

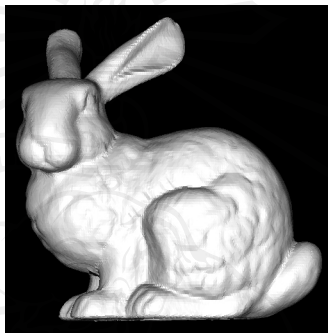
บทที่ 3

ขั้นตอนการสร้างกลับจุดที่หายไป

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงวิธีการทดลองและขั้นตอนในการทำงานของระบบ และการนำเอา
ทฤษฎีต่าง ๆ ที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยดังนี้



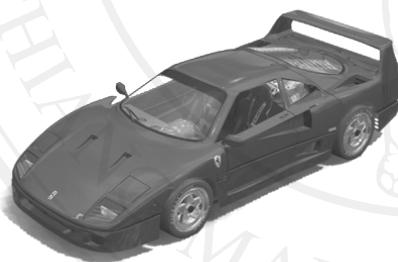
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



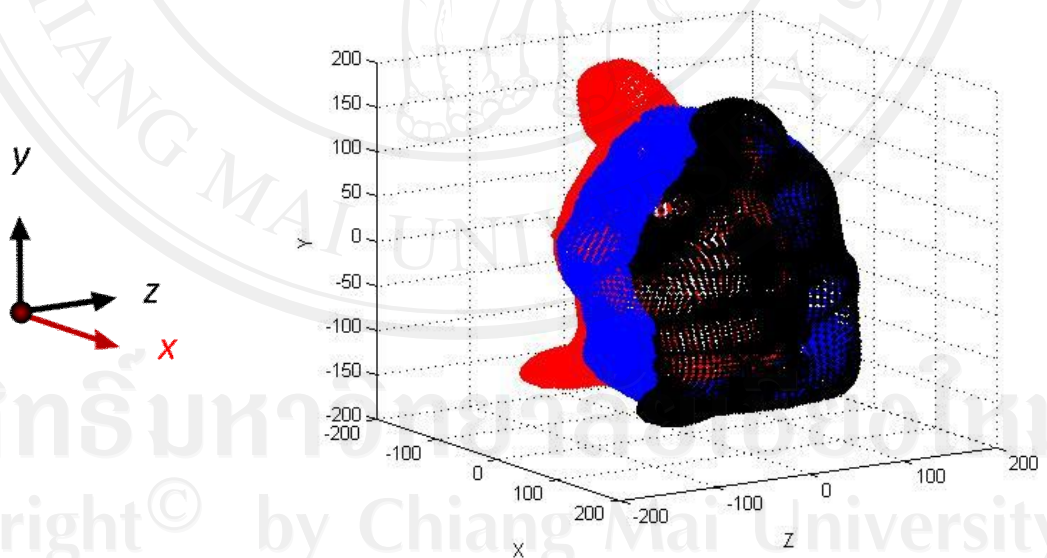
(จ)

รูปที่ 3.1 แบบจำลองและรายละเอียดที่ใช้ในการทดลอง (ก) แบบจำลอง Horse สแกนโดยเครื่อง Cyberware 3030 MS สร้างโดย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ความละเอียดในการสแกน 10 ไมครอน (ข) แบบจำลอง Stanford Bunny สแกนโดยเครื่อง Cyberware 3030 MS สร้างโดย ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ความละเอียด 100 ไมครอน (ค) แบบจำลอง Dragon สแกนโดยเครื่อง Cyberware 3030 MS สร้างโดยห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟิก แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด ความละเอียด 100 ไมครอน (ง) แบบจำลอง Toy Car สแกนโดยเครื่อง David Laserscaner ความละเอียด 1000 ไมครอน (จ) แบบจำลอง Hamtaro สแกนโดยเครื่อง 3D Object Scanner สร้างโดย ห้องวิจัยความฉลาดทางการคำนวณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ แห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ความละเอียด ≈ 100 ไมครอน

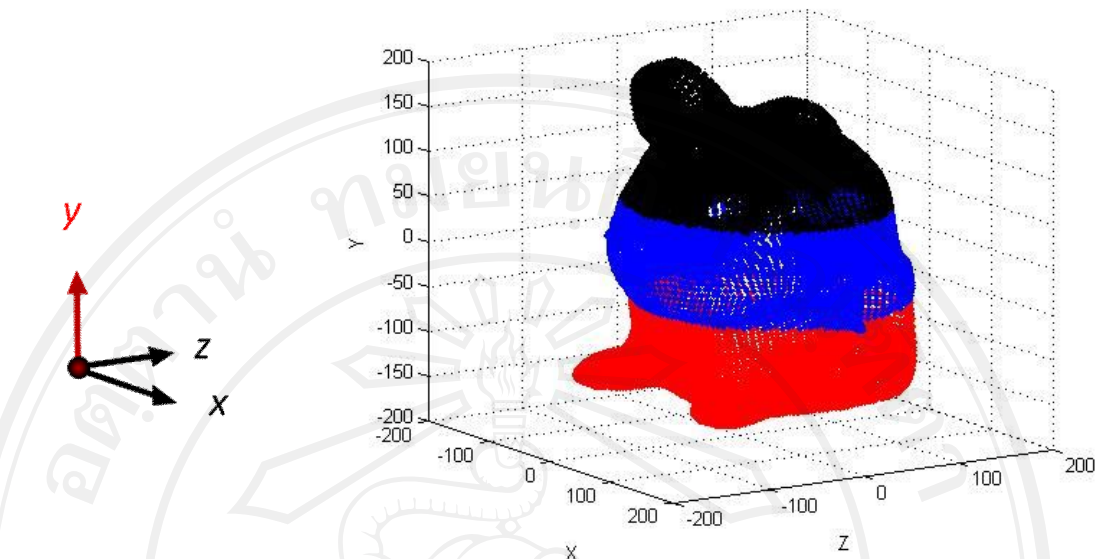
จากรูปที่ 3.1 เป็นข้อมูลที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ เป็นแบบจำลองมาตรฐานซึ่งสร้างจากเครื่องสแกนวัตถุ 3 มิติ ได้แก่ Horse, Stanford Bunny และ Dragon สแกนโดยเครื่องไซเบอร์แวร์ สร้างโดยห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์กราฟฟิก แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ด, Toy-Car สแกนโดยเครื่องเดวิด เลเซอร์สแกนเนอร์ ดังรูปที่ 3.1 (ก) ถึง (ง) และ Hamtaro สร้างโดยเครื่องสแกนสามมิติของห้องวิจัยความฉลาดทางการคำนวณ แห่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังรูปที่ 3.1 (จ) ขั้นตอนการทดลองมีดังนี้

3.1 การปรับแนวแกนในการฝึกสอน

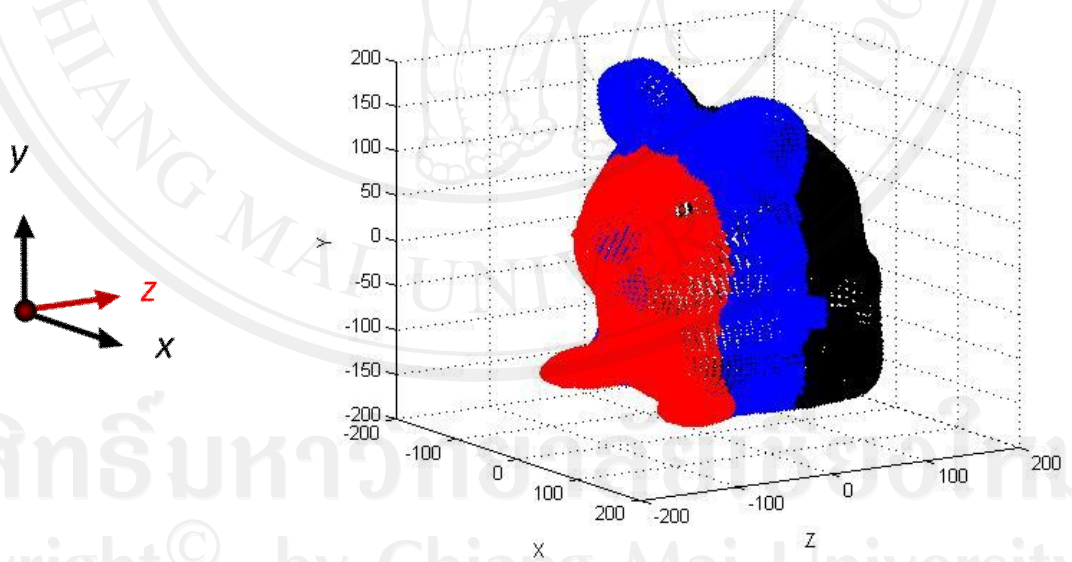
การฝึกสอนระบบโดยปกติของทุก ๆ แบบจำลองจะฝึกสอนตามแนวแกน y เมื่อกำหนดให้แกน y เป็นแกนตั้งดังรูปที่ 3.2 สมมุติให้ส่วนพื้นที่สีน้ำเงินเป็นส่วนที่หายไป การฝึกสอนจะเป็นการนำจุดในพื้นที่สีแดงเรียงเป็นลำดับไปเรื่อย ๆ ยังจุดในส่วนสีดำต่อ ๆ กัน ดังนั้นในรูปที่ 3.2 (ก) จึงเป็นการฝึกสอนตามแนวแกน x , รูปที่ 3.2 (ข) จึงเป็นการฝึกสอนตามแนวแกน y และรูปที่ 3.2 (ค) จึงเป็นการฝึกสอนตามแนวแกน z นั่นเอง



(ก)



(ก)



(ค)

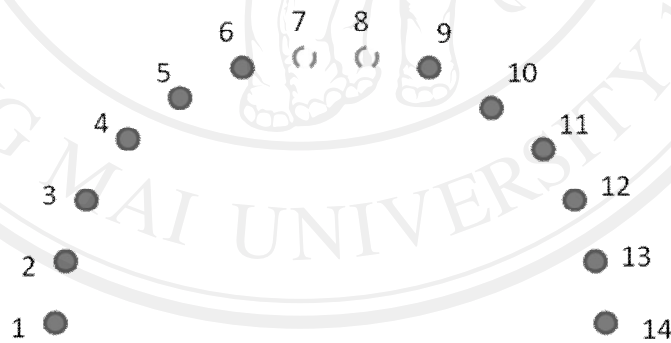
รูปที่ 3.2 การปรับแนวแกนในการฝึกสอน

(ก) เรียงตามแนวแกน x (ข) เรียงตามแนวแกน y (ค) เรียงตามแนวแกน z

การปรับแนวแกนในการฝึกสอนเป็นขั้นตอนที่ถูกนำไปใช้ในบางแบบจำลองเท่านั้น โดยตั้งข้อสังเกตว่าถ้าฝึกสอนในแนวแกนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่แนวแกน y อาจจะให้ผลที่ดีกว่า การทดลองที่มีการปรับแนวแกนในการฝึกสอนจะต้องกำหนดว่าจะฝึกสอนในแนวแกน x หรือ z เนื่องจากในการสร้างชุดฝึกสอนจะเป็นการนำจุดก่อนหน้านี้มาทำนายจุดต่อไป การฝึกสอนระบบให้คำนวณตามแนวแกนจึงเป็นสิ่งสำคัญเพราะการเรียงตามแนวแกนที่ต่างกันก็จะให้ผลในการฝึกสอนต่างกันด้วย

3.2 การสร้างชุดฝึกสอน

การทดลองนี้จะนำหลักการความคลาดทางการคำนวณมาใช้เป็น แนวทางในการแก้ปัญหา โดยใช้การสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักแนวโน้มของพื้นผิววัตถุโดยใช้ข้อมูลพิกัดจุดบนวัตถุที่มีอยู่ก่อนแล้วมาทำการหาพิกัดจุดที่หายไปโดยใช้ฟัซซี่ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีน สำหรับวิเคราะห์การถดถอย (Fuzzy Support Vector Regression: FSVR) เปรียบเทียบผลที่ได้กับซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชีน สำหรับวิเคราะห์การถดถอย (Support Vector Regression: SVR) ซึ่งวิธีการทั้งคู่จะเป็นการใช้ลักษณะการเรียงลำดับของจุดที่มีอยู่ก่อนหน้า มาทำการสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักและสามารถคำนวณจุดหรือพื้นผิวที่หายไปดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะการสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จักแนวโน้มของจุดบนวัตถุ

จากรูปที่ 3.3 สมมติให้จุดหมายเลข 7 และ 8 เป็นจุดที่หายไปของวัตถุ สามารถสร้างชุดฝึกสอนได้ดังตารางที่ 3.1

กำหนดให้ การฝึกสอนเป็นการใช้ 3 จุดก่อนหน้าเพื่อหาจุดที่ 4 นั่นคือ ถ้าต้องการหาจุดที่ 7 จะต้องใช้ข้อมูลของจุดที่ 6, 5 และ 4 เป็นข้อมูลอินพุตดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการสร้างข้อมูลชุดฝึกสอน (Training Set)

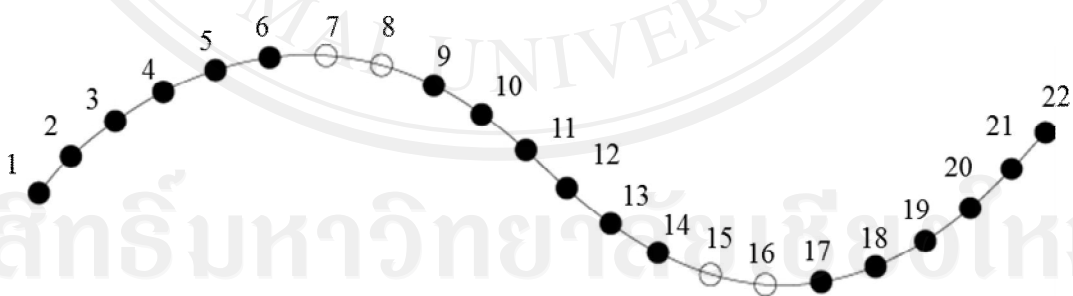
ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต			จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	1	2	3	4
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	9	10	11	12
5	10	11	12	13
6	11	12	13	14

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกลับจุดที่หายไป (Blind Test)

ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต			จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	4	5	6	7
2	5	6	7	8

3.3 การทำ k-Fold Cross-validation

ในขั้นตอนการสอนระบบในงานวิจัยนี้จะใช้ k เป็น 10 กลุ่มหรือ 10 เปอร์เซนต์ครอส-แวนดิชัน เพื่อหาโครงสร้างของการสอนที่ดีที่สุดดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ลักษณะปัญหาของข้อมูลชุดฝึกสอนมากกว่าข้อมูลชุดทดสอบ

จากรูปที่ 3.4 สมมติให้จุดหมายเลข 7, 8 และ 15, 16 เป็นจุดที่หายไปของวัตถุ สามารถสร้างชุดฝึกสอนโดยใช้ 3 จุดก่อนหน้านี้ได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน (Training Set)

ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต			จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	1	2	3	4
2	2	3	4	5
3	3	4	5	6
4	9	10	11	12
5	10	11	12	13
6	11	12	13	14
7	14	15	16	17
8	15	16	17	18
9	16	17	18	19
10	17	18	19	20

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกลับจุดที่หายไป (Blind Test)

ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต			จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	4	5	6	7
2	5	6	7	8
3	12	13	14	15
4	13	14	15	16

จากตารางที่ 3.3 วิธีการทำ 10 % ครอสแวนริเคชันจะแบ่งการฝึกสอนระบบออกเป็น 10 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 เอาข้อมูลชุดที่ 2 ถึง 10 ไปสอนระบบ แล้วนำชุดที่ 1 ไปทดสอบระบบ

กลุ่มที่ 2 เอาข้อมูลชุดที่ 1 และ 3 ถึง 10 ไปสอนระบบ แล้วนำชุดที่ 2 ไปทดสอบระบบ

กลุ่มที่ 3 เอาข้อมูลชุดที่ 1 ถึง 2 และ 4 ถึง 10 ไปสอนระบบ แล้วนำชุดที่ 3 ไปทดสอบระบบ

...

กลุ่มที่ 10 เอาข้อมูลชุดที่ 1 ถึง 9 ไปสอนระบบ แล้วนำชุดที่ 10 ไปทดสอบระบบ

จากนั้นเลือกพารามิเตอร์จากกลุ่มฝึกสอนในชุดทดสอบที่ให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด

(Validation Set)ไปทำการทดสอบกับชุดข้อมูลแบบบอดในการสร้างกลับจุด ซึ่งก็คือข้อมูลในตารางที่ 3.4 นั้นเอง

การสร้างชุดฝึกสอนจึงต้องพิจารณาสัดส่วนจำนวนข้อมูลในชุดฝึกสอนต่อจำนวนข้อมูลในชุดทดสอบแต่ละครอสเวริเคชัน เพราะสัดส่วนที่ไม่เหมาะสมของข้อมูลอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ข้อมูลฝึกสอนมีจำนวนน้อยเกินไป ผลการทดลองผิดพลาดเยอะ เพราะ ข้อมูลชุดฝึกสอนมีน้อยแต่ข้อมูลชุดทดสอบมีเยอะ ดังอย่างในรูปที่ 3.4 หากเปลี่ยนชุดฝึกสอนเป็นการใช้ 5 จุดก่อนหน้าจะได้ ชุดข้อมูลใหม่ดังตารางที่ 3.5

จากตารางที่ 3.5 และ 3.6 จำนวนข้อมูลในชุดฝึกสอนมี 3 ชุดซึ่งน้อยกว่าจำนวนในชุดทดสอบที่มีอยู่ 4 ชุด และจำนวนของข้อมูลชุดฝึกสอนไม่เหมาะที่จะนำมาทำ 10 % ครอสเวริเคชัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการเพิ่มจำนวนจุดให้กับข้อมูลในชุดฝึกสอน โดยจะใช้วิธีการหาระยะห่างระหว่างจุด 2 จุดเพื่อสร้างจุด 3 จุดเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอน (Training Set)

ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต					จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	1	2	3	4	5	6
2	9	10	11	12	13	14
3	17	18	19	20	21	22

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกลับจุดที่หายไป (Blind Test)

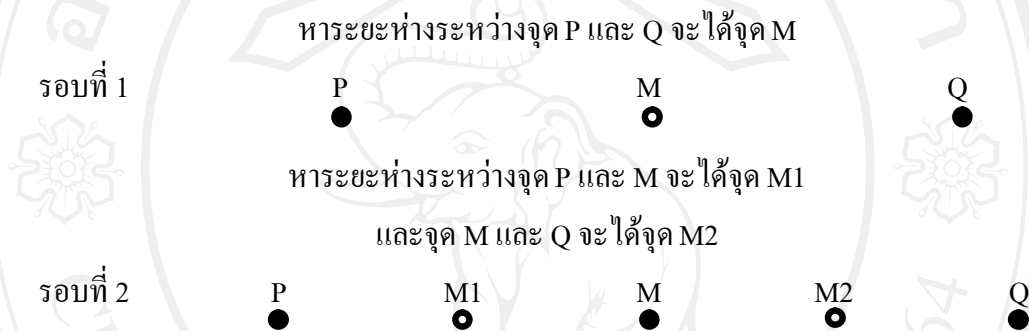
ข้อมูลชุดที่	จุดที่เป็นอินพุต					จุดที่เป็นเอาต์พุต
1	2	3	4	5	6	7
2	3	4	5	6	7	8
3	10	11	12	13	14	15
4	11	12	13	14	15	16

ตัวอย่าง สมมติ ให้ $P(x_1, y_1, z_1)$ และ $Q(x_2, y_2, z_1)$ เป็นจุด 2 จุด ในระนาบ และให้ $M(x, y, z)$ เป็นจุดกึ่งกลางระหว่างจุด P และ Q จะสามารถหาจุด M ได้ดังนี้

$$\text{จุดกึ่งกลาง } M(x, y, z) \text{ คือจุดซึ่ง } x = \frac{x_1 + x_2}{2}, y = \frac{y_1 + y_2}{2}, z = \frac{z_1 + z_2}{2}$$

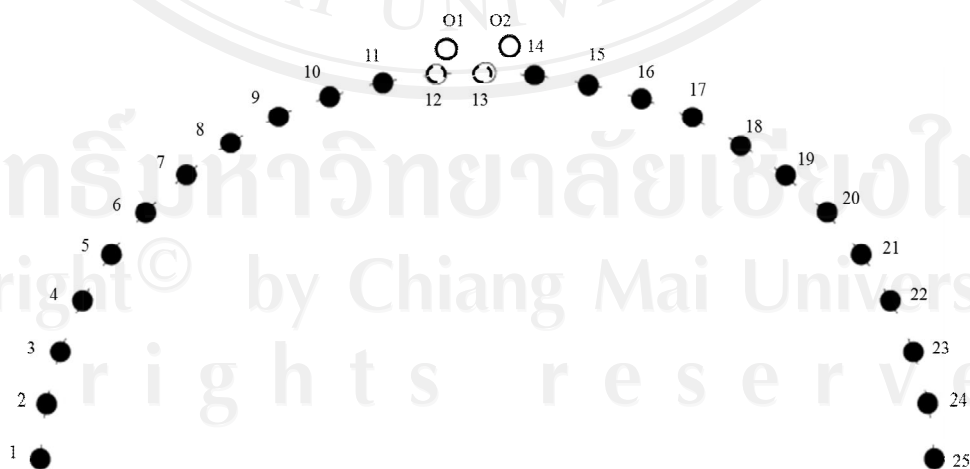
$$\text{หรือจุดกึ่งกลาง } M \text{ คือ } \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2}, \frac{z_1 + z_2}{2} \right)$$

จากนั้นกำหนดให้จุด M เป็นจุดที่อยู่ลำดับถัดจาก P จะได้จุด P, M และ Q เรียงกันตามแนวระนาบ
ทำการเพิ่มจุด 2 รอบจะได้จุดเพิ่มขึ้นจากเดิม 3 จุดดังรูปที่ 3.5



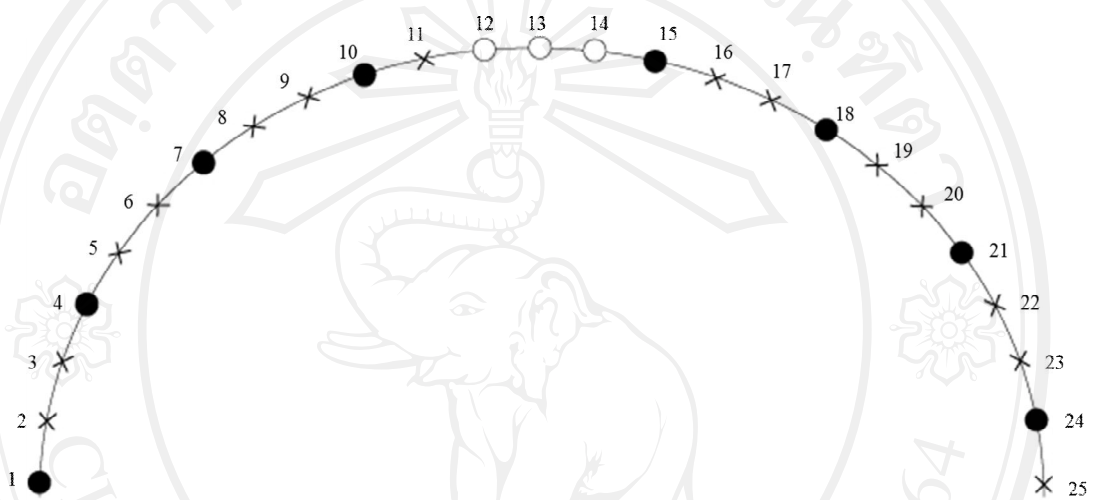
รูปที่ 3.5 วิธีการแก้ปัญหาข้อมูลชุดฝึกสอนมีน้อยเกินไป

กรณีที่ 2 ข้อมูลฝึกสอนมีระยะติดกันเกินไป หากใช้ชุดข้อมูลฝึกสอนแบบ 3 จุดก่อนหน้า
ข้อมูลฝึกสอนนี้อาจมีลักษณะคล้ายเส้นตรง ผลการทดลองผิดพลาดดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ลักษณะปัญหาของข้อมูลชุดฝึกสอนที่มีระยะติดกันเกินไป

ข้อมูลลักษณะการสร้างชุดฝึกสอนแบบนี้จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน จากรูปที่ 3.6 จุดที่ควรสร้างกลับคือจุดที่ 12 และ 13 แต่ลักษณะชุดข้อมูลทดสอบที่เข้าไปเกือบเป็นเส้นตรง ผลการสร้างกลับจุดที่ได้จะเป็นจุดที่ O1 และ O2 ซึ่งผิดพลาดสูง ในงานวิจัยนี้จึงแก้ปัญหาโดยการสร้างชุดฝึกสอนแบบใช้จุดเว้นจุด เพื่อเพิ่มระยะห่างของจุดในชุดฝึกสอน ชุดฝึกสอนจะต้องถูกสร้างใหม่โดยข้ามจุดบางจุดที่อยู่ติดเกินไป เพื่อให้ลักษณะพื้นผิวมีความโค้งมากขึ้นดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วิธีแก้ปัญหของข้อมูลชุดฝึกสอนที่มีระยะติดกันเกินไป

จากรูปที่ 3.7 ชุดข้อมูลฝึกสอนที่ถูกสร้างจะใช้จุดที่เป็นสีดำโดยจุดที่เป็นกากบาทจะถูกข้ามไปในการสร้างชุดฝึกสอนในแถวที่ 1 และขยับในลักษณะนี้ไปเรื่อย ๆ นั่นเอง

3.4 การนำ FSVR และ SVR มาใช้

หลังจากสร้างข้อมูลชุดฝึกสอนในหัวข้อที่ 3.2.2 เรียบร้อยแล้วก็จะนำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการของ FSVR และ SVR ซึ่งวิธีการคำนวณได้ระบุไว้ในบทที่ 2 สิ่งเหมือนกันของ FSVR และ SVR คือ ต้องกำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ การเลือกใช้เคอร์เนลฟังก์ชัน ค่าคลาดเคลื่อนที่ยินยอมได้ (ϵ) และค่าคงที่สำหรับคุมค่าคลาดเคลื่อน (C)

1. การทดลองนี้เลือกใช้ฟังก์ชันเคอร์เนล 3 แบบเปรียบเทียบกับกันดังหัวข้อที่ 2.3
2. ค่าคงที่ C ($C > 0$) เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ใช้คุมค่าคลาดเคลื่อน (Regularization) ในการสร้างระนาบเกินที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Hyper plane) เพื่อใช้แทนกลุ่มข้อมูล ในงานวิจัยนี้ค่า C จะอยู่ในช่วง 10 ถึง 1000

3. ค่าของพารามิเตอร์ ε เป็นค่าคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ ในที่นี้มีค่าเป็น 0.0001 เพื่อให้ค่าเอาต์พุตของการสร้างกลับจุดที่หายไป นั้นมีความถูกต้องถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3

สำหรับ FSVR จะแตกต่างกับ SVR ตรงที่กำหนดให้จุดที่อยู่ติดกับจุดที่หายไปมีความสำคัญมากที่สุด และจุดที่อยู่ไกลที่สุดมีความสำคัญน้อยที่สุด ดังนั้นถ้าให้จุดที่ต้องการหาเป็น x_{n+1} จุดที่มีความสำคัญมากที่สุดคือ x_n ตามด้วย x_{n-1} ไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่มีความสำคัญน้อยที่สุดคือ x_1 จากตารางที่ 1 เป็นการใช้อำนาจ 3 จุดก่อนหน้า กำหนดให้ค่าความสำคัญเป็น 0.1, 0.5 และ 1 สำหรับข้อมูลชุดแรกจะได้ว่า ค่าความสำคัญของจุดที่ 1 เท่ากับ 0.1 จุดที่ 2 เท่ากับ 0.5 และจุดที่ 3 เท่ากับ 1 ซึ่งค่าเหล่านี้ก็คือ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกนั่นเอง

3.5 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิก

การกำหนดค่าขอบเขตล่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก หากกำหนดให้มีค่าน้อยมากจะทำให้ค่าความเป็นสมาชิกแต่ละปีแตกต่างกันมากขึ้น และหากกำหนดค่าให้เข้าใกล้ 1 มากขึ้นก็ทำให้ค่าความเป็นสมาชิกแตกต่างกันน้อยมาก ในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าความเป็นสมาชิกทั้ง 2 แบบดังที่กล่าวมาแล้วในสมการที่ (2.13) และ (2.14) โดยกำหนดให้ λ มีค่าเท่ากับ 0.1 จะได้ค่าความเป็นสมาชิกดังตารางที่ 3.7-3.10 ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ชุด ได้แก่ ใช้สำหรับข้อมูล 3 จุดก่อนหน้า, 5 จุดก่อนหน้า, 7 จุดก่อนหน้า และ 9 จุดก่อนหน้าเพื่อทำนายจุดถัดไป

ตารางที่ 3.7 ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูล 3 จุดก่อนหน้า

ค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละจุด ของชุดที่ 1			
จุดที่	1	2	3
ฟังก์ชันแบบเชิงเส้น	0.1	0.55	1
ฟังก์ชันแบบกำลังสอง	0.1	0.325	1

ตารางที่ 3.8 ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูล 5 จุดก่อนหน้า

ค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละจุด ของชุดที่ 2					
จุดที่	1	2	3	4	5
ฟังก์ชันแบบเชิงเส้น	0.1	0.325	0.55	0.775	1
ฟังก์ชันแบบกำลังสอง	0.1	0.15625	0.325	0.60625	1

ตารางที่ 3.9 ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูล 7 จุดก่อนหน้า

ค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละจุด ของชุดที่ 3							
จุดที่	1	2	3	4	5	6	7
ฟังก์ชันแบบเชิงเส้น	0.1	0.25	0.4	0.55	0.7	0.85	1
ฟังก์ชันแบบกำลังสอง	0.1	0.125	0.2	0.325	0.5	0.725	1

ตารางที่ 3.10 ค่าความเป็นสมาชิกของข้อมูล 9 จุดก่อนหน้า

ค่าความเป็นสมาชิกในแต่ละจุด ของชุดที่ 4									
จุดที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ฟังก์ชันแบบเชิงเส้น	0.1	0.2125	0.325	0.4375	0.55	0.6625	0.775	0.8875	1
ฟังก์ชันแบบกำลังสอง	0.1	0.1141	0.1562	0.2266	0.325	0.4516	0.6062	0.7819	1

3.6 การวัดค่าความถูกต้อง

การทดลองนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบโดยนำค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error, MAE) มาทำการวัดค่าความถูกต้องจากการสร้างกลับจุดที่หายไปดังที่กล่าวไปแล้ว ในหัวข้อที่ 2 สมการที่ (2.15) มาทำการวัดประสิทธิภาพจากการสร้างกลับจุดที่หายไปทุกรูปแบบ การทดลอง โดยค่าผิดพลาดสัมบูรณ์เฉลี่ยที่แสดงในงานวิจัยนี้จะเป็นผลเฉลี่ยของค่าผิดพลาดในพิกัดจุด x, y และ z ของพื้นผิวทั้งหมดที่สร้างกลับได้