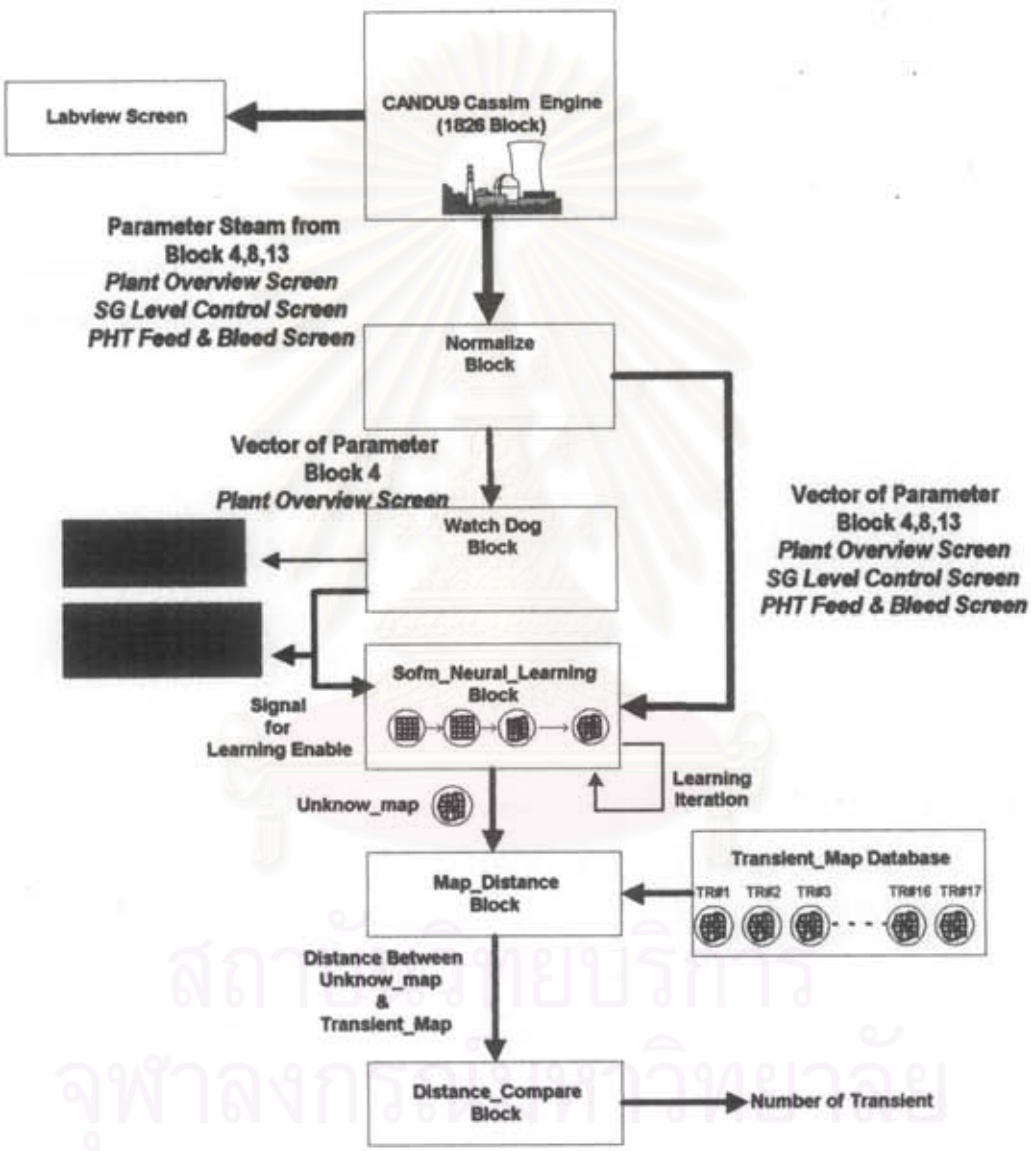
บทที่ 4
SOFM เพื่อการวิเคราะห์ภาวะทรานเซียนต์บนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบแคนดู-9

รูปแบบทั่วไปของเครือข่ายนิวรอลแบบ SOFM ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ภาวะทรานเซียนต์นั้นมีแผนภาพบล็อกตามรูป



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพบล็อกการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมที่เขียนขึ้น

จากแผนภาพบล็อกข้างต้น Candu-9 CASSIM Engine จะทำหน้าที่สร้างข้อมูล บล็อกที่ถูกนำข้อมูลออกมาวิเคราะห์ได้แก่

บล็อก 4 : Plant Overview Screen

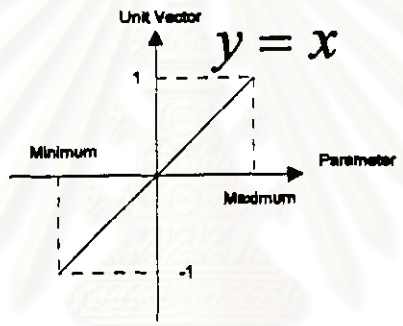
บล็อก 8 : SG Level Control Screen

บล็อก 13 : PHT Feed&Bleed Screen

ส่วนประกอบในบล็อกที่เป็นเครือข่ายนิวรอลที่สร้างขึ้นจะเริ่มจาก บล็อกที่ 1824 จนถึงบล็อกที่ 2272 โดยแสดงไว้ในภาคผนวก ค. และแบ่งได้เป็นส่วนๆดังต่อไปนี้

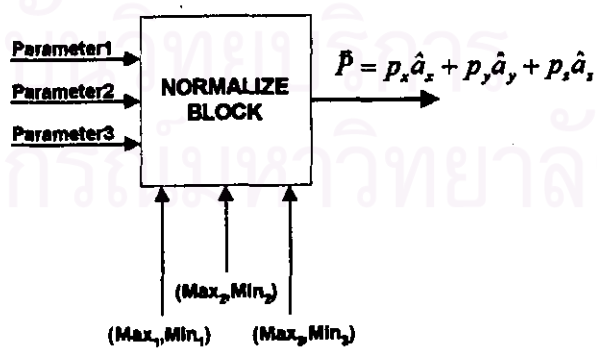
4.1 Normalize Block

เป็นบล็อกทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงชุดของพารามิเตอร์ที่มาจากบล็อก 4 บล็อก 8 และบล็อก 13 โดยทำให้อยู่ในรูปของปริภูมิเวกเตอร์ (Vector Space) แต่ละมิติ (Diimension) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งถูกแปลงจากพารามิเตอร์ที่อยู่ในช่วงระหว่างค่าสูงสุด (Maximum) ถึงค่าต่ำสุด (Minimum) โดยมีฟังก์ชั่นการถ่ายโอนอยู่ใน Normalize Block ตามกราฟต่อไปนี้



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบของฟังก์ชั่นการถ่ายโอนชนิดเชิงเส้น

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ SOFM ขนาด 3 มิติ ดังนั้นจะต้องสร้างปริภูมิเวกเตอร์ ขนาด 3 มิติจากพารามิเตอร์ทีละ 3 พารามิเตอร์และนำมาผ่าน Normalize Block ดังรูป



รูปที่ 4.3 แสดงการทำงานของ Normalize Block

4.2 Watchdog Block

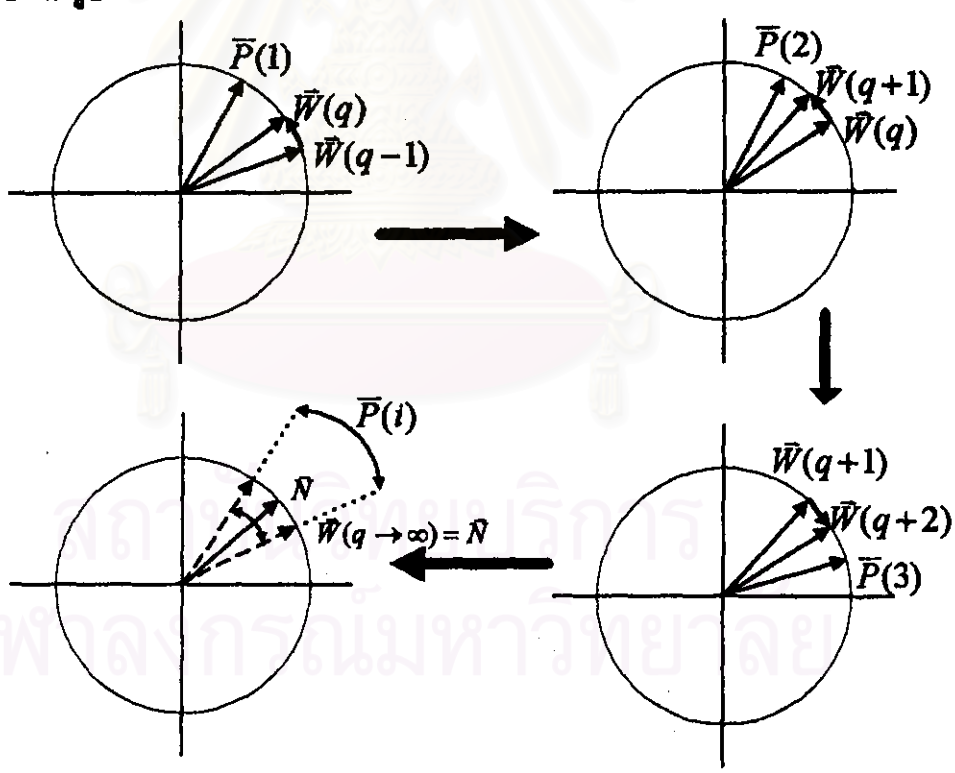
เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่คอยตรวจเช็คสภาวะการเดินเครื่องแบบ Real-Time โดยตรวจสอบข้อมูลจาก Plant Overview Block เหตุผลที่ต้องใช้ข้อมูลจากบล็อกดังกล่าวเพราะว่าเป็นข้อมูลทั่วไป ไม่เจาะจงเข้าไปในระบบใดระบบหนึ่ง ทฤษฎีที่ใช้คือ Competitive Learning และ Competitive Network โดยแปลงชุดข้อมูลทั้งหมด 28 พารามิเตอร์ที่ได้จาก Plant Overview Block เป็นเวกเตอร์ขนาด 28 มิติ สามารถเขียนเป็น

$$\bar{P} = p_1\hat{a}_1 + p_2\hat{a}_2 + p_3\hat{a}_3 + \ldots + p_{28}\hat{a}_{28}$$

หลังจากนั้นเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยเพื่อความสะดวกในการคำนวณ

$$\bar{P} = \frac{\bar{P}}{|\bar{P}|}$$

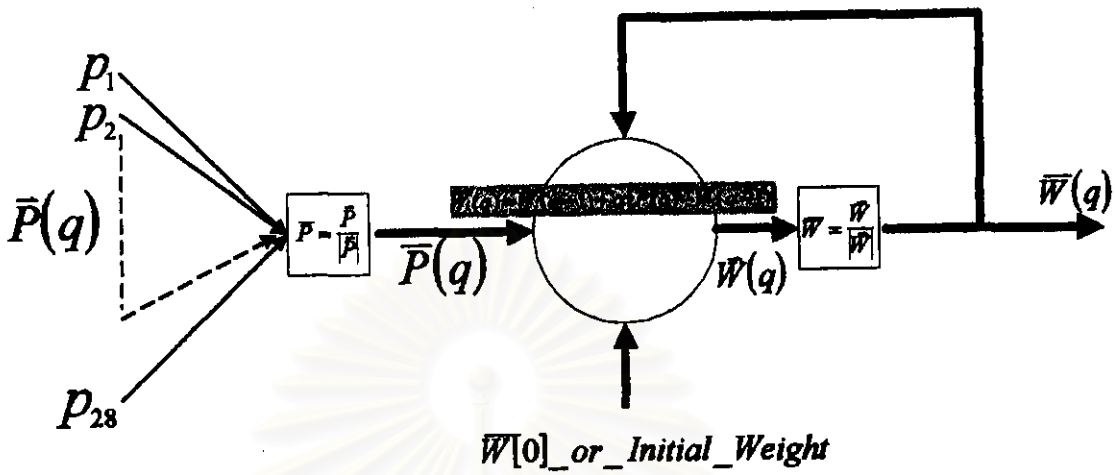
หลังจากที่ได้พารามิเตอร์เวกเตอร์ของ Plant Overview Block แล้วจากทฤษฎี Competitive Learning ในบทที่ 2 ทำการเรียนรู้เพื่อหาเวกเตอร์ $\bar{W}$ ซึ่งเป็นเวกเตอร์ที่เกิดจากการเฉลี่ยมุมของเวกเตอร์ $\bar{P}$ ดังรูป



รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนของการเปลี่ยนตำแหน่งของ น้ำหนัก เวกเตอร์ตามพารามิเตอร์เวกเตอร์

จากรูป สมมุติว่าเวกเตอร์ $\bar{P}$ และ เวกเตอร์ $\bar{W}$ เป็นเวกเตอร์ 3 มิติเพื่อความเป็นไปได้ในการเขียนรูป แต่การคำนวณในตัวโปรแกรมจริงแล้วเป็นเวกเตอร์ขนาด 28 มิติ

Competitive Network มี ค่าน้ำหนักเริ่มต้นคือเวกเตอร์ $\overline{W}$ ขนาด 28 มิติ โดยทำการเรียนรู้ ตามแผนภาพบล็อกในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดง แผนภาพบล็อก ในการเรียนรู้ของ Competitive Network

เมื่อทำการเรียนรู้จนโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เข้าสู่ภาวะเสถียรแล้ว $\overline{W}$ สุดท้ายที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของ $\overline{P}$ ทั้งหมดและเป็นเวกเตอร์ที่อยู่ระหว่างกลางของ เวกเตอร์ $\overline{P}$ ที่เป็นไปได้เรียกชื่อใหม่ว่าเป็นเวกเตอร์ $\overline{N}$ หรือ นอมอลเวกเตอร์ (Normal Vector) หลังจากที่ได้ $\overline{N}$ แล้วเมื่อนำ $\overline{N}$ กลับมาคำนวณหาค่าผลคูณจุดกับ $\overline{P}$ ที่เข้ามาใหม่ตามสมการต่อไปนี้

$$\alpha = \cos^{-1}(\overline{N}.\overline{P}) = \text{มุมระหว่าง } \overline{N} \text{ กับ } \overline{P}$$

เมื่อคำนวณค่า α แบบ Real-Time พบว่า α มีค่าสูงสุดอยู่ที่ค่าๆหนึ่งประมาณ 0.2 rad แต่ถ้าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เกิดภาวะทรานเซียนต์ขึ้น α ที่คำนวณได้จะมีค่าเกิน 0.2 rad ขึ้นไป

จากคุณสมบัติดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับ Watchdog Block เพื่อคอยตรวจสอบภาวะการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ได้

จากการทดลองรันโปรแกรมแบบจำลองเพื่อหา $\overline{N}$ โดยทำการคำนวณ Competitive Learning ประมาณ 100,000 ครั้ง (รอบการคำนวณ) ในที่สุดจะได้ $\overline{N}$ ดังนี้

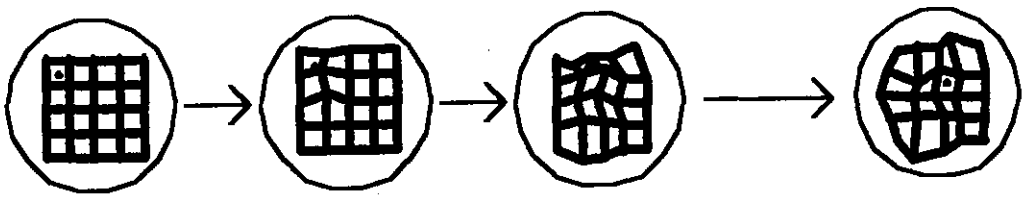
$$\overline{N} = -0.093\hat{N}_1 + 0.086\hat{N}_2 + 0.078\hat{N}_3 + \ldots + 0.011\hat{N}_{28}$$

ดังนั้น Watchdog Block จะทำหน้าที่คำนวณมุม α โดยที่ Watchdog Block จะคอยตรวจสอบว่า มุม α มีค่าเกิน 0.2 Rad หรือไม่ถ้าเกินแสดงว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์กำลังเริ่มจะมีความผิดปกติเกิดขึ้นและจะส่งสัญญาณไปกระตุ้นให้ SOFM เริ่มต้นทำงาน

4.3 SOFM Block

เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่สร้าง FM ขึ้นจากการเรียนรู้ข้อมูลเมื่อเกิดภาวะทรานเซียนต์ซึ่งมี FM เริ่มต้นเป็น FM พื้นฐานที่เหมือนกัน เมื่อผ่านการเรียนรู้แล้ว FM สุดท้ายจะแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญใน

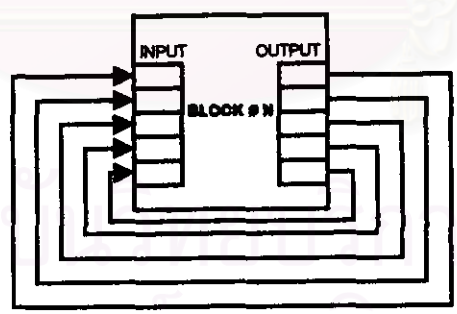
ภาวะทรานเซียนต์ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนรูปของ FM เมื่ออยู่ในขั้นตอนการเรียนรู้

ในทางทฤษฎีชุดของเวกเตอร์หลักที่อยู่ประจำ FM นั้นจะมีขนาดของมิติได้ไม่จำกัดเช่น ในกรณีที่ SOFM ต้องการเรียนรู้ข้อมูลทั้งหมด 28 ชุด ของ Plant Overview Block สามารถใช้ปริภูมิเวกเตอร์ขนาด 28 มิติได้

แต่ในทางปฏิบัติเมื่อเขียนโปรแกรมบน CASSIM มีจำกัดของการส่งข้อมูลในระหว่างบล็อกของ CASSIM ทำให้ไม่สามารถใช้เวกเตอร์ที่มีมิติมากๆ เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่ได้จากการคำนวณจะถูกส่งออกจากบล็อกเป็นจำนวนมากได้ ซึ่งจะกล่าวถึงในช่วงต่อไป อีกทั้งเวกเตอร์ที่มีมิติเกิน 3 มิติขึ้นไป มนุษย์ไม่สามารถสร้างภาพได้ การกำหนดค่า FM เริ่มต้นบนทรงกลมขนาด 28 มิติ จะยุ่งยากมาก และเหตุผลอีกประการหนึ่งก็คือ การส่งผ่านข้อมูลในแต่ละบล็อกของโปรแกรม CASSIM ซึ่งการคำนวณของ SOFM Block จำเป็นต้องใช้ ค่าของ FM ชุดเก่าที่ได้จากการคำนวณในรอบการคำนวณที่ผ่านมาใช้วิธีเก็บไว้ในส่วนนำเข้าและส่วนนำออกประจำบล็อกนั้นๆ ดังรูป



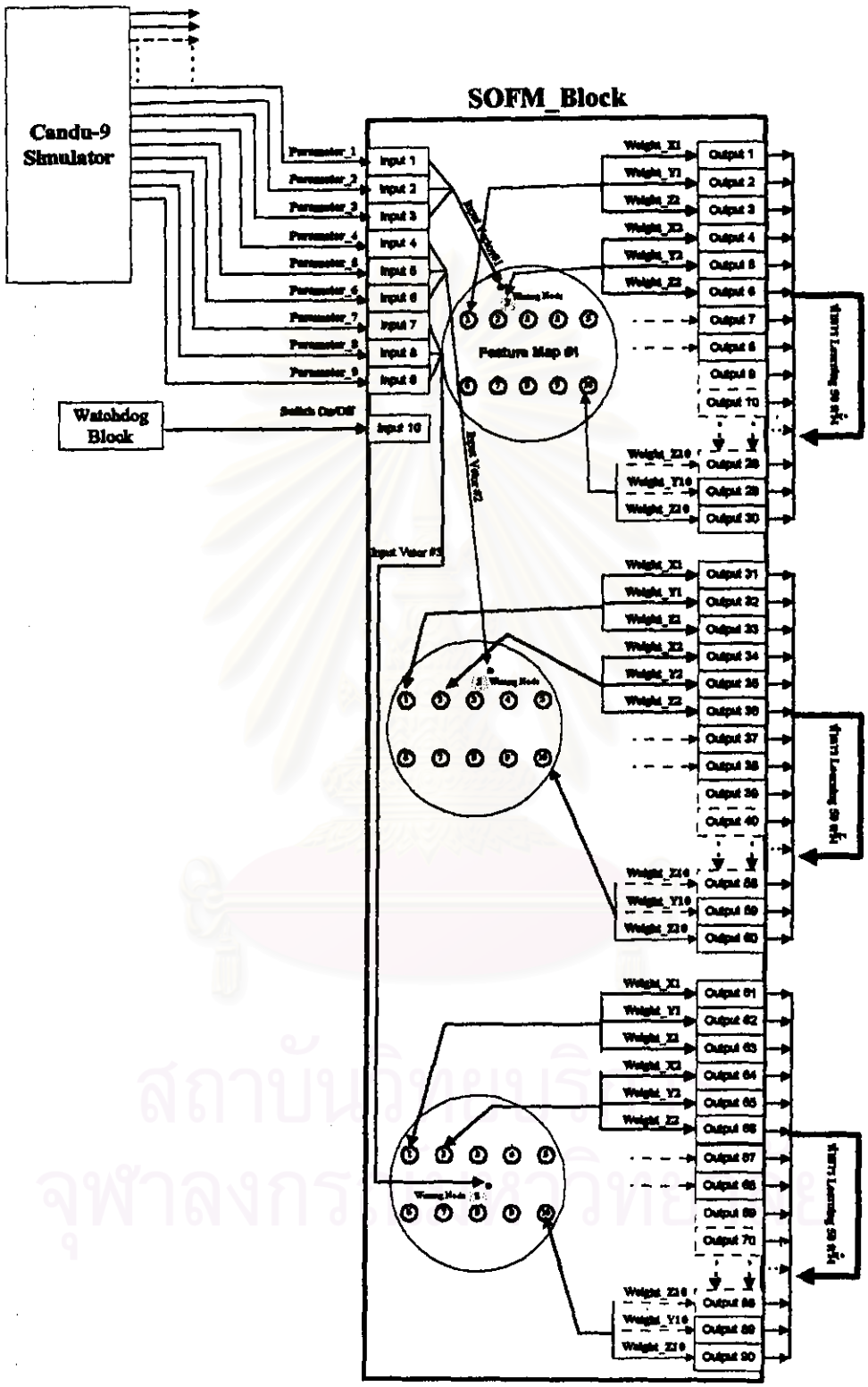
รูปที่ 4.7 การส่งข้อมูลจากบล็อกในการคำนวณของแต่ละรอบการคำนวณ

ข้อมูลที่ส่งระหว่าง รอบการคำนวณ นั้นมีจำนวนได้สูงสุด 99 ข้อมูลดังนั้น

$$[\text{จำนวน เวกเตอร์ / 1 FM}] \times [\text{มิติของ เวกเตอร์}] \times [\text{จำนวน FM ใน 1 Block}] < 99$$

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เวกเตอร์ขนาด 3 มิติและมีจำนวนเวกเตอร์ 10 เวกเตอร์ หรือที่เรียกว่าในคต่อ 1 FM ดังนั้นใน 1 FM จะใช้ค่านำเข้าและค่านำออกไปทั้งหมด 30 ตัว ใน 1 บล็อกจึงมี FM ได้

มากที่สุด 3 FM ซึ่งจะใช้ ค่านำเข้าและค่านำออก 90 ตัวซึ่งจะเหลือค่านำเข้าและค่านำออก 9 ตัวไว้ใช้เกี่ยวกับข้อมูลอื่นตามแผนภาพบล็อกดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 4.8 แสดง แผนภาพบล็อกภายในของ SOFM Block

ค่าน้ำหนักเริ่มต้นสำหรับโนดทั้ง 10 ที่อยู่ใน FM เป็นดังนี้

โนด 1: $weight_1 = 0.185\hat{x} + 0.571\hat{y} - 0.8\hat{z}$

โนด 2: $weight_2 = -0.485\hat{x} + 0.351\hat{y} - 0.8\hat{z}$

โนด 3: $weight_3 = -0.485\hat{x} - 0.351\hat{y} - 0.8\hat{z}$

โนด 4: $weight_4 = 0.185\hat{x} - 0.571\hat{y} - 0.8\hat{z}$

โนด 5: $weight_5 = 0.6\hat{x} + 0\hat{y} - 0.8\hat{z}$

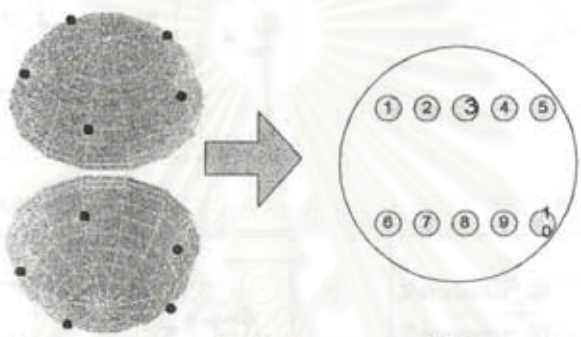
โนด 6: $weight_6 = 0.185\hat{x} + 0.571\hat{y} + 0.8\hat{z}$

โนด 7: $weight_7 = -0.485\hat{x} + 0.351\hat{y} + 0.8\hat{z}$

โนด 8: $weight_8 = -0.485\hat{x} - 0.351\hat{y} + 0.8\hat{z}$

โนด 9: $weight_9 = 0.185\hat{x} - 0.571\hat{y} + 0.8\hat{z}$

โนด 10: $weight_{10} = 0.6\hat{x} + 0\hat{y} + 0.8\hat{z}$



รูปที่ 4.9 รูปของโนดเริ่มต้นก่อนการเรียนรู้ซึ่งจะเหมือนกันทุก FM

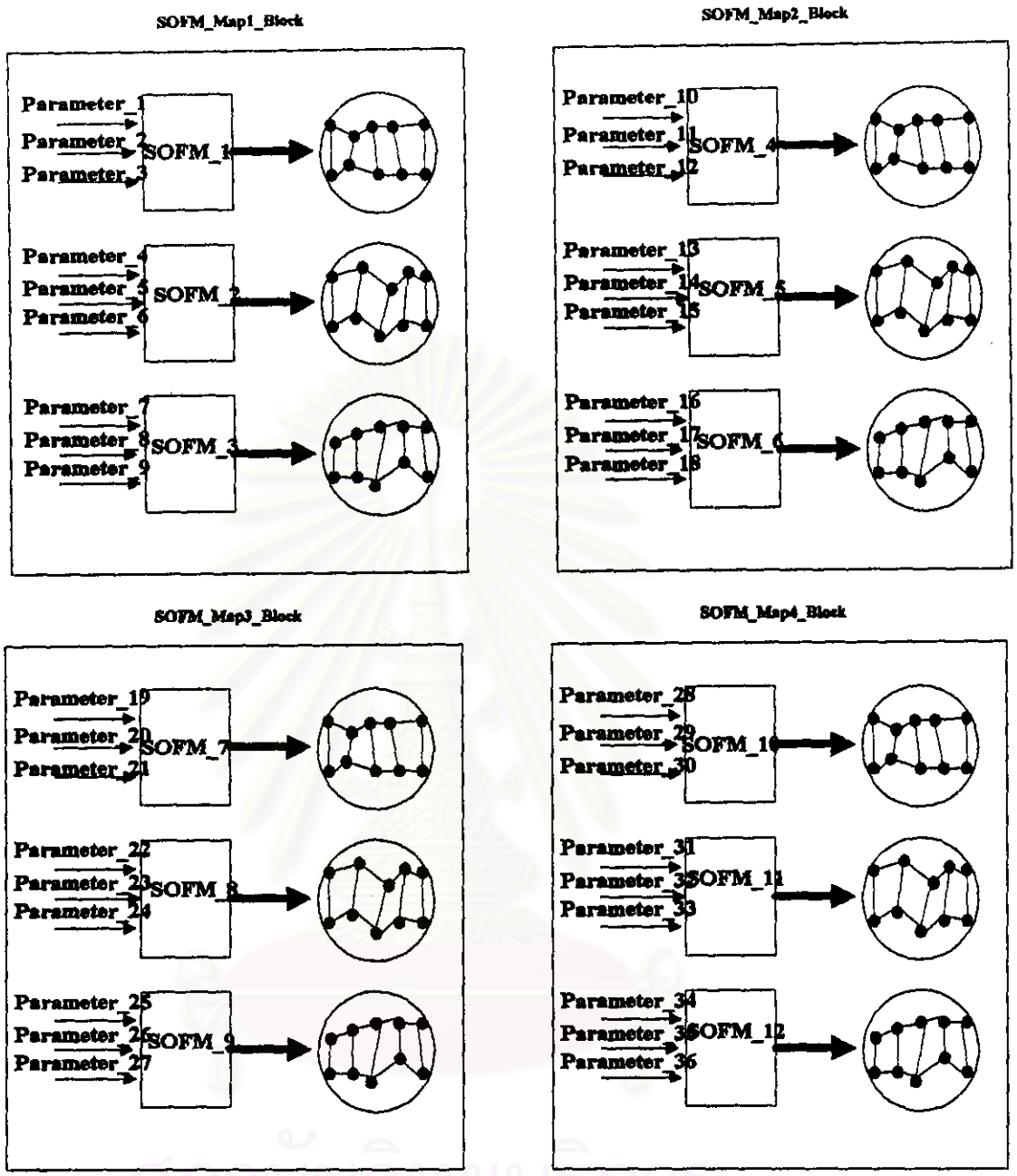
การทำงานของ SOFM Block จะเริ่มจากเมื่อ Watchdog Block ตรวจพบการทำงานผิดปกติเกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้จาก Plant Overview Block จะส่งสัญญาณไปกำหนดให้ SOFM Block เริ่มต้นทำการ เรียนรู้ไป 50 รอบการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจาก

บล็อก 4 : Plant Overview Screen

บล็อก 8 : SG Level Control Screen

บล็อก 13 : PHT Feed&Bleed Screen

เมื่อ SOFM Block ผ่านการเรียนรู้ไปจนครบ 50 รอบการคำนวณแล้วโนดทั้ง 10 โนดที่อยู่ใน FM จะเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปขึ้นกับพารามิเตอร์เวกเตอร์ที่เข้ามาตามทฤษฎีของ SOFM ซึ่งเขียนไว้ในบทที่ 2 จำนวนของพารามิเตอร์ที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ต่อ 1 FMนั้นจะใช้ 3 พารามิเตอร์ และใช้ทั้งหมด 36 พารามิเตอร์ ดังนั้นจะมี FM 12 FMs และ SOFM Block ที่เขียนขึ้นสามารถบรรจุ SOFM ได้ 3 FMs ต่อ 1 บล็อก ทำให้ต้องใช้ SOFM Block ทั้งหมด 4 บล็อกต่อ 1 ภาวะทรานเซียนต์

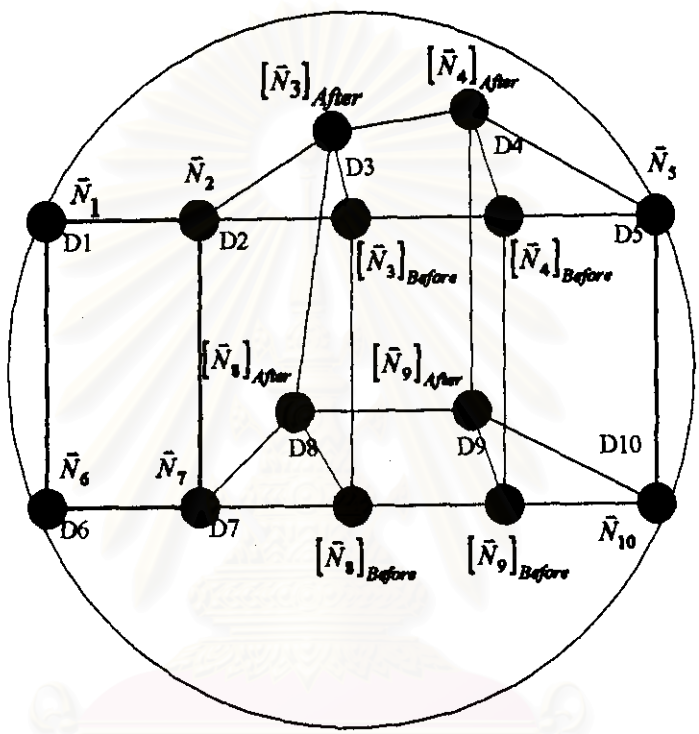


รูปที่ 4.10 แสดงจำนวนของ FM ที่บรรจุอยู่ภายในแต่ละบล็อก

เมื่อได้ FM ทั้ง 12 FMs ที่ผ่านการเรียนรู้ดังรูปที่ 4.10 แล้ว จะส่ง FM ทั้งหมดให้กับ Map Distance Block เพื่อทำการคำนวณต่อไป

4.4 Map Distance Block

บล็อกนี้จะทำหน้าที่คำนวณหาค่าความแตกต่างระหว่าง SOFM ที่เกิดขึ้นโดยยังไม่รู้ชนิดของภาวะทรานเซียนต์เปรียบเทียบกับ SOFM ที่ผ่านการเรียนรู้สำหรับแต่ละภาวะทรานเซียนต์และเก็บอยู่ในฐานข้อมูลของโปรแกรม โดยที่ค่าความแตกต่างดังกล่าวจะถูกคำนวณออกมาเป็นผลรวมของค่าระยะทาง (Distance) ระหว่างเวกเตอร์ที่อยู่ประจำโนดทั้ง 10 โนด เทียบกันในลักษณะ FM ต่อ FM ตามรูปที่ 4.11



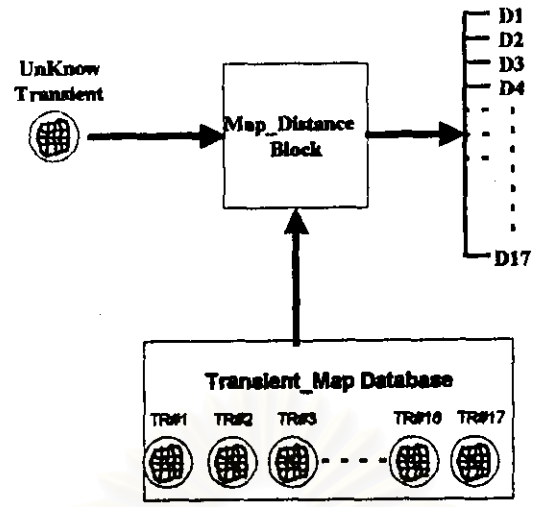
รูปที่ 4.11 แสดงการคำนวนหาระยะทางระหว่าง FM เริ่มต้น กับ FM ที่เกิดขึ้นใหม่หลังจากผ่านการเรียนรู้แล้ว

$$D(i) = [\bar{N}_i]_{Before} \bullet [\bar{N}_i]_{After}$$

ดังนั้น $D_1 = [\bar{N}_1]_{Before} \bullet [\bar{N}_1]_{After} \ldots\ldots\ldots\ldots D_{10} = [\bar{N}_{10}]_{Before} \bullet [\bar{N}_{10}]_{After}$

$$(D_{รวม})_{SOFM1} = D_1+D_2+D_3+D_4+D_5+D_6+D_7+D_8+D_9+D_{10} .$$

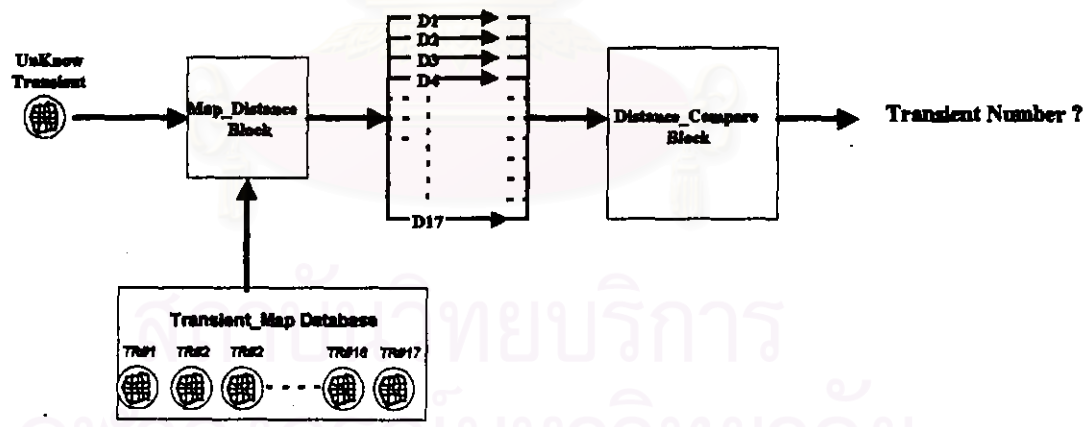
หลักการคือ SOFM ที่เกิดจากภาวะทรานเซียนต์เดียวกัน ถึงแม้จะเกิดขึ้นที่เวลาใดๆ ในขณะเดินเครื่องอยู่ ก็จะได้ SOFM ออกมาคล้ายกัน ดังนั้นถ้า SOFM ที่เกิดขึ้นใหม่จากการเรียนรู้ภาวะทรานเซียนต์ใดๆที่ไม่รู้ชนิดนำมาคำนวณเทียบกับ SOFM ของทั้ง 17 ทรานเซียนต์ซึ่งเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งถ้าระยะทางที่คำนวณได้มีค่าน้อยที่สุดหรือถ้าคำนวณในรูปของผลคูณจุดตามสมการข้างต้นก็คือ $D_{รวม}$ มีค่ามากที่สุดที่ภาวะทรานเซียนต์ชนิดใดจะสามารถสรุปได้ว่า ขณะนี้ภาวะทรานเซียนต์นั้นเกิดขึ้นซึ่งอธิบายได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงการคำนวณหาค่า ระยะทาง จาก FM ที่เกิดขึ้นหลาย FM

4.5 Distance Compare Block

เป็นบล็อกที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบค่าระยะทางทั้ง 17 ค่าที่ได้จาก Map Distance Block ถ้าระยะทางใดมีค่าน้อยที่สุดแสดงว่า SOFM เกิดขึ้นมีรูปแบบคล้ายกับ SOFM ที่เกิดจากภาวะทรานเซียนต์ชนิดนั้นมากที่สุด แสดงว่าตอนนี้เกิดภาวะทรานเซียนต์ใดขึ้น ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 หลังจากได้ค่าระยะทาง จากแต่ละ FM แล้วนำค่าระยะทางที่ได้มาเปรียบเทียบหาว่า FM ไหนเหมือนกันมากที่สุด