



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการบินและอวกาศ)

ปริญญา

วิศวกรรมการบินและอวกาศ

วิศวกรรมการบินและอวกาศ

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศโดยข่ายงานประสาทเทียมและฟังก์ชันเบต้า

Prediction of Compressor Performance Map by using Neural Network and Beta Line

นามผู้วิจัย นายชิตชัย จรัสรัตนกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรักษ์ อรรถสิทธิ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ปวีรศ ชมเดช, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ศานติ วิริยะวิทย์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศโดยข่ายงานประสาทเทียมและฟังก์ชันเบต้า

Prediction of Compressor Performance Map by using Neural Network and Beta Line

โดย

นายจิตชัย จรัสรัตนกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการบินและอวกาศ)

พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิตชัย จรัสรัตนกุล 2552: การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศโดยข่ายงานประสาทเทียมและฟังก์ชันเบต้า ปริญาวุฒิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมการบินและอวกาศ) สาขาวิศวกรรมการบินและอวกาศ ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุรักษ์ อรรถดิษฐ์, Ph.D. 81 หน้า

การทำนายตำแหน่งการทำงานของชุดอัดอากาศ (Compressor) ที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างรอบการทำงาน อัตราการไหล และความดัน มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของกังหันก๊าซ (Gas Turbine) เนื่องจากการทำงานชุดอัดอากาศในแต่ละรอบไม่สามารถประมาณการด้วยวิธีบรรยายเชิงตัวเลขได้ นั่นคือแนวโน้มไม่เป็นเชิงเส้น รวมทั้งยังมีข้อจำกัดในการประมาณจุดทำงานบนแผนภูมิชุดอัดอากาศในบริเวณอัตราการไหลที่สูงสุดของรอบต่างๆ อันเนื่องมาจากความไม่เป็นฟังก์ชันระหว่างอัตราการไหลและความดัน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการทำงานของข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Neural Network feed forward Backpropagation, BP) ของ Levenberg-Marquardt (LM) เพื่อทำนายข้อมูลการทำงานของชุดอัดอากาศ เนื่องจากโดยพื้นฐานแล้วข่ายงานประสาทเทียมแบบ BP จะสามารถหาความสัมพันธ์เชิงตัวเลข (Numerical) ของข้อมูลที่ไม่ทราบความสัมพันธ์ได้แม้ว่าข้อมูลจะไม่เป็นเชิงเส้น อย่างไรก็ตามข่ายงานประสาทเทียมนั้นไม่สามารถทำนายข้อมูลที่ไม่เป็นฟังก์ชันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการประยุกต์ฟังก์ชันเบต้าในการแก้ปัญหาข้อมูลที่ไม่เป็นฟังก์ชันร่วมกับข่ายงานประสาทเทียม เพื่อให้ได้ซึ่งวิธีการที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้นและไม่เป็นฟังก์ชัน

การศึกษการประยุกต์ฟังก์ชันเบต้าร่วมกับข่ายงานประสาทเทียมเพื่อเพิ่มความสามารถของการทำนายแผนภูมิชุดอัดอากาศให้มีความแม่นยำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งให้มีความสมบูรณ์แบบสามารถใช้งานได้กับแผนภูมิที่หลากหลายมากขึ้นโดยที่ประสิทธิภาพยังคงเดิมและด้วยชนิดของเส้นเบต้าที่งานวิจัยนี้เลือกใช้จะช่วยส่งเสริมให้แนวโน้มของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมมีความสอดคล้องและเป็นเส้นโค้งเรียบตรงตามลักษณะของแผนภูมิประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Chitchai Jarunratanakul 2009: Prediction of Compressor Performance Map by using Neural Network and Beta Line. Master of Engineering (Aerospace Engineering), Major Field: Aerospace Engineering, Department of Aerospace Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Anurak Atthasit, Ph.D. 81 pages.

The predictions of compressor properties are necessary such as unknown mass flow rate and pressure ratio relation. These predictions are important to evaluate the efficiency of gas turbine, thus the compressor function in each round speeds are unable to interpolate. The non-linear problem is a principal cause. On the top of that, it is non-function curve which its curve gives more than one output for one input. In compressor map, this problem is always founded in highest mass flow rate of each round speeds. In effect, there are varies of pressure ratio values by only one mass flow rate value.

The Artificial Neural-network in type back-propagation (BP) of Levenberg-Maquardt was studied in this research to predict compressor performance characteristics. In particular, neural network in type BP is capable to reproduce possible outputs for new inputs for unknown relation functions. The non-linear data is also capable to reproduce. However, Neural-network in type BP is insufficient in case of non-function data. Thus, Beta-line is represented in this research to remove non-function problem for Neural-network. The objective of this study is to investigate the prediction method for non-linear and non-function data.

The Combination of Neural-network with Beta-line is studied to enhance accuracy of compressor maps prediction. This research's objective is to define a Neural –network model which enable with a variety of compressor maps. Moreover, Beta-line is helping to enhance the corrective trend prediction of Neural-network which supports to similarity of prediction's curve and smoother curve for compressor maps.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ไม่สามารถสำเร็จลงได้เลย ถ้าหากไม่ได้ผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนุรักษ์ วรรณสิทธิ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะแนวทางและถ่ายทอดความรู้ การคิดอย่างเป็นระบบ รวมถึงถ่ายทอดประสบการณ์การทำงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจแก้ไขจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปวเรศ ชมเดช รองประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ชี้แนะแนวทางและถ่ายทอดความรู้ การคิดอย่างเป็นระบบ รวมถึงถ่ายทอดประสบการณ์การทำงานวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจแก้ไขจนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอากาศยานโรงเรียนนายเรืออากาศทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ขอขอบคุณ คุณน้ำอ้อย ชินวงศ์ คุณจินดา กุ่มงาน และเจ้าหน้าที่โครงการที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ เป็นอย่างดีตลอดของการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณพิริยา อยู่เวชวัฒนา และคุณเอิรท ดำนานทอง ที่ช่วยให้ความสนับสนุน เป็นอย่างดีตลอดของการทำงานวิจัย

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

ชิตชัย จรัสรัตนกุล

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	29
ผลและวิจารณ์	41
สรุปและข้อเสนอแนะ	64
สรุป	64
ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	66
ภาคผนวก	67
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	81

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลของการชงกาแฟที่ได้ความเข้มข้นพอดี	16
2	การเรียนรู้รอบที่ 1 ($w = 1$)	17
3	การเรียนรู้รอบที่ 2 ($w = 1.5$)	18
4	การเรียนรู้รอบที่ 3 ($w = 2$)	18
5	ตัวอย่างการแปลงพิกัดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมทั้ง 2 กรณีศึกษาที่ Nc 95,300 รอบก่อนนี้	32
6	ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้าที่ รอบ 81,000 จากภาพที่ 34	51
7	ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้าที่ รอบ 65,200 จากภาพที่ 35	51
8	ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้าที่ รอบ 45,100 จากภาพที่ 36	52

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ส่วนประกอบของกังหันก๊าซ	2
2	ตัวอย่างแผนภูมิชุดอากาศบริเวณในวงกลมทั้ง 3 จะไม่สามารถพิกัดจุดได้	3
3	แผนภูมิเอนทัลปี (Enthalpy, h) และเอนโทรปี (Entropy, s) สำหรับวัฏจักรเบรยตัน	6
4	แผนภูมิความดัน (Pressure, P) และปริมาตร (Volume, V) สำหรับวัฏจักรเบรยตัน	6
5	แผนภาพการทำงาน Reaction turbine	7
6	แผนภาพการทำงาน Impulse turbine	8
7	ส่วนประกอบของหน่วยเซลล์ในสมองมนุษย์	12
8	เพอร์เซปตรอนจำลองเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์	13
9	แผนภาพการทำงานของเซลล์ย่อย	13
10	แผนภาพการทำงานของเซลล์ย่อยกับตัวแปรต้นมากกว่า 1 ตัว	14
11	แผนภาพการทำงานของเซลล์กับสมการปรับขนาดตัวแปร (T)	15
12	ตัวอย่างการตัดสินใจของเพอร์เซปตรอน (p = มวลกาแฟ, $f(p)$ = ปริมาณน้ำ)	16
13	เพอร์เซปตรอนสำหรับการเรียนรู้หาความพอดีของการชงกาแฟ (p = มวลกาแฟ, $f(p) = a$ = ปริมาณน้ำ, ค่าไบแอส = 0)	17
14	ตัวอย่างพาราโบลาเปิดข้างที่เป็นความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้นไม่ได้	19
15	ตัวอย่างข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้น	21
16	ตัวอย่างการใช้ฟังก์ชันเบต้าในการแบ่งแยกข้อมูล	23
17	การใช้ฟังก์ชันเบต้าในการแยกจุดบนเส้นที่ขนานกับแกนอัตราส่วนความดัน	25
18	การเปรียบเทียบค่าจริงและการเทียบอัตราส่วนของแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T04E	26
19	ผลการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศของ Youhong Yu	27

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	จำนวนรอบการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมของ Youhong Yu	28
21	แสดงความสัมพันธ์ของแกนใหม่ของพิกัดเบต้าและแกนเดิม	30
22	แผนภูมิประสิทธิภาพยี่ห้อ Garret รุ่น T76	30
23	แผนผังการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมเมื่อทำงานกับพิกัดเบต้าในกรณีที่ 2 (MSE = Mean square error, PR = อัตราส่วนความดัน)	35
24	แผนผังการแปลงข้อมูลจากการทำนายจากโครงสร้างที่ผ่านการเรียนรู้จากภาพที่ 23 กลับมาเป็นข้อมูลปกติ (PR = อัตราส่วนความดัน)	36
25	ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจากชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76	37
26	ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจากชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T66	39
27	การลู่เข้าของข่ายงานประสาทเทียมในกรณีที่ 1 สำหรับแผนภูมิในภาพที่ 28 ซึ่ง ไม่สามารถลู่เข้าสู่คำตอบได้	42
28	การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลมวล ขณะชุดอัด อากาศทำงานที่รอบสูง (95,300 RPM ของ T76) โดยใช้ข่ายงานประสาทเทียมใน กรณีที่ 1	42
29	การลู่เข้าของข่ายงานประสาทเทียมในกรณีที่ 2 สำหรับแผนภูมิในภาพที่ 30 สามารถลู่เข้าสู่คำตอบได้ภายใน 85 รอบการเรียนรู้	43
30	การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลมวล ขณะชุดอัด อากาศทำงานที่รอบสูง (95,300 RPM ของ T76) โดยใช้ข่ายงานประสาทเทียมกับ แกนเบต้า ในกรณีที่ 2	43
31	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมทั้ง 2 กรณี (PR = อัตราส่วนความดัน)	44

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	การลู่เข้าของข่างานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt ที่เว้นรอบ 85,200 รอบต่อนาที โดยไม่ใช้พิกัดเบต้า	46
33	การลู่เข้าของข่างานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt และพิกัดเบต้า ที่เว้นรอบ 85,200 รอบต่อนาที	47
34	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบสูง (85,200 RPM ของ T76)	48
35	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบสูง (65,200 RPM ของ T76)	49
36	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ (45,100 RPM ของ T76)	50
37	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายซ้ำโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ (45,100 RPM ของ T76)	53
38	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยไม่มีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ (55,300 RPM ของ T76)	54
39	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ (55,300 RPM ของ T76)	55
40	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้ากับข้อมูลจริง (ทุกรอบ RPM ของ T66)	57
41	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้ากับข้อมูลจริง (ทุกรอบ RPM ของ T3)	58
42	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จและจุดใช้คของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66	59
43	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จและจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
44	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสร็จ จุดใช้ และจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของข่ายงานประสาทดัดเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66	61
45	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดใช้ของข่ายงานประสาทดัดเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66	62
46	แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดใช้ และจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของข่ายงานประสาทดัดเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66	63

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

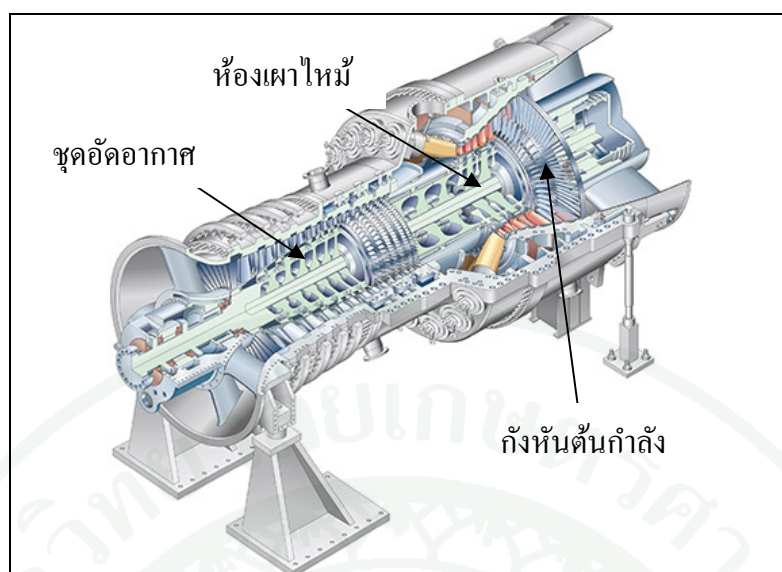
m_c	=	อัตราการไหลมวลอากาศที่ถูกต้องแล้ว(Corrected mass flow rate, LBS / Min)
N	=	ความเร็วเชิงมุมของเพลภายในชุดอัดอากาศ (Rotational speed, RPM)
N_c	=	ความเร็วรอบการหมุนของชุดอัดอากาศ (Corrected rotational speed, RPM)
β	=	พิกัดบนเส้นเบต้า (Beta coordinate)
ω	=	ความเร็วเชิงมุม (Rotational speed, RPM)
E	=	ค่าผิดพลาดการสอนของข่ายงานประสาทเทียม (Neural network's error function)
U_t	=	ความเร็วที่จุดปลายของใบพัด (Inch / second)
P	=	ความดัน (Psia)
T	=	อุณหภูมิ (Degree rankin)
PR	=	อัตราส่วนความดันของชุดอัดอากาศ
R	=	ค่าคงที่ของแก๊ส (ft * lbf / Slug * rankin)
η	=	ประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศ

การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศโดยข่ายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้า

Prediction of Compressor Performance Map by using Neural Network and Beta Line

คำนำ

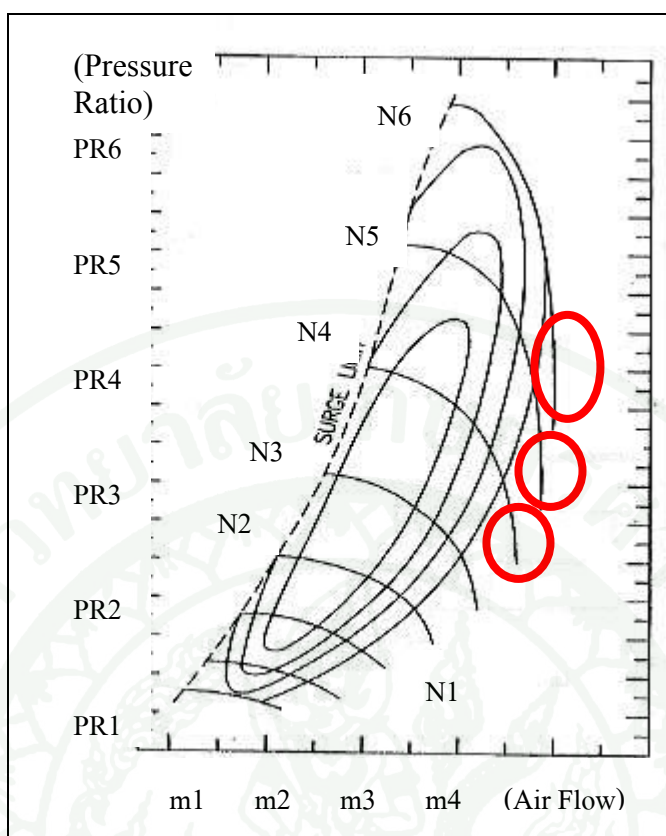
ปัจจุบันกังหันก๊าซ (Gas Turbine) เป็นอุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมหลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมพลังงาน อุตสาหกรรมการบิน อุตสาหกรรมรถยนต์ ฯลฯ กังหันก๊าซนั้นใช้ในการผลิตพลังงานกลและไฟฟ้ามีส่วนประกอบดังภาพที่ 1 อากาศและเชื้อเพลิงจะถูกผสมและสันดาปภายในห้องเผาไหม้ ซึ่งกลายเป็นแก๊สร้อนที่มีพลังงานสูง เมื่อแก๊สร้อนไหลผ่านสู่กังหันต้นกำลัง (Turbine) พลังงานจลน์และพลังงานภายในจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล กังหันต้นกำลังจะต้องส่งพลังงานกลให้แก่ชุดอัดอากาศ (Compressor) เพื่อให้ชุดอัดอากาศเพิ่มความดันให้อากาศก่อนผสมกับเชื้อเพลิงและจุดระเบิดภายในห้องเผาไหม้ ให้กังหันต้นกำลังสามารถรักษาวัฏจักรของกังหันก๊าซ ในการหาจุดการทำงานระหว่างชุดอัดอากาศและกังหันต้นกำลังที่เหมาะสม จะต้องอาศัยข้อมูลการทำงานที่ครบถ้วนของชุดอัดอากาศและกังหันต้นกำลังโดยอาศัยอัตราการไหลมวลของอากาศ (Mass flow rate, $\dot{m}$) อัตราส่วนความดัน (PR) ประสิทธิภาพ (Efficiency, η) และความเร็วรอบ (Rotation speed, N) ของเพลลา เพื่อความสะดวกในการศึกษา จึงอธิบายอยู่ในรูปแบบแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศและกังหันต้นกำลังดังภาพที่ 2 โดยแผนภูมิจะประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความดัน อัตราการไหลของมวลอากาศ ความเร็วเชิงมุมของเพลลา และประสิทธิภาพ ในแต่ละเส้นรอบการทำงานจะมีขอบเขตของการทำงานคือ จุดเสีร์จ (Surge) และจุดไจ้ค (Choke)



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของกังหันก๊าซ

ที่มา : Siemens (2008)

แผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศนั้นเกิดขึ้นจากการทดลองของบริษัทผู้ผลิตชุดอัดอากาศ โดยส่วนมากแล้วแผนภูมิประสิทธิภาพจากบริษัทผู้ผลิต จะแสดงรอบการทำงานจำนวนจำกัด ดังภาพที่ 2 หากต้องการข้อมูลในรอบอื่นๆ นั้นต้องอาศัยเทคนิคการทำนาย เช่นการเทียบอัตราส่วนเป็นต้น นอกจากนี้ความยากลำบากของแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศนั้นยังมีความไม่เป็นเชิงเส้นของเส้นรอบการทำงานแต่ละรอบ รวมไปถึงการที่แผนภูมิบางส่วนไม่สามารถแบ่งแยกพิกัดได้ดังภาพที่ 2 โดยบริเวณภายในวงกลมทั้ง 3 จะเป็นบริเวณที่ไม่สามารถแบ่งแยกเชิงเส้นได้ สิ่งเหล่านี้เป็นปัญหาหลักของการทำนายเส้นของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ ทั้งนี้การทำนายโดยเทียบอัตราส่วนไม่สามารถเลือกจุดพิกัดที่นำมาเป็นข้อมูล ดังนั้นการศึกษาโดยใช้แกนพิกัดเบต้ามาแทนพิกัดจาก (Orthogonal coordinate) จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งเพื่อลดปัญหาดังกล่าว ซึ่งพิกัดเบต้าเป็นวิธีที่เพิ่มแกนพิกัดที่ 3 โดยแกนที่เพิ่มขึ้นมีหลายลักษณะไม่จำกัดขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้ เช่นแกนที่เป็นเส้นตรง เส้นโค้ง ความชัน ฯลฯ จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าข้อมูลประสิทธิภาพเทียมสามารถทำนายเส้นของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศได้ ซึ่งข้อมูลประสิทธิภาพเทียมเป็นการนำสมการเชิงเส้นหลายๆสมการมาทำงานร่วมกันเพื่อแก้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้นและข้อมูลประสิทธิภาพเทียมยังสามารถเลียนแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อนำไปทำนายได้



ภาพที่ 2 ตัวอย่างแผนภูมิชุดอัดอากาศบริเวณในวงกลมทั้ง 3 จะไม่สามารถพิกัดจุดได้ (PR = อัตราส่วนความดัน, m = อัตราการไหลของมวลอากาศ, N = ความเร็วรอบการทำงานของเพลา)

ที่มา : Garret (2007)

ดังนั้นการศึกษารั้วนี้จึงอาศัยแนวความคิดของทั้ง 2 วิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้การวิเคราะห์มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะการทำนายจุดใกล้บริเวณที่ข้อมูลเรียงตัวกันจนเป็นแนวโค้งซึ่งไม่สามารถแยกพิกัดจุดออกจากกันได้

งานวิจัยนี้จะนำเสนอรายงานประสาทเทียมชนิดที่เหมาะสมกับชุดอัดอากาศและเมื่อทำงานร่วมกับพิกัดเบต้า ผลงานวิจัยที่ได้นั้นรายงานประสาทเทียมที่ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้าสามารถจำลองและทำนายเส้นการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพขึ้นในเชิงของแนวโน้ม และสามารถใช้กับแผนภูมิได้หลากหลายมากขึ้น ซึ่งต่างจากรายงานประสาทเทียมแบบไม่มีพิกัดเบต้า

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและเปรียบเทียบการเรียงตัวของข้อมูลที่ได้จากการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมที่มีพิกัดเบต้าและไม่มีพิกัดเบต้า
2. เปรียบเทียบความสามารถของข่ายงานประสาทเทียมแบบมีพิกัดเบต้าและไม่มีพิกัดเบต้าจากปัจจัยความแม่นยำเมื่อเทียบกับค่าจริงของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศและแนวโน้มในการทำนายที่เหมาะสมกับแนวโน้มของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศ
3. เปรียบเทียบความสามารถของข่ายงานประสาทเทียมแบบมีพิกัดเบต้าและการเทียบอัตราส่วนจากปัจจัยความแม่นยำเมื่อเทียบกับค่าจริงของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศและแนวโน้มในการทำนายที่เหมาะสมกับแนวโน้มของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศ

ขอบเขตการศึกษา

1. มีการศึกษาตัวอย่างของแผนภูมิชุดอากาศจากข้อมูลที่มีในท้องตลาดซึ่งการศึกษาในครั้งนี้พิจารณาแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 T66 และ T3
2. ไม่พิจารณาการทำนายจุดเสิร์จและจุดใช้ค
3. ไม่พิจารณาประสิทธิภาพของชุดอากาศ(η)
4. ใช้โครงสร้างข่ายงานประสาทเทียมตาม Youhong Yu
5. ไม่ทำนายที่รอบสูงสุดและรอบต่ำสุด

การตรวจเอกสาร

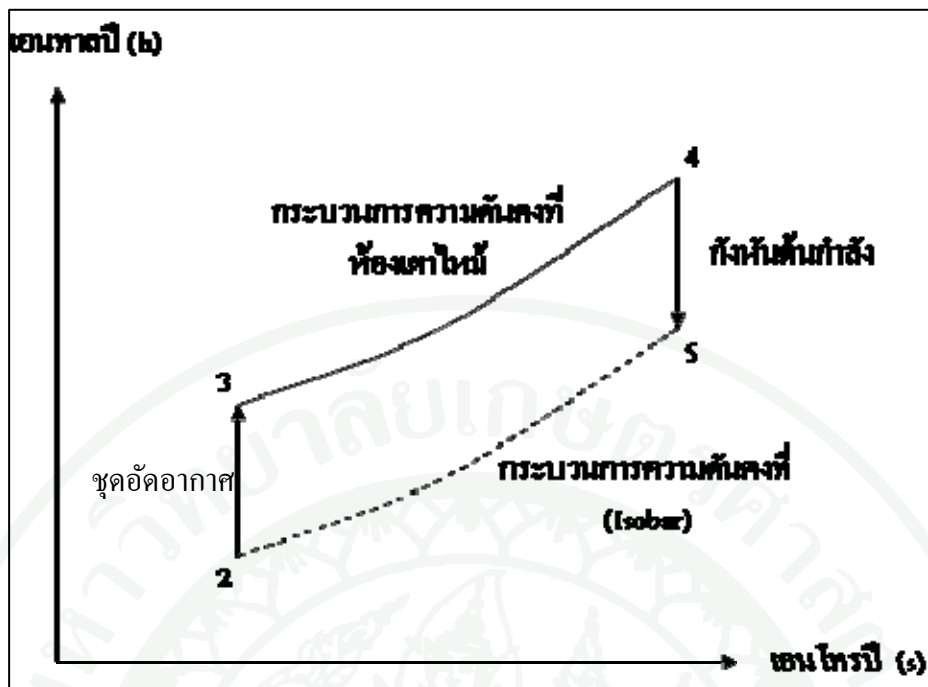
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการหาข้อมูลงานประสาทดัดอากาศที่เหมาะสมในการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศ พร้อมแก้ปัญหาข้อมูลที่ไม่สามารถพิกัดจุดบนแผนภูมิประสิทธิภาพได้ ดังนั้นทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนที่สำคัญ คือ ทฤษฎีเบื้องต้นของกังหันก๊าซ, ทฤษฎีเบื้องต้นของข่างานประสาทดัดอากาศ, หลักการของพิกัดเบต้า

กังหันก๊าซ

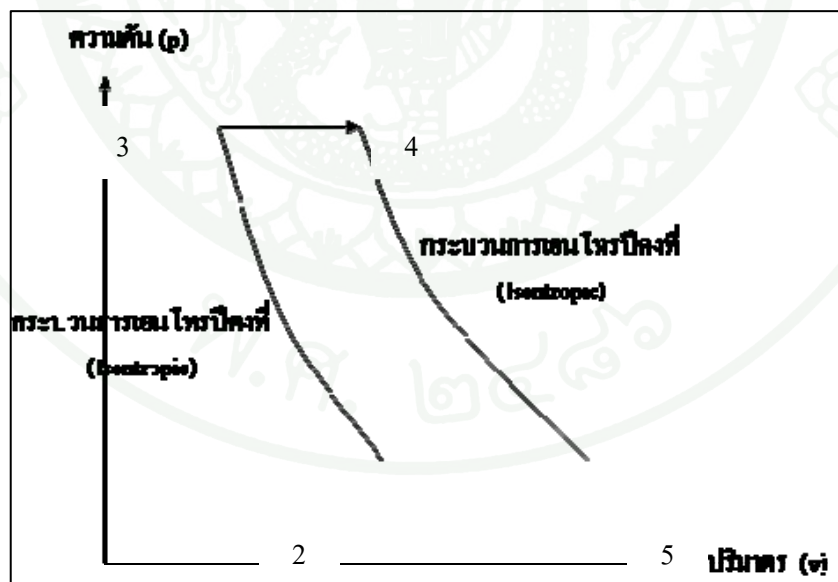
ในปัจจุบันได้มีการนำเอากังหันก๊าซมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง มีการพัฒนาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและมีอัตราส่วนของกำลังที่ได้ต่อน้ำหนักที่สูง เหมาะกับการใช้เป็นตัวต้นกำลังกับเครื่องบิน เรือ รถไฟ และต้นกำเนิดของไฟฟ้าที่ใช้ตามโรงงานไฟฟ้า ในบางครั้งมีการนำไปใช้ในการอัดก๊าซของท่อส่งก๊าซในระยะทางยาว ส่วนประกอบของกังหันก๊าซนั้นประกอบด้วย ชุดอัดอากาศ, ห้องเผาไหม้และกังหันต้นกำลัง

กังหันก๊าซ เป็นเครื่องยนต์ที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างอากาศและเชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ไปเป็นพลังงานขับเคลื่อนกังหันต้นกำลัง และกังหันต้นกำลังจะหมุนเพลาคู่กับกังหันต้นกำลัง ไปเป็นพลังงานกลให้แก่ชุดอัดอากาศ สร้างเป็นวัฏจักรของเครื่องยนต์ ดังภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4



ภาพที่ 3 แผนภูมิเอนทาลปี (Enthalpy, h) และเอนโทรปี (Entropy, s) สำหรับวัฏจักรเบรยตัน

ที่มา : Flack (2005)



ภาพที่ 4 แผนภูมิความดัน (Pressure, P) และปริมาตร (Volume, V) สำหรับวัฏจักรเบรยตัน

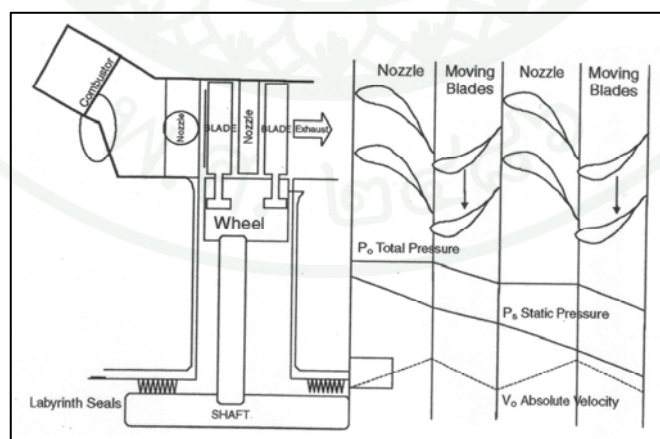
ที่มา : Flack (2005)

วัฏจักรเบรยตันเป็นกระบวนการพื้นฐานของกังหันก๊าซ ภาพที่ 3 และภาพที่ 4 แสดงถึงการทำงานร่วมกันในอุดมคติของ ชุดอัดอากาศ ห้องเผาไหม้และกังหันต้นกำลัง จากภาพที่ 3 กระบวนการระหว่างดัชนี 2 และ 3 จะเป็นการทำงานของชุดอัดอากาศ การทำงานที่ช่วงนี้เอนทาลปีของก๊าซจะสูงขึ้นแบบเอนโทรปีคงที่ การเปลี่ยนแปลงระหว่างดัชนี 3 และ 4 เป็นกระบวนการภายในห้องเผาไหม้ บริเวณนี้จะมีการเพิ่มพลังงานจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและอากาศ ทำให้เอนทาลปีและเอนโทรปีเพิ่มขึ้นแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงความดัน และในบริเวณระหว่างดัชนี 4 และ 5 เป็นการดึงพลังงานให้เอนทาลปีและความดันลดลงโดยกังหันต้นกำลัง พลังงานที่ถูกดึงไปนี้จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกล

กังหันต้นกำลัง

กังหันต้นกำลัง จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเอนทาลปีและพลังงานจลน์ของอากาศร้อนที่มาจากห้องเผาไหม้ ไปเป็นพลังงานกล (Mechanical energy) เพื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนชุดอัดอากาศและชุดอุปกรณ์อื่นๆ สามารถแยกกังหันต้นกำลังได้สองชนิด คือ

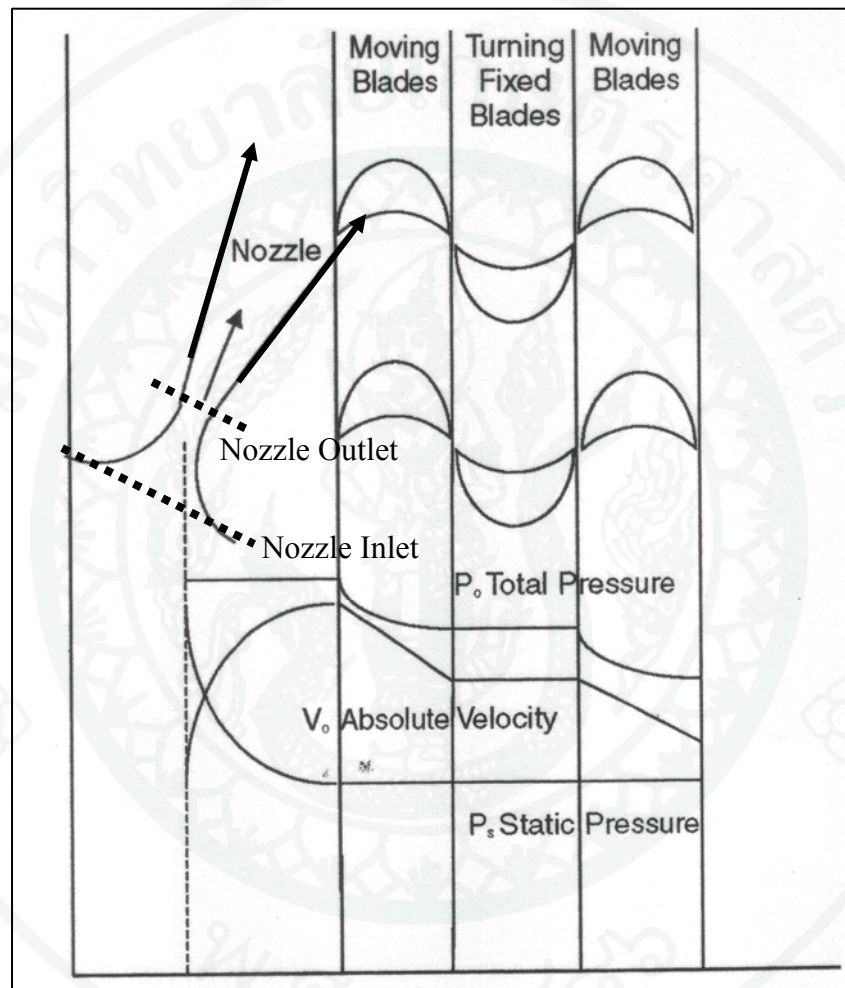
Reaction turbine จะมี หัวฉีดกังหันก๊าซ (Turbine Nozzle) เป็นตัวนำก๊าซร้อนที่ปะทะกลีบของกังหันต้นกำลังเป็นมุมที่เหมาะสม จะทำให้ความดันของก๊าซร้อนลดลง แต่จะให้ความเร็วสูงขึ้น เพราะทางเข้าของกลีบกังหันต้นกำลังมีขนาดทางเข้าใหญ่กว่าทางออก ส่วนทางเข้าและทางออกของหัวฉีดกังหันก๊าซจะมีขนาดเท่ากัน ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภาพการทำงาน Reaction turbine

ที่มา : Boyce (2006)

Impulse turbine จะมีหัวฉีดกังหันก๊าซที่ทางเข้าใหญ่กว่าทางออกจึงทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านหัวฉีดมีความเร็วสูงขึ้นและความดันลดลง จากนั้นจะพุ่งไปปะทะกลีบของกังหันดันกำลังซึ่งจัดให้ทางเข้าทางออกของแต่ละกลีบเท่ากัน ความเร็วและความดันบริเวณนี้จึงคงที่ กังหันก๊าซชนิดนี้เป็นที่นิยมของ Turbo prop และ Turbo shaft กังหันก๊าซชนิดนี้จะมีลักษณะการทำงานดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนภาพการทำงาน Impulse turbine

ที่มา : Meherwan P.Boyce (2006)

ชุดอัดอากาศ

ชุดอัดอากาศเป็นส่วนประกอบหลักของเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีหน้าที่หลักในการเพิ่มความดันให้กับของไหลที่ไหลผ่านเพื่อให้ของไหลมีความดันเหมาะสมและทำการปล่อยสู่ห้องเผาไหม้ (Combustion chamber) ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักร หรือสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ดังนี้ ปรับความดันของพื้นที่ควบคุม ปรับอุณหภูมิของพื้นที่ควบคุมและอัดความดันที่ใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์

โดยปกติสามารถจำแนกเครื่องอัดอากาศเป็น 2 ประเภท คือชุดอัดอากาศตามแนวแกน (Axial compressor) และชุดอัดอากาศตามแนวรัศมี (Centrifugal compressor) เครื่องยนต์อัดอากาศตามแนวแกนจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าชุดอัดอากาศตามแนวรัศมีเนื่องจากมีใบพัดมากกว่าจึงสามารถมีอัตราการอัดอากาศสูงกว่า อย่างไรก็ตามชุดอัดอากาศที่ใช้กันโดยปกติในอุตสาหกรรมรถยนต์จะเป็นชุดอัดอากาศตามแนวรัศมีเนื่องจากราคาถูกและสามารถบำรุงรักษาได้ง่าย คุณสมบัติของชุดอัดอากาศตามแนวรัศมีจะแสดงในรูปของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ ดังแสดงในภาพที่ 2

ในการศึกษาการทำงานของชุดอัดอากาศจะสนใจ 4 ปัจจัยหลัก อัตราการไหลของมวลอากาศ อัตราส่วนความดัน ความเร็วเชิงมุมของเพลลาที่หมุนใบพัด ประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศ สำหรับความเร็วเชิงมุมของเพลลาที่หมุนใบพัด โดยพื้นฐานจะอยู่ในรูปของอัตราส่วนเทียบกับเลขมัค (Mach number) และความเร็วอ้างอิงที่ตำแหน่งจุดปลายสุดของใบพัด (U) ดังแสดงในสมการที่ 1

$$M = \frac{U}{\sqrt{\gamma RT}} \quad (1)$$

$$\frac{U_{ref}}{\sqrt{\gamma RT_{ref}}} = \frac{U}{\sqrt{\gamma RT}} \quad (2)$$

เมื่อ M = เลขมัค (Mach number)
 U_{ref} = ความเร็วในสถานะที่ระดับน้ำทะเล
 T_{ref} = อุณหภูมิในสถานะที่ระดับน้ำทะเล

จากสมการที่ 1 เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงดังสมการที่ 2 เนื่องจากแก๊สที่ไหลผ่านเป็นชนิดเดียวกันค่า γ และ R จึงเป็นค่าคงที่ดังนั้นจะได้ดังสมการที่ 3

$$\frac{U_{ref}}{\sqrt{T_{ref}}} = \frac{U}{\sqrt{T}} \quad (3)$$

จากสมการที่ 3 พิจารณาค่ารัศมีของชุดอัดอากาศที่โดยใช้รัศมีที่ปลายของใบพัดดังนั้นจะสามารถเขียนในรูปของความเร็วเชิงมุมได้ดังสมการที่ 4

$$U = \omega r$$

$$\frac{N_c}{\sqrt{T_{ref}}} = \frac{N}{\sqrt{T}} \quad (4)$$

$$N_c = \frac{N}{\sqrt{\theta}} \quad (5)$$

เมื่อ $\theta = \frac{T_0}{T_{ref}}$

จากสมการที่ 5 ความเร็วเชิงมุมของเพลจะแสดงอยู่ในรูปของ N_c มีหน่วยของความเร็วอยู่ในรูป รอบต่อนาที มิได้เป็นตัวแปรไร้หน่วย

อัตราการไหลของมวลอากาศในแผนภูมิประสิทธิภาพจะเป็นสัดส่วนของอัตราการไหลของมวลอากาศที่ไหลจริงกับอัตราการไหลของมวลอากาศที่ระดับอ้างอิงน้ำทะเล ดังในสมการที่ 6

$$m = \rho AV$$

$$m = \frac{P}{RT} A \sqrt{\gamma RT}$$

$$m = \frac{PA}{\sqrt{RT}} \sqrt{\gamma}$$

$$\frac{1}{m_{ref}} = \frac{\sqrt{RT_{ref}}}{AP_{ref}} \quad (6)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของชุดอัดอากาศ (ft^2)
 P_{ref} = ความดันที่ระดับน้ำทะเล (Psia)
 T_{ref} = อุณหภูมิที่ระดับน้ำทะเล (Degree Rankin)
 m = อัตรามวลอากาศที่ไหลจริง (LBS/min)
 m_{ref} = อัตรามวลอากาศที่ไหลที่ระดับน้ำทะเล (LBS/min)

สมการที่ 6 หากเทียบกับสถานะอ้างอิงมาตรฐานจะได้สมการที่ 7 โดย A และ R เป็นค่าคงที่

$$\frac{m_{ref}\sqrt{RT_{ref}}}{AP_{ref}} = \frac{m\sqrt{RT}}{AP}$$

$$m_c = m_{ref} = \frac{m\sqrt{T/T_{ref}}}{P/P_{ref}} \quad (7)$$

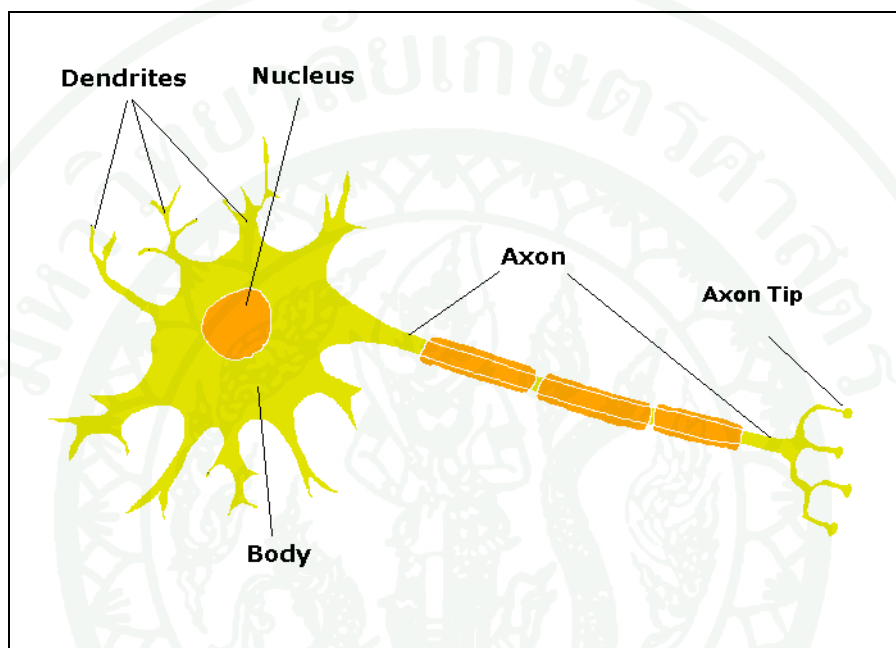
เมื่อ P_{ref} = ความดันในสภาวะการทำงาน
 T_{ref} = อุณหภูมิในสภาวะการทำงาน

เนื่องจากตัวแปร m_c และ N_c มิได้เป็นตัวแปรไร้หน่วยดังนั้นจึงไม่สามารถใช้แผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศเปรียบเทียบชุดอัดอากาศต่างชนิดได้ แผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศจะสามารถอธิบายถึงการทำงานที่สภาวะต่างๆของชุดอัดอากาศเพียงแบบหรือรุ่นเดียวเท่านั้น

นอกจากนี้แล้วแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศในแต่ละรอบยังมีขอบเขตคือเส้นเสิร์จและจุดไซ้ค ซึ่งเส้นเสิร์จเป็นขอบเขตแบ่งจุดที่ชุดอัดอากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างเสถียร หากอัตราการไหลอากาศลดลงหรืออัตราส่วนความดันเพิ่มขึ้น ส่วนจุดไซ้คคือจุดที่เครื่องอัดอากาศอัดอากาศจนไม่สามารถเพิ่มอัตราการไหลมวลอากาศหรือลดอัตราส่วนความดันได้มากกว่าเดิมในรอบการทำงานรอบหนึ่ง ดังในภาพที่ 2

ข่ายงานประสาทเทียม

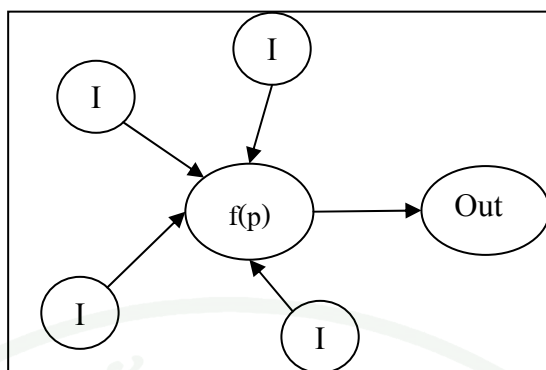
ข่ายงานประสาทเทียมเป็นการจำลองการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์ เซลล์ประสาท (Neuron) ภายในสมองมนุษย์จะประกอบด้วยนิวเคลียส (Nucleus) ตัวเซลล์ (Cell body) โยประสาทนำเข้า (Dendrite) แกนประสาทนำออก (Axon) แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของหน่วยเซลล์ในสมองมนุษย์

ที่มา : Schizophrenia (2007)

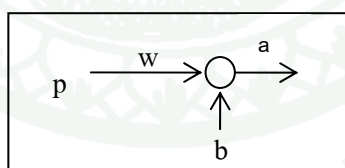
การจำลองข่ายงานประสาทเทียมจะสมมติให้ เพอร์เซปตรอน (Perceptron) เป็นข่ายงานประสาทเทียมแบบง่ายมีหน่วยเดียวที่จำลองลักษณะของเซลล์ประสาทดังภาพที่ 8 โดยเมื่อเพอร์เซปตรอนรับตัวแปรต้น (Input) จะทำการตัดสินใจตามสมการที่ได้รับการเรียนรู้ จากนั้นจะส่งผลลัพธ์เป็นตัวแปรตาม (Output) การใช้งานข่ายงานประสาทเทียมนั้นอาศัยเพียงข้อมูลตัวแปรต้นและตัวแปรตามต้นแบบในการเลียนแบบความสัมพันธ์



ภาพที่ 8 เพอร์เซปตรอนจำลองเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ (I = ตัวแปรต้น, $f(p)$ = สมการสำหรับการตัดสินใจ, Out = ตัวแปรตาม)

หลักการพื้นฐานของเพอร์เซปตรอน

โครงสร้างของระบบข่ายงานประสาทเทียมนั้นประกอบด้วยเพอร์เซปตรอนย่อยหลายเพอร์เซปตรอนทำงานร่วมกัน เป็นสมการย่อยซ้อนกันอยู่จนเป็นสมการใหญ่ โดยพื้นฐานสมการเชิงเส้นของแต่ละเพอร์เซปตรอนจะประกอบด้วย ตัวแปรต้น (Input, p) น้ำหนัก (weight, w) และค่าไบแอส (Bias, b) ดังสมการที่ 8 โดยตัวแปร a แทนคำตอบ ดังภาพที่ 9 ค่าไบแอสนั้นเป็นเหมือนค่าคงที่ ปรับได้ค่าหนึ่งเหมือนกับน้ำหนัก แต่จะต่างกันตรงที่ค่าไบแอสนั้นจะมีค่าได้ไม่เกิน 1 และถ้ามีตัวแปรต้นมากกว่า 1 ชนิดจะการทำงานดัง ภาพที่ 10 และได้ดังสมการที่ 9



ภาพที่ 9 แผนภาพการทำงานของเซลล์ย่อย

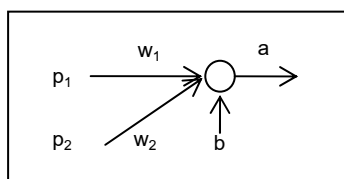
$$f(p) = a = wp + b \quad (8)$$

เมื่อ p = ตัวแปรต้นจากข้อมูลที่จะใช้ในการเรียนรู้

w = น้ำหนัก

b = ไบแอส หรือจุดตัดแกนของ p

a = คำตอบของเพอร์เซปตรอน



ภาพที่ 10 แผนภาพการทำงานของเซลล์ยอกกับตัวแปรต้นมากกว่า 1 ตัว

$$f(p_1, p_2) = a = w_1 p_1 + w_2 p_2 + b \quad (9)$$

เมื่อ p_1 = ตัวแปรต้นจากข้อมูลชนิดที่ 1 ที่จะใช้ในการเรียนรู้
 p_2 = ตัวแปรต้นจากข้อมูลชนิดที่ 2 ที่จะใช้ในการเรียนรู้
 w_1 = ค่าน้ำหนักของข้อมูลชนิดที่ 1
 w_2 = ค่าน้ำหนักของข้อมูลชนิดที่ 2

เพอร์เซปตรอนรับ p เป็นเวกเตอร์ (Vector) จำนวนจริงแล้วคำนวณหาผลรวมเชิงเส้น (Linear combination) แบบถ่วงน้ำหนักของ p โดยค่า w เป็นค่าน้ำหนักของ p ซึ่งค่า w จะเป็นตัวแสดงถึงควมมีอิทธิพลต่อคำตอบของสมการ ส่วนตัวที่ไม่มีอิทธิพลค่าของ w จะต้องมีค่าใกล้ 0

สมการปรับขนาดตัวแปร (Transfer-function)

สมการปรับขนาดตัวแปรหรือฟังก์ชันกระตุ้น (Activation function) จะแสดงคำตอบอยู่ในช่วง 1 กับ -1 เท่านั้น เนื่องจากการทำงานของเพอร์เซปตรอนร่วมกันตั้งแต่ 2 เพอร์เซปตรอนขึ้นไปจะต้องนำคำตอบของเพอร์เซปตรอนตัวแรกไปใช้ในการคำนวณคำตอบของเพอร์เซปตรอนตัวที่สอง ซึ่งคำตอบของเพอร์เซปตรอนตัวแรกอาจเป็นตัวแปรขนาดใหญ่หรือตัวแปรขนาดเล็ก จะมีผลทำให้การปรับน้ำหนักของเพอร์เซปตรอนตัวที่สองมีอิทธิพลสูงเกินไปหรือไม่มีอิทธิพล จึงมีความจำเป็นต้องปรับขนาดตัวแปรให้อยู่ในช่วงมาตรฐานทุกครั้งก่อนเข้าสู่เพอร์เซปตรอนตัวต่อไป ตัวอย่างของสมการปรับขนาดตัวแปร (Normalized) เช่น ฟังก์ชันไบนารี (Binary function), ฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid function)

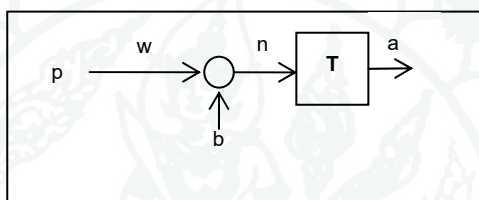
ฟังก์ชันไบนารีเป็นสมการเชิงตรรกศาสตร์ ที่จะให้เพียงค่าจริงหรือเท็จเท่านั้น ตัวอย่างเช่น และ (AND), หรือ (OR), ไม่ (NOT) เป็นต้น ในบางครั้งจะแสดงในรูป 1, 0 แทนจริง, เท็จ

ฟังก์ชันซิกมอยด์ นั้นมี 2 ประเภทคือ Log-Sigmoid จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ตามสมการที่ 10 และ Tan-Sigmoid จะมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 ตามสมการที่ 11

$$f(n) = \frac{1}{(1 + e^{-n})} \quad (10)$$

$$f(n) = \frac{(e^n - e^{-n})}{(e^n + e^{-n})} \quad (11)$$

เมื่อ n = ค่าตอบของสมการเพอร์เซปตรอนที่ยังไม่ได้ปรับขนาดตัวแปร

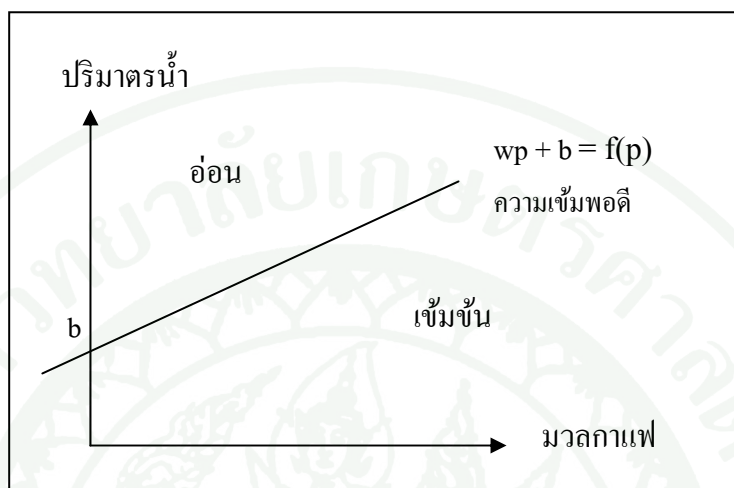


ภาพที่ 11 แผนภาพการทำงานของเซลล์กับสมการปรับขนาดตัวแปร (T)

กฎการเรียนรู้เพอร์เซปตรอน

อัลกอริทึม (Algorithm) เริ่มจากการสุ่มค่าน้ำหนัก หลังจากนั้นจะทำการแก้ไขค่าน้ำหนัก หรือแก้ไขค่าไบแอสพร้อมกันด้วยในบางครั้ง โดยเทียบกับข้อมูลตัวอย่างที่ใช้สอน หมายถึงเมื่อ ป้อนตัวอย่าง เพอร์เซปตรอนจะคำนวณคำตอบแล้วเทียบกับค่าคำตอบที่เป็นเป้าหมาย (Target) ถ้าได้ตรงกันจะแสดงว่าค่าน้ำหนักที่ใช้ันถูกต้องไม่จำเป็นต้องปรับน้ำหนักใหม่ แต่ถ้าไม่ตรงกัน จะต้องทำการปรับน้ำหนัก ตามอัตราการเรียนรู้แล้วให้เพอร์เซปตรอนทำการคำนวณใหม่แล้วเทียบกับคำตอบที่เป็นเป้าหมาย ทำวนซ้ำด้วยวัฏจักรนี้จนสามารถหาคำตอบ จำนวนการวนรอบ เรียกว่าจำนวนของรอบการเรียนรู้ (Epochs) อัตราการเรียนรู้มีผลต่อเวลา ถ้าหากอัตราการเรียนรู้มีค่าหยาบเพอร์เซปตรอนจะสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็ว แต่หากอัตราการเรียนรู้หยาบเกินไปอาจทำให้ การเรียนรู้ไม่สามารถหาคำตอบได้

จะเห็นได้จากสมการที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นสมการของเพอร์เซปตรอนว่าหากนำไปเขียนบนระนาบ จะเป็นเส้นตรงซึ่งเป็นขอบเขตของการตัดสินใจบนระนาบตัวอย่างเช่น การทำนายความเข้มข้นที่พอดีของกาแฟดังภาพที่ 12 ระหว่างมวลกาแฟและปริมาณน้ำ



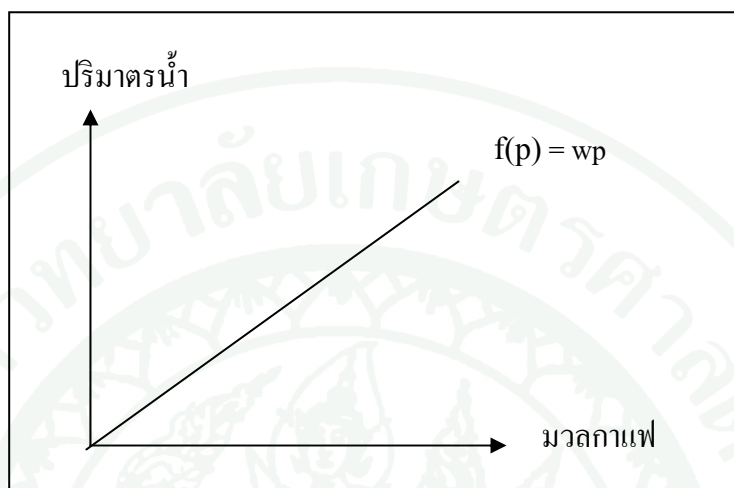
ภาพที่ 12 ตัวอย่างการตัดสินใจของเพอร์เซปตรอน (p = มวลกาแฟ, $f(p)$ = ปริมาณน้ำ)

ปัญหาในการเรียนรู้ของเพอร์เซปตรอนคือการหาค่าน้ำหนักที่เหมาะสมเพื่อให้หน่วยของเพอร์เซปตรอนแสดงคำตอบได้ตรงค่าที่ใช้เรียนรู้ ตัวอย่างเช่น การหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำและมวลของกาแฟที่ให้ความเข้มข้นที่พอดีของกาแฟ โดยมีข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลของการชงกาแฟที่ให้ความเข้มข้นพอดี

	อัตราส่วนที่ให้ความเข้มข้นพอดี	
	มวลกาแฟ	ปริมาณน้ำ
1	1	2
2	2	4
3	3	6
4	4	8

จากข้อมูลในตารางที่ 1 เมื่อกำหนด 1 เพอร์เซปตรอนมาใช้เรียนรู้และทำนายอัตราส่วนของมวลกาแฟและปริมาณน้ำที่ทำให้ความเข้มข้นของกาแฟพอดี จากสมการที่ 8 จะได้ว่า p คือมวลกาแฟ a คือปริมาณน้ำ และกำหนดค่าไบแอสเป็นศูนย์จะได้ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 เพอร์เซปตรอนสำหรับการเรียนรู้หาความพอดีของการชงกาแฟ (p = มวลกาแฟ, $f(p)$ = a = ปริมาณน้ำ, ค่าไบแอส = 0)

จากภาพที่ 13 กำหนดอัตราการปรับน้ำหนักการเรียนรู้รอบละ 0.5 และสุ่มค่าเริ่มต้นของน้ำหนักเป็น 1 จะได้ผลในการเรียนรู้รอบแรกดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเรียนรู้รอบที่ 1 ($w = 1$)

	มวลกาแฟ(p)	ปริมาณน้ำที่จำลอง $wp = (1)(p)$	ปริมาณน้ำที่ถูกต้อง	Error
1	1	1	2	1
2	2	2	4	2
3	3	3	6	3
4	4	4	8	4
ค่าเฉลี่ย				2.5

จากตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ของสมการภายในเพอร์เซปตรอนมีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.5 หน่วยหากกำหนดความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ยอมรับได้ต้องน้อยกว่า 0.2 จะต้องทำการปรับค่าน้ำหนักเพื่อเรียนรู้ใหม่ โดยข้างต้นกำหนดการปรับน้ำหนักรอบละ 0.5 และคำตอบรอบการเรียนรู้ก่อนหน้านี้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนอยู่ในทิศทางบวกแสดงว่าควรปรับน้ำหนักรอบถัดไปในทิศทางบวก 0.5 เป็น 1.5 จะได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเรียนรู้รอบที่ 2 ($w = 1.5$)

	มวลกาแฟ(p)	ปริมาตรน้ำที่จำลอง $w_p = (1.5)(p)$	ปริมาตรน้ำที่ถูกต้อง	Error
1	1	1.5	2	0.5
2	2	3	4	1
3	3	4.5	6	1.5
4	4	6	8	2
ค่าเฉลี่ย				1.25

ในตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนยังคงสูงกว่า 0.2 ในทิศทางบวก ดังนั้นรอบถัดไปจะต้องปรับค่าน้ำหนักเป็น 2 แล้วจะได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเรียนรู้รอบที่ 3 ($w = 2$)

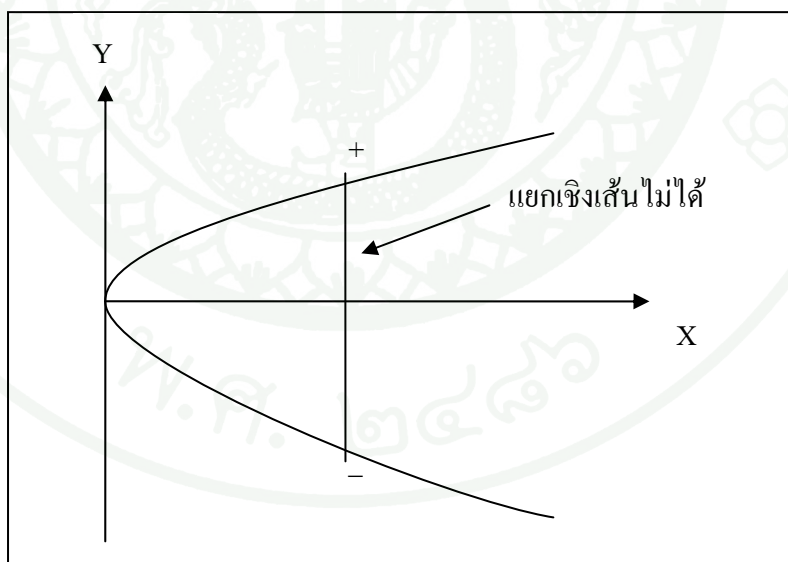
	มวลกาแฟ(p)	ปริมาตรน้ำที่จำลอง $w_p = (2)(p)$	ปริมาตรน้ำที่ถูกต้อง	Error
1	1	2	2	0
2	2	4	4	0
3	3	6	6	0
4	4	8	8	0
ค่าเฉลี่ย				0

ในรอบการเรียนรู้ที่ 3 นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 0 ซึ่งน้อยกว่า 0.2 ที่กำหนดไว้ การเรียนรู้จะจบสิ้นในรอบนี้ และได้สมการความสัมพันธ์ที่สามารถนำไปใช้ทำนายได้ เช่น หากต้องการความเข้มข้นที่พอดีสำหรับมวลกาแฟ 8 หน่วย จากสมการในเพอร์เซปตรอน $f(p) = 2p$ จะได้ 16 หน่วยปริมาตรน้ำ

แต่หากการปรับสมการเพอร์เซปตรอนไม่สามารถหาคำตอบได้ก็สามารถปรับค่าไบแอสไปพร้อมกันได้ด้วยเช่นกันขึ้นอยู่กับวิธีการปรับหรืออัลกอริทึมที่เลือกใช้

ข้อจำกัดของเพอร์เซปตรอน

อย่างไรก็ตามเพอร์เซปตรอนไม่สามารถเรียนรู้บางความสัมพันธ์ได้เช่น ความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-linear) และความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้นไม่ได้ซึ่งเป็นขีดจำกัดของเพอร์เซปตรอน ตัวอย่างของความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้นไม่ได้ เช่น ความสัมพันธ์ พาราโบลาเปิดข้าง จะมีบริเวณที่แยกเชิงเส้นไม่ได้ ดังภาพที่ 14 โดยถ้าค่า X อยู่ในช่วงที่เป็นบวกจะไม่สามารถแยกได้ว่าค่า Y จะเป็นคำตอบในบริเวณที่เป็นค่าบวกหรือค่าลบ



ภาพที่ 14 ตัวอย่างพาราโบลาเปิดข้างที่เป็นความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้นไม่ได้

หากเพอร์เซปตรอนทำการเรียนรู้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้นไม่ได้ดังภาพที่ 14 การเรียนรู้ของเพอร์เซปตรอนจะไม่สามารถหาคำตอบตามแนวสมการได้เลย น้ำหนักของสมการเพอร์

เซปตรอนจะปรับกลับ ไปกลับมาที่ค่าเดิมเพราะไม่ว่าจะปรับแก้ น้ำหนักอย่างไรก็จะมีคำตอบที่ถูก
หนึ่งคำตอบและต้องผิดหนึ่งคำตอบของทุกค่าบนแกน X

กฎเดลต้า (Delta Rule)

กฎเดลต้าเป็นกฎที่ใช้ในการหาค่าน้ำหนักอีกกฎหนึ่ง จะเรียนรู้ข้อมูลโดยจะลู่เข้าสู่คำตอบ
ด้วยอัตราการเรียนรู้ที่เปลี่ยนแปลงตามความชันระหว่างค่าความผิดพลาดและค่าน้ำหนักที่ใช้ไป วิธี
นี้จะลู่เข้าคำตอบที่ให้ค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้ แม้ว่าตัวอย่างจะเป็นความสัมพันธ์ที่แยกเชิงเส้น
ไม่ได้โดยอาศัยนิยามสมการของค่าผิดพลาด (E) การสอนเป็นสมการพาราโบลาซึ่งสมการที่ 12
หาก $E(w)$ อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้จะถือว่าเรียนรู้สำเร็จและสมการปรับขนาดตัวแปรต้องใช้สมการที่
เป็นเชิงเส้นเท่านั้น ไม่สามารถใช้สมการที่มีเพียงค่าจริง (True) หรือเท็จ (False) แบบไบนารีได้แต่
หากมีข้อมูลที่ไม่สามารถแบ่งแยกเชิงเส้นมากเกินไปจะไม่สามารถลู่เข้าสู่คำตอบได้

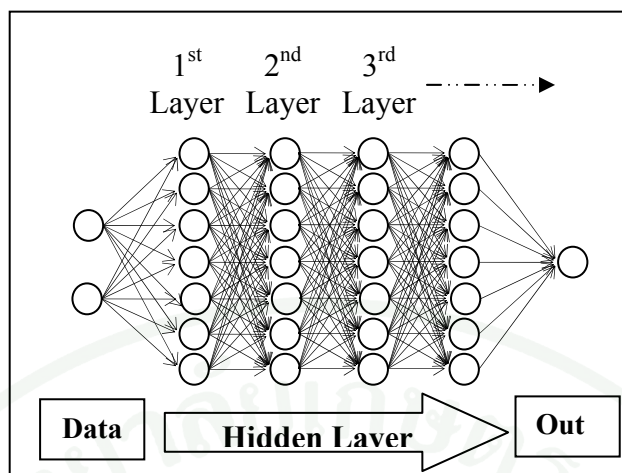
$$E(w) = \frac{\sum_{i=1}^n (T_i - a_i)^2}{n} \quad (12)$$

เมื่อ a = คำตอบจากเพอร์เซปตรอนในข่ายงานประสาทเทียม = $f(w)$
 T = เป้าหมายของคำตอบ
 n = จำนวนประชากรของข้อมูลที่จะใช้เรียนรู้
 $E(w)$ = ค่าความผิดพลาด

จากสมการที่ 12 การปรับน้ำหนักจะปรับเพื่อหาจุดต่ำสุดของพาราโบลาซึ่งหมายถึง $E(w)$
น้อยที่สุดและสามารถปรับน้ำหนักอย่างมีทิศทางลู่เข้าหาคำตอบตามความชันที่เปลี่ยนไปของเส้น
สัมผัสพาราโบลาหรืออัตราการเรียนรู้สามารถหาอนุพันธ์ได้ กฎเดลตάνี้จะเป็นพื้นฐานของข่ายงาน
ประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ

ข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับ (Neural network back propagation)

ระบบข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับจะมีความสามารถในการทำนาย
ข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้เนื่องจากเป็นการใช้เพอร์เซปตรอนมากกว่า 1 หน่วย ทำงานร่วมกัน
แบ่งเป็นหลายชั้นการทำงาน ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตัวอย่างข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้น

สำหรับข่ายงานประสาทเทียมหลายชั้นที่เป็นส่วนหนึ่งของข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ จะถูกเรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) และต่อจากชั้นซ่อนจะเป็นชั้นสุดท้ายสามารถใช้สมการปรับขนาดตัวแปรเป็นสมการไบนารีหรือ สมการเชิงเส้นก็ได้ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ แต่ในบริเวณชั้นซ่อนต้องเป็นสมการที่สามารถหาอนุพันธ์ได้จึงต้องเป็นสมการเชิงเส้นเท่านั้น

ในบริเวณชั้นซ่อนถ้าหากมีจำนวนเพอร์เซปตรอนมากจะสามารถรู้เข้าหาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนได้มากขึ้น แต่หากจำนวนเพอร์เซปตรอนสูงเกินไป เวลาที่ใช้ในแต่ละรอบการเรียนรู้จะยังใช้เวลามาก โดยปกติจำนวนเพอร์เซปตรอนที่เหมาะสมจะหาจากการเพิ่มเพอร์เซปตรอนทีละ 1 เพอร์เซปตรอน จนสมการการเรียนรู้สามารถรู้เข้าหาคำตอบได้พอดี จำนวนเพอร์เซปตรอนจำนวนนี้เรียกว่า จำนวนวิกฤต (Critical point)

ข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับนั้นมีหลายชนิดแต่โดยพื้นฐานของทุกชนิดจะใช้สมการในการปรับน้ำหนักดังสมการที่ 13 สำหรับการปรับค่าน้ำหนักในแต่ละรอบการเรียนรู้

$$w_{k+1} = w_k - \alpha g_k \quad (13)$$

เมื่อ w_k = ค่าน้ำหนักในสมการเพอร์เซปตรอนของรอบการเรียนรู้ปัจจุบัน
 w_{k+1} = ค่าน้ำหนักในสมการเพอร์เซปตรอนของรอบการเรียนรู้ถัดไป

α_k = อัตราการเรียนรู้ของรอบการเรียนรู้ปัจจุบัน

g_k = ค่าความแตกต่างคำตอบของรอบการเรียนรู้ปัจจุบัน

จากสมการที่ 13 ค่าไบแอสจะถูกรวมอยู่ในตัวแปร w_k ซึ่งวิธีการปรับจะแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ Incremental mode และ Batch mode ทั้งสองวิธีจะมีความแตกต่างกันโดย Incremental Mode จะทำการปรับน้ำหนักทุกครั้งที่มีการเรียนรู้ในแต่ละตัวแปรต้นของกลุ่มประชากรข้อมูล ส่วน Batch mode จะทำการปรับน้ำหนักเมื่อตัวแปรต้นถูกใช้เรียนรู้จนครบกลุ่มประชากรข้อมูลทั้งหมด

ข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt

เอกลักษณ์ของข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt จะไม่มีการคำนวณ Hessian Matrix สำหรับอัตราการเรียนรู้ ในแต่ละรอบการเรียนรู้ แต่จะการใช้การประมาณค่าของ Hessian Matrix ตามสมการที่ 14

$$H = J^T J \quad (14)$$

เมื่อ J = Jacobian Matrix และเป็น f (ค่าน้ำหนัก, ค่าไบแอส)

I = เมตริกเอกลักษณ์ (Identify Matrix)

H = Hessian Matrix

ดังนั้นในการปรับน้ำหนักของข่ายงานประสาทเทียมของ Levenberg Marquardt จะเป็นไปดังสมการที่ 16 โดยเมื่อแทนสมการที่ 14 และ 15 ในสมการที่ 13 จะได้ดังสมการที่ 16

$$g = J^T e \quad (15)$$

$$\alpha_k = [J^T J + \mu I]^{-1}$$

$$W_{k+1} = W_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (16)$$

เมื่อ $\alpha_k = H^{-1}$ = อัตราการเรียนรู้ของรอบการเรียนรู้ปัจจุบัน

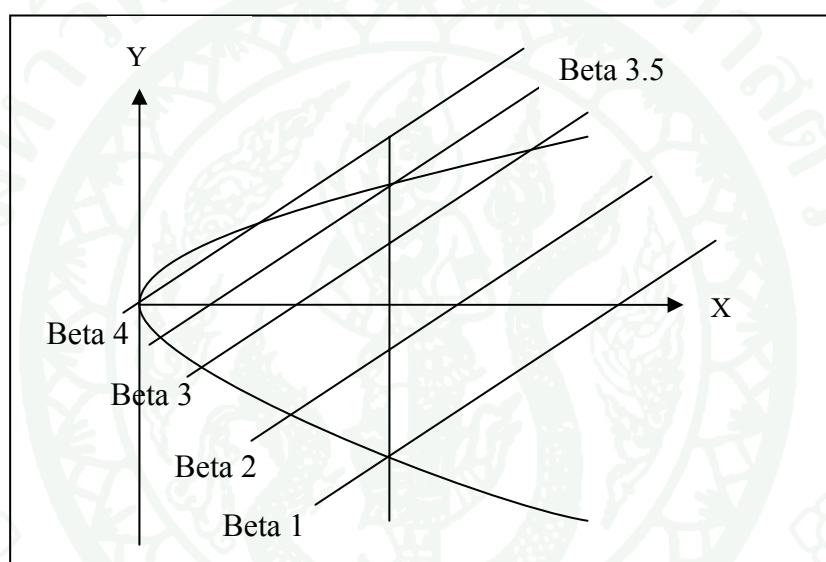
e = เวกเตอร์ของค่าความคลาดเคลื่อน

I = เมตริกเอกลักษณ์

μ = ค่าคงที่อัตราการเรียนรู้

พิกัดเบต้า

เส้นเบต้า (Beta line) เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ใช้ในการแยกพิกัดที่ไม่สามารถแบ่งแยกเชิงเส้นได้ (Non-function) สามารถทำได้โดยเพิ่มแกนใหม่ทำให้มีมิติในการแบ่งพิกัดเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่นภาพที่ 14 ไม่สามารถแบ่งแยกพิกัดได้เมื่อเพิ่มพิกัดใหม่จะเป็นดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 ตัวอย่างการใช้พิกัดเบต้าในการแบ่งแยกข้อมูล

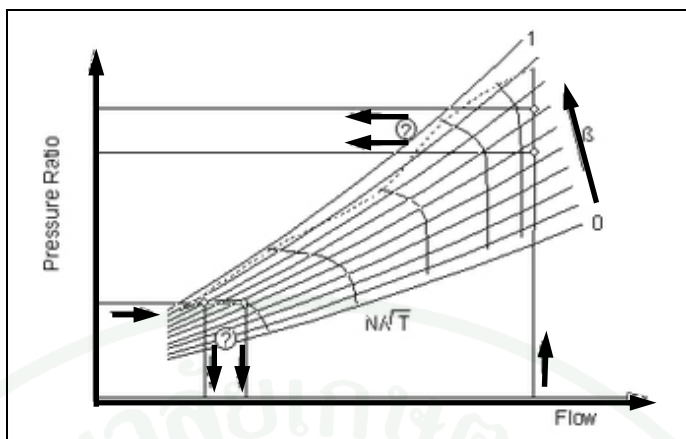
จากภาพที่ 16 จากเดิม $Y = F(X)$ จะถูกเปลี่ยนใหม่เป็น $Y = F(X, \text{Beta})$ ดังนั้นที่ X_1 จะสามารถระบุได้ว่าเมื่อ X เป็น X_1 และ Beta เป็น 3.5 แล้ว Y จะเป็นค่าบวก

2. เอกสารงานวิจัยที่ผ่านมา (Literature Review)

เพื่อให้เกิดความถูกต้องของการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพการทำงานของชุดอัดอากาศ โดยคำนึงถึงลักษณะการวางตัวของข้อมูลในแนวดิ่งที่ไม่สามารถแบ่งแยกพิกัดเชิงเส้นได้ของบางรอบการทำงานของชุดอัดอากาศ Kurzke ได้เสนอวิธีที่เรียกว่า โครีเลชัน (co-relation) หรือ พิกัดเบต้า เพื่อใช้ในการอ้างอิงจุดต่างๆในแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศดังภาพที่ 17 โดยการเพิ่มแกนเบต้าเพื่อใช้ในการระบุจุดที่อยู่ในแนวดิ่งเดียวกันและใช้การเทียบอัตราส่วนในการทำนายจุดต่างๆ ซึ่งวิธีนี้ช่วยให้แก้ปัญหาในบริเวณที่เส้นในแผนภูมิไม่สามารถแบ่งแยกพิกัดได้ แต่เนื่องจากพิกัดเบต้าเป็นเพียงวิธีในการพิกัดจุดเท่านั้น ไม่ใช่เทคนิคการทำนาย การทำนายของ Kurzke จึงเป็นเพียงการเทียบหาค่าตามอัตราส่วนของเส้นข้างๆ เท่านั้น ดังนั้นการนำข่ายงานประสาทเทียมมาใช้ จะช่วยให้มีการพิจารณาภาพของเส้นที่รอบอื่นๆ ด้วย

ข่ายงานประสาทเทียมถูกนำเสนอในการศึกษาครั้งนี้เนื่องจากสามารถเลียนแบบความสัมพันธ์ของข้อมูลได้แม้ว่าแผนภูมิจะมีลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น และสามารถนำความสัมพันธ์ไปใช้ในการทำนายจุดนอกเหนือจากข้อมูลได้ ข่ายงานประสาทเทียมใช้ได้สำหรับการทำนาย หาจุดเหมาะสมและประเมินผล เช่น Lazzaretto and Toffolo ได้หาวิธีการทำนายจุดการทำงานเหมาะสมของกังหันก๊าซที่ชุดอัดอากาศและกังหันด้นกำลังสามารถทำงานรักษาวัฏจักรของกังหันก๊าซร่วมกันได้ โดยใช้ระบบข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับในการเลียนแบบความสัมพันธ์ของจุดการทำงานที่เหมาะสมจากการคำนวณมือ และทำนายจุดเหมาะสมที่รอบการทำงานอื่นๆ ของชุดอัดอากาศด้วยข่ายงานประสาทเทียม

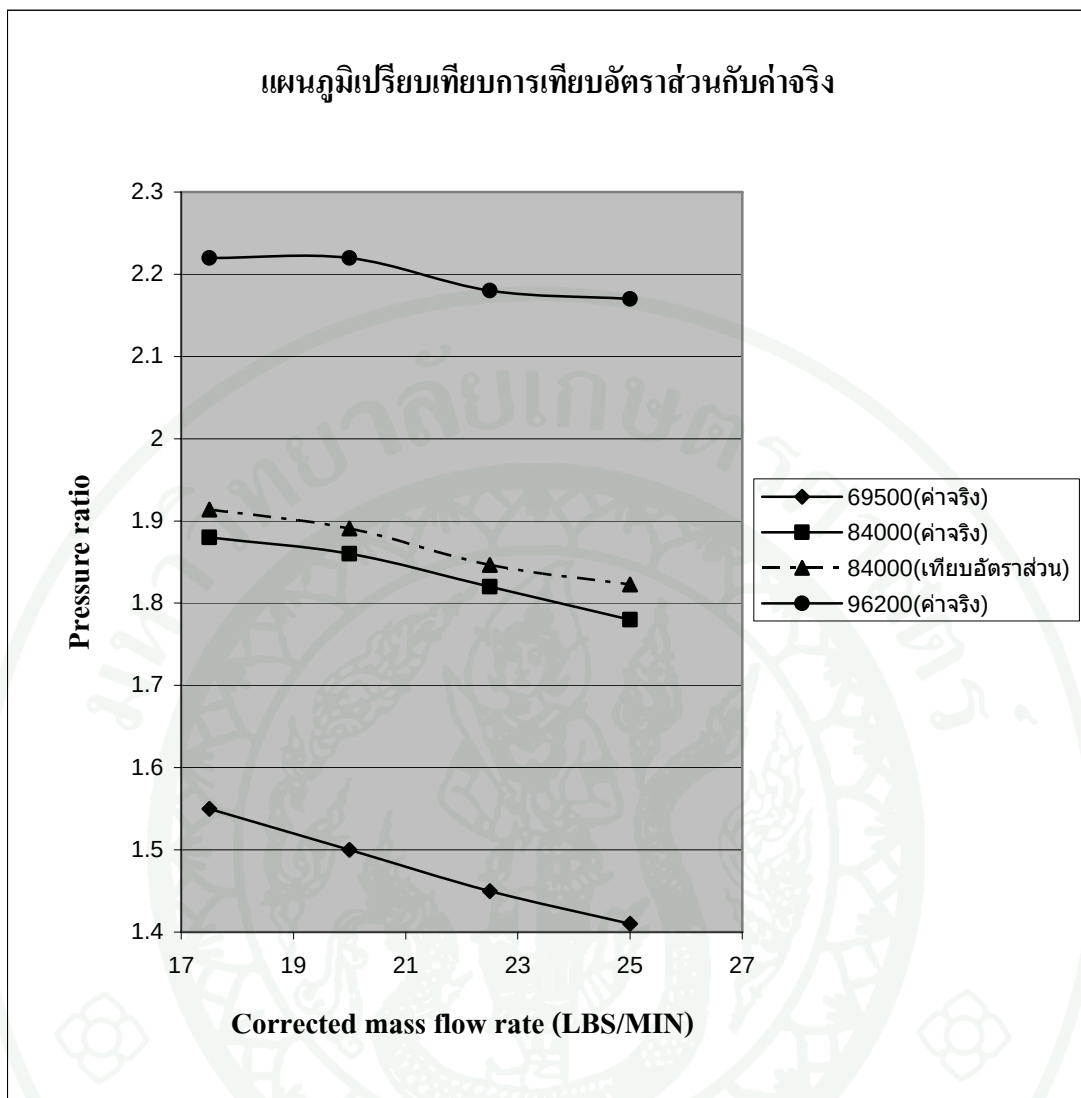
สำหรับการดึงข้อมูลจากแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศ Lazzaretto and Toffolo ใช้พิกัดเบต้าตาม Kurzke ที่เพิ่มแกนเบต้าขึ้นมาเพื่อแยกจุดที่อยู่ในแนวดิ่งและแนวนอนเดียวกันบนเส้นรอบการทำงานเดียวกันตามภาพที่ 17 และทำนายเส้นการทำงานของชุดอัดอากาศที่รอบใดๆ ด้วยการเทียบอัตราส่วน



ภาพที่ 17 การใช้พิกัดเบต้าในการแยกจุดบนเส้นที่ขนานกับแกนอัตราส่วนความดัน

ที่มา: How to get component maps for an aircraft gas-turbine's performance calculations

การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศจากการเทียบอัตราส่วนจะมีข้อจำกัดเนื่องจากธรรมชาติของแผนภูมินั้นมิได้เป็นอัตราส่วนของแกนอัตราส่วนความดันและ m_c เท่านั้น แต่จะต้องพิจารณาอิทธิพลจาก N_c ที่เปลี่ยนไปด้วย ซึ่ง N_c นี้จะมีผลต่อรูปร่างความโค้งของเส้นโดยคำนึงถึงความหมายทางกายภาพ (Physical meaning) ของความสัมพันธ์ซึ่งไม่สามารถเทียบได้ตามอัตราส่วน ตัวอย่างเช่นในแผนภูมิประสิทธิภาพของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศยี่ห้อGarret รุ่น T04E (เนื่องจาก T04E มีย่านการทำงานใกล้เคียงกับ T76 T66 ทั้งในอัตราส่วนความดันและอัตราการไหลมวลอากาศ) ที่รอบการทำงาน 84,000 จะไม่อยู่บริเวณกึ่งกลางระหว่างรอบการทำงาน 64,500 และ 96,200 แต่จะอยู่ต่ำกว่าค่ากลางของรอบทั้ง 2 ดังภาพที่ 18 และแนวโน้มของเส้นที่ได้จากการเทียบอัตราส่วนไม่เรียงตัวสม่ำเสมอเหมือนกับเส้นที่เป็นค่าจริง และมีค่าผิดพลาดโดยเฉลี่ย 0.33 จากอัตราการไหลที่แก้แล้ว 4 ค่า

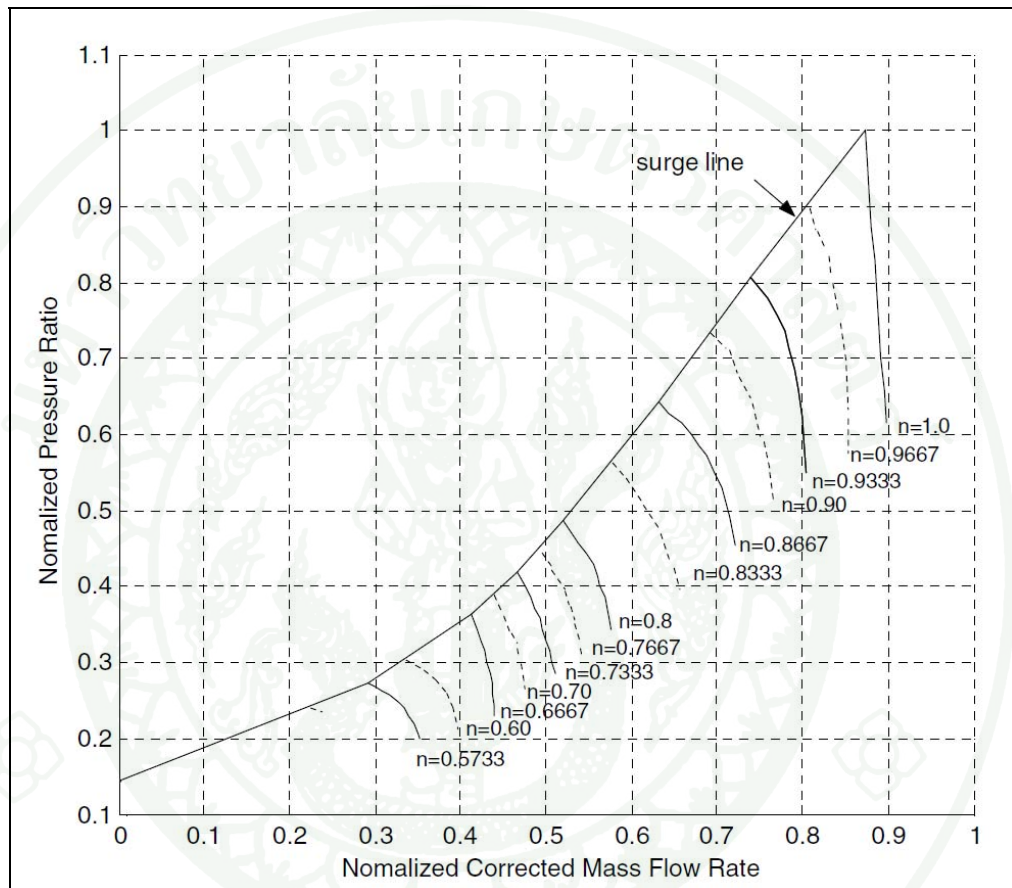


ภาพที่ 18 การเปรียบเทียบค่าจริงและการเทียบอัตราส่วนของแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T04E

การเทียบอัตราส่วนนั้นยังไม่มีลักษณะทางกายภาพของเส้นโค้งบนแผนภูมิ ดังนั้นการทำนายตำแหน่งการทำงานโดยใช้พิกัดเบต้าเพียงอย่างเดียว ไม่อาจสะท้อนถึงตำแหน่งการทำงานจริงของชุดอัดอากาศ

การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพการทำงานของชุดอัดอากาศที่รอบใดๆ ด้วยข่างานประสาทเทียมนั้นถูกนำมาศึกษา โดย Youhong Yu ด้วยการใชระบบข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg-Marquart เพื่อเรียนรู้คุณลักษณะและรูปร่างของแผนภูมิชุด

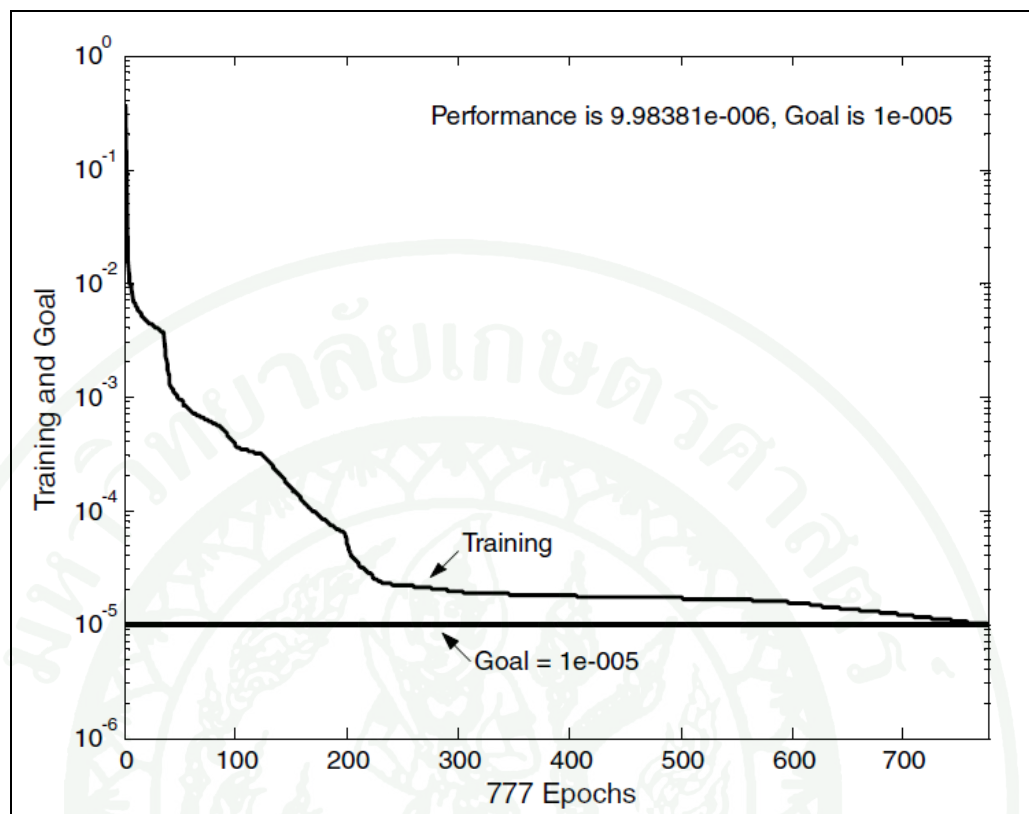
อัดอากาศ ซึ่งสามารถสร้างเส้นการทำงานที่รอบต่างๆ ได้ดังภาพที่ 19 ผลงานวิจัยของ Youhong Yu นั้นแสดงให้เห็นว่าข่างานประสาทเทียมสามารถเลียนแบบความสัมพันธ์ของแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศได้และมีแนวโน้มของแผนภูมิอย่างเป็นเหตุเป็นผลตามความหมายกายภาพของชุดอัดอากาศ ไม่ใช่เพียงแค่การทำนายที่พิจารณาตามอัตราส่วนจากเส้นรอบข้างเท่านั้น



ภาพที่ 19 ผลการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศของ Youhong Yu

ที่มา : Youhong Yu (2007)

แม้ว่าในงานวิจัยของ Youhong Yu จะแสดงให้เห็นว่าข่างานประสาทเทียมสามารถทำนายได้อย่างมีแนวโน้มตามความหมายทางกายภาพ การทำงานของชุดอัดอากาศ แต่ยังไม่ได้กล่าวถึงการสอบเทียบผลของการทำนายในรอบที่ไม่ได้มีการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Youhong Yu ยังมิได้กล่าวถึงการทำนายในกรณีแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศมีบริเวณที่ไม่สามารถพิกัดจุดที่เรียงตัวกันเป็นแนวดิ่งหรือแนวนอนออกจากกันได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ข่างานประสาทเทียมของ Youhong Yu ต้องอาศัยเวลามากถึง 777 รอบการเรียนรู้ (Epoch) ดังภาพที่ 20



ภาพที่ 20 จำนวนรอบการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมของ Youhong Yu

ที่มา: Youhong Yu (2007)

จากข้อจำกัดของข่ายงานประสาทเทียมต่อการทำนายตำแหน่งการทำงานจริงของชุดอัดอากาศ ในงานวิจัยนี้จึงเสนอข่ายงานประสาทเทียมได้ถูกนำมาศึกษาร่วมกับพิกัดเบต้าเพื่อเป็นการแก้ปัญหาข้อจำกัดของทั้ง 2 วิธี และนำจุดเด่นมาสนับสนุนกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel(R) ความเร็ว 2000 MHz หน่วยความจำ (RAM) 1 GB
2. ซอฟต์แวร์ MATLAB 6.0 สำหรับระบบปฏิบัติการ OS Windows

วิธีการ

การประยุกต์ฟังก์ชันเบต้าในข่ายงานประสาทเทียม

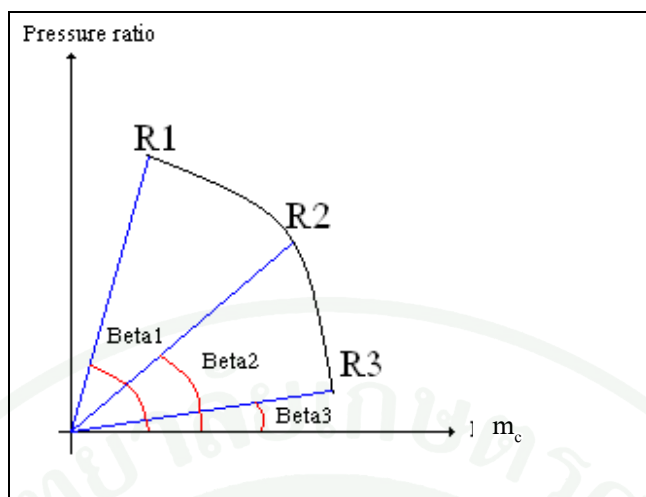
ระบบข่ายงานประสาทเทียมนั้นสามารถที่จะเรียนรู้และจำลองผลลัพธ์ ซึ่งการจำลองของข่ายงานประสาทเทียมนั้นสามารถที่จะให้ลักษณะที่มีความสัมพันธ์ตามข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ และสามารถที่จะใช้ในการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอากาศได้ และเส้นเบต้าจะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาในบริเวณที่เส้นการทำงานขนานกับแกนพิกัด

การใช้งานฟังก์ชันเบต้าร่วมกับข่ายงานประสาทเทียมควรใช้แกนใหม่ที่มีความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์กับอีก 2 แกนเดิม เนื่องจากหากเพิ่มแกนใหม่ ฟังก์ชันเบต้าจะเป็นตัวแปรต้นอีกตัวหนึ่งในสมการ จะกลายเป็น 2 ตัวแปรที่ไม่ทราบค่าใน 1 สมการจึงกลายเป็นอสมการ งานวิจัยนี้จึงเสนอการใช้ฟังก์ชันเบต้าเพิ่มแกนใหม่เป็นแกนของมุมในพิกัดทรงกลม (Spherical axis) ที่มีสมการความสัมพันธ์ของแกนใหม่กับแกนเดิมดังสมการ 17 และ 18 ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์เป็นแผนภูมิได้ดังภาพที่ 21

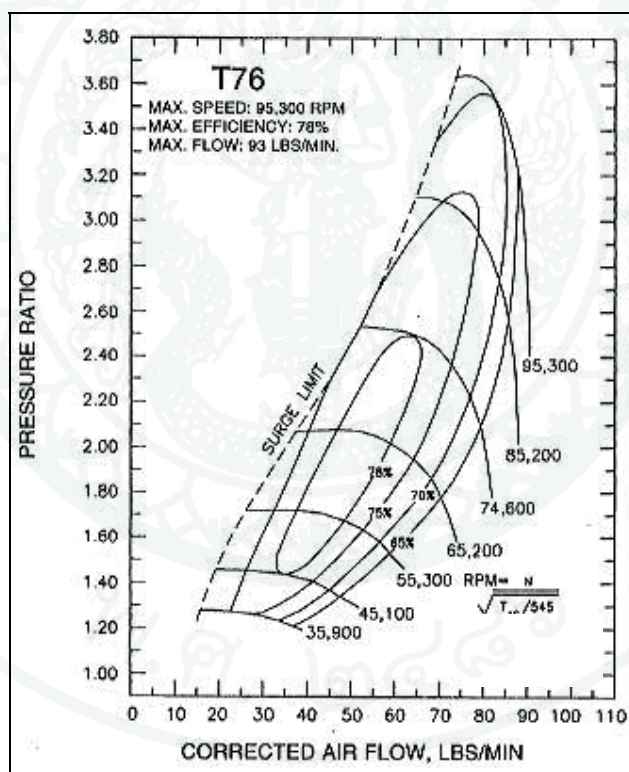
$$R_i^2 = m_c^2 + PR^2 \quad (17)$$

$$\text{Beta} = \tan^{-1}(PR / m_c) \quad (18)$$

เมื่อ R_i = รัศมีจากจุดศูนย์กลาง
Beta = พิกัดของแกนมุมที่เป็นแกนใหม่



ภาพที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ของแกนใหม่ของฟัดเบต้าและแกนเดิม



ภาพที่ 22 แผนภูมิประสิทธิภาพยี่ห้อ Garret รุ่น T76

ที่มา: Garret (2006)

แผนภูมิประสิทธิผลชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 ดังภาพที่ 22 จะถูกนำมาใช้ในการศึกษาการทำงานร่วมกันระหว่างข่างานประสาทยืดและพืดเบต้า เพื่อแก้ไขปัญหาที่ไม่สามารถแบ่งแยกพืดเชิงเส้นออกจากกันได้หรือมีบริเวณที่เป็นเส้นขนานกับแกนในแนวตั้ง

ในการศึกษาข่างานประสาทยืดและพืดเบต้าสามารถแบ่งกรณีศึกษาออกได้เป็น 2 กรณีด้วยกัน โดยพิจารณาแผนภูมิที่เกิดจากการทำนายของข่างานประสาทยืดด้วยข้อมูลในพืดจากและกรณีที่ใช้แกนเบต้าเข้ามาช่วยเป็นแกนของข้อมูลในการอ้างอิงถึงจุดต่างๆ บนแผนภูมิดังภาพที่ 21 โดยกรณีที่ 1 ใช้ข้อมูลที่เป็นแกนปกติส่วนกรณีที่ 2 จะนำข้อมูลของกรณีที่ 1 มาแปลงตามสมการที่ 17 และ 18 จะสามารถสรุปได้ดังตัวอย่างที่ความเร็วรอบ 95,300 ของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตัวอย่างการแปลงพิกัดข้อมูลที่ใช้เรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมทั้ง 2 กรณีศึกษาที่ Nc 95300 รอบต่อนาที

กรณีที่ 1 (พิกัดฉาก x-y)			กรณีที่ 2 (พิกัดทรงกลมโดยเบต้า)		
ตัวแปรต้น	ตัวแปรต้น	เป้าหมาย	ตัวแปรต้น	ตัวแปรต้น	เป้าหมาย
m_c	N_c	PR	β	N_c	Radius (R)
74	95300	3.61	2.7928908	95300	74.088002
76	95300	3.63	2.7345492	95300	76.086641
81	95300	3.6	2.5448044	95300	81.079961
83	95300	3.5	2.4146565	95300	83.073762
86	95300	3.4	2.2640029	95300	86.067183
87	95300	3.3	2.1722468	95300	87.062564
88	95300	3.25	2.115076	95300	88.059994
88	95300	3.2	2.0825653	95300	88.058163
89	95300	3.1	1.9948892	95300	89.053972
89	95300	3	1.9305874	95300	89.050547
90	95300	2.9	1.8455588	95300	90.04671
90	95300	2.78	1.7692404	95300	90.042925
90	95300	2.62	1.6674729	95300	90.038127
90	95300	2.4	1.5275254	95300	90.031994

1. การสอบเทียบการจำลองเส้นการทำงานของชุดอัดอากาศข่างานประสาทเทียมและพิกัดเบต้า

การศึกษาในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 กรณี โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 5

1. ข่างานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ไม่ได้ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้า
2. ข่างานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้า

ในการสอบเทียบความสามารถของการจำลองเส้นการทำงานของชุดอัดอากาศด้วยข่างานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับทั้ง 2 กรณี พิจารณาจาก

1. ลักษณะแนวโน้มของข้อมูลที่จำลอง
2. ความสามารถในการหาค่าสมการในแต่ละกรณีเทียบกับ โดยวัดจากค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของข่างานประสาทเทียม (E) ดังสมการที่ 12 โดยในกรณีที่ 1 จะแทนสมการให้ $T = \text{Real PR}$ และ $a = \text{Simulated PR}$ ส่วนในกรณีที่ 2 ให้ $T = \text{Real Radius}$ และ $a = \text{Simulated Radius}$

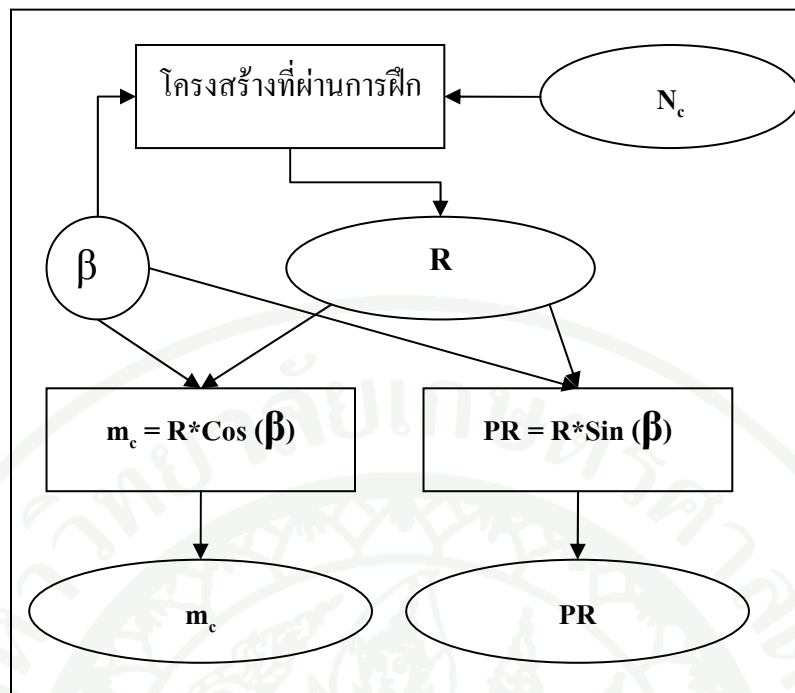
สำหรับคุณสมบัติของข่างานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ใช้จะเป็นไปตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. ใช้ข่างานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg–Marquardt (LM) ตามที่ Youhong Yu ใช้ในการวิจัยเนื่องจากข่างานประสาทเทียมของ LM ได้ถูกพิสูจน์แล้วว่าสามารถใช้งานได้กับแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศ
2. ใช้จำนวนพอร์เซปตรอนในชั้นซ่อนเป็นจำนวน 21 พอร์เซปตรอนเนื่องจากเป็นจำนวนที่ควรจะมีมากกว่าจำนวนพอร์เซปตรอนวิกฤต (ทั้งนี้จำนวนพอร์เซปตรอนวิกฤตเท่ากับ 9 พอร์เซปตรอนสำหรับข้อมูลของ T76 กรณีที่ใช้เบต้า) เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้ (เพราะจำนวนพอร์เซปตรอนที่ต่างกัน ส่งผลต่อขนาดสมการที่ใช้ในการคำนวณ ซึ่งเป็นผลต่อเวลา)

3. ต้องสามารถรู้ค่าคำตอบได้ผลค่าความผิดพลาดเฉลี่ยอยู่ในระดับ 0.00001 ซึ่งวัดประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมจากค่าผิดพลาดเฉลี่ยกำลังสอง (Mean Square Error, E) เทียบจากข้อมูลจริง

4. สมการปรับขนาดตัวแปรใช้ Log-sigmoid เนื่องจากสมการของ Log-sigmoid มีค่าเป็นบวกเท่านั้น ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้มีเพียงค่าบวกเท่านั้นและข้อมูลที่นำมาใช้นั้น ไม่เป็นจำนวนตรรกะ

หลังจากที่ระบบข่ายงานประสาทเทียมทำการเรียนรู้ดังแผนผังแสดงในภาพที่ 23 แล้วการจำลองค่ารัศมีและค่าเบต้าจะต้องนำไปแปลงกลับให้อยู่ในรูปอัตราการใช้ของอากาศกับอัตราส่วนความดันตามสมการที่ 17 และ 18 ดังในภาพที่ 24 ทั้งนี้เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบและการนำไปใช้งานจริง ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้จากระบบการเรียนรู้เนื่องจากใช้จำนวนเพอร์เซปตรอนเท่ากันเวลาที่ใช้ในแต่ละรอบการเรียนรู้จึงเท่ากัน ประสิทธิภาพในการรู้ค่าของสมการด้วยจำนวนเพอร์เซปตรอนที่เท่ากันและความสามารถในการทำนายเมื่อพิจารณาข้อมูลที่เป็นค่าจริงจากการทดลองของกรณีที่ 1 และ 2 จะถูกนำมาพิจารณาในการเปรียบเทียบ



ภาพที่ 24 แผนผังการแปลงข้อมูลจากการทำนายจากโครงสร้างที่ผ่านการเรียนรู้จากภาพที่ 23 กลับมาเป็นข้อมูลปกติ (PR = อัตราส่วนความดัน)

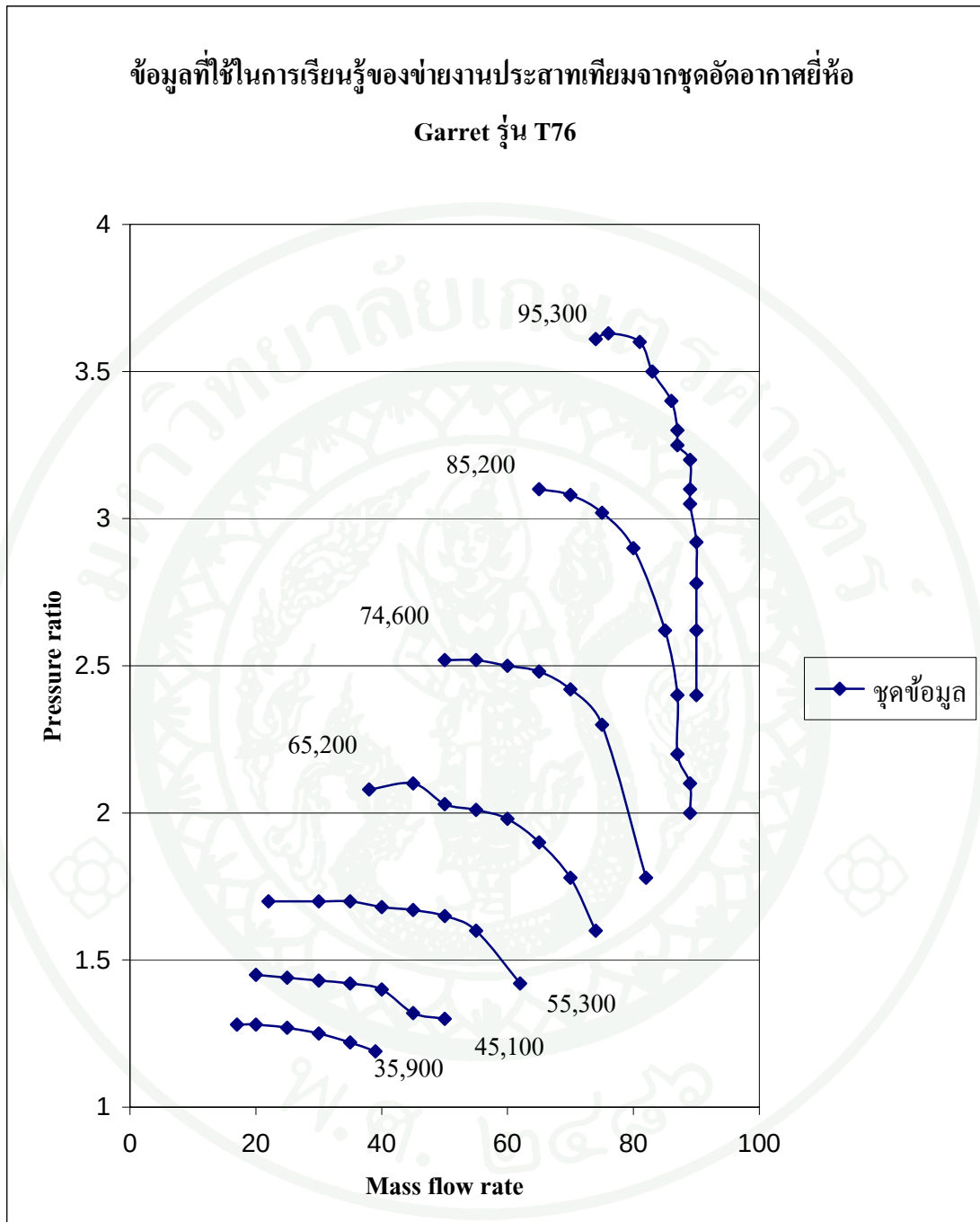
2. การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศของข่างานประสาทเทียมและพิกัดเบต้า

การศึกษาในส่วนนี้จะแบ่งการศึกษาเป็นสองส่วนคือข่างานประสาทเทียมแบบมีพิกัดเบต้าและแบบที่ไม่มีพิกัดเบต้า เปรียบเทียบความสามารถร่วมกัน โดยพิจารณาจาก

1. ความสามารถในการรู้เข้าหาสมการในแต่ละกรณีเทียบกับกัน โดยวัดจากค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของข่างานประสาทเทียม (E) ดังสมการที่ 12 โดยในกรณีที่ 1 จะแทนสมการให้ $T = \text{Real PR}$ และ $a = \text{Simulated PR}$ ส่วนในกรณีที่ 2 ให้ $T = \text{Real Radius}$ และ $a = \text{Simulated Radius}$

2. ความแม่นยำเมื่อเทียบกับค่าจริงของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศ

ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่างานประสาทเทียมเพื่อศึกษาการสร้างแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอากาศ จะดึงข้อมูลจากแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 โดยการใช้ไม้วัดเป็นเครื่องมือวัด วัดข้อมูลจากเส้นรอบการทำงานของชุดอากาศที่บริษัทผู้ผลิตชุดอากาศทำการทดลอง ซึ่งพิกัดที่ได้จะได้ดังภาพที่ 25

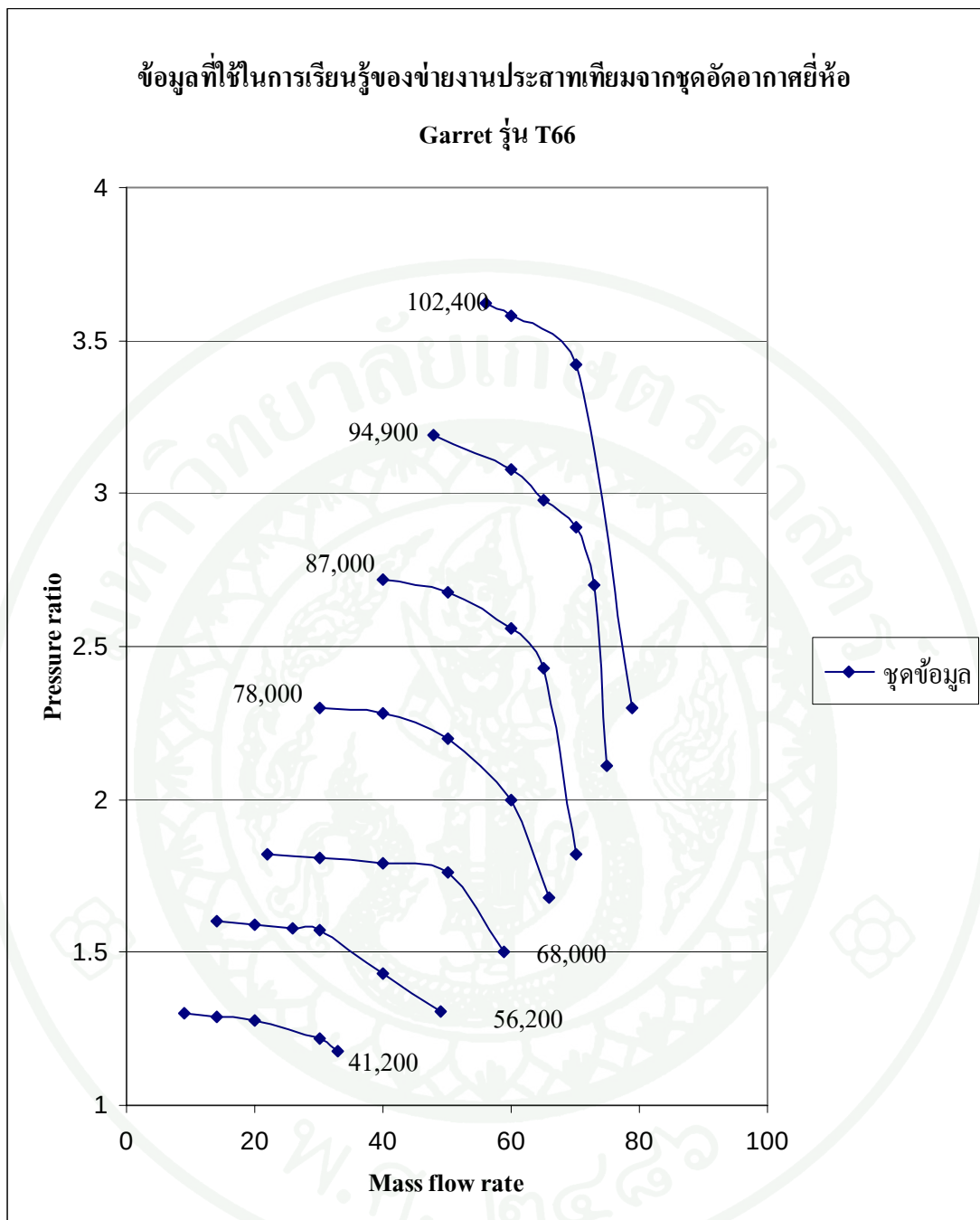


ภาพที่ 25 ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจากชุดอัดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76

ในการวัดความสามารถของข่ายงานประสาทเทียมจะใช้วิธีการเว้นรอบการทำงานจริงหนึ่งรอบการทำงานในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมและทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ทำนายกับข้อมูลจริงที่เว้นไว้ โดยพิจารณาจากแนวโน้มความโค้งของเส้นเทียบกับแนวโน้มของข้อมูลจริง และพิจารณาเปรียบเทียบทุกๆ N_c ยกเว้นที่รอบ 95,300 และ 35,900 ซึ่งเป็นขอบเขตของข้อมูล

3. การประยุกต์ข่ายงานประสาทเทียมและฝึกเบต้ากับแผนภูมิทั่วไป

เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมและเส้นเบต้าในการทำนายแผนภูมิที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเอกสารฉบับนี้จะทำการทดสอบทำนายแผนภูมิ T66 (ดังภาพที่ 26) และ T3 ของ Garret ซึ่งมีขนาดของมวลอากาศและอัตราส่วนความดันอยู่ในย่านเดียวกับ T76



ภาพที่ 26 ข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจากชุดอัดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T66

4. วิเคราะห์ปัญหาในการทำนายรอบ 94,900 ที่เป็นปัญหาของแผนภูมิชุดอัดอากาศ T66

เนื่องจากการทดลองที่ 3 นั้นพบว่าการทำนายที่รอบ 94,900 พฤติกรรมของเส้นที่ทำนายนั้นมีผิดจากข้อมูลจริง ดังนั้นในการทดลองนี้ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของข่ายงานประสาทเทียมแบบมีพิกัดเบต้า โดยใช้ข้อมูลทุกรอบของแผนภูมิยกเว้นที่รอบการทำงาน 94,900 RPM และจะให้ข้อมูลในรอบ 94,900 เฉพาะจุด เสิร์จ โช้ค และ จุดกึ่งกลางระหว่างเสิร์จกับโช้ค หรือให้เฉพาะข้อมูลเพียงหนึ่งถึงสองจุดเท่านั้น เพื่อเป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมของข่ายงานประสาทเทียมและเส้นเบต้า

ผลและวิจารณ์

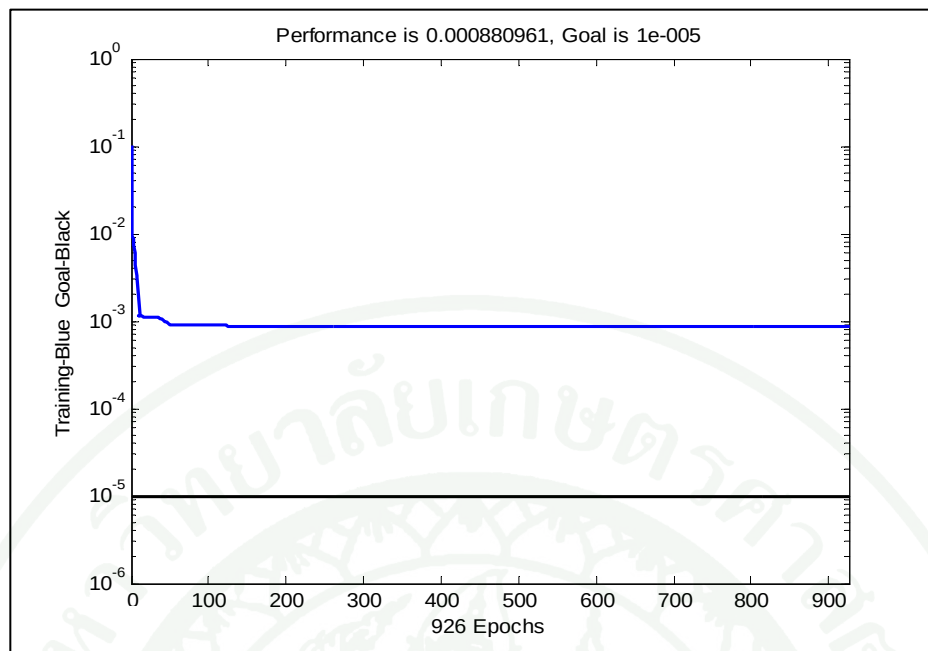
1. การสอบเทียบรายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้า

จากแบบจำลองเชิงตัวเลข การศึกษาในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 2 กรณี โดย

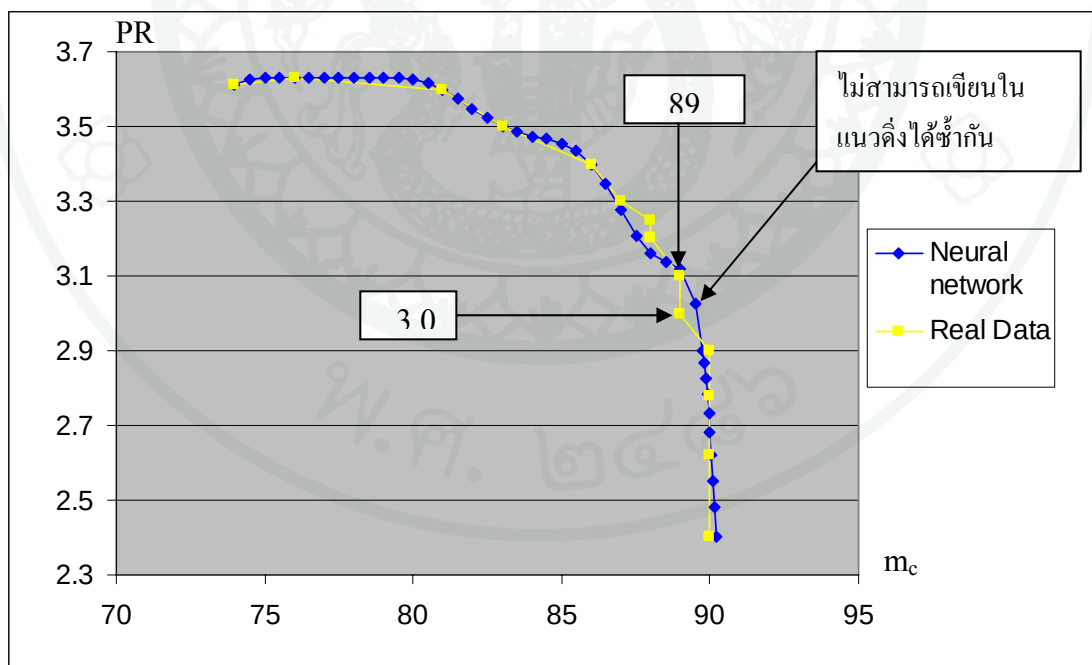
1. รายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ไม่ได้ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้า
2. รายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้า

การจำลองในกรณีที่ 1 พบว่ามีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

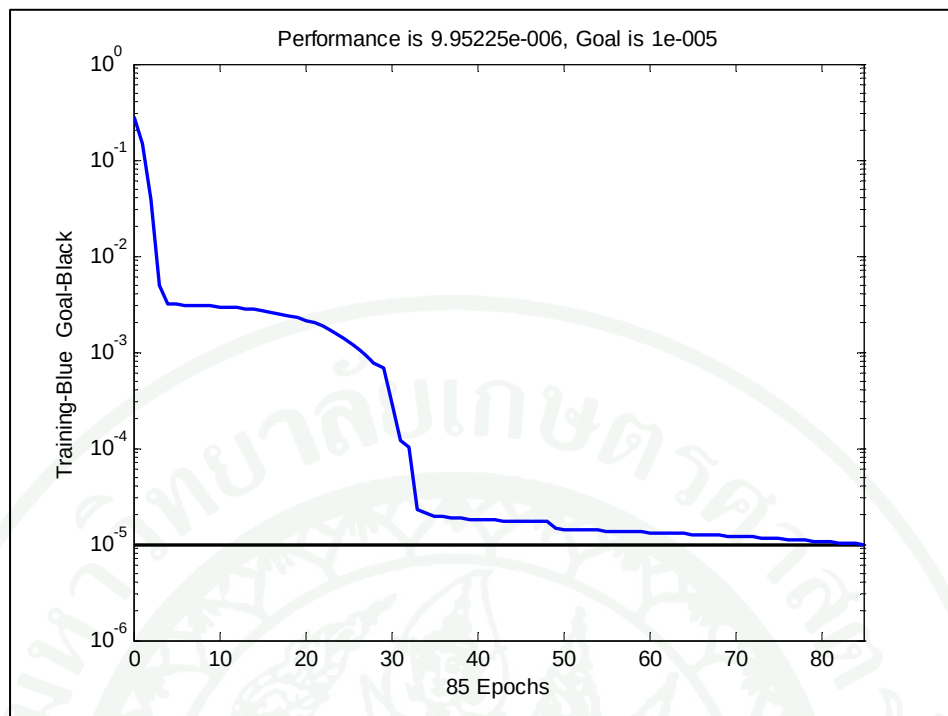
1. ในกรณีที่ 1 รายงานประสาทเทียมไม่สามารถลู่เข้าเป้าหมายได้ดังภาพที่ 27
2. จะเห็นได้ว่าข้อมูลจริงที่จุดอัตราส่วนความดันตั้งแต่ช่วง 3 ถึง 3.1 จะมีอัตราการไหล 89 ปอนด์ต่อนาทีเท่ากัน ตามภาพที่ 28 แต่รายงานประสาทเทียมในกรณีที่ 1 นั้นสามารถจำลองให้อัตราส่วนความดันที่มีค่าอัตราการไหล 89 ปอนด์ต่อนาทีเพียงจุดเดียวเท่านั้น
3. ในกรณีที่ 1 ภาพภาพของเส้นที่จำลองภายในแผนภูมิไม่เป็นแนวโน้มที่ชัดเจน (fluctuated trend) ดังภาพที่ 28
4. เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้มีตัวแปรต้นที่มีค่าซ้ำกันแต่ตัวแปรตามต่างกันซึ่งไม่สามารถแบ่งแยกเชิงเส้นได้ เมื่อรายงานประสาทเทียมวัดประสิทธิภาพจากค่า E (จากสมการที่ 12 โดยแทน $T = \text{Real PR}$, $a = \text{Simulated PR}$) จะมีตัวแปรต้นที่ใช้คำนวณได้ตัวแปรตามที่ไม่ถูกต้องมากกว่าตัวที่ถูกต้อง จึงเป็นสาเหตุที่ดึงให้ค่าความผิดพลาดสูงขึ้น ทำให้ยากแก่การลู่เข้าหาคำตอบ และการปรับค่าคงที่ภายในสมการรายงานประสาทเทียมดังภาพที่ 27



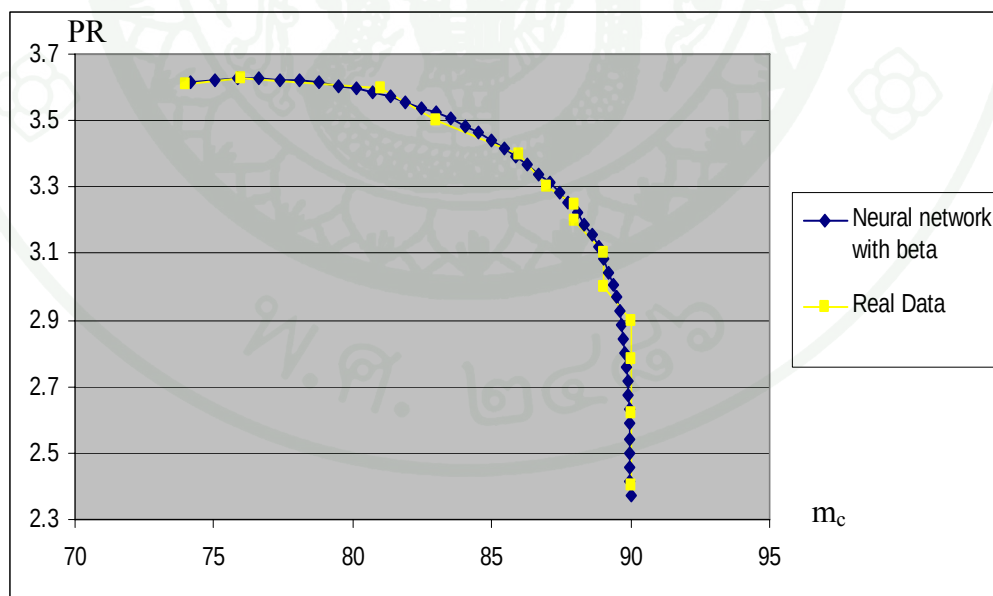
ภาพที่ 27 การดูเข้าของข้อมูลงานประสาทเทียมในกรณีที่ 1 สำหรับแผนภูมิในภาพที่ 28 ซึ่งไม่สามารถดูเข้าสู่คำตอบได้



ภาพที่ 28 การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลมวล ขณะชุดอัดอากาศทำงานที่รอบสูง(95,300 RPM ของ T76) โดยใช้ข้อมูลงานประสาทเทียมในกรณีที่ 1



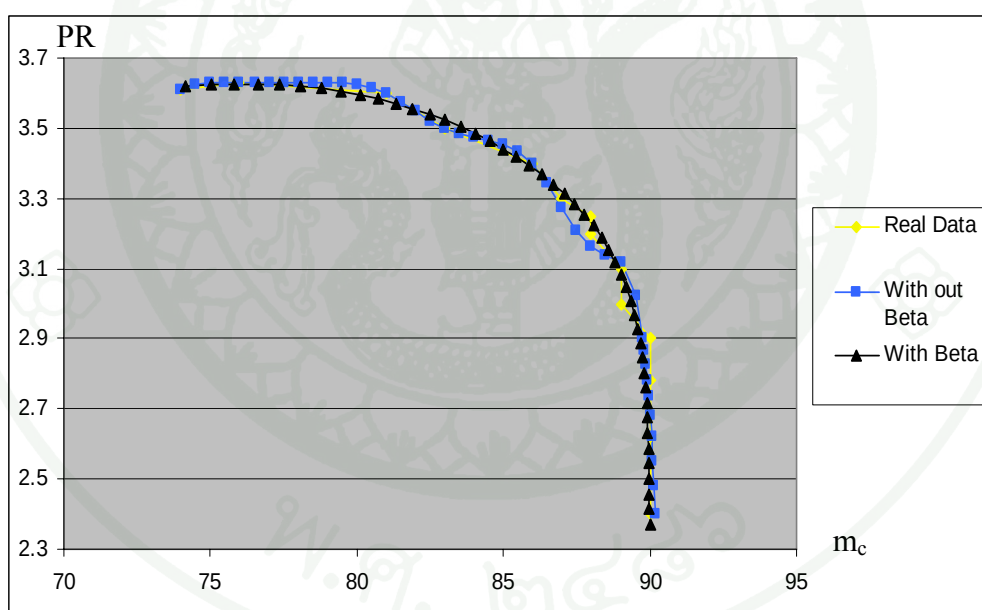
ภาพที่ 29 การลู่เข้าของข้อมูลงานประสาทดัดเทียมในกรณีที่ 2 สำหรับแผนภูมิในภาพที่ 30 สามารถ
ลู่เข้าสู่คำตอบได้ภายใน 85 รอบการเรียนรู้



ภาพที่ 30 การจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลมวล ขณะชุดอัดอากาศ
ทำงานที่รอบสูง (95,300 RPM ของ T76) โดยใช้ข้อมูลงานประสาทดัดเทียมกับแกนเบต้า ใน
กรณีที่ 2

ในกรณีที่ 2 จะสังเกตเห็นได้ว่า

1. ข้อมูลที่ได้จากการจำลองโดยใช้แกนเบต้าช่วยในการระบุจุดอ้างอิงทำให้ข้อมูลที่จำลองออกมาสามารถมีค่าอัตราส่วนความดันได้หลายค่า เช่น ที่จุดอัตราการไหลอากาศเท่ากับ 90 ปอนด์ต่อนาที่ ที่มีอัตราส่วนความดันหลายค่าดังภาพที่ 30
2. เมื่อข่ายงานประสาทเทียมทำการวัดประสิทธิภาพจะสามารถรู้เข้าได้ดีกว่าในกรณีแรก ดังภาพที่ 29 ซึ่งสามารถรู้เข้าถึงค่า E เท่ากับ 0.00000995
3. ภาพภาพของแผนภูมิมีลักษณะที่เป็นแนวโน้มชัดเจนมากกว่าการใช้ข่ายงานประสาทเทียมที่ไม่มีแกนเบต้าในกรณีที่ 1 ดังในภาพที่ 31 เป็นการสรุปเปรียบเทียบแนวโน้มของทั้งสองกรณี



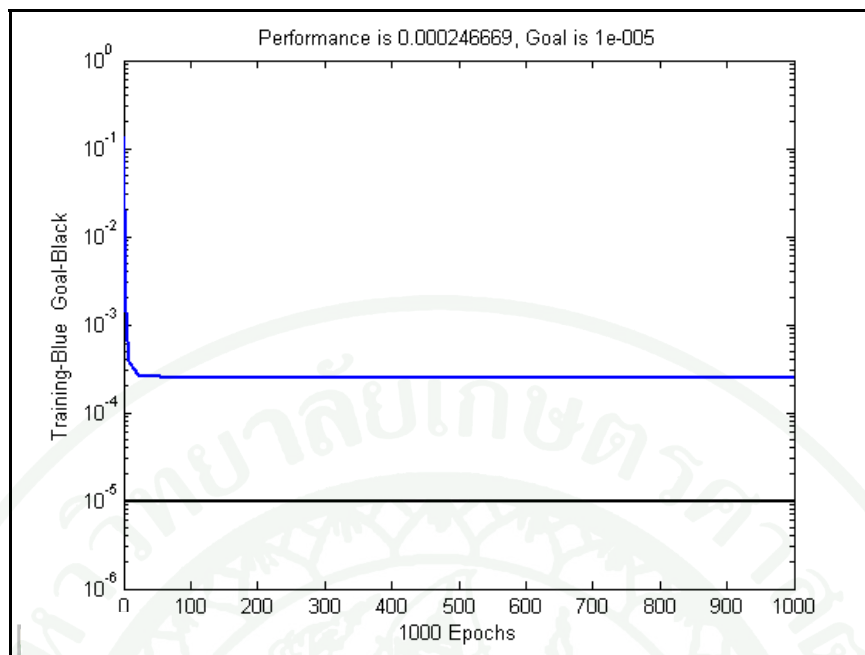
ภาพที่ 31 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมทั้ง 2 กรณี (PR = อัตราส่วนความดัน)

2. การทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอัดอากาศของข่างานประสาทดัดเทียมและพิกัดเบต้า

ในการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 ด้วยข่างานประสาทดัดเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ไม่มีพิกัดเบต้าพบว่า

1. ไม่สามารถเรียนรู้ข้อมูลได้ ในการเว้นรอบ 85,200 เพื่อทำนาย ดังภาพที่ 32 โดยเป้าหมายอยู่ที่ 10^{-5} โดยสามารถรู้ค่าคำตอบได้ค่าผิดพลาดของข่างานประสาทดัดเทียม (E ในสมการที่ 12 โดยแทน $T = \text{Real PR}$, $a = \text{Simulated PR}$) เพียง 2.5×10^{-4}

2. การเรียนรู้ของข่างานประสาทดัดเทียมแพร่กระจายย้อนกลับแบบไม่มีพิกัดเบต้า ไม่สามารถรู้ค่าคำตอบเมื่อเว้นรอบที่ 45,100 55,300 65,200 และ 74,600 เพื่อทำนาย เช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลในรอบที่สูงที่สุด 95,300 มีส่วนที่ไม่สามารถแยกเชิงเส้นได้โดยเรียงตัวกันเป็นแนวตั้งขนานกับแกนอัตราส่วนความดันซึ่งเป็นบริเวณที่ทำให้การคำนวณค่า E ของข่างานประสาทดัดเทียมลดลงเพราะ ค่า E มาจากการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองเมื่อเทียบค่าที่ทำนายกับข้อมูลเป้าหมายและเมื่อเจอกับข้อมูลที่ไม่สามารถแยกเชิงเส้นได้จะทำให้ทำนายถูกต้องได้เพียง 1 ข้อมูลส่วนข้อมูลที่ไม่สามารถแยกเชิงเส้นไม่ได้ที่เหลือจะมีค่าคลาดเคลื่อนทุกค่าทำให้เกิดความเป็นไปไม่ได้ที่ข่างานประสาทดัดเทียมจะถูกต้องหรือใกล้เคียงกับคำตอบทุกค่าที่อยู่ในชุดข้อมูลที่ไม่สามารถแยกเชิงเส้นได้

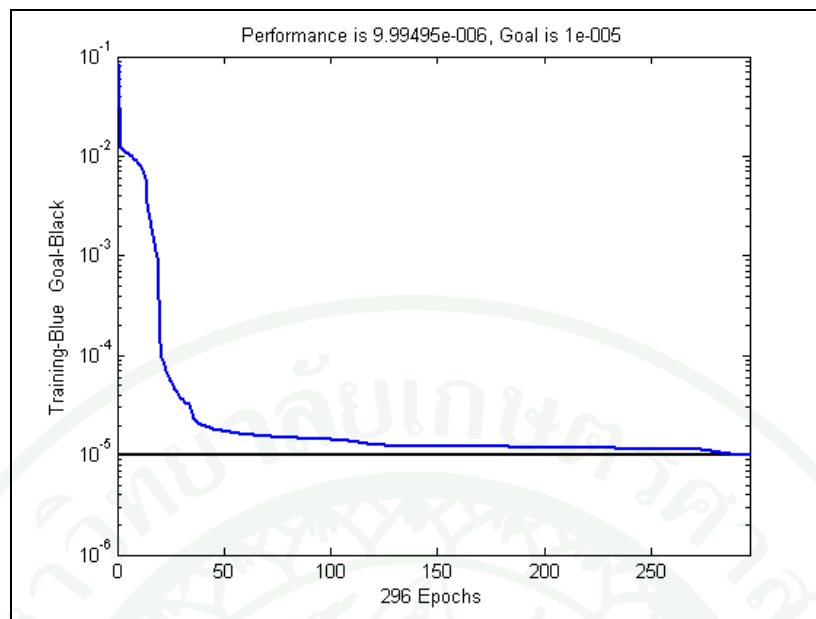


ภาพที่ 32 การลู่เข้าของข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt ที่ เว้นรอบ 85,200 รอบต่อนาที โดยไม่ใช้ฟังก์ชันเบต้า

ส่วนในกรณีของการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอากาศด้วยข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับร่วมกับฟังก์ชันเบต้าพบว่า

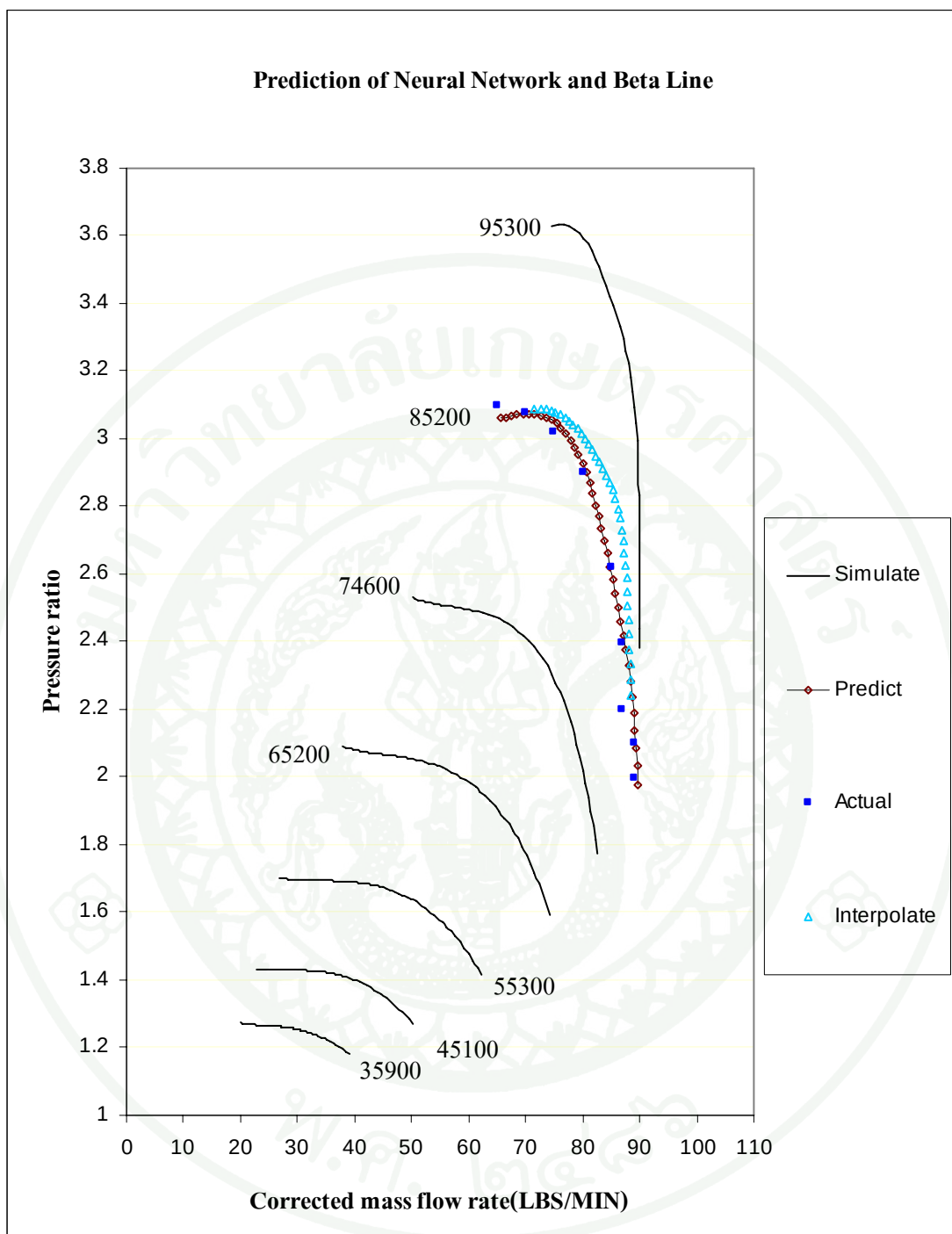
1. ในการเว้นรอบที่ 85,200 รอบต่อนาทีเพื่อทำนาย การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจะสามารถลู่เข้าสู่ค่าตอบของแผนภูมิประสิทธิภาพชุดอากาศยี่ห้อ Garret รุ่น T76 ดังภาพที่ 33 และเป้าหมายอยู่ที่ 10^{-5} โดยลู่เข้าที่ E (จากสมการที่ 12 โดยแทน $T = \text{Real Radius}$, $a = \text{Simulated Radius}$) เท่ากับ 9.9×10^{-6}

2. นอกจากนั้นแล้วในกรณีที่เว้นรอบการทำงาน 45,100 55,300 65,200 และ 74,600 เพื่อทำนาย ก็สามารถลู่เข้าหาคำตอบได้ทั้งหมด

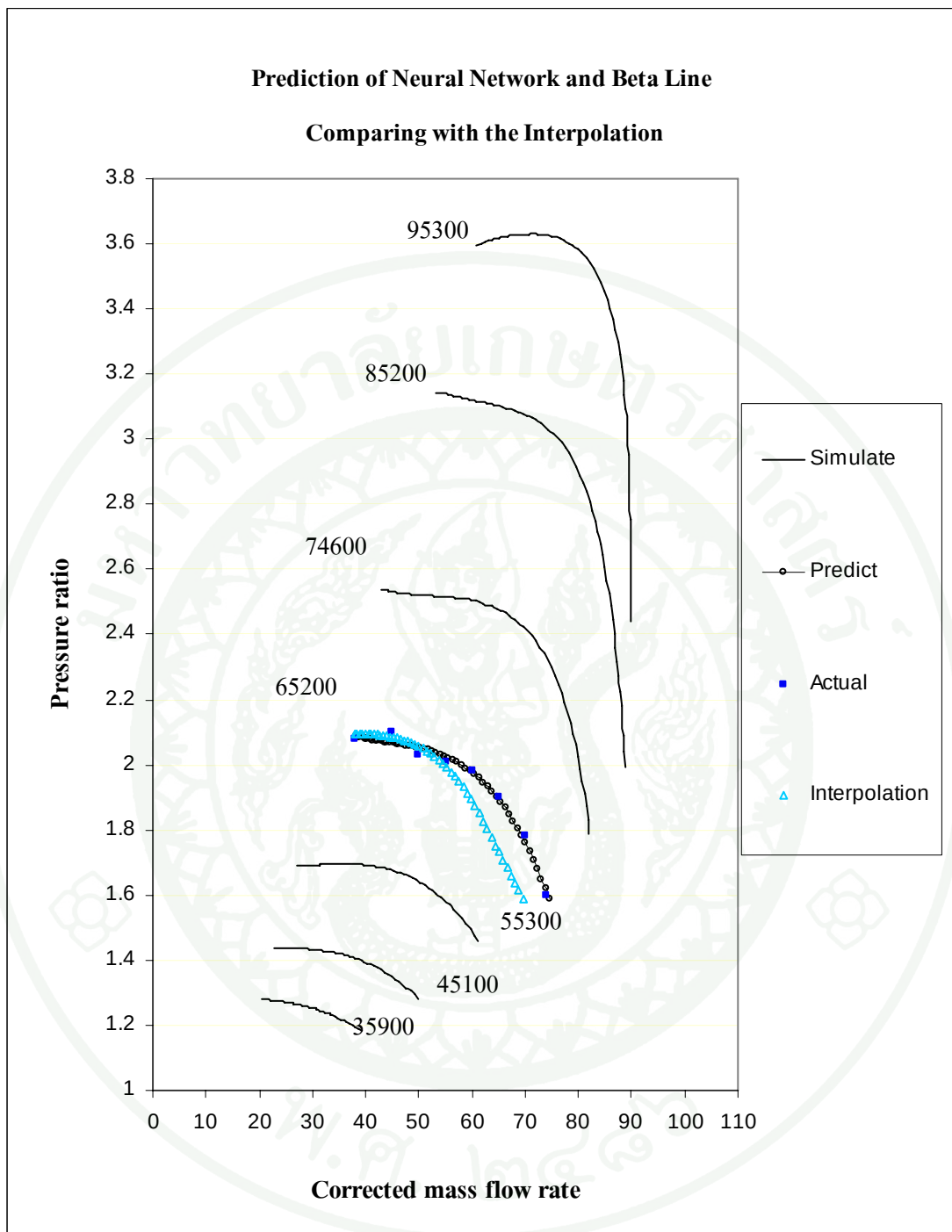


ภาพที่ 33 การลู่เข้าของข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับของ Levenberg Marquardt และพิกัดเบต้า ที่เว้นรอบ 85,200 รอบต่อนาที

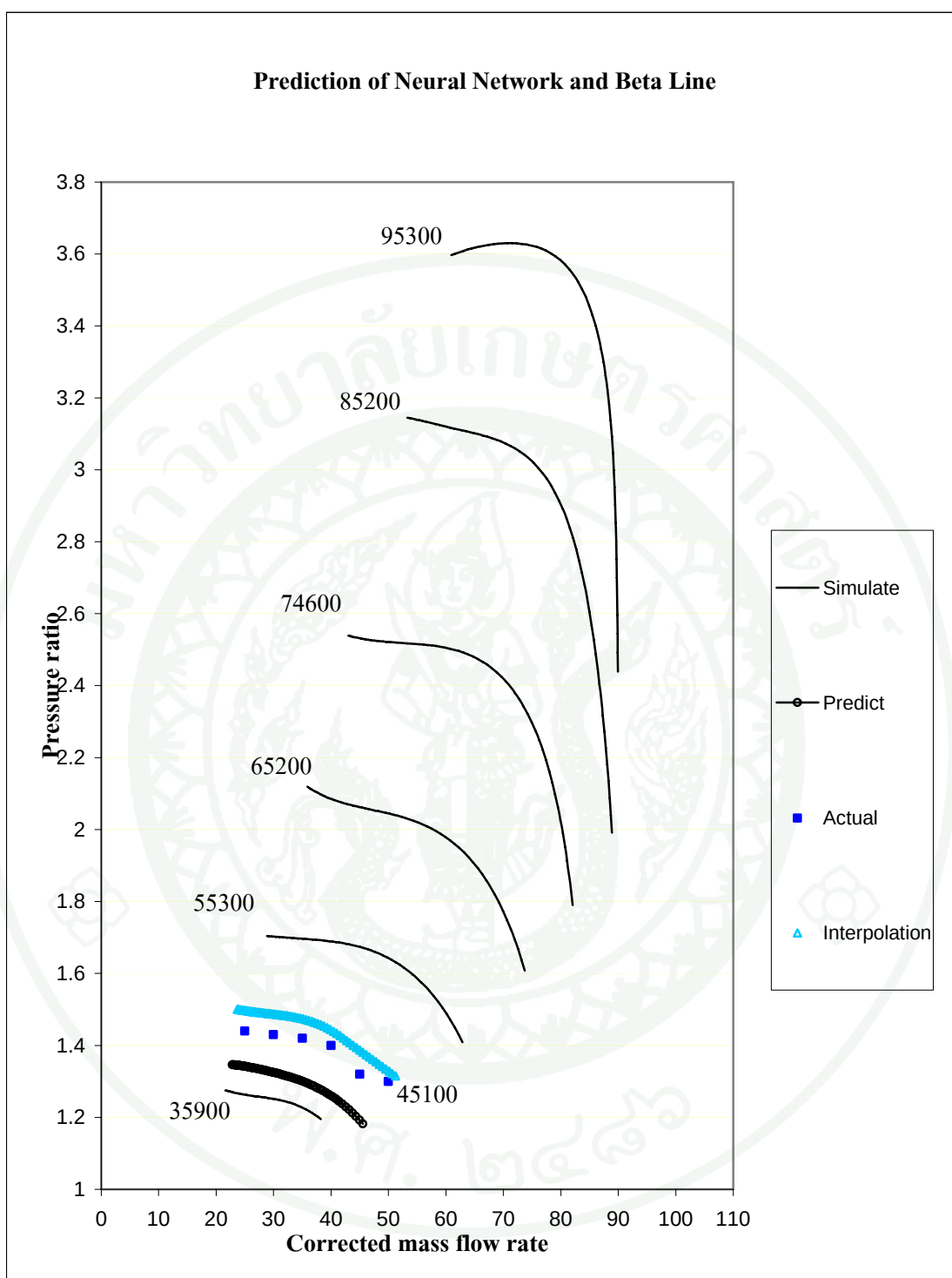
เนื่องจาก ข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับ ที่ไม่ใช่พิกัดเบต้าไม่สามารถลู่เข้าสู่คำตอบไม่ว่าจะเว้นการทำงานในรอบใดๆ จึงไม่อาจนำมาเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบได้ แต่ข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับที่ทำงานร่วมกับพิกัดเบต้าสามารถลู่เข้าสู่คำตอบเมื่อเว้นรอบการทำงานได้ทุกรอบ จึงสามารถทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพขึ้นใหม่ได้ และเมื่อเปรียบเทียบการทำนายกับการเทียบอัตราส่วนปกติที่รอบ 85,200 65,200 และ 45,100 รอบต่อนาที จะได้ดังภาพที่ 34 ภาพที่ 35 และภาพที่ 36



ภาพที่ 34 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบสูง (85,200 RPM ของ T76)



ภาพที่ 35 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบสูง
(65,200 RPM ของ T76)



ภาพที่ 36 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ
(45,100 RPM ของ T76)

จากการทดลองพบว่าการทำนายที่รอบ 85,200 74,600 และ 65,200 ข่ายงานประสาทเทียมที่ทำงานร่วมกับฟัคต์เบต้าสามารถทำนายได้แม่นยำเมื่อเทียบกับข้อมูลจริงดังตารางที่ 6 ตารางที่ 7 และถูกต้องมากกว่าการเทียบอัตราส่วนธรรมดา แม้กระนั้นในรอบต่ำๆ อย่างเช่นรอบ 45,100 และ 55,300 นั้นมีการคลาดเคลื่อนไปอย่างมาก ดังเช่นตารางที่ 8 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลของรอบการทำงานนั้นมีน้อยเกินไป ดังนั้นหากมีการเพิ่มจุดข้อมูลอย่างเช่นจุดเสิร์จในรอบที่ต้องการทำนายจะทำให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 6 ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและฟัคต์เบต้าที่รอบ 81,000 RPM จากภาพที่ 34

Real Data		Prediction Data		Error
Mass flow rate	Pressure ratio	Mass flow rate	Pressure ratio	
70	3.08	70	3.0733	0.0067
75	3.02	75	3.0445	0.0245
80	2.9	80	2.9271	0.0271
85	2.62	85	2.5827	0.0373
MSE =				0.0239

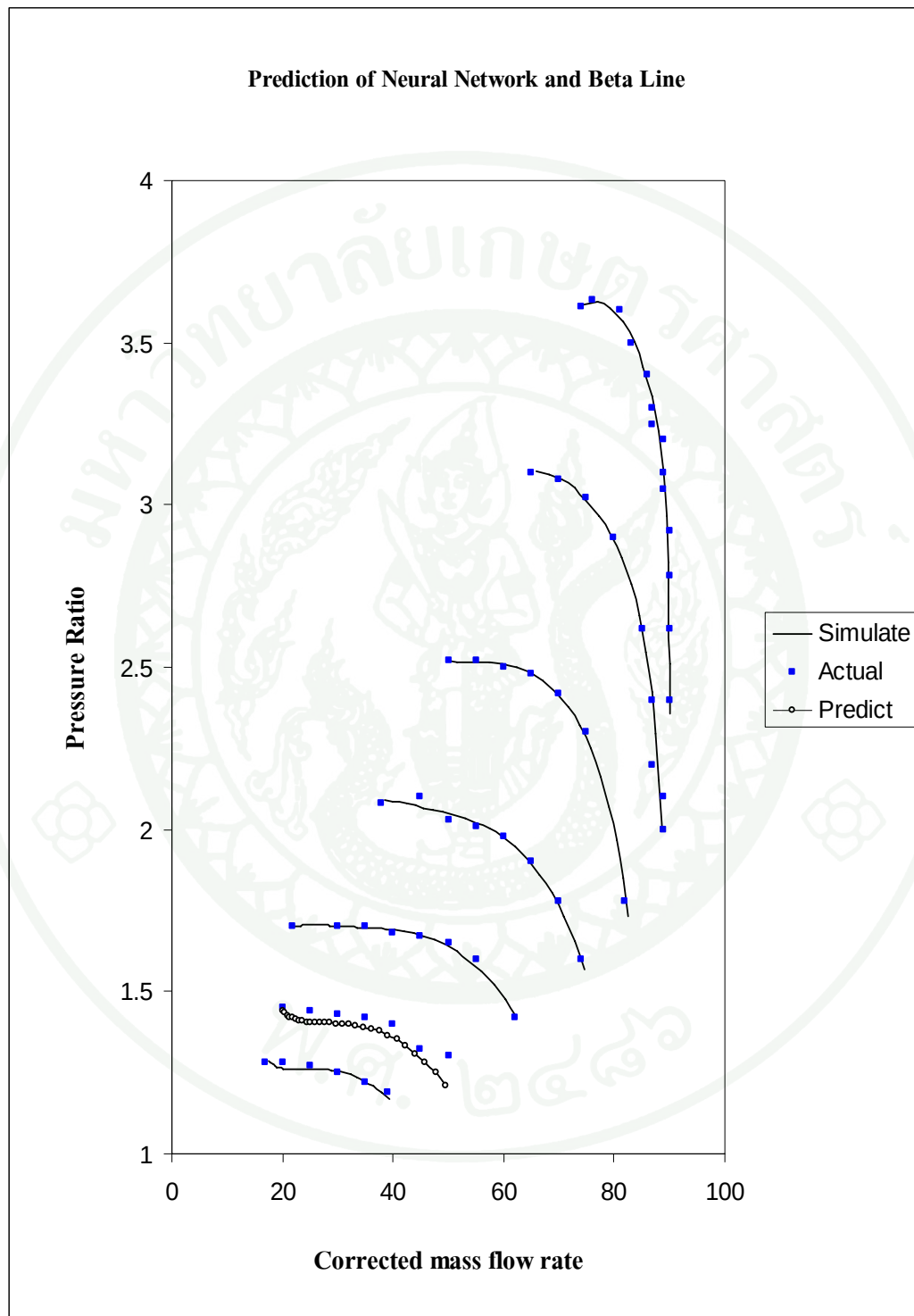
ตารางที่ 7 ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและฟัคต์เบต้าที่รอบ 65,200 จากภาพที่ 35

Real Data		Prediction Data		Error
Mass flow rate	Pressure ratio	Mass flow rate	Pressure ratio	
38	2.08	38	2.0883	0.0083
45	2.1	45	2.0661	0.0339
50	2.03	50	2.0507	0.0207
55	2.01	55	2.0262	0.0162
60	1.98	60	1.9694	0.0106
65	1.9	65	1.8849	0.0151
70	1.78	70	1.7586	0.0214
74	1.6	74	1.6187	0.0187
MSE =				0.0164

ตารางที่ 8 ความคลาดเคลื่อนของการทำนายด้วยข่ายงานประสาทเทียมและพิกัดเบต้าที่รอบ 45,100 จากภาพที่ 36

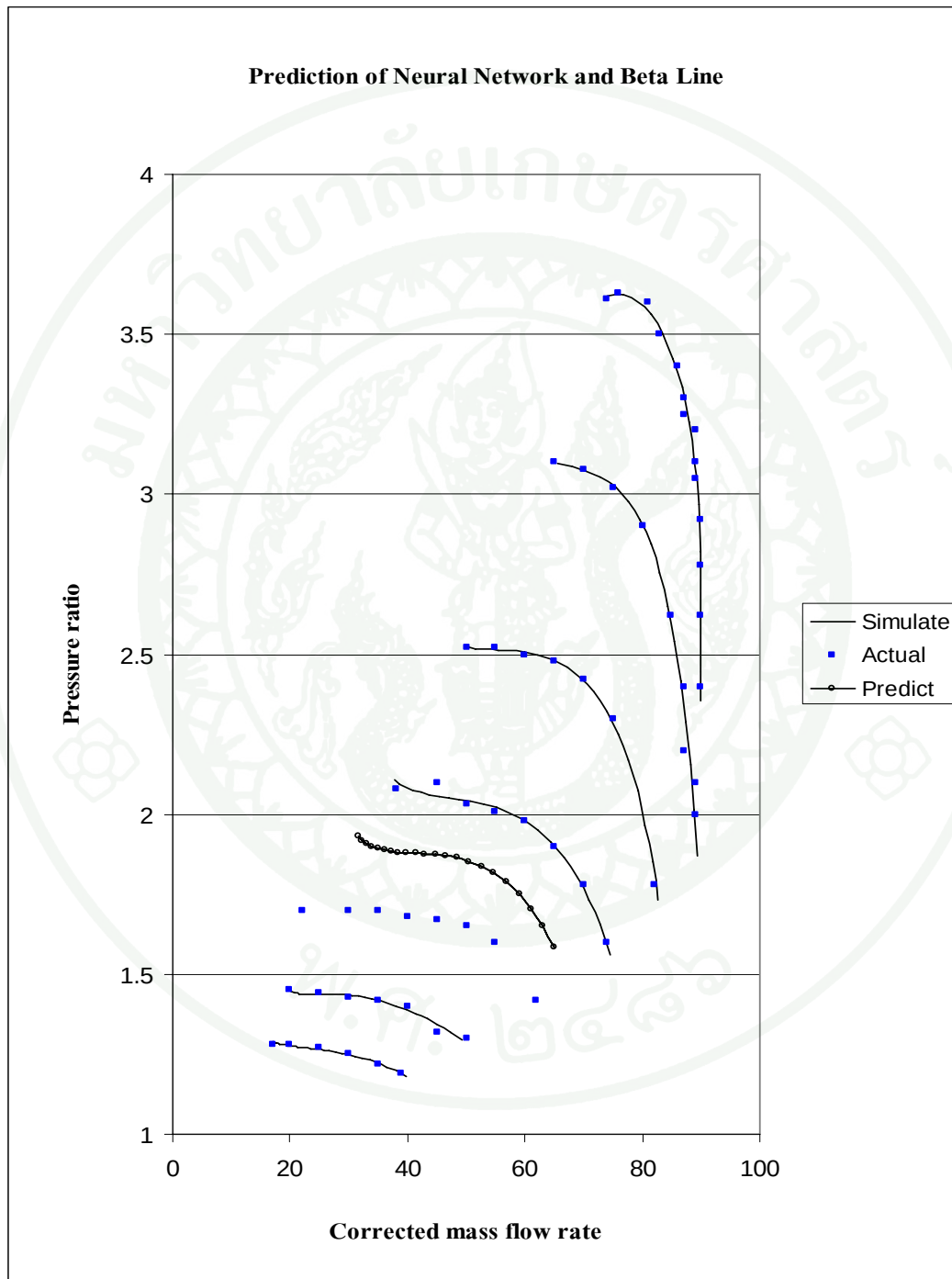
Real Data		Prediction Data		Error
Mass flow rate	Pressure ratio	Mass flow rate	Pressure ratio	
25	1.44	24.99	1.3419	0.0981
30	1.43	29.948	1.325	0.105
35	1.42	34.999	1.3005	0.1195
40	1.4	40	1.2577	0.1423
45	1.32	45	1.1925	0.1275
			MSE =	0.11848

แนวทางการแก้ปัญหา



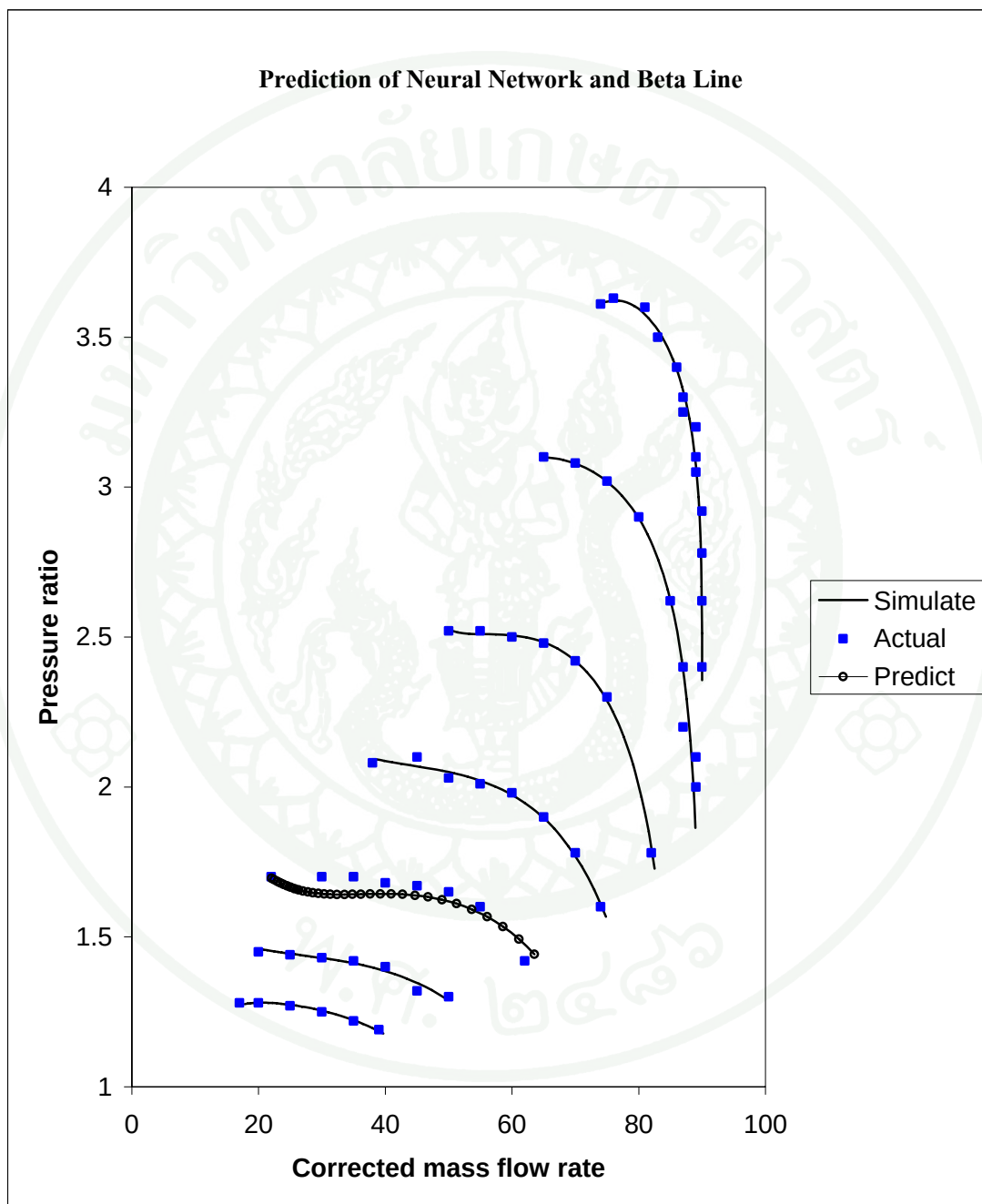
ภาพที่ 37 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายค่าโดยมีข้อมูลจุดเสร็จของข่างานประสาทเทียมและ
แกนเบต้าที่รอบต่ำ (45,100 RPM ของ T76)

จากภาพที่ 37 พบว่าเพียงเพิ่มจุดเสิร์จเป็นข้อมูลในรอบ 45,100 มีผลทำให้การทำนายที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลจริง



ภาพที่ 38 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยไม่มีข้อมูลจุดเสิร์จของปั๊มงานประสาทดัดและแกนเบด้าที่รอบต่ำ (55,300 RPM ของ T76)

จากภาพที่ 38 ในรอบ 55300 ซึ่งเป็นรอบต่ำของแผนภูมิ T76 ซึ่งเมื่อเพิ่มจุดเสิร์จเพียง 1 จุดจะได้ดังภาพที่ 39 จะสังเกตได้ว่ารอบที่ทำการทำนายมีความแม่นยำใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น

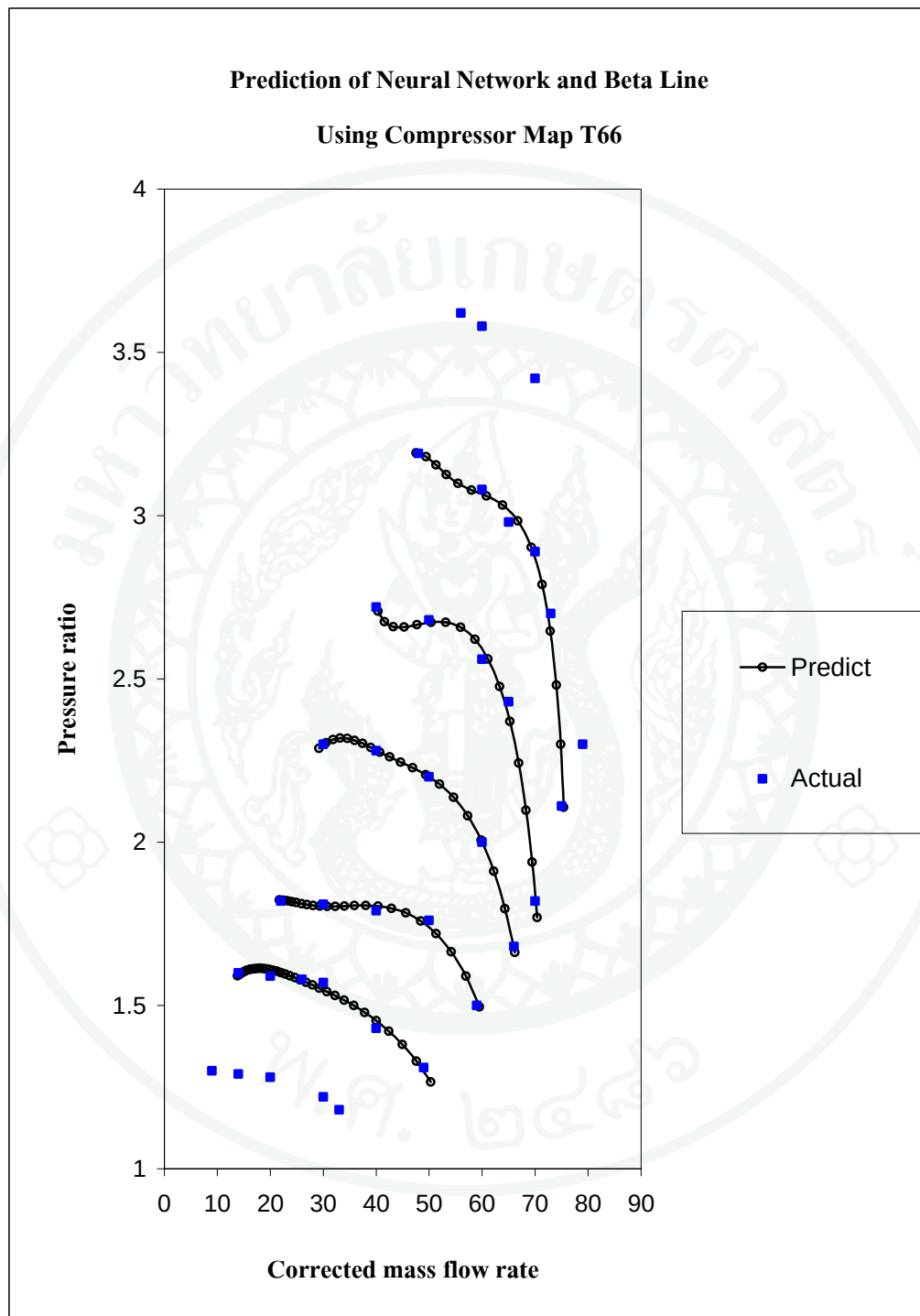


ภาพที่ 39 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบต่ำ (55,300 RPM ของ T76)

จากภาพที่ 39 พบว่าเพียงเพิ่มจุดเสร็จเป็นข้อมูลในรอบ 55,300 มีผลทำให้การทำนายที่ได้มีความแม่นยำมากขึ้นเมื่อเทียบกับข้อมูลจริง

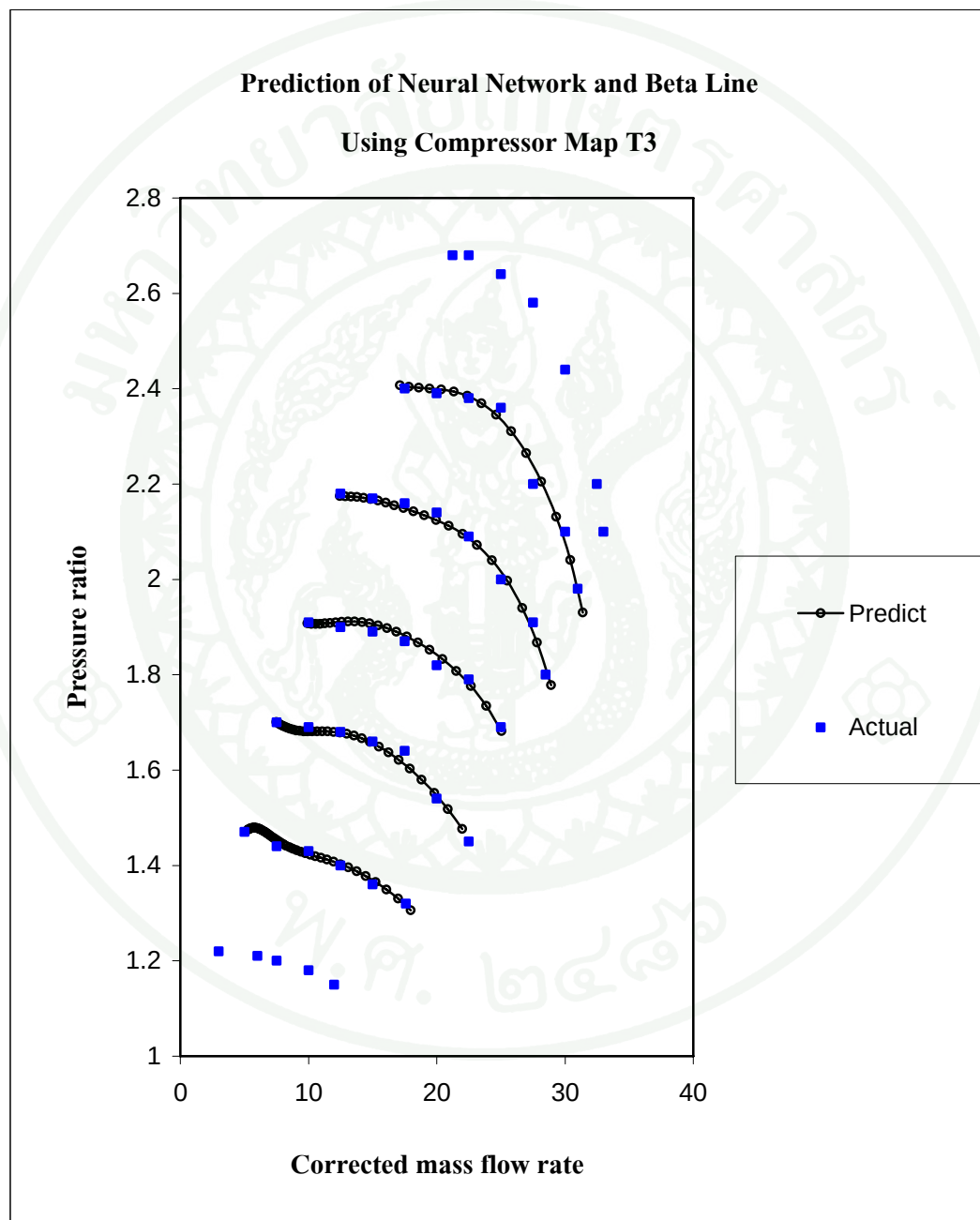


3. การประยุกต์ใช้งานประสิทธิภาพและพิกัดเบต้ากับแผนภูมิทั่วไป



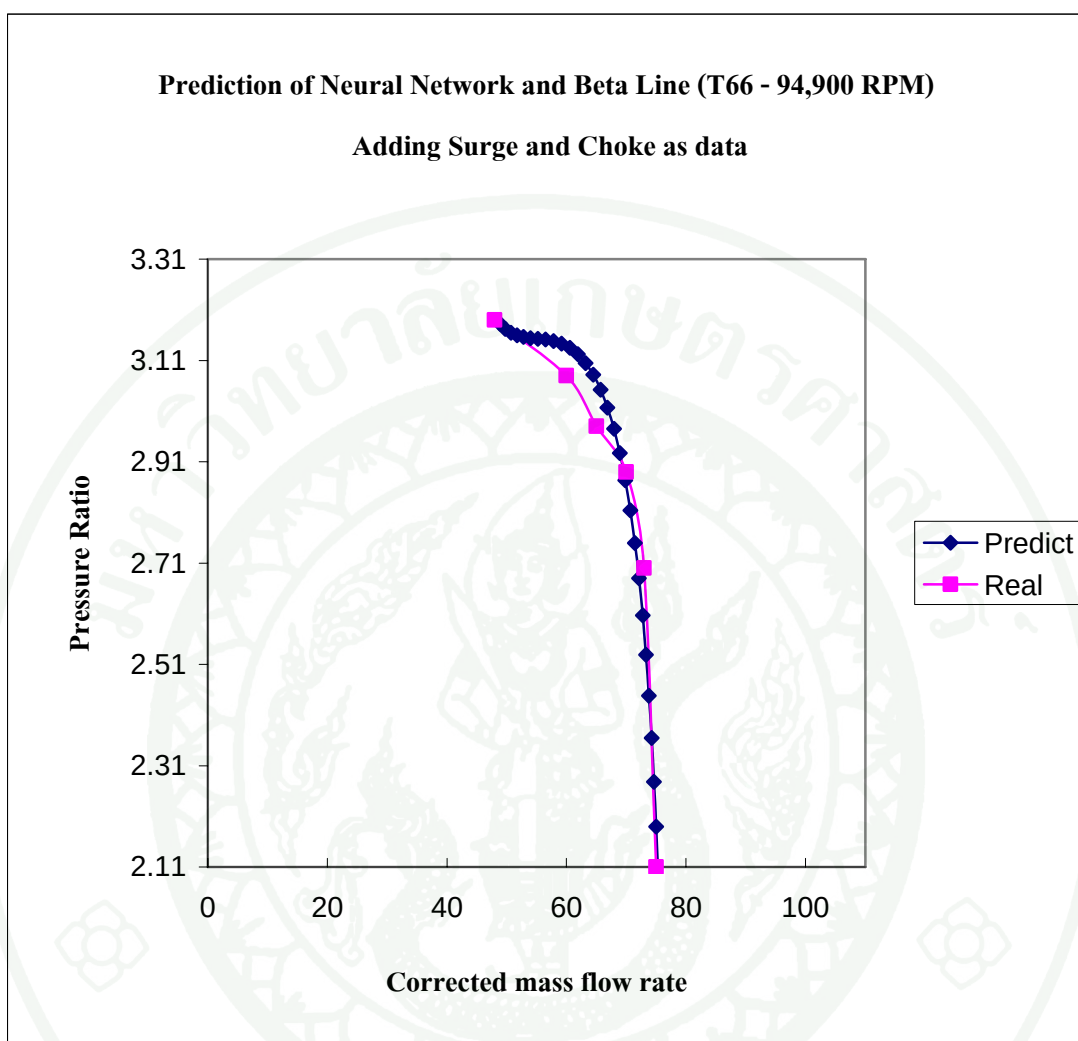
ภาพที่ 40 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสี้ยวของข่างานประสิทธิภาพและแกนเบต้ากับข้อมูลจริง (ทุกรอบ RPM ของ T66)

จากภาพที่ 40 เป็นการทดสอบการทำนายแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศ T66 ด้วยข้อมูลงานประสาทดัดและพิกัดเบต้า โดยภาพที่ 40 นั้นจะแสดงเฉพาะข้อมูลที่เกิดจากการทำนายโดยเว้นรอบแล้วทำนายเทียบกับค่าจริงในทุกๆรอบ หรือรวมทั้งสิ้นห้ารอบที่ถูกทำนาย และให้จุดเล็กรูปเป็นข้อมูลขาเข้า ช่วยในการทำนายจุดอื่นๆในแต่ละรอบ



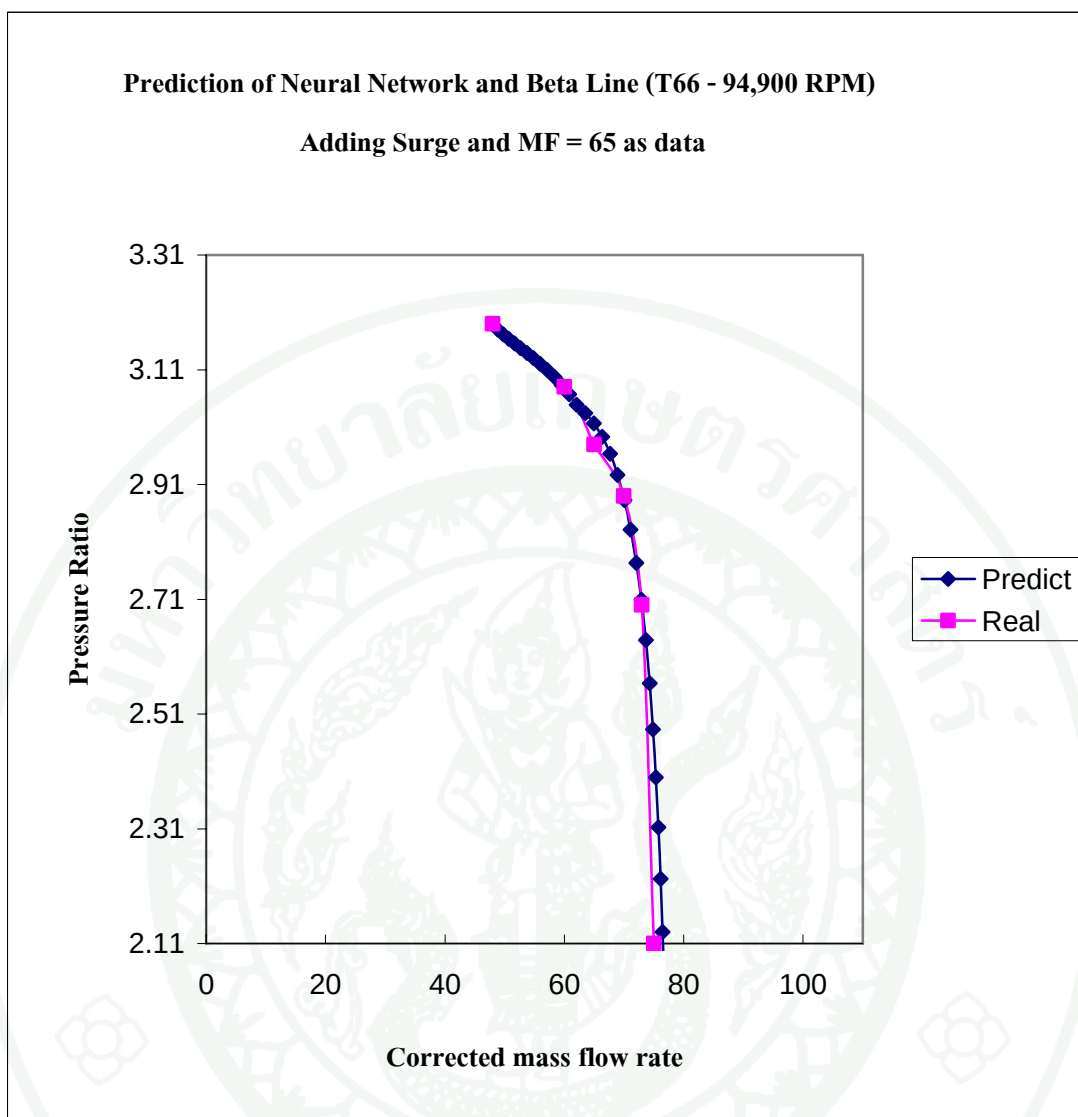
ภาพที่ 41 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเล็กรูปของข้อมูลงานประสาทดัดและแกนเบต้ากับข้อมูลจริง (ทุกรอบ RPM ของ T3)

4. วิเคราะห์ปัญหาในการทำนายรอบ 94,900 ที่เป็นปัญหาของแผนภูมิชุดอัดอากาศ T66



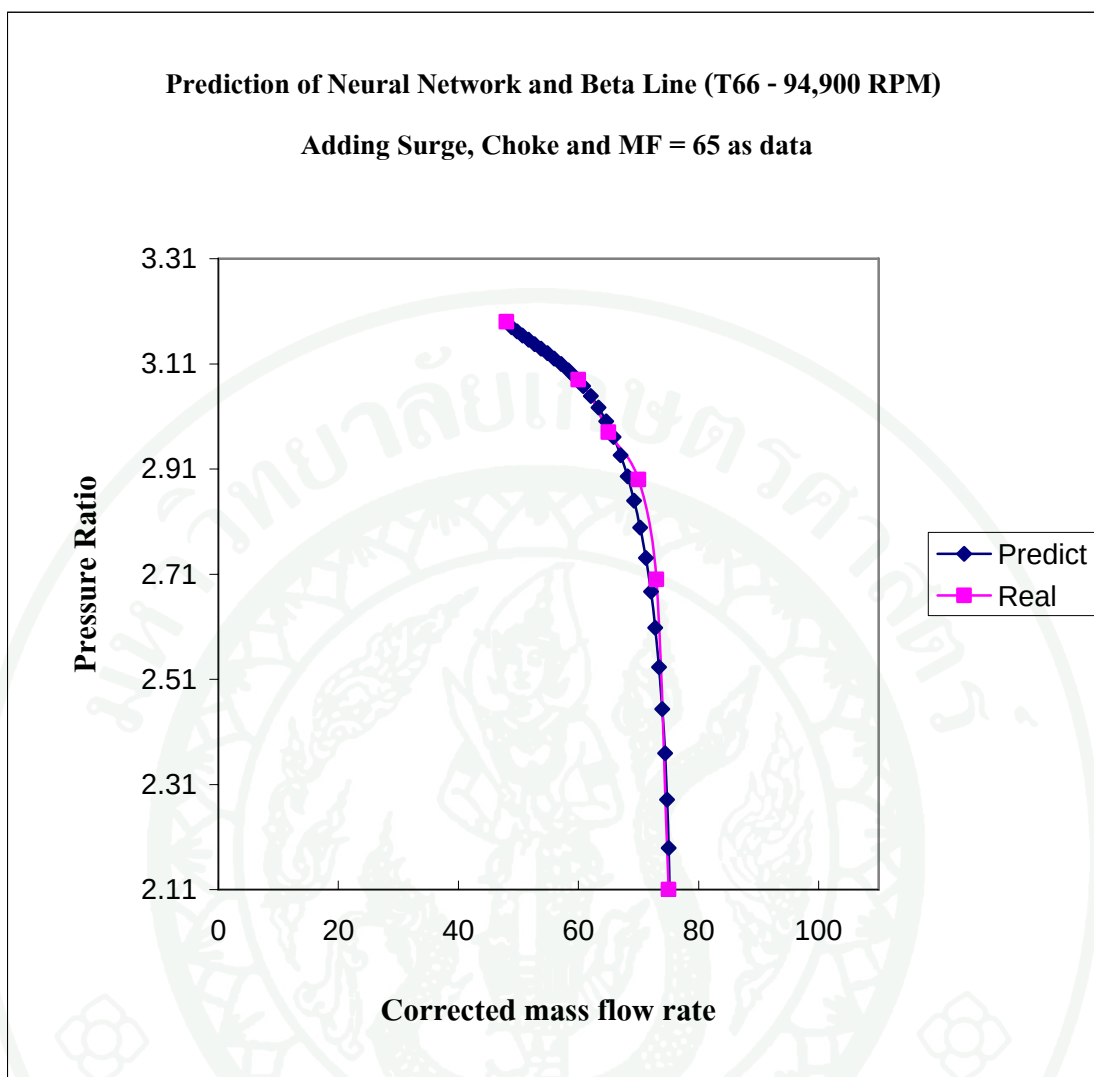
ภาพที่ 42 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จและจุดไจค์ของข่างานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66

จากภาพที่ 42 พบว่าการทำนายของข่างานประสาทเทียมร่วมกับพิกัดเบต้าโดยเพิ่มจุดไจค์และจุดเสิร์จเป็นข้อมูลในรอบที่ทำนาย พบว่าที่อัตราการไหลของมวลอากาศต่ำนั้นยังมีลักษณะผกผันโดยมีลักษณะอัตราส่วนความดันลดลงแล้วเพิ่มขึ้นในอัตราการไหลของมวลอากาศที่เพิ่มขึ้น ส่วนที่อัตราการไหลของมวลอากาศสูงนั้นมีลักษณะเรียบแนวโน้มแน่อนใกล้เคียงกับลักษณะของแผนภูมิชุดอัดอากาศจริง



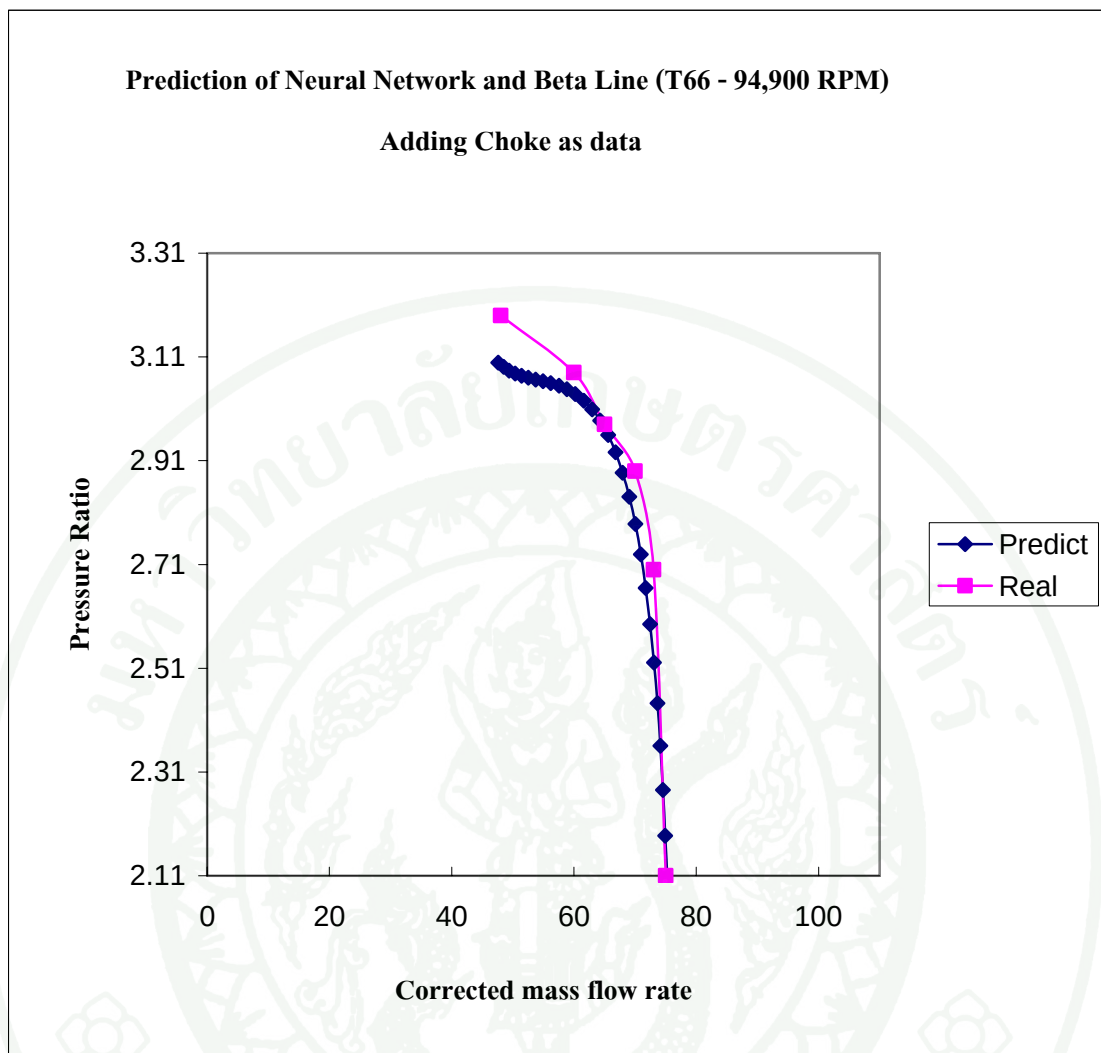
ภาพที่ 43 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสิร์จและจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของข่ายงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66

จากภาพที่ 43 พบว่าการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมร่วมกับฟักัดเบต้าโดยเพิ่มจุดใช้คและจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 เป็นข้อมูลในรอบที่ทำนาย พบว่าที่อัตราการไหลของมวลอากาศต่ำนั้นไม่มีลักษณะผกผันโดยมีลักษณะอัตราส่วนความดันลดลงตามแนวโน้มของแผนภูมิชุดอัตราอากาศจริง ส่วนที่อัตราการไหลของมวลอากาศสูงนั้นมีลักษณะเรียบแนวโน้มแน่นอนใกล้เคียงกับลักษณะของแผนภูมิชุดอัตราอากาศจริง แต่อัตราการไหลมวลอากาศสูงสุดที่ทำนายนั้นยังสูงกว่าความเป็นจริง



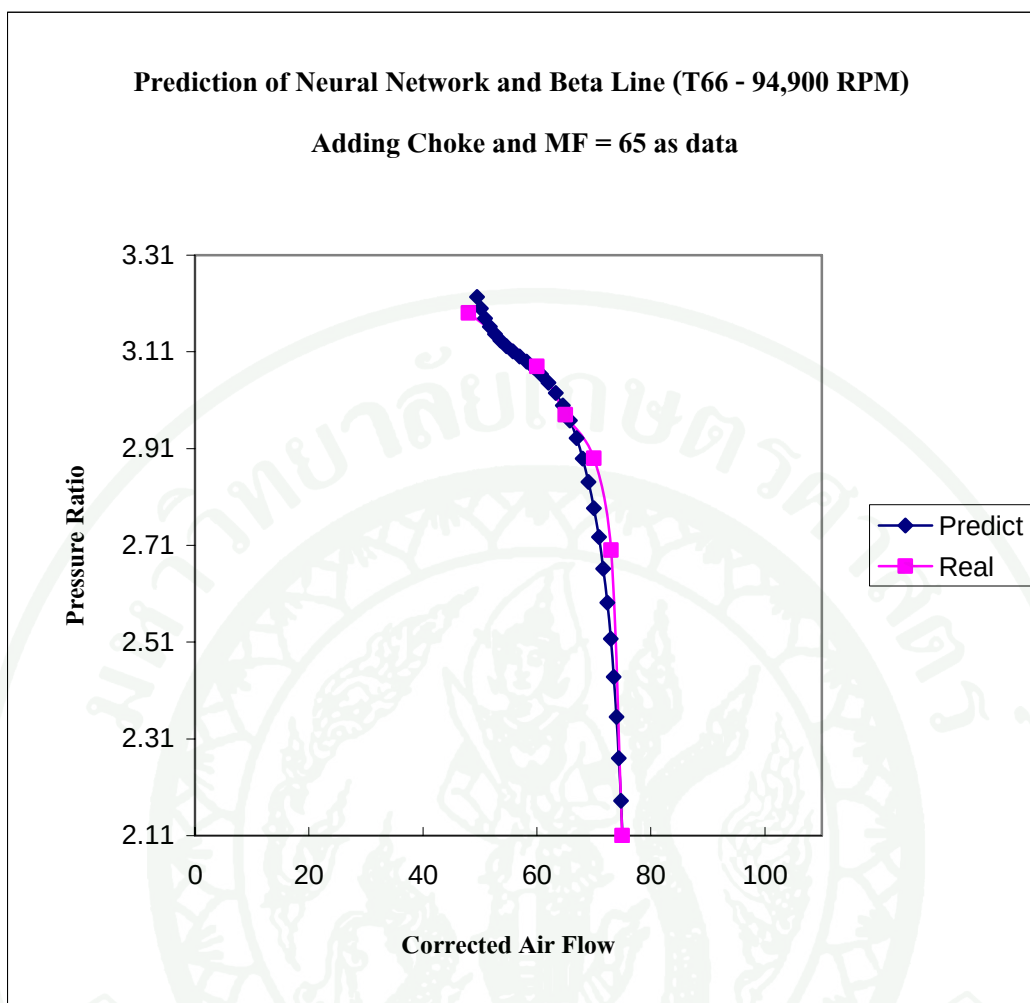
ภาพที่ 44 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดเสีร้ง จุดโซ้ค และจุดอัตรการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของข่ายงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66

จากภาพที่ 44 พบว่าการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมร่วมกับพิกัดเบต้าโดยเพิ่มจุดเสีร้ง จุดโซ้คและจุดอัตรการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 เป็นข้อมูลในรอบที่ทำนาย พบว่าที่อัตรการไหลของมวลอากาศต่ำนั้นมีลักษณะอัตราส่วนความดันลดลงตามแนวโน้มของแผนภูมิชุดอัตรอากาศจริง ส่วนที่อัตรการไหลของมวลอากาศสูงนั้นมีลักษณะเรียบแนวโน้มแน่นอนใกล้เคียงกับลักษณะของแผนภูมิชุดอัตรอากาศจริง



ภาพที่ 45 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดใช้ของข้างงานประสาทเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66

จากภาพที่ 45 พบว่าการทำนายของข้างงานประสาทเทียมร่วมกับพิกัดเบต้าโดยเพิ่มจุดใช้และจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 เป็นข้อมูลในรอบที่ทำนาย พบว่าที่อัตราการไหลของมวลอากาศต่ำนั้นมีลักษณะแนวโน้มผกผัน ส่วนที่อัตราการไหลของมวลอากาศสูงนั้นมีลักษณะเรียบแนวโน้มแน่นอนใกล้เคียงกับลักษณะของแผนภูมิชุดอากาศจริง



ภาพที่ 46 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำนายโดยมีข้อมูลจุดไจค์ และจุดอัตราการไหลมวลอากาศเท่ากับ 65 ของช่างงานประสาทดัดเทียมและแกนเบต้าที่รอบ 94,900 ของ T66

จากภาพที่ 46 พบว่าการทำนายของช่างงานประสาทดัดเทียมร่วมกับพิกัดเบต้าโดยเพิ่มจุดไจค์เพียงจุดเดียวเป็นข้อมูลในรอบที่ทำนาย พบว่าที่อัตราการไหลของมวลอากาศต่ำนั้นมีลักษณะแนวโน้มผกผัน ส่วนที่อัตราการไหลของมวลอากาศสูงนั้นมีลักษณะเรียบแนวโน้มแน่นอนใกล้เคียงกับลักษณะของแผนภูมิชุดอากาศจริง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียม

จากการทดลองที่1และการทดลองที่2 จะเห็นได้ว่าการเพิ่มเส้นเบต้ามาใช้ในการแบ่งค่าอัตราส่วนความดันในค่าอัตราการไหลอากาศจริงเดียวกัน จะทำให้ประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมาจากข่ายงานประสาทเทียมนั้นเป็นวิธีที่ถูกออกแบบมาสำหรับข้อมูลที่เป็นฟังก์ชัน แต่เมื่อใช้ในการเรียนรู้ข้อมูลที่ไม่เป็นฟังก์ชัน ข่ายงานประสาทเทียมจะถูกหลอกด้วยข้อมูลที่สามารถทำนายให้ถูกต้องเพียงค่าเดียวจากข้อมูลหลายค่าที่ใช้ในการเรียนรู้ ซึ่งจะมีผลทำให้การคำนวณประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมและไม่อาจรู้เข้าสู่คำตอบได้

แนวโน้มของข่ายงานประสาทเทียมเมื่อทำงานร่วมกับเส้นเบต้า

จากการทดลองที่1 จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเมื่อข่ายงานประสาทเทียมทำงานร่วมกับฟังก์ชันแบบพิกัดจากทรงกลมนั้นมีแนวโน้มของแผนภูมิเรียบโค้งตรงตามลักษณะของแผนภูมิชุดอากาศ ดังภาพที่ 31 นอกจากนั้นแล้วในการทดลองที่ 2 ยังแสดงให้เห็นว่าเส้นบนแผนภูมิชุดอากาศที่มาจากการทำนายของข่ายงานประสาทเทียมมีแนวโน้มสอดคล้องกับทุกเส้นที่เป็นข้อมูลในการเรียนรู้และค่าจริงที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ซึ่งเมื่อพิจารณาการทำนายเส้นบนแผนภูมิที่มาจากเทียบอัตราส่วน จะเห็นได้ว่ามีลักษณะสอดคล้องกับสองเส้นข้างเคียงเท่านั้นและแนวโน้มที่ได้ก็แตกต่างจากความเป็นจริง ดัง ภาพที่ 34 ภาพที่ 35 และ ภาพที่ 36

ในการทดลองที่2 จะพบปัญหากับข้อมูลในรอบต่ำๆของแผนภูมิชุดอากาศ โดยตำแหน่งของเส้นที่ทำนายมีการคลาดเคลื่อนไปทั้งเส้น ในการทดลองที่2 จึงมีการทดลองเพิ่มเติมโดยการเพิ่มจุดเสิร์จในข้อมูลที่จะใช้ในการทำนาย ซึ่งสามารถแก้ปัญหาข้างต้น ดังนั้นหากต้องการความแม่นยำมากยิ่งขึ้นในรอบที่ต้องการทำนาย ควรให้ข้อมูลที่เป็นจุดเสิร์จของรอบนั้นๆ หรือจุดใดๆในรอบนั้นๆ

ประสิทธิภาพเมื่อใช้งานกับแผนภูมิที่หลากหลาย

จากการทดลองที่ 3 ในเรื่องของการทดสอบประสิทธิภาพของข่ายงานประสาทเทียมเพิ่มเติมกับแผนภูมิ T66 และ T3 ของ Garret จะเห็นได้ว่าสามารถเข้าสู่ค่าตอบได้ทุกแผนภูมิและสามารถทำนายได้ข้อมูลที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลจริงที่ได้นำมาเปรียบเทียบ

พฤติกรรมของข่ายงานประสาทเทียมและเส้นเบต้า

จากการทดลองที่ 4 พบว่าการเพิ่มข้อมูลให้กับเส้นที่ทำนายบางจุดนั้นจะช่วยส่งเสริมให้แนวโน้มแน่นอนมากยิ่งขึ้นและมีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับข้อมูลจริง ดังนั้นในการทำนายควรมีการเพิ่มข้อมูลในรอบที่ต้องการทำนาย ซึ่งจำนวนของจุดที่เป็นนัยสำคัญจะขึ้นอยู่กับย่านการทำงานของแผนภูมิประสิทธิภาพที่ต้องการทำนาย ซึ่งสิ่งนี้จะป็นแนวทางการวิจัยต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ทดสอบการทำงานร่วมกันของข่ายงานประสาทเทียมและเส้นเบต้าในลักษณะอื่นๆ
2. ทดสอบข่ายงานประสาทเทียมแพร่กระจายย้อนกลับ ที่มีสมการภายในแตกต่างออกไป เช่น การเปลี่ยนสมการปรับขนาดตัวแปรจากเดิมที่ใช้สมการ Log-sigmoid เป็น Tan-sigmoid เนื่องจาก Tan-sigmoid เป็นสมการที่อาจจะสอดคล้องกับลักษณะเส้นเบต้าที่ใช้ในการวิจัยนี้
3. ทดสอบหาจำนวนจุดที่เป็นนัยสำคัญต่อแผนภูมิประสิทธิภาพของชุดข้อมูลอากาศขนาดต่างๆ ที่จะทำให้การทำนายมีความแน่นอนเสมอ เนื่องจากขนาดของชุดข้อมูลจะมีผลต่อสัดส่วนของอัตราการไหลของมวลอากาศและอัตราส่วนความดันรวมไปถึงความเร็วรอบ ซึ่งหากมีการทดสอบดังกล่าวแล้วจะสามารถนำวิธีการทำนายนี้ไปทดสอบกับชุดข้อมูลอากาศจริงได้
4. ออกแบบโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมใหม่ให้ที่มีความเหมาะสมกับปัญหาของแผนภูมิชุดข้อมูลอากาศโดยคำนึงถึงการจำกัดขอบเขตของจุดเสิร์ฟและจุดใช้
5. เพิ่มเติมโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมและแนวคิดที่สามารถทำนายประสิทธิภาพได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Youhong Yu. 2007. Neural network based analysis and prediction of a compressor's characteristic performance map. **Science direct (Applied energy) Applied Energy 84 (2007) 48–55.**
- Lazzaretto, Toffolo. 2001. Analytical and neural-network models for gas-turbine design and off-design simulation. **Int. J. Applied Thermodynamics pp.173-182, December-2001.**
- Kurzke J. 1996. How to get component maps for an aircraft gas-turbine's performance calculations. **ASME paper 96-GT-164 1996.**
- Howard D, Mark B. 2001. **Neural-network toolbox. User's Guide. 4th ed.** The Mathworks Inc. Natick Massachusetts.
- Ronald D. Flack. 2005. **Fundamental of jet propulsion with application.** Cambridge aerospace series. Cambridge.
- Meherwan P.Boyce. 2006. **Gas turbine engineering handbook third edition.** Gulf Professional Publishing. Burlington.



โปรแกรมสำหรับทดสอบข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับที่ทำงานร่วมกับระบบ
พิกัดเบต้า โดย MatLab6.0

1. Main.m

%Option การประกาศตัวแปรชนิด Global

global glrMaxPR;

global glrMaxMF;

global glrMaxSpeed;

global network1;

global glrsurgeangle;

global glrMaxradius;

global glrMaxBeta;

%Read Input from outside การกำหนดแหล่งข้อมูลจาก Excel และ กำหนดรอบที่ต้องการทำนาย

DataIn = xlsread('ExcelF','Data1');

R1sim = 35900;

R2sim = 45100;

R3sim = 55300;

R4sim = 65200;

R5sim = 74600;

R6sim = 95300;

R7sim = 85200;

Resolution = 50; % จำนวนจุดใน 1 เส้นที่ต้องการทำนาย

Deg1 = 0; % มุมเริ่มต้นที่จะเริ่มทำนายในกรณีที่มี Beta

Deg2 = 5; % มุมสิ้นสุดที่จะทำนายในกรณีที่มี Beta

%Reset Variable การตั้งค่าเริ่มต้นของตัวแปร

glrMaxSpeed = 0;

glrMaxMF = 0;

glrMaxPR = 0;


```
glrMaxBeta = 0;
```

```
glrMaxradius = 0;
```

```
%Declare Network การประกาศ โครงสร้างข่ายงานประสาทเทียม
```

```
network1 = newff([0 1;0 1],[7 7 7 1],{'logsig' 'logsig' 'logsig' 'logsig'}, 'trainLm','learnGDM');
```

```
network1.trainParam.epochs = 1000;
```

```
network1.trainParam.goal = 0.00001;
```

```
%Transform Co-ordination การเปลี่ยนระบบพิกัด
```

```
mtSphere = DataIn;
```

```
mtSphere = pToSphere(DataIn);
```

%Take MAX-Value of Beta เก็บตัวแปรสำหรับการเตรียมทำ Normalize

[im,in] = size(mtSphere);

for i = 1 : im

if mtSphere(i,4) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,4);

end

end

for i = 1 : im

if mtSphere(i,7) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,7);

end

end

for i = 1 : im

if mtSphere(i,10) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,10);

end

end

for i = 1 : im

if mtSphere(i,13) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,13);

end

end

for i = 1 : im

if mtSphere(i,16) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,16);

end

end

for i = 1 : im

if mtSphere(i,19) > glrMaxBeta

glrMaxBeta = mtSphere(i,19);

end

```

end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,22) > glrMaxBeta
        glrMaxBeta = mtSphere(i,22);
    end
end

%Take MAX-Value of Radius เก็บตัวแปรสำหรับการเตรียมทำ Normalize
[im,in] = size(mtSphere);
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,6) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,6);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,9) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,9);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,12) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,12);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,15) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,15);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,18) > glrMaxradius

```

```

        glrMaxradius = mtSphere(i,18);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,21) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,21);
    end
end
for i = 1 : im
    if mtSphere(i,24) > glrMaxradius
        glrMaxradius = mtSphere(i,24);
    end
end

%Take MAX-Value of Speed เก็บตัวแปรสำหรับการเตรียมทำ Normalize
if mtSphere(1,5) > glrMaxSpeed
    glrMaxSpeed = mtSphere(1,5);
end
if mtSphere(1,8) > glrMaxSpeed
    glrMaxSpeed = mtSphere(1,8);
end
if mtSphere(1,11) > glrMaxSpeed
    glrMaxSpeed = mtSphere(1,11);
end
if mtSphere(1,14) > glrMaxSpeed
    glrMaxSpeed = mtSphere(1,14);
end
if mtSphere(1,17) > glrMaxSpeed
    glrMaxSpeed = mtSphere(1,17);
end
if mtSphere(1,20) > glrMaxSpeed

```

```

        glrMaxSpeed = mtSphere(1,20);
    end
    if mtSphere(1,23) > glrMaxSpeed
        glrMaxSpeed = mtSphere(1,23);
    end

```

%Normalize ภาวทำ Normalize

```

mtNormalize = mtSphere;
mtNormalize(:,4) = mtSphere(:,4);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,7) = mtSphere(:,7);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,10) = mtSphere(:,10);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,13) = mtSphere(:,13);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,16) = mtSphere(:,16);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,19) = mtSphere(:,19);%/glrMaxBeta;
mtNormalize(:,22) = mtSphere(:,22);%/glrMaxBeta;

mtNormalize(:,6) = mtSphere(:,6)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,9) = mtSphere(:,9)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,12) = mtSphere(:,12)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,15) = mtSphere(:,15)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,18) = mtSphere(:,18)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,21) = mtSphere(:,21)/glrMaxradius;
mtNormalize(:,24) = mtSphere(:,24)/glrMaxradius;

```

```
mtNormalize(:,5) = mtSphere(:,5)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,8) = mtSphere(:,8)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,11) = mtSphere(:,11)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,14) = mtSphere(:,14)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,17) = mtSphere(:,17)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,20) = mtSphere(:,20)/glrMaxSpeed;  
mtNormalize(:,23) = mtSphere(:,23)/glrMaxSpeed;
```



%Separate Beta,Radius and Speed การจัดการระบบ Matrix

alrbeta = [2,140];

alrrad = [140];

alrbeta(1,1:20) = mtNormalize(1:20,4);

alrbeta(2,1:20) = mtNormalize(1:20,5);

alrrad(1:20) = mtNormalize(1:20,6);

b = true;

for i = 1 : 20

if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b

ib = i;

b = false;

end

end

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,7);

alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,8);

alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,9);

b = true;

for i = ib : ib+19

if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b

ib = i;

b = false;

end

end

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,10);

alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,11);

alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,12);

b = true;

for i = ib : ib+19

```

        if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b
            ib = i;
            b = false;
        end
    end
end

```

```

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,13);
alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,14);
alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,15);
b = true;
for i = ib : ib+19
    if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b
        ib = i;
        b = false;
    end
end
end

```

```

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,16);
alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,17);
alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,18);
b = true;
for i = ib : ib+19
    if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b
        ib = i;
        b = false;
    end
end
end

```

```

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,19);
alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,20);
alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,21);

```

```

b = true;
for i = ib : ib+19
    if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b
        ib = i;
        b = false;
    end
end
end

```

```

alrbeta(1,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,22);
alrbeta(2,ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,23);
alrrad(ib:ib+19) = mtNormalize(1:20,24);
b = true;
for i = ib : ib+19
    if ~((alrbeta(1,i) > 0) | (alrbeta(1,i) <= 0)) & b
        ib = i;
        b = false;
    end
end
end
Feed = alrbeta(1 : 2,1:ib-1);
Target = alrrad(1:ib-1);

```

```

%training network ทำการเรียนรู้
network1 = train(network1,Feed,Target);

```

```

%Prepare for simulate Data
%if Deg2 > glrMaxBeta
    % Deg2 = glrMaxBeta;
%end

```

```

Deg2 = Deg2*(pi/180);

```

```

mtFeed = [2,Resolution*7];
ratio = ((Deg2-Deg1)/Resolution);
for i = 1 : Resolution
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*i;
end
mtFeed(2,1:Resolution) = R1sim;

for i = Resolution+1:Resolution*2
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution);
end
mtFeed(2,Resolution+1:Resolution*2) = R2sim;

for i = Resolution*2+1:Resolution*3
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution*2);
end
mtFeed(2,Resolution*2+1:Resolution*3) = R3sim;

for i = Resolution*3+1:Resolution*4
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution*3);
end
mtFeed(2,Resolution*3+1:Resolution*4) = R4sim;

for i = Resolution*4+1:Resolution*5
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution*4);
end
mtFeed(2,Resolution*4+1:Resolution*5) = R5sim;

for i = Resolution*5+1:Resolution*6
    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution*5);
end
mtFeed(2,Resolution*5+1:Resolution*6) = R6sim;

```

```

for i = Resolution*6+1:Resolution*7

    mtFeed(1,i) = Deg2 - ratio*(i-Resolution*6);

end

mtFeed(2,Resolution*6+1:Resolution*7) = R7sim;

mtFeed(1,:) = mtFeed(1,:)/glrMaxBeta;
mtFeed(2,:) = mtFeed(2,:)/glrMaxSpeed;

%simulate Data จำลองข้อมูล
mtAns = sim(network1,mtFeed);
mtRadius = mtAns*glrMaxradius;
mtAnsTest = sim(network1,Feed);

%Resulting จัดการระบบ Matrix สำหรับคำตอบ
mtSResults(:,1) = mtFeed(2,:)*glrMaxSpeed;
mtSResults(:,2) = mtFeed(1,:)/glrMaxBeta;
mtSResults(:,3) = mtRadius;
mtResults = mtSResults;

mtResults(:,1) = mtSResults(:,1);
[m,n] = size(mtSResults)
for i = 1 : m
    mtResults(i,2) = mtSResults(i,3)*cos(mtSResults(i,2));
    mtResults(i,3) = mtSResults(i,3)*sin(mtSResults(i,2));
end

```

2. pToShpere.m การเขียนฟังก์ชัน สำหรับการเปลี่ยนระบบพิกัดจากเป็นระบบพิกัดมุม

```
function q_mtexit = pToSphere(i_mthandler)
[m,n] = size(i_mthandler);
n
q_mtexit = i_mthandler;
for i = 1 : n/3 -1
    for j = 1 : m
        beta = atan(i_mthandler(j,6+(i-1)*3)/i_mthandler(j,4+(i-1)*3));
        radius = (i_mthandler(j,6+(i-1)*3)^2 + i_mthandler(j,4+(i-1)*3)^2)^0.5;
        q_mtexit(j,4+(i-1)*3) = beta;
        q_mtexit(j,5+(i-1)*3) = i_mthandler(j,5+(i-1)*3);
        q_mtexit(j,6+(i-1)*3) = radius;
    end
end
```


ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	จิตชัย จรรย์รัตนกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	4 สิงหาคม 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพ
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมอุตสาหการ เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	Risk engineer (Srimuang Co., LTD)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สาทรใต้ Empire tower
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-