละโนด เป็นตัวสื่อความหมายสถานะของโนดโดยมีรายละเอียดดังนี้

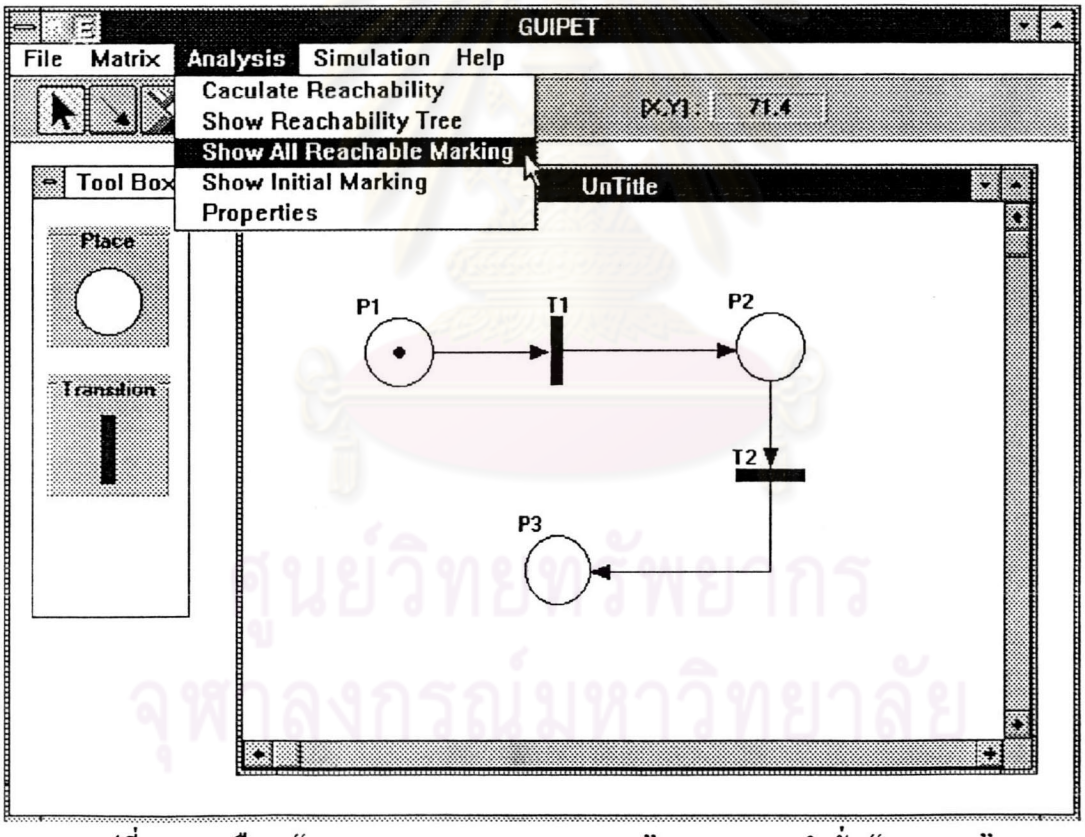
สีดำ - โนดภายใน (Interior Node)

สีเขียว - โนดซ้ำซ้อน (Duplicate Node)

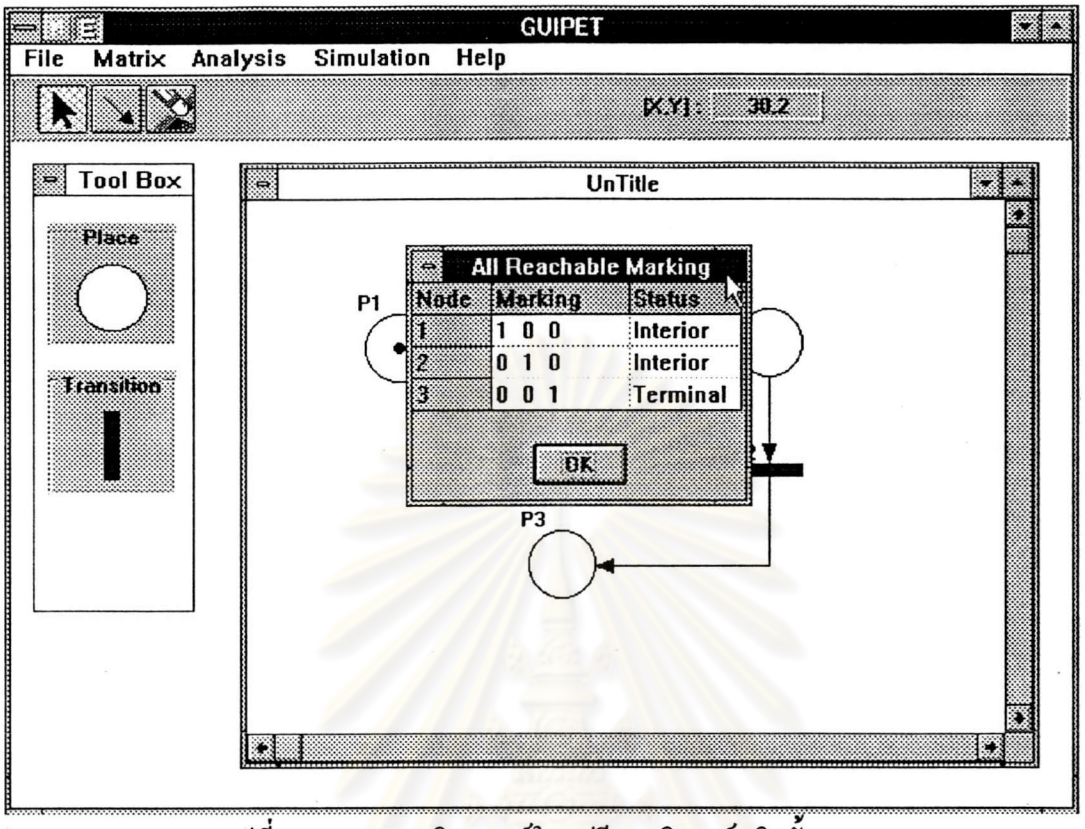
สีแดง - โนดเทอร์มินัลโนด (Terminal Node)

2. รีชเอเบิลมาร์กกิง

เมื่อผู้ใช้เลือก "Show Reachable Marking" จากรายการคำสั่ง "Analysis" แสดงดังรูปที่ ข.20 หลังจากเลือกแล้ว GUIPET จะแสดงผลการวิเคราะห์เป็นรีชเอเบิลมาร์กกิงทั้งหมดของแบบจำลองเพทริเน็ตที่สร้าง แสดงดังรูปที่ ข.21




รูปที่ ข.20 เลือก "Show All Reachable Marking" จากรายการคำสั่ง "Analysis"



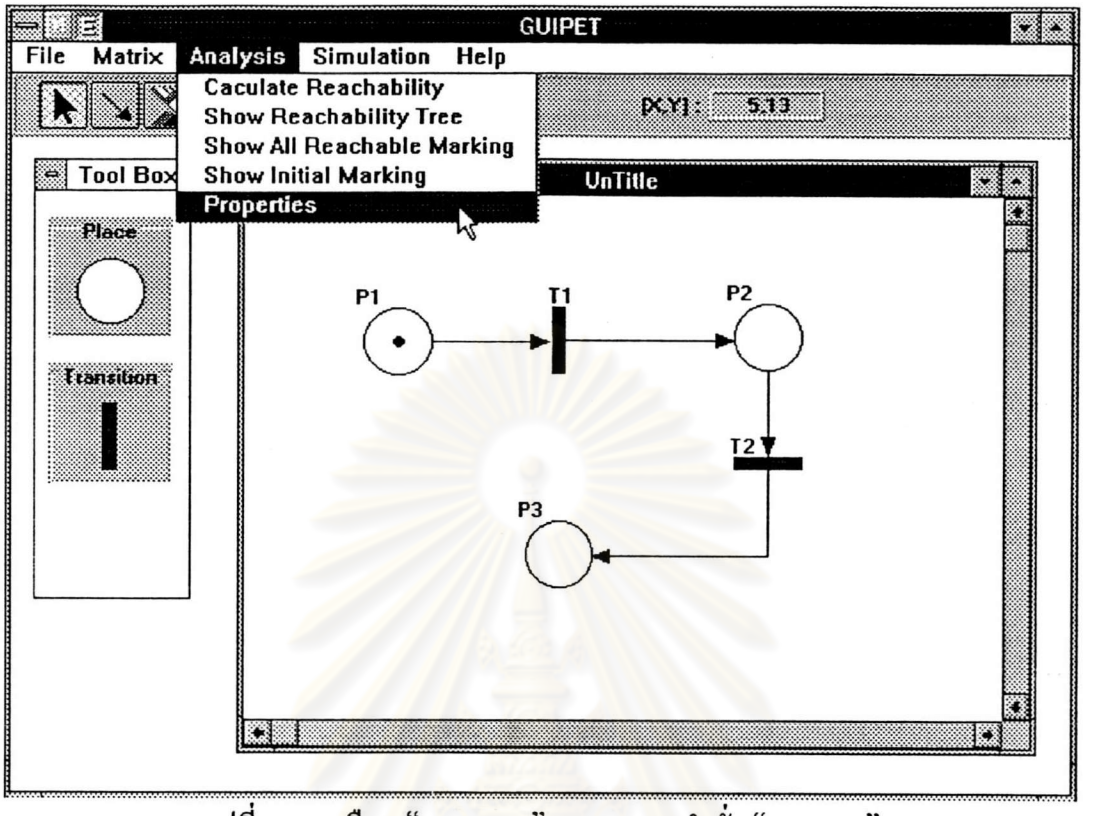

รูปที่ ข.21 ผลการวิเคราะห์ในรูปรีชเอเบิลมาร์กกิงทั้งหมด

จากรูปที่ ข.21 สามารถอธิบายความหมายในแต่ละคอลัมน์ได้ดังนี้

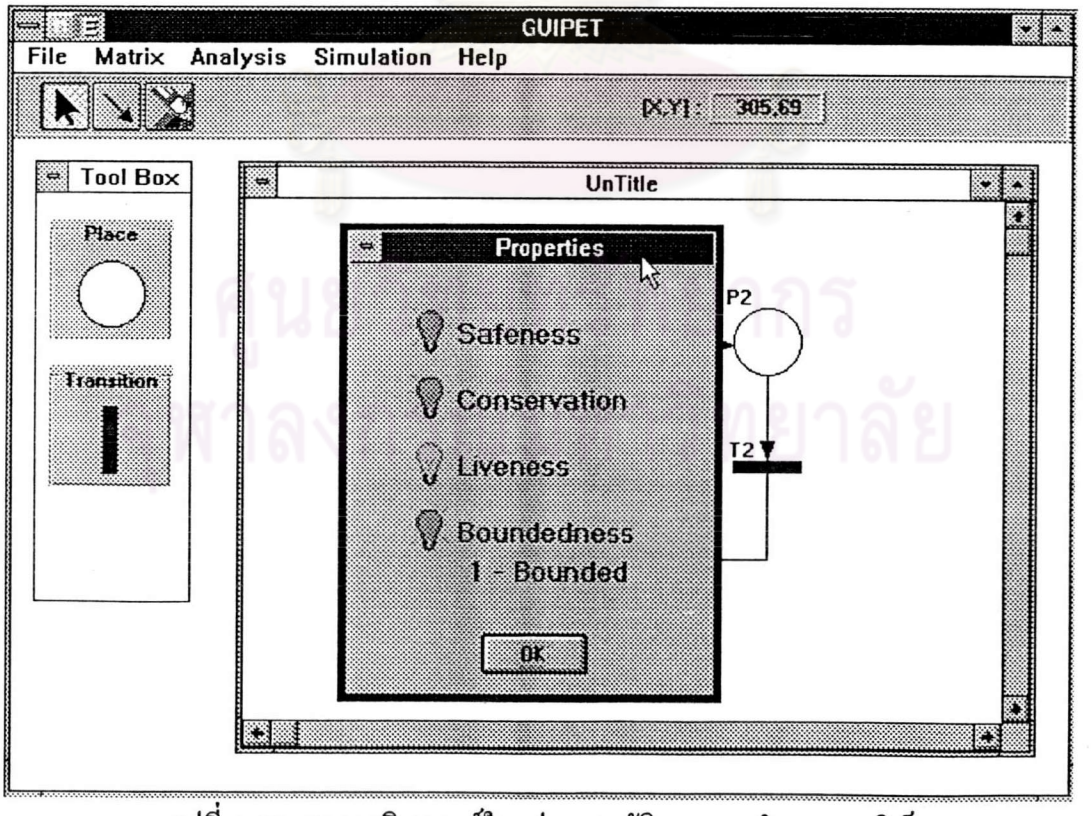
- หมายเลขโนด (Node Number) เป็นค่าเดียวกันกับที่แสดงในรีชเอบิลิตีทรี เช่น M2 มีหมายเลขโนดเป็น 2
- มาร์กกิง (Marking) เป็นข้อมูลในแต่ละโนด แสดงจำนวนโทเค็นในแต่ละเพลส โดยมีการเรียงลำดับจาก P1 ไปยัง Pn โดย n เป็นจำนวนเพลสทั้งหมดในแบบจำลองเพทริเน็ต
- สถานะ (Status) เป็นสถานะของแต่ละโนด ซึ่งเป็นสถานะเดียวกันกับที่แสดงในรีชเอบิลิตีทรี

3. คุณสมบัติของแบบจำลองเพทริเน็ต

เมื่อผู้ใช้เลือก "Properties" จากรายการคำสั่ง "Analysis" แสดงดังรูปที่ ข.22 หลังจากเลือกแล้ว GUIPET จะแสดงผลการวิเคราะห์เป็นคุณสมบัติของแบบจำลองเพทริเน็ตที่สร้างแสดงดังรูปที่ ข.23



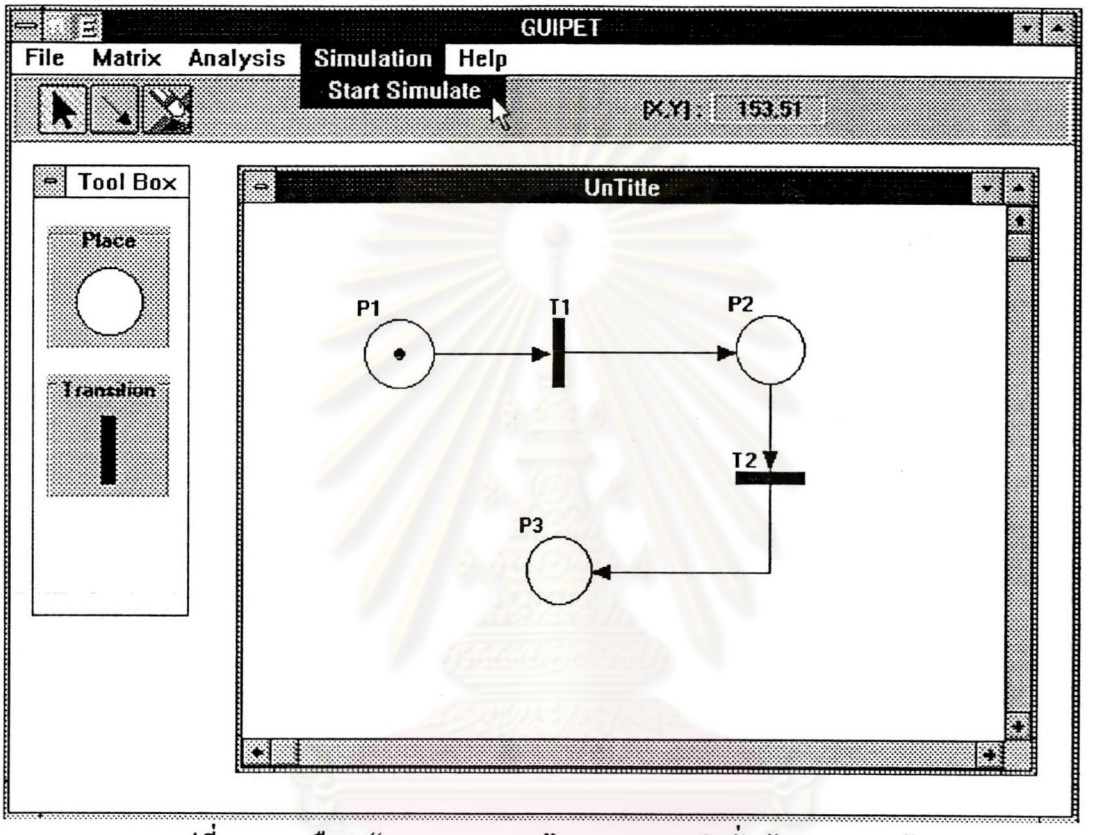

รูปที่ ข.22 เลือก "Properties" จากรายการคำสั่ง "Analysis"




รูปที่ ข.23 ผลการวิเคราะห์ในรูปคุณสมบัติของแบบจำลองเพทริเน็ต

<u>การจำลองแบบการทำงานเชิงโต้ตอบ</u>

ผู้ใช้สามารถจำลองแบบการทำงานของแบบจำลองเพทริเน็ตเชิงโต้ตอบได้ โดยเลือก "Start Simulate" จากรายการคำสั่ง "Simuation" แสดงดังรูปที่ ข.24




รูปที่ ข.24 เลือก "Start Simulate" จากรายการคำสั่ง "Simulation"

เมื่อผู้ใช้เลือก "Start Simulate" แล้ว ทรานซิชันที่อีนาเบิลในเพทริเน็ตเอดิเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีแดง และทรานซิชันที่ไม่อีนาเบิลจะเป็นสีดำ ถ้าผู้ใช้คลิกบนทรานซิชันที่เป็นสีแดง GUIPET จะทำการยิงทรานซิชันนั้น ทำให้เกิดการกระจายโทเค็นใหม่ แต่ถ้าผู้ใช้คลิกบนทรานซิชันสีดำระบบจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

จากการจำลองแบบการทำงานเชิงโต้ตอบ ทำให้ผู้ใช้สามารถทดสอบแบบจำลองเพทริเน็ตที่สร้างให้ทำงานทีละขั้นตอน โดยผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าจะให้ทำขั้นตอนไหน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้เข้าใจการทำงานของแบบจำลองเพทริเน็ตที่ออกแบบ และง่ายต่อการตรวจสอบข้อผิดพลาดในการออกแบบ

# ประวัติผู้เขียน

นายวรรณวิทย์ กมลเดชเดชา เกิดเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาขั้นปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร) จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (สาขาวัดคุมทางอุตสาหกรรม) ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย