

การทำนายผลผลิตไข่ในแม่พันธุ์ไก่เนื้อด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์



นายอิทธิพัฒน์ ภูมิเกษมศักดิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2558

**PREDICTION OF EGG PRODUCTION IN BROILER  
DAM LINE BY MATHEMATICAL MODELS**



**Aittipat Poomkasemsak**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the  
Degree of Master of Science in Animal Production Technology**

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2015**

## การทำนายผลผลิตไข่ในแม่พันธุ์ไก่เนื้อด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร.วิฑูรย์ โมพี)

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร.อมรรัตน์ โมพี)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร.สายันต์ แก่นนาคำ)

กรรมการ

(รศ. ดร.พงษ์ชาญ ฌ ลำปาง)

กรรมการ

(รศ. ดร.กนก ผลารักษ์)

กรรมการ

(ผศ. น.สพ. ดร.บัญญัติ ลิขิตเดชาโรจน์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

(ศ. ดร.หนึ่ง เตียอำรุง)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

อิทธิพัฒน์ ภูมิเกษมศักดิ์ : การทำนายผลผลิตไข่ในแม่พันธุ์ไก่เนื้อด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (PREDICTION OF EGG PRODUCTION IN BROILER DAM LINE BY MATHEMATICAL MODELS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมพี, 66 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวและรายฝูงของไก่มทส. การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่ของไก่มทส. รุ่นที่ 101 102 และ 103 โดยใช้จำนวนข้อมูลในการทำนาย 20 24 28 32 36 40 และ 45 สัปดาห์ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง มีจำนวน 10 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์คือ AB W MN L Y MC COM G-PI G-PF G-CU ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายรายตัว มีจำนวน 3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์คือ G-PI G-PF G-CU ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ Solver function ใน Microsoft Excel 2010 สำหรับการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของแต่ละตัวแบบทางคณิตศาสตร์ การประเมินความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายแบบรายฝูงจะใช้ค่า Coefficient of determination ( $R^2$ ) Akaike's information criterion (AIC) Bayesian information Criteria (BIC) และค่า Mean squared error (MSE) และใช้ค่า Adjust  $R^2$  และค่า Rank correlation ของ Estimated Breeding Value (EBV) ที่ได้จากการทำนายรายตัว ในการประเมินความแม่นยำของการทำนายด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว

ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L สามารถทำนายผลผลิตรายฝูงโดยมีความแม่นยำสูงในไก่มทส. ทั้ง 3 รุ่น และชุดข้อมูลที่สั้นที่สุดที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายผลผลิตไข่รายฝูงคือ 20 สัปดาห์

ส่วนตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU สามารถทำนายผลผลิตไข่รายตัวได้แม่นยำที่สุดและมีค่า Rank Correlation อยู่ในเกณฑ์ที่สูง โดยใช้ชุดข้อมูลที่ 28 สัปดาห์

ผลการศึกษานี้สรุปได้ว่า มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สามารถนำมาใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ของไก่มทส. ได้อย่างเหมาะสมทั้งในชุดข้อมูลแบบรายฝูงและรายตัว

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนักศึกษา \_\_\_\_\_

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา \_\_\_\_\_

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม \_\_\_\_\_

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม \_\_\_\_\_

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม \_\_\_\_\_

AITTIPAT POOMKASEMSAK : PREDICTION OF EGG PRODUCTION  
IN BROILER DAM LINE BY MATHEMATICAL MODELS.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. AMONRAT MOLEE, Ph.D., 66 PP.

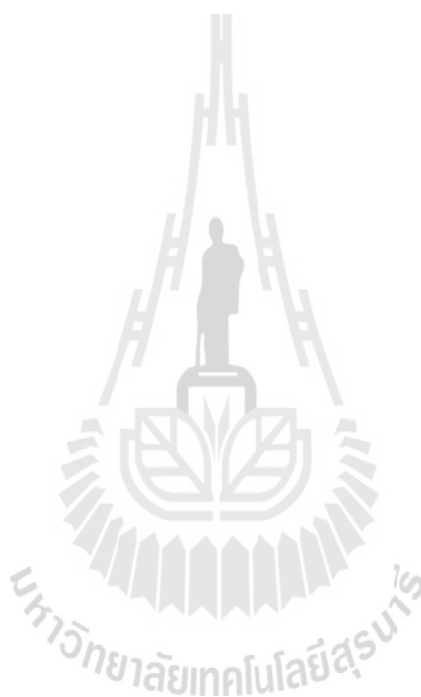
PREDICTION MODEL/EGG PRODUCTION

The purpose of this thesis was to find suitable mathematical models to predict egg production in individual and flock of the SUT dam lines. In this study, the information of the SUT dam line's egg production models 101, 102 and 103 were used and the week of 20, 24, 28, 32, 36, 40 and 45 were applied to predict the result. Ten mathematical models included AB, W, MN, L, Y, MC, COM, G-PI, G-PF and G-CU were used to predict the egg production of the flock. However, only 3 models which consisted of G-PI, G-PF and G-CU were used to predict individual hens. Solver function of Microsoft Office Excel 2010 was used to calculate the parameter value of each model. The Coefficient of determination ( $R^2$ ), the Akaike's information criterion (AIC), the Bayesian information criteria (BIC) and the Mean squared error (MSE) were used to assess the accuracy of mathematical models of the flock prediction. The adjust  $R^2$  and the Rank correlation of Estimated breeding value (EBV) computed from the individual prediction were used to assess the accuracy of the mathematical models individual prediction.

The result of this study indicated that the mathematical models AB, MC and L can predict the flock's egg production of all 3 SUT dam lines generations with high accuracy and the most suitable shortest data set to predict the flock's egg production is 20 weeks.

The G-CU model is the most accurate with the highest rank correlation for individual hens at 28 week.

This study concluded that mathematical models can be used to predict the egg production of SUT dam lines for both the flock and the individual.



School of Animal Production Technology  Academic Year 2015	Student's Signature _____ Advisor's Signature _____ Co-advisor's Signature _____ Co-advisor's Signature _____ Co-advisor's Signature _____
--	--

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บุคคล และหน่วยงานต่างๆ ที่มีส่วนช่วยทำให้การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ โครงการ “การสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อ โคราช เพื่อการผลิตเป็นอาชีพวิสาหกิจชุมชน” ภายใต้อาณัติของ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี กรมปศุสัตว์ ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสร่วมงานวิจัยที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกรไทยอย่างแท้จริง

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.กนก ผลารักษ์ อาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้ความรู้ และถ่ายทอดหลักการ การทำงานวิจัยให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ โมฬี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาयนต์ แก่นนาคำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้การอบรมสั่งสอนและให้คำแนะนำปรึกษาในการดำเนินงานวิจัย และการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จลุล่วง ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ชาญ ณ ลำปาง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร. บัญชร ลิขิตเดชาโรจน์ และอาจารย์ ดร. วิทวัช โมฬี ที่ได้สละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ช่วยตรวจทาน แก้ไข จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่อำนวยความสะดวกในการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวที่ให้การสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีในการทำให้ชีวิตการเรียนในระดับบัณฑิตศึกษาของข้าพเจ้าสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อิทธิพัฒน์ ภูมิเกษมศักดิ์

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฉ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ .....	ฎ
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย .....	3
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย .....	3
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น .....	3
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
<b>2 ปรัชญาบรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>5</b>
2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง .....	5
2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว.....	15
2.3 ความแตกต่างของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการทำนายต่อลักษณะผลผลิตไข่ในแม่ ไก่แบบรายตัวและรายฝูง .....	18
2.4 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตไข่.....	18
2.4.1 ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่ระหว่างข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงกับ ผลผลิตไข่ทั้งหมด.....	18



## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.2	ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่เดือนที่ต่อเนื่องและระหว่างคู่เดือนที่ต่อเนื่องกัน.....	19
<b>3</b>	<b>วิธีดำเนินงานวิจัย.....</b>	<b>22</b>
3.1	สัตว์ทดลองและการเก็บข้อมูล.....	22
3.2	การให้อาหารและการจัดการไก่ มทส. ....	22
3.3	วิธีการเก็บข้อมูลและการทดสอบทางสถิติ .....	23
<b>4</b>	<b>ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล .....</b>	<b>32</b>
4.1	การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายไข่แบบรายฝูงในไก่ มทส.....	33
4.2	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว .....	52
<b>5</b>	<b>สรุปและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>57</b>
5.1	สรุป .....	57
5.2	ข้อเสนอแนะ .....	57
	เอกสารอ้างอิง .....	58
	ภาคผนวก.....	61
	ประวัติผู้เขียน.....	66

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง.....6
2.2	ค่า $R^2$ จากการทำนายผลผลิตไข่ด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในแม่ไก่สายพันธุ์ต่างๆ .....12
2.3	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว .....15
2.4	รูปแบบการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลจำนวนผลผลิตไข่ของแม่ 3073 และแม่ไก่ 3127 ที่ช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์, 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์.....16
2.5	ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่ ระหว่างข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงกับผลผลิตไข่ทั้งหมด18
2.6	ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่เดือนที่ต่อเนื่องและระหว่างคู่เดือนที่ต่อเนื่องกัน .....20
3.1	ปริมาณการให้อาหารสำหรับแต่ละช่วงอายุของแม่ไก่ .....22
3.2	ชุดข้อมูลผลผลิตไข่และความหมายแบบรายสัปดาห์ .....25
3.3	ชุดข้อมูลผลผลิตไข่และความหมายแบบบวกลบ .....25
3.4	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่สำหรับการทำนายแบบรายฝูงและ แบบรายตัวด้วยลักษณะของชุดข้อมูลผลผลิตไข่.....26
4.1	อันดับของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่า $R^2$ ที่มีความเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (Data 20) ของไก่มทส.....33
4.2	ค่า $R_{adj}^2$ ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงด้วยชุด ข้อมูล 20 สัปดาห์.....35
4.3	การคำนวณค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้สำหรับทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมดที่อายุ 45 สัปดาห์ ของไก่ มทส. รุ่นที่ 101, 102 และ 103 ด้วยชุดข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์.....36
4.4	ความชันในสมการถดถอยของอัตราการให้ผลผลิตไข่แบบรายตัว และลักษณะการให้ผล ผลิตไข่ฟองแรกในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันของยีนGH .....52
4.5	ค่า $Ad R^2$ จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว .....53
4.6	ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-W ของผลการทำนายผลผลิต ไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม .....55

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.7	ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU ของผลการทำนาย ผลผลิตไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม .....55
4.8	ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-PI ของผลการทำนาย ผลผลิตไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม .....56



## สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1	ลักษณะการให้ผลผลิตของไข่แบบฝูง (ซ้าย) และการให้ผลผลิตไข่แบบรายตัว (ขวา).....17
3.1	แผนภาพการผสมพันธุ์ของไก่มทส. ด้วยวิธีการผสมพันธุ์ในชั่วรุ่นและพันธุ์เดียวกัน (Inter se mating).....21
3.2	แผนผังแสดงวิธีการเก็บข้อมูลและการทดสอบทางสถิติ.....23
4.1	ลักษณะเชิงกราฟของผลผลิตไข่ทั้งหมด 45 สัปดาห์ของไก่มทส. (บน) และลักษณะเชิงกราฟของผลผลิตไข่จำนวน 20 สัปดาห์ของไก่มทส. (ล่าง).....34
4.2	ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทส.101 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....38
4.3	ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทส.102 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....39
4.4	ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทส.103 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....40
4.5	ผลผลิตไข่ทำนายมทส. 101 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....41
4.6	ผลผลิตไข่ทำนายมทส. 102 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....42
4.7	ผลผลิตไข่ทำนายมทส. 103 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ).....43
4.8	ทิศทางการขยับของกราฟเมื่อค่าทางพารามิเตอร์ A B ในตัวแบบฯ AB.....45
4.9	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ r ในตัวแบบฯ AB .....45
4.10	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ c ในตัวแบบฯ AB ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่46
4.11	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ d ในตัวแบบฯ AB ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่46
4.12	การทำงานของฟังก์ชันเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันลดลงของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB .....47
4.13	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ b ในตัวแบบฯ ที่มีฟังก์ชัน $e^{(-bt)}$ .....48
4.14	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ c ในตัวแบบฯ MC, L ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่.....48

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.15	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ $d$ ในตัวแบบฯ MC ต่อกราฟ การให้ผลผลิตไข่.....49
4.16	ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ $d$ ในตัวแบบฯ L ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่...49
4.17	การทำงานของฟังก์ชันเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันลดลงของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MC และ L.50
4.18	สมการถดถอยของการให้ผลผลิตไข่แบบรายวันบนข้อมูลการให้ไข่ฟองแรกจากทั้ง 3 จีไทป์ของยีนโครทเซอร์โมน .....51
ก. 1	ชุดคำสั่ง Adam – bell model (AB).....62
ก. 2	ชุดคำสั่ง McMillan Model (MC).....62
ก. 3	ชุดคำสั่ง Yang Model (Y).....62
ก. 4	ชุดคำสั่ง Wood Model (W).....62
ก. 5	ชุดคำสั่ง McNelly Model (MN) .....63
ก. 6	ชุดคำสั่ง Compartmental II (COM).....63
ก. 7	ชุดคำสั่ง Logistic Model (L) .....63
ก. 8	ชุดคำสั่ง Persistency Model (Flock) (G-PF) .....64
ก. 9	ชุดคำสั่ง Persistency Model (Individual) (G-PI).....64
ก. 10	ชุดคำสั่ง Individual Model (Weekly) (G-W) .....64
ก. 11	ชุดคำสั่ง Individual Model (Cumulative) (G-CU) .....65

## คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

AB	=	Adam - Bell model
Adjust $R^2$	=	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจแก้
AIC	=	Akaike's information criterion
BIC	=	Bayesian information criteria
BLUP	=	Best linear unbiased prediction
COM	=	Compartmental II model
EBV	=	Estimated breeding value
G-CU	=	Individual model (Cumulative)
G-PF	=	Persistency model (Flock)
G-PI	=	Persistency model (Individual)
G-W	=	Individual model (Weekly)
L	=	Logistic model
MC	=	McMillan model
MN	=	McNelly model
MSE	=	Mean squared error
$R^2$	=	สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ
$SS_{REG}$	=	sum square of regression
$SS_{RES}$	=	sum square of residual
$SS_{TOT}$	=	sum square of total
W	=	Wood model
Y	=	Yang model

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไก่พื้นเมืองเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อของไก่พื้นเมืองมีไขมันน้อย มีความเหนียวนุ่ม และมีรสชาติดีกว่าไก่เนื้อสายพันธุ์ทางการค้า (Jaturasitha et al, 2008) ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของไก่พื้นเมือง อย่างไรก็ตาม ไก่พื้นเมืองมีข้อจำกัดคือ มีการเจริญเติบโตช้า ผลผลิตไข่ต่ำ ซึ่งแม้ไก่พื้นเมืองให้ผลผลิตไข่เพียง 60 – 130 ฟอง/ปี (สุชน และคณะ, 2536; ครุณี และคณะ, 2549) จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ไม่สามารถผลิตลูกไก่พื้นเมืองในเชิงอุตสาหกรรมที่จะเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรได้

จากรายงานทางวิชาการพบว่า ไก่ลูกผสมพื้นเมืองมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าไก่พื้นเมืองพันธุ์แท้ และมีลักษณะรสชาติของเนื้อ ไม่แตกต่างกัน (สัจชัยและคณะ, 2548, วราภรณ์ และคณะ, 2546) ในงานวิจัยการสร้างสายพันธุ์ไก่เนื้อ โคโรราชเพื่อผลิตเป็นวิสาหกิจชุมชน ได้มีการสร้างสายพันธุ์แม่ไก่เนื้อ (แม่ไก่สายพันธุ์ มทส.) เป็นพันธุ์สังเคราะห์ (Synthetic breed) เป็นไก่ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์ไก่เนื้อและแม่พันธุ์ไก่ไข่ โดยมีเป้าหมายที่จะเป็น สายแม่พันธุ์ไก่เนื้อที่ดี ซึ่งควรมีคุณสมบัติสำคัญดังนี้

1) มีผลผลิตไข่ที่สูงพอที่จะทำให้ต้นทุนการผลิตลูกไก่อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถแข่งขันได้ กล่าวคือ ต้องมีไข่ออย่างน้อย ประมาณ 170 – 180 ต่อปี ขึ้นไป

2) ลูกไก่เนื้อควรมีคุณสมบัติการเป็นไก่เนื้อที่ดี คือ มีการเจริญเติบโตที่ดีและเนื้ออร่อยเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

3) ไก่สายแม่พันธุ์ต้องสามารถผลิตฝูงทดแทนได้

ในการพัฒนาสายพันธุ์แม่ไก่นี้ มีเป้าหมายของการปรับปรุงพันธุ์สายแม่พันธุ์ ไก่มทส. เพื่อเพิ่มศักยภาพในการให้ผลผลิตไข่/แม่/ปี ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตลูกไก่ต่อตัวด้วย อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์กรรมนั้น จะต้องอาศัยข้อมูลการให้ผลผลิตไข่ของแม่ไก่ตลอดช่วงอายุของแม่ไก่ (ประมาณ 64 ~ 72 สัปดาห์) ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่นานในการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์กรรม นอกจากนี้ เป็นที่ทราบกันดีว่า โดยทั่วไปแล้วลักษณะของการให้ผลผลิตไข่ในไก่

มีอัตราพันธุกรรมค่อนข้างต่ำคือ 0.2 – 0.3 (Luo et al., 2007; Johansson I. & Rendel J., 1968; ศิริลักษณ์, มนต์ชัย, บัญญัติ และชูศักดิ์, 2550; วรทัย และคณะ) ซึ่งเป็นผลให้มีความก้าวหน้าในการคัดเลือกช้า

สำหรับการคัดเลือกพันธุ์ของแม่พันธุ์ มทส. นั้น จะเกิดขึ้นได้ประมาณ 72 สัปดาห์หลังจากที่ได้ทำการเลี้ยงตั้งแต่ไก่อายุ 1 วันจนถึงเริ่มให้ไข่ซึ่งใช้เวลาประมาณ 24 สัปดาห์ และตั้งแต่เริ่มให้ผลผลิตไข่จนกระทั่งให้ผลผลิตไข่จนครบอายุแม่ไก่ (ประมาณ 72 สัปดาห์) จึงจะสามารถนำข้อมูลผลผลิตไข่ที่ได้ มาประมาณหาคูณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated breeding value : EBV) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือก ดังนั้น การลดระยะเวลาในการคัดเลือกให้สั้นลง จะทำให้สามารถคัดเลือกไก่ได้เร็วขึ้น อันจะเป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ ผลผลิตไข่มีความสำคัญอย่างยิ่งในส่วนของการผลิตลูกไก่ในระดับอุตสาหกรรม การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการทำนายผลผลิตไข่ จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับแม่ไก่ในกระบวนการประเมินศักยภาพการผลิตไข่และการประเมินต้นทุนการผลิตไข่ต่อตัวต่อฟอง (Adam and Bell, 1980)

มีงานวิจัยจำนวนหนึ่ง (Adam C. and Bell D., 1980; Gavora, 1971; Lokshorst, 1986; Cason, 1990; Narushin et al., 2003; Grossman et al., 2000; Grossman et al., 2001; Sevegnago et al., 2012) ได้แสดงให้เห็นว่า ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สามารถใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งแบบฝูงและรายตัว โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับใช้ในการทำนายผลผลิตไข่โดยส่วนใหญ่ ถูกสร้างให้มีลักษณะเชิงกราฟที่จำแนก (ตามอายุการให้ไข่ : t) เป็นสามส่วนแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่

- 1) ช่วงของการเพิ่มขึ้นของผลผลิตตั้งแต่เริ่มให้ไข่จนถึงจุดสูงสุด
- 2) ช่วงของการให้ผลผลิตไข่ถึงจุดสูงสุด
- 3) ช่วงการลดลงของผลผลิตไข่หลังจากจุดสูงสุดและลดลงอย่างต่อเนื่อง

ซึ่งในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายผลผลิตไข่จะประกอบด้วย พารามิเตอร์ 3 ถึง 5 พารามิเตอร์ในการทำนาย และสามารถให้ความแม่นยำในระดับที่สูง  $R^2$  (0.9) สำหรับประชากรฝูงแม่ไก่ในการศึกษานั้นๆ ในขณะที่ใช้ชุดข้อมูลในปริมาณที่น้อยในการทำนายผลผลิตไข่ต่อปี

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หนึ่งที่มีการใช้ทำนายผลผลิตไข่อย่างกว้างขวาง Adam – Bell ซึ่งเป็นตัวแบบที่ใช้ข้อมูลเพียง 24 สัปดาห์ เท่านั้น (Cason and Britton, 1988; Dogan et al., 2013) และตัวแบบทางคณิตศาสตร์ Persistency (Grossman et al., 2000) ได้ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่เพียง 22 สัปดาห์ทำนายผลผลิตไข่ที่ 39 และ 47 สัปดาห์ โดยมีค่า  $R^2$  สูงถึง 0.99 ซึ่งส่งผลให้ ช่วงชีวิตต่อรุ่น (generation interval) สั้นลง งานวิจัยของ Morris (1963) ได้ยืนยันว่าการคัดเลือกด้วยชุดข้อมูลบางช่วง สามารถเพิ่มผลผลิตไข่และสามารถลดระยะเวลาการให้ผลผลิตไข่สุดท้ายได้ ซึ่งการใช้ข้อมูลเพียงบางส่วนมาทำนายพฤติกรรมของข้อมูลทั้งหมดนั้น สามารถเกิดขึ้นได้ โดยพิจารณาจากค่า



สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่าง 2 ชุดข้อมูลนี้ นอกจากนี้ Ning Y.(1990); Nordskog et al.(1967) ได้สรุปอีกด้วยว่าความก้าวหน้าทางพันธุกรรมที่ได้จากการทำนายและที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงไม่มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การใช้จำนวนชุดข้อมูลที่น้อยเกินไปและไม่ครอบคลุมถึงค่าคงทนของการให้ผลผลิตไข่ที่มากพอ อาจจะมีผลในทางลบกับข้อมูลหลังการให้ผลผลิตไข่สูงสุด ดังที่แสดงไว้ในงานของ Muir., (1990)

สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ เพื่อใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงและใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการใช้ที่แตกต่างกันดังนี้

การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายฝูงมีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำนาย ประเมินและคาดการณ์ผลผลิตไข่โดยรวมต่อสปีด้าห์ของประชากรแม่ไก่มทส. ทั้งหมด และข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการการผลิตลูกไก่ เพื่อป้อนเข้าสู่อุตสาหกรรมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ อาทิ การจัดการต้นทุนการผลิตลูกไก่ต่อตัวต่อแม่ต่อสปีด้าห์เป็นต้น ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว (Grossman, 2000; Grossman, 2001) มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เพื่อให้ได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับกระบวนการประมาณคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimate Breeding Value; EBV) ซึ่งจะทำให้สามารถทำการคัดเลือกแม่ไก่เพื่อเพิ่มผลผลิตไข่ในรุ่นต่อไปได้

ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการทำนายผลผลิตไข่และโดยใช้จำนวนชุดข้อมูลที่น้อยที่สุดที่สามารถเป็นไปได้ ทั้งแบบรายตัวและแบบฝูง อันจะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์สายแม่ มทส. และประเมินศักยภาพในการให้ผลผลิตไข่ของฝูงแม่พันธุ์ มทส.ต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อศึกษาหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวและรายฝูงของแม่ไก่มทส.

## 1.3 สมมุติฐานงานวิจัย

มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวและรายฝูงของแม่ไก่มทส.

#### 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

- ไก่พันธุ์มทส. หมายถึง ไก่สายพันธุ์ที่เกิดจากการวิจัย ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ความเหมาะสมของตัวแบบฯ สำหรับรายฝูง หมายถึง ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่า  $R^2$  (สมการที่ 1) สูงสุด และ ค่า AIC BIC และ MSE ต่ำสุด โดยใช้จำนวนชุดข้อมูลที่น้อยที่สุด
- ความเหมาะสมของตัวแบบฯ สำหรับรายตัว หมายถึง ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่า  $AdR^2$  (สมการที่ 5) สูงสุด โดยใช้จำนวนชุดข้อมูลที่น้อยที่สุด

#### 1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่ โดยศึกษาในประชากรของไก่พันธุ์มทส. ทั้ง 3 ชั่วอายุ

#### 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถระบุตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับข้อมูลที่ได้จากประชากร ในข้อที่ 1.5 เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อใช้ในการศึกษาและพัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ของไก่มทส. รุ่นต่อไป

## บทที่ 2

### ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง

ลักษณะผลผลิตไข่เป็นปัจจัยสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตไก่เนื้อ เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดจำนวนผลผลิตของลูกไก่ที่ได้ ในแต่ละช่วงอายุของแม่ไก่ ซึ่งช่วงของการผลผลิตไข่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของแม่ไก่ (Production Curve) โดยช่วงแรกจะเพิ่มสูงขึ้นจนถึงในระยะ 8 หรือ 9 สัปดาห์แรกของการให้ผลผลิตไข่ และจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่ออายุของแม่ไก่มากขึ้น (North & Bell, 1990; Grossman, 2000) ซึ่งรูปแบบของการให้ผลผลิตไข่เป็นลักษณะเส้นโค้ง (Non-linear) ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นเส้นโค้งที่เหมาะสมกับลักษณะของกราฟของการให้ผลผลิตไข่ มาใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ ค่า  $R^2$  (Coefficient of determination) ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการทำนายความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ กล่าวคือ ความแม่นยำจะเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อค่า  $R^2$  เข้าใกล้ 1 และพบว่างานวิจัยต่างๆ ที่ได้นำเสนอผลวิจัยการทำนายผลผลิตของไข่ให้ค่า  $R^2$  ที่สูงด้วยเช่นกัน คือ 0.85 – 0.99 (Anang and Indrijani, N.D) ซึ่งถือได้ว่ามีความแม่นยำในการทำนายสูง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับฝูงประชากรนั้นๆ การศึกษาของ Gavora. (1971) ได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงและรายตัว ต่อมา Carol & Donald. (1980) ได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ โดยใช้ลักษณะของความสมบูรณ์พันธุ์และการเจริญเติบโตเป็นแนวทางในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการหาผลผลิตไข่ Nurashin et al. (2003) ได้ทำการศึกษาในไก่พันธุ์ Shaver White โดยใช้การทดสอบความเหมาะสมจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ Adams – Bell, Compartmental, Lokhorst, New - Mathematical Model ทำการเปรียบเทียบโดยพบว่า New - Mathematical Model มีความเหมาะสมสำหรับการทำนายในฝูงไก่พันธุ์ Shaver White

อย่างไรก็ตาม การผลิตลูกไก่ให้ได้อย่างต่อเนื่องจะต้องทราบถึงประสิทธิภาพผลผลิตไข่ของแม่ไก่ในช่วงระยะเวลาของการให้ผลผลิตไข่ทุกๆ ช่วง เพราะการทราบล่วงหน้าถึงประสิทธิภาพในการให้ผลผลิตไข่ จะเป็นกำหนดการวางแผนการจัดการในการสร้างฝูงแม่พันธุ์ทดแทนและคำนวณถึงจุดคุ้มทุนของการเก็บแม่พันธุ์ไก่ ณ สัปดาห์ ที่เลี้ยง เพื่อให้ผลผลิตที่ได้สอดคล้องกันในช่วงระยะเวลาของการให้ผลผลิตไข่อุ่นต่อรุ่น การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายฝูงจะเป็นตัวช่วยกำหนดที่ทิศทางวางแผนการจัดการและทราบล่วงหน้าถึงผลผลิตไข่ ที่จะได้ของแม่ไก่ต่อรุ่น จากการรวบรวมงานวิจัยต่างๆ พบว่า มีการนำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทำนายผลผลิตรายฝูงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง

ชื่อตัวแบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ	คำอธิบายพารามิเตอร์
AB	Adam C. and Bell D. (1980)	$y_t = \frac{1}{0.01 + ar^{(t-b)}} - c(t-d)$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> <math>b</math> คือ ค่าคงที่ในช่วงการเพิ่มขึ้นของกราฟ</p> <p><math>c</math> <math>d</math> คือ ค่าคงที่ในช่วงของการลดลงของกราฟ</p> <p><math>r</math> คือ ค่าคงที่ความชันของกราฟ</p>
MC	Gavora et al. (1971)	$y_t = ae^{(-bt)}(1 - e^{-c(t-d)})$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>e</math> คือ ล็อกการวิที่มีธรรมชาติ</p> <p><math>a</math> คือ ค่าคงที่ ณ จุดสูงสุดของกราฟผลผลิตไข่</p> <p><math>b</math> คือ ค่าคงที่ในการเพิ่มขึ้นของกราฟผลผลิตไข่</p> <p><math>c</math> คือ ค่าคงที่ในการลดลงของกราฟผลผลิตไข่</p> <p><math>d</math> คือ ค่าคงที่มีที่ปัจจัยอื่นเนื่องมาจากอายุของการให้ผลผลิตไข่ฟองแรก (แม่ไก่โตเต็มวัย)</p>

ตารางที่ 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง (ต่อ)

ชื่อตัวแบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ	คำอธิบายพารามิเตอร์
W	Wood (1967)	$y_t = at^c e^{(-bt)}$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> คือ ค่าคงที่การเริ่มให้ผลผลิต</p> <p><math>c</math> คือ อัตราการขึ้นของผลผลิตไข่จนถึงจุดสูงสุด</p> <p><math>b</math> คือ อัตราการลดลงของการให้ผลผลิตไข่</p>
Y	Cason (1990)	$y_t = \frac{ae^{-bt}}{[1 + e^{-c(t-d)}]}$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ ณ สัปดาห์นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> ค่าคงที่ของการให้ผลผลิตไข่สูงสุด</p> <p><math>b</math> คือ อัตราลดลงของความสามารถของการให้ไข่</p> <p><math>c</math> คือ ค่าคงที่ที่แสดงความหลากหลายของความสมบูรณ์พันธุ์ภายในฝูง</p> <p><math>d</math> คือ ค่าคงที่ที่แสดงถึงอายุเฉลี่ยภายในฝูง</p>

ตารางที่ 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง (ต่อ)

ชื่อตัวแบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ	คำอธิบายพารามิเตอร์
MN	McNally (1971)	$y_t = at^c e^{(-bt+dt^{0.5})}$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> คือ ค่าคงที่การเริ่มให้ผลผลิต; <math>b</math> <math>c</math> และ <math>d</math> คือ ค่าคงที่</p>
COM	McMillan (1981)	$y_t = A(e^{-bt} - e^{-xt})$	<p><math>y_t</math> คือผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์ นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> คือค่าคงที่การเริ่มให้ผลผลิต</p> <p><math>x</math> คือค่าคงที่การเพิ่มผลผลิต ไข่</p> <p><math>b</math> คืออัตราการลดลงของผลผลิตหลังจากให้ไข่สูงสุด</p>
L	Nelder (1961)	$y_t = a(e^{-bt})[1 + e^{(-ct)}]^{-d}$	<p><math>y_t</math> คือผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์ นั้นๆ</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>a</math> คือค่าคงที่การเริ่มให้ผลผลิต</p> <p><math>c</math> คือค่าคงที่</p> <p><math>d</math> คือค่าเฉลี่ยของผลผลิตไข่(สัปดาห์)ตั้งแต่เริ่มให้ผลผลิตไข่จนถึงจุดสูงสุด</p> <p><math>b</math> คืออัตราการลดลงของผลผลิตไข่หลังจากให้ผลผลิตสูงสุด</p>

ตารางที่ 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง (ต่อ)

ชื่อตัวแบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ	คำอธิบายพารามิเตอร์
G-PF	Grossman. (2000)	$y_t$ $= r \left( \frac{y_p}{t_1 - t_2} \right) \left[ \ln \left( \frac{e^{t/r} + e^{t_1/r}}{1 + e^{t_1/r}} \right) - \ln \left( \frac{e^{t/r} + e^{t_2/r}}{1 + e^{t_2/r}} \right) \right]$ $+ rb_4 \ln \left( \frac{e^{t/r} + e^{t_2+p/r}}{1 + e^{t_2+p/r}} \right)$	<p><math>y_t</math> คือผลผลิตไข่ทำนาย ณ สัปดาห์นั้น</p> <p><math>t, t_1</math> และ <math>t_2</math> คือช่วงระยะเวลาเมื่อผลผลิตเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น</p> <p><math>e</math> คือค่าคงที่ <math>e</math></p> <p><math>\ln</math> คือ ล็อกการิทึมธรรมชาติ</p> <p><math>r</math> คือ ค่าคงที่ของการเปลี่ยนแปลง</p> <p><math>y_p</math> คือค่าคงที่ของระดับการเปลี่ยนแปลงของผลผลิต</p> <p><math>P</math> คือค่าคงทนของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>b_4</math> คือค่าคงที่ของอัตราการลดลงของผลผลิต</p>
G-PI	Grossman. (2000)	$y_t$ $= \left( \frac{y_p}{t_2} \right) t - r \left( \frac{y_p}{t_2} \right) \ln \left( \frac{e^{t/r} + e^{t_2/r}}{1 + e^{t_2/r}} \right)$ $+ rb_4 \ln \left( \frac{e^{t/r} + e^{t_2+P/r}}{1 + e^{t_2+P/r}} \right)$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ ช่วงสัปดาห์นั้น</p> <p><math>t</math> และ <math>t_2</math> คือ สัปดาห์ ณ ขณะที่กราฟมีเปลี่ยนแปลง</p> <p><math>e</math> คือค่าคงที่ <math>e</math></p> <p><math>\ln</math> คือ ล็อกการิทึมธรรมชาติ</p> <p><math>r</math> คือช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลง</p> <p><math>y_p</math> คือระดับของค่าผลผลิตไข่เฉลี่ย ณ จุดสูงสุด</p> <p><math>P</math> คือค่าคงทนของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>b_4</math> คืออัตราการลดลงของผลผลิตไข่</p>

ตารางที่ 2.1 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง (ต่อ)

ชื่อตัวแบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ	คำอธิบายพารามิเตอร์
G- CU	Grossman. (2001)	$y_t = 7k_1 \left[ 2 \ln \frac{(1 + e^t)}{2} - t \right] - 7(k_1 - k_2)$ $\left[ (1 + e^{-c_2}) \ln \left( \frac{e^{c_2} + e^t}{1 + e^{c_2}} \right) - t e^{-c_2} \right]$	<p><math>y_t</math> คือ ผลผลิตไข่ทำนาย ณ ช่วงสัปดาห์นั้น</p> <p><math>t</math> คือ สัปดาห์ของการให้ผลผลิตไข่</p> <p><math>e</math> คือ ค่าคงที่ <math>e</math></p> <p><math>\ln</math> คือ ล็อกการิทึมธรรมชาติ</p> <p><math>k_1</math> และ <math>k_2</math> คือค่าเฉลี่ย%สูงสุดในช่วงระยะเวลาการเพิ่มขึ้นและลดลงของผลิต</p> <p><math>c_2</math> คือค่าความคงทนของการให้ผลผลิตไข่(สัปดาห์)</p>





จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์กล่าวมาพบว่า มีการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์หลายรูปแบบ จากข้อมูลชุดเดียวกันและ/หรือใช้เพียงตัวแบบทางคณิตศาสตร์เดียวเพื่อทำนายข้อมูลที่ได้จากประชากรที่ต่างกัน ทั้งนี้ ความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงประชากรของแม่ไก่ และรูปแบบของการเก็บข้อมูล ทำให้ลักษณะของเส้นโค้งของการให้ไข่ มีการเปลี่ยนแปลง (Grossman, 2001) (ตารางที่ 2.2) แต่ความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์นั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละฝูงของประชากรนั้นซึ่งค่าพารามิเตอร์จะเป็นตัวกำหนดความเหมาะสม(ตามเกณฑ์ที่ได้กำหนด) และในการศึกษารุ่นนี้ จะเลือกทดสอบตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดที่รายงานใน ตารางที่ 2.1 ในการตรวจเอกสารทั้งนี้เนื่องจาก พบว่าลักษณะของกราฟ Adam – Bells Model แตกต่างจะตัวแบบทางคณิตศาสตร์อื่นโดยทั่วไป โดยการลดลงหลังจากช่วงผลผลิตไข่สูงสุดนั้น จะลดลงเป็นเส้นตรง (Lokshorst, 1996) และพารามิเตอร์ไม่ได้แสดงตามลักษณะทางชีวระของการให้ผลผลิตไข่ (Dogan N. et al., 2013) จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ Wood ได้ถูกใช้ในการประยุกต์การให้ผลผลิตน้ำนมในวัวนม (Wood, 1967) จากนั้น McNelly ได้ทำการปรับปรุงตัวแบบทางคณิตศาสตร์ Wood โดยการเพิ่มพารามิเตอร์  $d$  เพื่อใช้เป็นสัดส่วนของเวลาจนได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ McNelly ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ McMillan มีพื้นฐานมาจากการให้ผลผลิตไข่ในแมลงวันผลไม้ (Fruit Fly) จากนั้น Yang et al. (1989) ได้นำตัวแบบทางคณิตศาสตร์ McMillan มาดัดแปลงเพื่อโดยการเพิ่มพารามิเตอร์  $d$  เพื่อใช้เป็นตัวบอกลถึงความสมบูรณ์พันธุ์ และ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ Compartmental II เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ถึงคุณสมบัติทางยาที่ทางเภสัชที่บ่งบอกปริมาณความเข้มข้นในสิ่งมีชีวิตแต่ McMillan (1981) พบว่าสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการให้ผลผลิตไข่ของแมลงหวี่ (*drosophila melanogaster*)

ตารางที่ 2.2 ค่า  $R^2$  จากการทำนายผลผลิตไข่ด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในแม่ไก่สายพันธุ์ต่างๆ

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	$R^2$	ข้อมูล	สายพันธุ์	Ref.
1. $y_t = at^c e^{-bt}$ (Gamma function)	0.86-0.96	ระยะเวลา 12 เดือน	-	McNally., 1971
	0.95	ระยะเวลา 28 วันเริ่มจากไข่ฟองแรก	White Leghorns	Gavora et al., 1982
	0.83-0.93	50 สัปดาห์ที่ผลิตไข่	พันธุ์แท้สามสาย	McMillan et al., 1986
	0.69 (hen day)	21-72 สัปดาห์ของไข่	Beijing White Leghorns	Yang et al., 1989
	0.82 (hen housed)			
2. $y_t = at^c e^{-bt+dt^{\frac{1}{2}}}$ (Modification of Wood model)	0.94-0.99	ระยะเวลา 12 เดือน	-	McNally., 1971
3. $y_t = M(1 - e^{-c(t-d)})e^{-bt}$ (McMillan function)	0.73-0.95	โดยไม่คำนึงถึงระยะเวลา	-	Gavora et al., 1971
	0.95	ระยะเวลา 28 วันเริ่มจากไข่ฟองแรก	White Leghorns	Gavora et al., 1982
	0.97-0.99	50 สัปดาห์ที่ผลิตไข่	พันธุ์แท้สามสาย	McMillan et al., 1986
	0.95	รอบแรก	commercial Layer	Cason and Britton., 1988
	0.95 (hen day)	21-72 สัปดาห์ของไข่	Beijing White Leghorns	Yang et al., 1989
	0.95 (hen housed)			
	0.98	ถึง 450 วัน	-	Mielenz and Muller., 1991

ตารางที่ 2.2 ค่า  $R^2$  จากการทำนายผลผลิตไข่ด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในแม่ไก่สายพันธุ์ต่างๆ (ต่อ)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	$R^2$	ข้อมูล	สายพันธุ์	Ref.
4. $y_t = \frac{1}{0.01+ar^{(1-b)}} - c(t-d)$ (Algebraic function)	0.99	ระยะเวลา 12 เดือน	commercial layer	Cason and Britton., 1988
	0.98	ถึง 450 วัน	-	Mielenz and Muller., 1991
5. $y_t = A(e^{-bt} - e^{-xt})$ (Compartmental II model)	0.70-0.85	ระยะเวลา 30 สัปดาห์	-	McMillan., 1971
6. $y_t = m - kt$ (Post-peak of linear regression)	0.91	ระยะเวลา 28 วันเริ่มจากไข่ฟองแรก	White Leghorns	Gavora et al., 1982
	0.98-0.99	50 สัปดาห์ที่ผลิตไข่	พันธุ์แท้สามสาย	McMillan et al., 1986
	0.93	ถึง 450 วัน	-	Mielenz and Muller., 1991
7. $y_t = a(e^{-bt}) \left[ \frac{1}{(1+e^{c+dt})} \right]$ (Logistic model)	0.99	ระยะเวลา 12 เดือน	commercial Layer	Cason and Britton., 1988
8. $y_t = \frac{ae^{-bt}}{[1+e^{-c(1-d)}]}$ (Modification Compartmental Model)	0.98 (hen day) 0.99 (hen housed)	21-72 สัปดาห์ของไข่	Beijing White Leghorns	Yang et al., 1989
9. $y_t = a(1 - e^{-at^b})(e^{ct^d})$ (Gloor function)	1.00	ถึง 80 สัปดาห์โดยไม่ต้องผลิตขน	-	Gloor., 1997
10. Persistency Model (Flock)	0.997	ข้อมูลทั้งหมด (47 สัปดาห์)	-	Grossman., 2001
	0.991	ข้อมูลทั้งหมด (39 สัปดาห์)		
	0.997	ข้อมูลบางส่วน (22สัปดาห์)		
	0.992	ข้อมูลบางส่วน (22สัปดาห์)		

## 2.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว

เนื่องจากไก่พันธุ์ มทส. นั้น เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างไก่เนื้อและไก่ไข่ ผลผลิตไข่ที่ได้จึงมีความหลากหลายของจำนวนผลผลิตไข่เป็นอย่างมาก การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมจึงควรเป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการคัดเลือกรายตัวซึ่งจากการสำรวจพบว่าได้เสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในที่มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของ Grossman et al. (2000) และ Grossman et al. (2001) ได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการประเมินแม่ไก่เป็นรายตัว โดยมีการเก็บข้อมูล 2 แบบโดยใช้ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลแบบสะสมในช่วง 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ ดังแสดงตัวอย่างของข้อมูลใน (ตารางที่ 2.4) เนื่องจากงานทดลองต่างๆ มีการเก็บข้อมูลระยะสั้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์การคัดเลือก ลักษณะผลผลิตไข่ของการให้ไข่ตลอดปีได้ (Oni et al., 2007; McMillan et al., 1986; Grossman., 2000) และหาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการทำนายผลผลิตไข่ของแม่ไก่แบบรายตัว จากงานวิจัยของ Grossman (2000, 2001) ได้นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการคัดเลือกไก่แบบรายตัวดังแสดงในตารางที่ 2.3 โดยมีการเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ (แบบบวกสะสม) จะเก็บในรูปแบบ 1 wk 2wk และ 4 wk เป็นระยะเวลา 52 สัปดาห์ (ตารางที่ 2.4) โดยค่า Goodness of fit ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-PI (Grossman., 2000) มีค่า  $R^2$  อยู่ระดับปานกลาง คือ 0.3 – 0.7 และตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-W มีค่า  $R^2$  อยู่ระดับต่ำถึงปานกลาง คือ 0 – 0.5 ทั้งนี้ ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ 3 รูปแบบดังที่จะกล่าวได้บอกถึงความสัมพันธ์ต่างๆ ระหว่างพารามิเตอร์ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์กับค่าทางชีวภาพของการให้ผลผลิตไข่ตามที่แสดงใน ตารางที่ 2.3 อย่างไรก็ตาม และในปี 2001 Grossman ได้นำเสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU โดยเฉพาะ ซึ่งการให้ค่า Goodness of fit นั้นมีค่า 0.99 ทั้งในการเก็บข้อมูลของทั้งสามรูปแบบ

ตารางที่ 2.3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว

ชื่อตัว แบบ	เสนอโดย	รูปแบบสมการ
G-PI	Grossman. (2000)	$y_t = \left(\frac{y_p}{t_2}\right) t - r \left(\frac{y_p}{t_2}\right) \ln \left(\frac{e^{t/r} + e^{t_2/r}}{1 + e^{t_2/r}}\right) + rb_4 \ln \left(\frac{e^{t/r} + e^{t_2+P/r}}{1 + e^{t_2+P/r}}\right)$
G-W	Grossman. (2001)	$y_t = mk_1 \left(\frac{1 - e^{-t}}{1 + e^{-t}}\right) - m(k_1 - k_2) \left(\frac{1 - e^{-t}}{1 + e^{-(t-c_2)}}\right)$
G-CU	Grossman. (2001)	$y_t = 7k_1 \left[ 2 \ln \frac{(1 + e^t)}{2} - t \right] - 7(k_1 - k_2) \left[ (1 + e^{-c_2}) \ln \left(\frac{e^{c_2} + e^t}{1 + e^{c_2}}\right) - te^{-c_2} \right]$

หมายเหตุ :  $y_t$  คือ ผลผลิตไข่ ณ ช่วงสัปดาห์นั้น;  $t$ ,  $t_1$  และ  $t_2$  คือ สัปดาห์ ณ ขณะที่กราฟมีเปลี่ยนแปลง;  $r$  คือช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลง;  $y_p$  คือระดับของค่าผลผลิตไข่เฉลี่ย ณ จุดสูงสุด;  $P$  คือค่าคงทนของการให้ผลผลิตไข่;  $b_4$  คืออัตราการลดลงของผลผลิตไข่;  $m$  คือค่าสูงสุดของของผลผลิตไข่ในช่วงระยะเวลา (จำนวนวัน);  $k_1$  และ  $k_2$  คือค่าเฉลี่ย% สูงสุดในช่วงระยะเวลาการเพิ่มขึ้นและลดลงของผลผลิต;  $c_2$  คือค่าความคงทนของการให้ผลผลิตไข่(สัปดาห์)

ตารางที่ 2.4 รูปแบบการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลจำนวนผลผลิตไข่ของแม่ 3073 และแม่ไก่ 3127 ที่  
ช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ 2 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์

Week	Intervals						Week	Intervals					
	Hen 3073			Hen 3127				Hen 3073			Hen 3127		
	1	2	4	1	2	4		1	2	4	1	2	4
1	2			1			27	6			5		
2	6	8		2	3		28	6	12	23	5	10	22
3	4			6			29	5			6		
4	6	10	18	7	13	16	30	6	11		5	11	
5	6			6			31	4			4		
6	6	12		4	10		32	4	8	19	5	9	20
7	6			7			33	6			5		
8	7	13	25	7	14	24	34	6	12		6	11	
9	6			6			35	6			5		
10	7	13		7	13		36	6	12	24	6	11	22
11	6			7			37	5			6		
12	6	12	25	6	13	26	38	5	10		5	11	
13	6			6			39	6			6		
14	6	12		7	13		40	5	11	21	6	12	23
15	6			7			41	6			4		
16	6	12	24	7	14	27	42	5	11		6	10	
17	6			4			43	6			6		
18	6	12		6	10		44	5	11	22	5	11	21
19	6			6			45	5			5		
20	6	12	24	6	12	22	46	5	10		5	10	
21	7			6			47	5			5		
22	7	14		7	13		48	5	10	20	6	11	21
23	5			6			49	5			5		
24	6	11	25	6	12	25	50	5	10		6	11	
25	6			6			51	6			5		
26	5	11		6	12		52	5	11	21	6	11	22

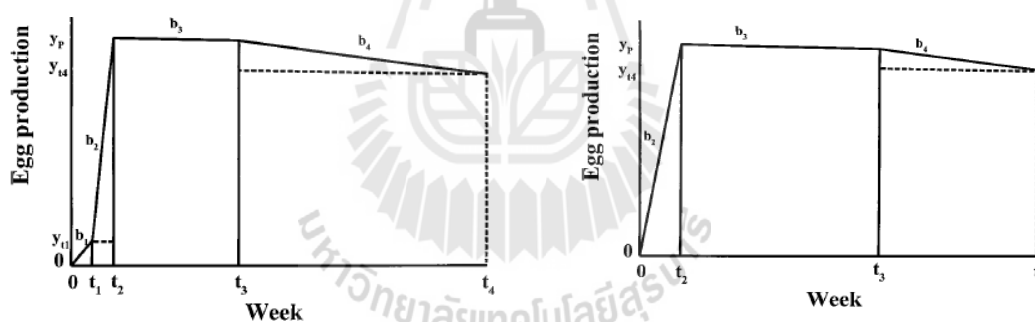
ที่มา : Grossman. (2000)

## 2.3 ความแตกต่างของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการทำนายต่อลักษณะผลผลิตไข่ในแม่ไก่แบบรายตัวและรายฝูง

Wolc et al., (2011) รายงานลักษณะของการให้ผลผลิตไข่ตลอดช่วงอายุ คือ กราฟของการให้ผลผลิต (Production Curve) ซึ่งรูปแบบของกราฟนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง

- ช่วงของความสมบูรณ์พันธุ์ (เริ่มให้ไข่ฟองแรกจนถึงให้ไข่สูงสุด)
- การเพิ่มของผลผลิตจนถึงการให้ผลผลิตสูงสุด (a production peak)
- การลดลงของการให้ผลผลิต (Persistency of production)

ซึ่งกราฟของผลผลิตไข่โดยทั่วไปจะมีรูปร่างที่คล้ายคลึงกัน (Anang and Indrijani., No Date) ซึ่งอัตราการให้ผลผลิตไข่เป็นลักษณะที่มีความสำคัญในไก่ไข่ เพราะเป็นตัวกำหนดจำนวนผลผลิตที่ให้ ณ เวลาหนึ่ง และลักษณะทั่วไปนั้นของกราฟการให้ไข่ในแต่ละฝูงนั้น โดยจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 8 หรือ 9 สัปดาห์ และจะลดลงในระดับที่ค่อนข้างคงที่จนถึงช่วงสุดท้ายของการให้ผลผลิต (North & Bell, 1990) แต่ในกราฟของแม่ไก่รายตัวนั้นการเพิ่มขึ้นของผลผลิตไข่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วใน 2 สัปดาห์แรก ของอายุการให้ไข่และลดลงอย่างช้าๆ



ภาพที่ 2.1 ลักษณะการให้ผลผลิตของไข่แบบฝูง (ซ้าย) และการให้ผลผลิตไข่แบบรายตัว (ขวา)

ที่มา: Grossman. (2000)

## 2.4 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตไข่

### 2.4.1 ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่ ระหว่างข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงกับผลผลิตไข่ทั้งหมด

สืบเนื่องจากการวิจัยทางด้านปรับปรุงพันธุ์จะพบปัญหาทางด้านงบประมาณที่ต้องใช้ในการวิจัย และระยะเวลาในการคัดเลือกเพื่อให้ได้ลักษณะผลผลิตไข่ที่เพิ่มขึ้นต่อรุ่นงานวิจัยของ Bohren B.B. (1970) ได้เสนอว่าการใช้ข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วง หรือข้อมูลผลผลิตไข่แบบบวกละสมสามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกแทนข้อมูลตลอดระยะเวลาของผลผลิต เพื่อลด

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและการเลี้ยง นอกจากนี้มีงานวิจัยที่แสดงข้อมูลสนับสนุน โดยพบว่าค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงกับข้อมูลผลผลิตไข่ตลอดระยะเวลาของการให้ผลผลิต มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูง (ตารางที่ 2.5)

ตารางที่ 2.5 ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่ ระหว่างข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงกับผลผลิตไข่ทั้งหมด

Reference	สายพันธุ์	สหสัมพันธ์	ผลผลิตไข่บางช่วงกับไข่ทั้งหมด*
Bohren B.B. (1970)	White Leghorn	0.59	EP 12 กับ EP 16
		0.96	EP 36 กับ EP 16
Oni et al. (2007)	Rhode Island Red strain	0.95	PP16 กับ AP 52
	A	0.89	PP20 กับ AP 52
		0.90	PP24 กับ AP 52
Luo et al. (2007)	Broiler dam line	0.43	M 1 กับ M 10
		0.57	M 2 กับ M 10
		0.72	M 3 กับ M 10
		0.86	M 4 กับ M 10
		0.95	M 5 กับ M 10
Anang A. et al. (2000)	White Leghorn	0.32	M 1 กับ M 12
		0.34	M 2 กับ M 12
		0.39	M 3 กับ M 12
		0.44	M 4 กับ M 12
		0.79	M 5 กับ M 12
		0.82	M 6 กับ M 12

หมายเหตุ : EP 12 EP 36 และ EP 16 = ผลผลิตไข่แบบบวกสะสมตั้งแต่ 1-2 3-6 เดือน และ 1-6 เดือน; PP16 PP20 และ PP24 = ข้อมูลเพียงบางช่วงของผลผลิตไข่ของสัปดาห์ที่ 16 20 และ 24; AP52 = ผลผลิตไข่ทั้งหมดรวม 52 สัปดาห์; M 1 2 3 4 5 10 และ 12 = เดือนของการให้ผลผลิตไข่เดือนที่ 1 2 3 4 5 10 และ 12 ตามลำดับ



พบว่ามีความสัมพันธ์ของ

- ข้อมูลผลผลิตไข่ในช่วงเดือนที่ 3 ถึง 6 ของ Bohren B.B., (1970)
- ข้อมูลผลผลิตไข่สะสมตั้งแต่ที่ 16 20 และ 24 สัปดาห์ (Oni et al., 2007)
- ข้อมูลผลผลิตไข่เดือนที่ 4 กับ 5 (Luo, 2007)
- ข้อมูลผลผลิตไข่เดือนที่ 5 กับ 6 (Anang A. et al., 2000)

กับผลผลิตไข่ทั้งหมด มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.8 – 0.9 ซึ่งพบว่าเป็นค่าสหสัมพันธ์ที่สูง จึงเป็นเหตุผลที่สนับสนุนถึงความสามารถในการใช้ข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วงในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมดได้และระยะเวลาของการเก็บข้อมูลผลผลิตไข่จนถึงเดือนที่มีความค่าสหสัมพันธ์กับผลผลิตไข่ทั้งหมด นอกจากนี้งานวิจัยของ Luo (2007) ได้สรุปว่าการคัดเลือกโดยที่ข้อมูลเพียงบางช่วงไม่ได้ทำให้ความก้าวหน้าทางพันธุกรรม (Genetic progress) เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลตลอดระยะเวลาของการให้ผลผลิต และมีการยอมรับอย่างกว้างขวางในการใช้การคัดเลือกด้วยข้อมูลบางช่วงทำให้ได้ พ่อและแม่พันธุ์รุ่นต่อไปที่ยังมีประสิทธิภาพ (Samarai et al., 2008) โดยใช้ข้อมูลที่ไม่เกิน 20 – 24 สัปดาห์ หลังจากที่แม่ไก่เริ่มเข้าสู่ช่วงสมบูรณ์พันธุ์ (เริ่มให้ไข่ฟองแรก) จึงทำให้สามารถเพิ่มความรวดเร็วในการคัดเลือกได้

#### 2.4.2 ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่เดือนที่ต่อเนื่องและระหว่างคู่เดือนที่ต่อเนื่องกัน

การใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลผลิตไข่ จะยึดเอารูปแบบของกราฟเป็นหลัก โดยจะใช้ลักษณะของการทำนายข้อมูลของกราฟการให้ผลผลิตไข่ช่วงที่จะลดลง (Savegnago et al., 2011) ซึ่งเป็นส่วนของข้อมูลที่สำคัญในการกำหนดทิศทางของการให้ผลผลิตไข่ต่อไป ดังที่แสดงในตารางที่ 2.6 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่ในเดือนที่ต่อเนื่องกัน และผลผลิตไข่เดือนต่างๆ กับเดือนสุดท้าย มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงคืออยู่ในช่วง 0.8 – 0.9 นอกจากนี้งานวิจัยของ Ning Y.(1990) และ Nordskog et al.(1967) ได้สรุปไว้ว่า ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมที่ได้จากการทำนายและการเก็บข้อมูลไม่มีความแตกต่างกัน และงานวิจัย Morris (1963) พบว่า ผลของการคัดเลือกด้วยชุดข้อมูลผลผลิตไข่เพียงบางช่วง สามารถที่จะเพิ่มผลผลิตไข่และสามารถลดระยะเวลาการให้ผลผลิตไข่สุดท้ายได้ อย่างไรก็ตาม Gowe and Stain ได้พบว่าการคัดเลือกด้วยชุดข้อมูลเพียงบางส่วนไม่มีความน่าเชื่อถือเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ชุดข้อมูลไข่ทั้งหมด และสำหรับ Muir (1990) ได้สรุปไว้ว่า การใช้จำนวนชุดข้อมูลที่น้อยเกินไปและไม่ครอบคลุมถึงค่าคงทนของการให้ผลผลิตไข่ที่มากพอ จะมีผลในทางลบกับข้อมูลหลังการให้ผลผลิตไข่สูงสุด และสอดคล้องกับการใช้ข้อมูลผลผลิตไข่ที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า  $R^2$  สูงขึ้นตามจำนวนข้อมูล ซึ่งปัจจุบันมีผู้เสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อ

ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งแบบรายฝูงและการทำนายผลผลิตไข่เป็นรายตัว ดังที่จะได้กล่าวต่อไป

ตารางที่ 2.6 ค่าสหสัมพันธ์ของผลผลิตไข่เดือนที่ต่อเนื่องและระหว่างคู่เดือนที่ต่อเนื่องกัน

Reference	Breed	Correlation	ผลผลิตไข่
Oni et al. (2007)	Rhode Island Red strain A	1.00	PP16 กับ PP 20
		0.99	PP20 กับ PP24
		0.90	PP24 กับ AP 52
Luo et al. (2007)	Broiler dam line	0.95	M 5 กับ M 6
		0.97	M 6 กับ M 7
		0.95	M 7 กับ M 8
		0.90	M 8 กับ M 9
		0.85	M 9 กับ M 10
		0.92 – 0.99 <sup>a</sup>	W1 ถึง W40
Anang et al. (2000)	White Leghorn	0.74	M 6 กับ M 7
		0.88	M 7 กับ M 8
		0.91	M 8 กับ M 9
		0.98	M 9 กับ M 10
		0.98	M 10 กับ M 11
		0.98	M 11 กับ M 12
		0.76 – 1.00 <sup>b</sup>	M1 ถึง M12

หมายเหตุ : PP16 PP20 และ PP24 = ข้อมูลเพียงบางช่วงของผลผลิตไข่ของสัปดาห์ที่ 16 20 และ 24; AP52 = ผลผลิตไข่ทั้งหมดรวม 52; M 1 2 3 4 5 10 และ 12 = เดือนของการให้ผลผลิตไข่เดือนที่ 1 2 3 4 5 10 และ 12; <sup>a</sup> ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลผลผลิตไข่ ระหว่างสัปดาห์ที่ติดกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 4 7 10 13 16 19 22 25 28 31 34 37 40; <sup>b</sup> ค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลผลผลิต ระหว่างเดือนที่ติดกัน ตั้งแต่เดือนที่ 1 – 12

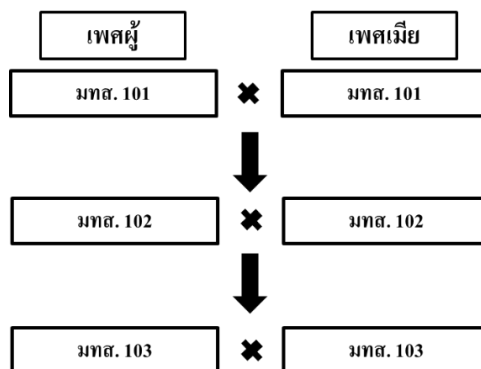
### บทที่ 3

## วิธีดำเนินงานวิจัย

#### 3.1. สัตว์ทดลองและการเก็บข้อมูล

ในการวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการให้ผลผลิตไข่จากแม่ไก่สายพันธุ์ มทส.101, 102 และ 103 โดยแต่ละสายพันธุ์มีที่มาจากภาพที่ 3.1 ดังนี้

- ไก่ มทส. 101 เพศเมียจำนวน 273 ตัว ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์ไก่เนื้อสายพันธุ์การค้ำ (ใช้จำนวน 60 ตัว) ผสมพันธุ์กับแม่ไก่ไข่สายพันธุ์การค้ำ (จำนวน 300 ตัว) โดยใช้วิธีการผสมเทียม และจดบันทึกทำพันธุ์ประวัติข้อมูลกลุ่มผสมของไก่ มทส.
- ไก่ มทส. 102 เพศเมียจำนวน 111 ตัว ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์ มทส. 101 ผสมพันธุ์กับแม่ มทส.101 โดยใช้วิธีการผสมในรุ่นเดียวกัน (Inter se mating) ด้วยวิธีการผสมเทียม และเลือกผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating) และจดบันทึกทำพันธุ์ประวัติข้อมูลกลุ่มผสมของไก่ มทส.
- ไก่ มทส. 103 เพศเมียจำนวน 432 ตัว ซึ่งได้จากการผสมพันธุ์ระหว่างพ่อพันธุ์ มทส. 102 ผสมพันธุ์กับแม่ มทส.102 โดยใช้วิธีการผสมในรุ่นเดียวกัน (Inter se mating) ด้วยวิธีการผสมเทียม และเลือกผสมพันธุ์แบบสุ่ม (random mating) และจดบันทึกทำพันธุ์ประวัติข้อมูลกลุ่มผสมของไก่ มทส.



ภาพที่ 3.1 แผนภาพการผสมพันธุ์ของไก่ มทส. ด้วยวิธีการผสมพันธุ์ในชั่วรุ่นและพันธุ์เดียวกัน (Inter se mating)

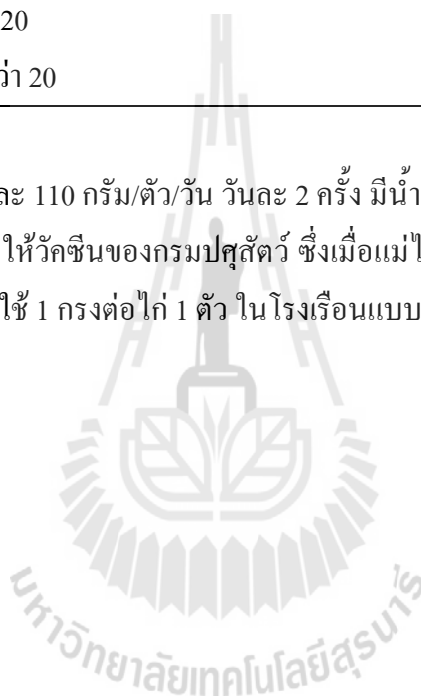
### 3.2 การให้อาหารและการจัดการไก่ มทส.

สัตว์ทดลองที่ใช้ในการวิจัยนี้มีการเลี้ยงดูโดยให้อาหารที่มีปริมาณโปรตีน ในแต่ละช่วงอายุของไก่อ้างแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณการให้อาหารสำหรับแต่ละช่วงอายุของแม่ไก่

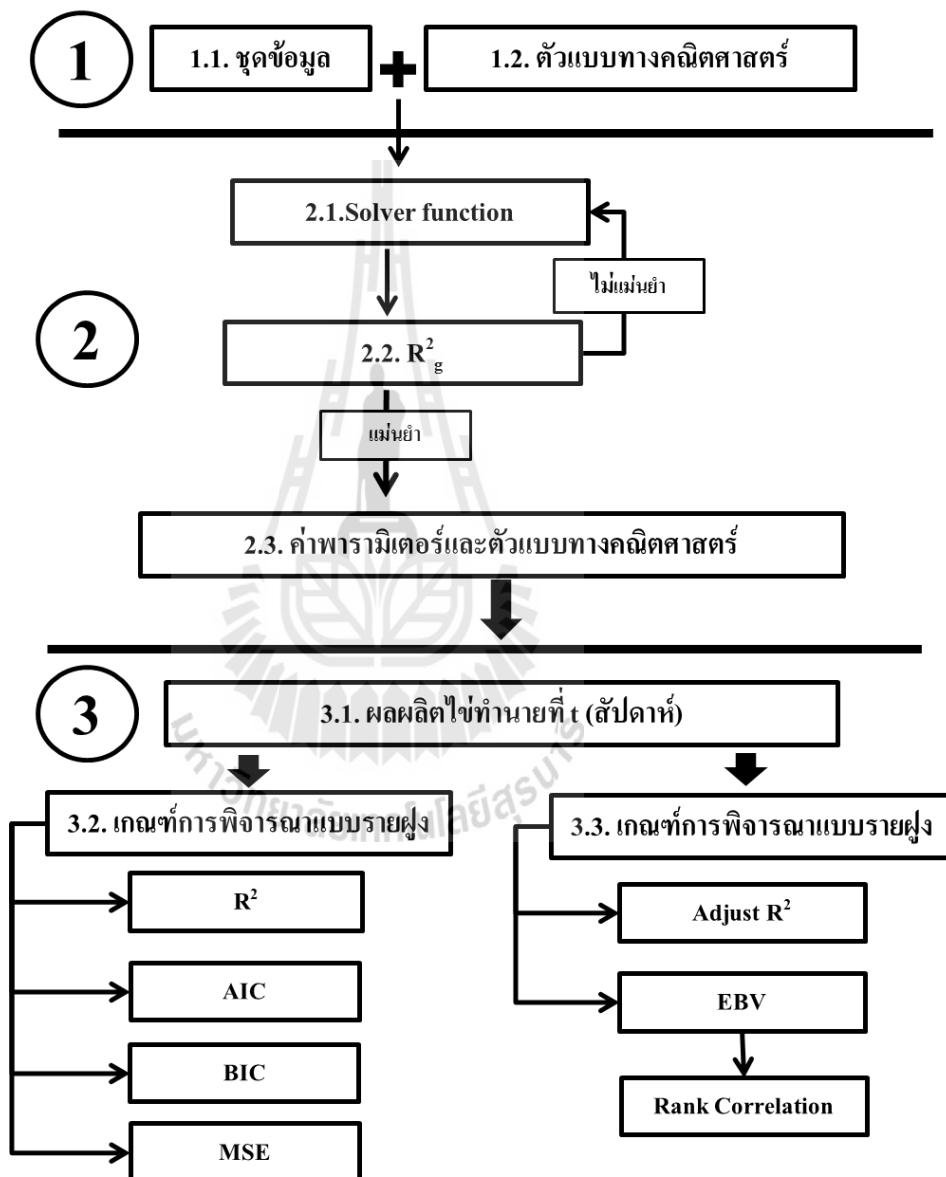
ช่วงอายุของไก่ (สัปดาห์)	ปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า (%)
0 – 5	17.5
6 – 20	15
มากกว่า 20	15

โดยให้อาหารวันละ 110 กรัม/ตัว/วัน วันละ 2 ครั้ง มีน้ำสะอาดให้กินตลอดวัน และทำการป้องกันโรคตามโปรแกรมให้วัคซีนของกรมปศุสัตว์ ซึ่งเมื่อแม่ไก่อายุได้ 17 สัปดาห์ จะต้องย้ายไก่ขึ้นกรงตับ โดยกำหนดให้ใช้ 1 กรงต่อไก่ 1 ตัว ในโรงเรือนแบบเปิด



### 3.3 วิธีการเก็บข้อมูลและการทดสอบทางสถิติ

การเก็บข้อมูลและการทดสอบข้อมูลทางสถิติสำหรับการหาความเหมาะสมในการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลผลิตไข่ของไก่มทส. ด้วยชุดข้อมูลที่แตกต่างกันนั้น มีวิธีการทดสอบและรายละเอียด ตามขั้นตอนดังที่แสดงในภาพที่ 3.2 ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3.2 แผนผังแสดงวิธีการเก็บข้อมูลและการทดสอบทางสถิติ

**1. การเก็บข้อมูล** การเก็บข้อมูลผลผลิตไข่ของไก่มทส. ทำการเก็บจำนวนไข่รายตัวทุกวัน จนถึงอายุของแม่ไก่ที่ 72 สัปดาห์ ทั้งนี้การเริ่มนับสัปดาห์แรกของข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย ( $t = 1$  ในทุกตัวแบบทางคณิตศาสตร์) แตกต่างกันไปดังนี้

- ผลผลิตไข่แบบรายฝูง จะเริ่มนับ  $t = 1$  เมื่ออายุของฝูงไก่มทส. ให้ผลผลิตไข่ที่ 5% โดยเฉลี่ย เมื่อ  $t$  คืออายุการให้ผลผลิตไข่
- ผลผลิตไข่แบบรายตัว จะเริ่มนับ  $t = 1$  หลังจาก 7 วันเมื่อให้ไข่ฟองแรก เมื่อ  $t$  คืออายุการให้ผลผลิตไข่

### 1.1) การเก็บข้อมูลสำหรับการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่

ในการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับแบบรายฝูงนั้น ใช้ประชากรเป็นผลผลิตไข่จากแม่ไก่มทส. 3 ชั่วรุ่น ได้แก่ มทส. 101 มทส. 102 และ มทส.103

ในการศึกษาตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับแบบรายตัวนั้น ใช้ประชากรเป็นผลผลิตไข่จากแม่ไก่มทส. จำนวน 384 ตัว โดยมีขั้นตอนดังนี้

- แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 7 ชุด ได้แก่ Data 20 Data 24 Data 28 Data 32 Data 36 Data 40 และ Data 45 สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายสัปดาห์ ตามตารางที่ 2.1 โดยลักษณะของข้อมูลผลผลิตไข่จะแปลงในรูปของผลผลิตไข่เฉลี่ย/ตัว/สัปดาห์
- แบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 7 ชุด ได้แก่ CU20 CU24 CU28 CU32 CU36 CU 40 และ CU45 (ตารางที่ 3.3) สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบบวกระยะตามตารางที่ 2.3

#### การใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายฝูงและรายตัว

ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่ใช้สำหรับการทำนายด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายฝูง จะประกอบด้วยชุดข้อมูลจำนวน 7 ชุดข้อมูลตามตารางที่ 3.2 สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายสัปดาห์และตามตารางที่ 3.3 สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบบวกระยะ (G-CU) ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่ใช้สำหรับการทำนายด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว จะประกอบด้วยชุดข้อมูลที่แตกต่างกันจำนวน 6 ชุดข้อมูลตามตารางที่ 3.2 สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายสัปดาห์ยกเว้น Data 45 และตามตารางที่ 3.3 สำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลผลผลิตไข่แบบบวกระยะ (G-CU) ยกเว้น CU 45

ทั้งนี้เนื่องจากไก่มทส. เป็นไก่ลูกผสมที่เกิดจากการใช้พ่อแม่เนื้อและแม่ไก่ไข่ทางการค้า ไก่ลูกผสมที่สมควรมีคุณสมบัติลักษณะของการเป็นแม่พันธุ์ซึ่งแม่พันธุ์ไก่เนื้อทางการค้าต่างๆ จะมี

ช่วงระยะเวลาของการให้ผลผลิตไข่ประมาณ 40 สัปดาห์ (รุจิรา. 2556) ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจึงใช้เป็นค่ามาตรฐานในการทดสอบไก่มทส. (ไก่ลูกผสม) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากลักษณะของการเก็บข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายฝูงมีความแปรปรวนของอายุการให้ผลผลิตไข่ฟองแรก จึงทำการเก็บข้อมูลของช่วงการให้ผลผลิตไข่เป็นระยะเวลา 45 สัปดาห์

ตารางที่ 3.2 ชุดข้อมูลผลผลิตไข่และความหมายแบบรายสัปดาห์

ชุดข้อมูล	ความหมาย
Data 20	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 20$
Data 24	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 24$
Data 28	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 28$
Data 32	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 32$
Data 36	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 36$
Data 40	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 40$
Data 45	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ ถึง $t = 45$

ตารางที่ 3.3 ชุดข้อมูลผลผลิตไข่และความหมายแบบบวกระยะ

ชุดข้อมูล	ความหมาย
CU 20	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 20$
CU 24	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 24$
CU 28	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 28$
CU 32	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 32$
CU 36	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 36$
CU 40	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 40$
CU 45	ใช้ผลผลิตไข่จาก $t = 1$ บวกระยะถึง $t = 45$

## 1.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงและรายตัว

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการใช้สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงและรายตัวในตารางที่ 3.4 และเลือกชุดข้อมูลผลผลิตไข่ตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 เพื่อนำมาใช้ในการทำนายผลผลิตไข่สัปดาห์ที่ต้องการ  $t$  สัปดาห์ (เมื่อ  $t$  เท่ากับ 1 ถึง 45 สัปดาห์ สำหรับรายฝูง และเมื่อ  $t$  เท่ากับ 1 ถึง 40 สัปดาห์ สำหรับรายตัว)

ตารางที่ 3.4 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่สำหรับการทำนายแบบรายฝูงและแบบรายตัวด้วยลักษณะของชุดข้อมูลผลผลิตไข่

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	การทำนายผลผลิตไข่	ลักษณะชุดข้อมูล
AB	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
W	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
MN	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
COM	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
Y	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
L	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
G-PI	รายฝูง รายตัว	แบบรายสัปดาห์
G-PF	รายฝูง	แบบรายสัปดาห์
G-W	รายตัว	แบบรายสัปดาห์
G-CU	รายฝูง รายตัว	แบบบวกลบสะสม

หมายเหตุ : ลักษณะเชิงกราฟที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์

## 2. การทดสอบทางสถิติ

### 2.1 Solver Function

ใช้ Solver Function ในโปรแกรม Microsoft excel เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับคำนวณค่า Coefficient ของแต่ละตัวแบบทางคณิตศาสตร์โดยมีลักษณะการทำงานดังต่อไปนี้

- นำชุดข้อมูลผลผลิตไข่แต่ละชุดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 มาทดสอบในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (ตารางที่ 3.4) สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการทำซ้ำทางคณิตศาสตร์ (Solver function) แล้ว 1 ชุดข้อมูลผลผลิตไข่จะให้ค่า  $R^2$  ตามที่แสดงในสมการที่ 1 มา 1 ค่าสำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทดสอบ และค่าพารามิเตอร์ 1 ชุดพารามิเตอร์จากตัวแบบทาง



คณิตศาสตร์ที่ได้ใช้ในการทดสอบ (นั่นคือ 1 ชุดข้อมูลในตารางที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.3 จะได้ค่า  $R_g^2$  จำนวน 10 ค่า และ 10 ชุดพารามิเตอร์ จาก 10 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ตามตารางที่ 3.4 สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง)

- นำชุดข้อมูลผลผลิตไข่แต่ละชุดตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 มาทดสอบในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (ตารางที่ 3.4) สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการทำซ้ำทางคณิตศาสตร์ (Solver function) แล้ว 1 ชุดข้อมูลผลผลิตไข่จะให้ค่า  $R_g^2$  ตามที่แสดงในสมการที่ 5 มา 1 ค่าสำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทดสอบ และค่าพารามิเตอร์ 1 ชุดพารามิเตอร์จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้ใช้ในการทดสอบ (นั่นคือ 1 ชุดข้อมูลในตารางที่ 3.2 และ ตารางที่ 3.3 จะได้ค่า  $R_g^2$  จำนวน 3 ค่า และ 3 ชุดพารามิเตอร์ จาก 3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ตามตารางที่ 3.4 สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว)

## 2.2 ค่า Coefficient of determination ( $R^2$ , $R_g^2$ , Ad $R^2$ )

Coefficient of determination หรือค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในการทำนายหาความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

$R_g^2$  คือค่าความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยความแม่นยำที่ได้จะต้องเป็นค่าที่สูงที่สุดที่เกิดจากการนำชุดข้อมูลผลผลิตไข่จริงไปทำการประมาณหาค่าพารามิเตอร์ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยผลผลิตไข่ทำนายที่ได้ควรใกล้เคียงกับผลผลิตไข่จริงมากที่สุด เมื่อมีจำนวนผลผลิตไข่และผลผลิตไข่ (สัปดาห์) ที่เท่ากัน

$R^2$  คือความแม่นยำของผลผลิตไข่ทำนายที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านการประเมินความแม่นยำ ( $R_g^2$ ) และแทนค่าพารามิเตอร์ลงในตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายผลผลิตไข่ t สัปดาห์ต่างๆใช้งานในกรณีตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง โดยความแม่นยำที่เกิดขึ้นเกิดจากชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่ทำนายจำนวน 45 สัปดาห์ และ 40 สัปดาห์

Ad  $R^2$  คือความแม่นยำของผลผลิตไข่ทำนายที่ได้จากค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านประเมินความแม่นยำ ( $R_g^2$ ) และแทนค่าพารามิเตอร์ลงในตัวแบบทางคณิตศาสตร์แล้วทำนายผลผลิตไข่ ณ สัปดาห์ต่างๆ ในกรณีการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัว

### 2.3 ชุดพารามิเตอร์และตัวแบบทางคณิตศาสตร์

เมื่อได้ชุดพารามิเตอร์ที่มีความแม่นยำแล้วนำชุดพารามิเตอร์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 กลับไปแทนค่าในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ทำการทดสอบ (ขั้นตอนที่ 2) โดยการแทนค่าครั้งนี้จะใช้เปรียบเทียบกับชุดข้อมูลผลผลิตไข่ทั้งหมด 45 สัปดาห์สำหรับรายฝูง และชุดข้อมูลผลผลิตไข่ทั้ง 40 สัปดาห์สำหรับแบบรายตัว เพื่อให้ทราบความแม่นยำ (โดยใช้เกณฑ์ค่า  $R^2$ )

### 3. เกณฑ์ที่ใช้วัดระดับความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์

การตัดสินความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายฝูงจะใช้ค่า  $R^2$  AIC BIC และ MSE โดยค่า  $R^2$  ต้องมีค่าเข้าสูงที่สุด คือเข้าใกล้หนึ่ง ค่า AIC และ BIC ต้องมีค่าน้อยที่สุด และค่า MSE ต้องมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

การตัดสินความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัวจะใช้ค่า  $Ad R^2$  และ ค่า Rank correlation ของผลผลิตไข่ทำนายและผลผลิตไข่จริง โดยค่า  $Ad R^2$  ต้องมีค่าเข้าสูงที่สุด คือเข้าใกล้หนึ่ง และค่า Rank correlation ต้องมีค่าสูงที่สุดคือ มากกว่า 0.8 ขึ้นไป

#### 3.1 ผลผลิตไข่ที่ทำนาย ที่ t สัปดาห์

ผลผลิตไข่ที่ทำนายเป็นผลที่ได้จากการใช้ชุดพารามิเตอร์ที่แม่นยำจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เลือกตามขั้นตอนที่ 2.3 โดยการใช้ชุดพารามิเตอร์แทนค่าลงในตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะได้ผลผลิตไข่สัปดาห์ที่ต้องการ t สัปดาห์ (เมื่อ t เท่ากับ 1 ถึง 45 สัปดาห์ สำหรับรายฝูง และเมื่อ t เท่ากับ 1 ถึง 40 สัปดาห์ สำหรับรายตัว) จากนั้น ผลผลิตไข่ที่ทำนายได้จะถูกนำไปพิจารณาความเหมาะสมสำหรับตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จะแยกออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีแบบรายฝูงและกรณีแบบรายตัวซึ่งใช้เกณฑ์การพิจารณาแตกต่างกันดังนี้

#### 3.2 เกณฑ์การพิจารณาแบบรายฝูง

ข้อมูลผลผลิตไข่ที่ได้จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนที่ 3.1 จำนวน 45 สัปดาห์ และข้อมูลผลผลิตไข่ทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง มาเปรียบเทียบหาความเหมาะสม โดยสำหรับการศึกษาความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ของแม่ไก่แบบรายฝูงนั้น จะใช้เกณฑ์พิจารณา 4 เกณฑ์ดังนี้

**เกณฑ์ที่ 1.** Coefficient of Determination ( $R^2$ ) ซึ่งมีนิยามดังนี้ (Kaps and Lamberson, 2004)

$$\frac{SS_{REG}}{SS_{TOT}} = R^2 = 1 - \frac{SS_{RES}}{SS_{TOT}} = 1 - \frac{\sum(y - \hat{y})^2}{\sum(y)^2 - \frac{\sum(y^2)}{n}} \quad (1)$$

โดยที่  $SS_{REG}$  = ผลบวกกำลังสองของค่าทำนายที่เบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยทั้งหมดของตัวแปรจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ถดถอย;  $SS_{RES}$  = การคำนวณค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน;  $SS_{TOT}$  = ผลบวกกำลังสองของค่าสังเกตแต่ละค่าที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยทั้งหมด;  $n$  = จำนวนสัปดาห์;  $y$  = ผลผลิตไข่จริง;  $\hat{y}$  คือผลผลิตไข่ทำนาย การได้ชุดพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดค่า  $R^2$  สูงสุดด้วยฟังก์ชัน Solver ใน Microsoft Excel 2010 (Brown. A.M., 2000)

**เกณฑ์ที่ 2.** เกณฑ์อาไคอะ (Akaike's information criterion : AIC) ( Akaike, 1973) ซึ่งสร้างจากการประมาณความแปรปรวนของข้อสนเทศคูลแบ็ค-ไลเบอร์ (Kullback Leibler Information) ที่มีสมบัติไม่เอนเอียงเมื่อขนาดตัวอย่างใหญ่ การคัดเลือกตัวแบบโดยใช้เกณฑ์ AIC เลือกตัวแบบที่ให้ค่า AIC ต่ำสุด เป็นตัวแบบที่ใช้ในการอธิบายตัวแปรตามได้ และเกณฑ์ AIC คัดเลือกตัวแบบได้ดีเมื่อตัวอย่างมีขนาดใหญ่ เนื่องจากเกิดความผิดพลาดที่คัดเลือกตัวแบบที่มีตัวแปรอิสระจำนวนมากเกินความจำเป็นมีความเป็นไปได้สูง เกณฑ์AIC นิยามดังนี้

$$AIC = n \ln(MSE/n) + 2k \quad (2)$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนค่าสังเกต;  $k$  คือ จำนวนพารามิเตอร์;  $\ln$  = natural logarithm; MSE คือ ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อน (Sum of squared error).

**เกณฑ์ที่ 3.** เกณฑ์ BIC (Bayesian Information Criteria : BIC) Sawa (1978) ได้พัฒนาเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบ ที่ได้มาจากการดัดแปลงแบบเบส์ของเกณฑ์ AIC เรียกว่า เกณฑ์ข้อสนเทศของเบส์ (Bayesian Information Criteria : BIC) ซึ่งเกณฑ์ BIC การคัดเลือกตัวแบบของเกณฑ์ BIC (AIC) คือตัวแบบที่ให้ค่า BIC (AIC) ต่ำสุด จะเป็นตัวแบบที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการคัดเลือกตัวแบบแต่ละครั้งเกณฑ์ AIC (BIC)จะคัดเลือกตัวแบบได้ถูกต้องถ้าตัวแบบที่ได้มีค่า MSE ต่ำสุด เนื่องจาก MSE เป็นตัวแปรต้นที่กำหนดค่าของ AIC และ BIC (บุญจิรา,2545) โดยมีสูตรดังนี้

$$BIC = n \ln(MSE/n) + k \ln(n) \quad (3)$$

เมื่อ  $n$  = จำนวนค่าสังเกต;  $k$  คือ จำนวนพารามิเตอร์;  $\ln$  = natural logarithm; MSE คือ ผลรวมของค่าความคลาดเคลื่อน (Sum of squared error).

**เกณฑ์ที่ 4.** Mean Squared Error แสดงถึงปริมาณความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของผลผลิตไข่

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m (y_{it} - \hat{y}_{it})^2}{nm - p} \quad (4)$$

เมื่อ  $y_{it}$  และ  $\hat{y}_{it}$  คือค่าสังเกตที่ได้จากการทดลอง และค่าสังเกตที่ได้จากการทำนาย, ตามลำดับ เมื่อ  $i$  คือเวลา ณ สัปดาห์นั้นๆ ของการให้ผลผลิตไข่;  $n$  คือจำนวนของสัตว์ทดลอง(แม่ไก่);  $m$  คือจำนวนสัปดาห์ทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ;  $p$  คือจำนวนพารามิเตอร์ในตัวแทนทางคณิตศาสตร์

### 3.3 เกณฑ์การพิจารณาแบบรายตัว

ข้อมูลผลผลิตไข่ที่ได้จากตัวแทนทางคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนที่ 3.1 จำนวน 40 สัปดาห์ และข้อมูลผลผลิตไข่ทั้งหมดที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริง มาเปรียบเทียบหาความเหมาะสม โดยการศึกษาความเหมาะสมของตัวแทนทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ของแม่ไก่แบบรายตัวนั้น จาก Grossman. (2000) และ Grossman. (2001) ที่ได้นำเสนอตัวแทนทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวนั้น จะใช้เกณฑ์พิจารณาเพียง 1 เกณฑ์ ได้แก่ Adjust  $R^2$  ( $Ad R^2$ )

$$Ad R^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - p - 1} = R^2 - (1 - R^2) \frac{p}{n - p - 1} \quad (5)$$

เมื่อ  $R^2$  คือค่า Coefficient of Determination ที่ได้จากสมการที่ 1 ;  $n$  คือจำนวนข้อมูลผลผลิตไข่ที่ใช้ในการทำนาย (สัปดาห์);  $p$  คือ จำนวนพารามิเตอร์จากตัวแทนทางคณิตศาสตร์

นอกจากนั้นกรณีแบบรายตัวนี้มีเป้าหมายที่จะแสดงผลผลิตที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ในเชิงพันธุกรรมของไก่มทส. อีกด้วย ซึ่งตัวแบบทางสถิติที่เกี่ยวข้องได้แก่ ตัวแบบทางสถิติ Single trait animal model (สมการที่ 6) และใช้วิธี Restricted maximum likelihood; REML ด้วยโปรแกรม BLUPF90 version 2.5 (Duangjinda, Misztal and Tsurata, 2005)

$$y = X\beta + Z\alpha + \varepsilon \quad (6)$$

โดยมี Variance และ Covariance component ดังนี้

$$V \begin{bmatrix} \alpha \\ \varepsilon \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

โดยที่  $y$  เป็นค่าสังเกตของผลผลิตไข่  $X\beta$   $\alpha$  และ  $\varepsilon$  เป็นเวกเตอร์ของค่าสังเกตของลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตไข่ ค่าอิทธิพลคงที่ เวกเตอร์ของอิทธิพลสุ่มที่เป็น Additive effect ของ Vector ของอิทธิพลสุ่มที่เป็น Error ตามลำดับ ส่วน  $X$  และ  $Z$  เป็น Incident matrix ของอิทธิพลคงที่ อิทธิพลแบบสุ่มของตัวสัตว์ ส่วน  $A$  และ  $I$  เป็น Matrix ที่แสดงความสัมพันธ์ของสัตว์ในประชากร และเป็น Identity matrix ตามลำดับ และ  $\sigma_a^2$ ,  $\sigma_e^2$  เป็นค่าความแปรปรวนของ Additive effect และ Error ตามลำดับ

ในการนี้ ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะถูก นำไปเปรียบเทียบลำดับของค่า EBV และ ลักษณะปรากฏของชุดข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายตัว ด้วยวิธี Spearman rank correlation coefficient (Kaps and Lamberson, 2004) ดังแสดงในสมการที่ 8 ที่ได้จากตัวแบบทั้งสอง ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for windows version 16 (SPSS Inc., Chicago, IL) คำนวณจากสูตร (Kaps and Lamberson, 2004)

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \quad (8)$$

เมื่อ  $r_s$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน  
 $D$  คือผลต่างของอันดับที่ของข้อมูลค่า EBV แต่ละคู่  
 $N$  คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ทั้งแบบรายตัวและรายฝูงของแม่ไก่มทส. ด้วยชุดข้อมูลต่างๆ ตามตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 พบว่าการทดสอบเป็นไปตามสมมุติฐาน กล่าวคือ มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่ทั้งแบบรายตัวและรายฝูงของแม่ไก่มทส. โดยใช้เกณฑ์วัดต่างๆ ดังแสดงในบทที่ 3

ในกรณีของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง พบว่ามีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้แก่ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L อย่างไรก็ตามเมื่อใช้ตัวแบบเหล่านี้ในการทำนายผลผลิตไข่ของไก่ มทส. ในรุ่นถัดไป กลับพบว่าตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำนายผลผลิตไข่ของไก่มทส. กลับเปลี่ยนแปลงไปรายละเอียดต่างๆจะกล่าวต่อไป

ส่วนในกรณีของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวนั้น พบว่าการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU มีความเหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากค่าความแม่นยำ ( $Ad R^2$ ) และค่า Rank correlation จากค่า EBV ที่ได้จากข้อมูลผลผลิตไข่ทำนายและข้อมูลผลผลิตไข่จริง

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจำนวนข้อมูลที่นำมาใช้ในการทำนาย โดยมุ่งเน้นที่จะใช้จำนวนข้อมูลที่น้อยที่สุดที่จะทำให้การทำนายมีความแม่นยำ ทั้งนี้เพื่อการลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตไข่จริง ซึ่งในกรณีใช้จำนวนชุดข้อมูลทั้งหมด 6 ชุดข้อมูล พบว่าจำนวนชุดข้อมูลที่น้อยที่สุด คือ 24 สัปดาห์ที่สามารถใช้ในการทำนายและมีความแม่นยำที่สุด

อย่างไรก็ตามเป้าหมายของการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว ใช้เพื่อการคัดเลือกแม่ไก่มทส. โดยการทดสอบ Rank correlation ของค่า EBV ระหว่างผลผลิตไข่จริงเทียบกับผลผลิตไข่ทำนาย ด้วยจำนวนชุดข้อมูลต่างๆ พบว่าการใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่ 28 สัปดาห์ ให้ค่า Rank correlation มากกว่า 0.86 ทั้ง 3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไป

#### 4.1 การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงในไก่มทส.

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยการใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์ในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมด (45 สัปดาห์) พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนชุดข้อมูลผลผลิตไข่คือการเปลี่ยนช่วงของไก่มทส. ทั้ง 3 ช่วง (มทส. 101 102 และ 103) พบว่าลำดับของค่าความแม่นยำ ( $R^2$ ) ของตัวแบบคณิตศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึง 5 อันดับแรกของการจัดอันดับ พบว่ามีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L มีความเหมาะสมในการทำนายผลผลิตไข่ของไก่มทส. ทั้ง 3 ช่วง (ตารางที่ 4.1) โดยเกณฑ์การพิจารณาตัวแบบฯ AIC BIC และ MSE สอดคล้องกันกับค่าความแม่นยำ ( $R^2$ ) โดยความแม่นยำที่สูงสามารถเกิดขึ้นได้จาก 2 ปัจจัยคือ 1. ชุดพารามิเตอร์ของฟังก์ชันในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเชิงกราฟ และ 2. ลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ จะต้องมีความสอดคล้องกันซึ่งจะทำให้ค่าความแม่นยำมีค่าเข้าใกล้ 1 (แม่นยำสูงสุด) (McMillan, 1986) เมื่อพิจารณาตัวแบบฯ ทั้ง 3 ตัวแบบฯ พบว่าทั้ง 3 ตัวแบบฯ มีชุดพารามิเตอร์ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันการลดลงมีความแตกต่างจากตัวแบบฯ อื่นๆ

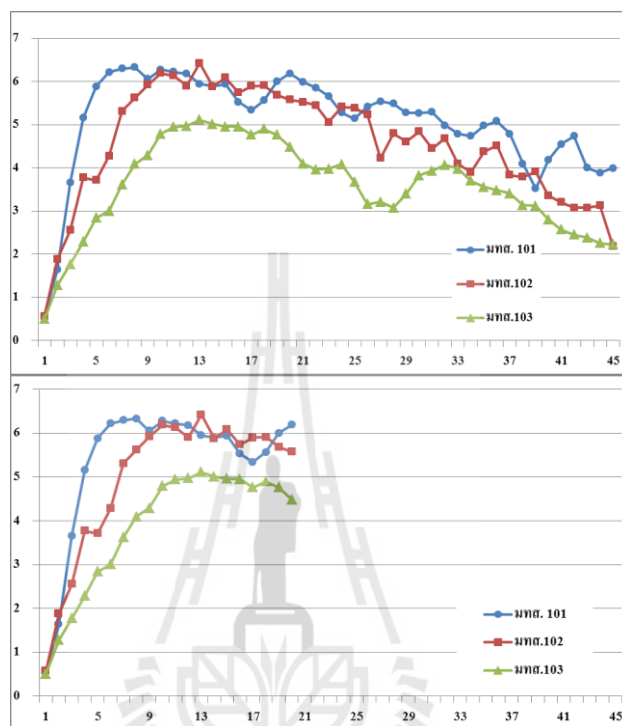
ตารางที่ 4.1 อันดับของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่า  $R^2$  ที่มีความเหมาะสมสำหรับชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (Data 20) ของไก่มทส.

มทส.	อันดับของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (ค่า $R^2$ )								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
101	L	AB	MC	G-PI	Y	COM	G-PF	MN	W
102	MC	G-PF	L	COM	AB	G-PI	Y	W	MN
103	Y	MC	COM	AB	L	W	G-PF	MN	G-PI

หมายเหตุ : อันดับค่าความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ เรียงจากดีที่สุดคือ 1 ไปแย่ที่สุดคือ 9

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ทั้งหมด 45 สัปดาห์ของไก่มทส. ทั้ง 3 ช่วง มีลักษณะของการให้ผลผลิตไข่ที่แตกต่างกันในภาพที่ 4.1 (บน) ซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรม (การผสมแบบสุ่ม) และสิ่งแวดล้อม (โรงเรือนเปิด)

การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L ด้วยการใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่จำนวน 20 สัปดาห์ตามภาพที่ 4.1 (ล่าง) ที่ใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมด 45 สัปดาห์แสดงดังต่อไปนี้



ภาพที่ 4.1 ลักษณะเชิงกราฟของผลผลิตไข่ทั้งหมด 45 สัปดาห์ของไก่มทส. (บน) และลักษณะเชิงกราฟของผลผลิตไข่จำนวน 20 สัปดาห์ของไก่มทส. (ล่าง)

ลักษณะเชิงกราฟของข้อมูลผลผลิตไข่เพียง 20 สัปดาห์ (ภาพที่ 4.1 ล่าง) ของไก่มทส. ทั้ง 3 ชั่วรุ่น พบว่าเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมถึงลักษณะของการให้ผลผลิตไข่ทั้งหมดเพียง 2 ช่วง คือ 1. ช่วงเริ่มของการให้ผลผลิตไข่จนถึงการให้ผลผลิตไข่สูงสุด 2. จุดเปลี่ยนโค้ง ณ การให้ผลผลิตไข่สูงสุด และช่วง 3. ข้อมูลผลผลิตไข่หลังจากการให้ผลผลิตไข่สูงสุด เพียงบางส่วนเท่านั้น

ข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์ ได้ถูกนำไปใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมด (45 สัปดาห์) จำนวน 9 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์  $R^2$  ในการประเมินความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ พบว่าค่า  $R^2$  ของที่ได้จากทั้ง 10 ตัวแบบฯ อยู่ในเกณฑ์ที่สูง (ตารางที่ 4.2) ซึ่งถือได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดสำหรับนำไปใช้ในการทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมด



ตารางที่ 4.2 ค่า  $R_g^2$  ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงด้วยชุดข้อมูล 20 สัปดาห์

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	$R_g^2$		
	101	102	103
AB	0.98	0.97	0.99
W	0.87	0.98	0.97
MN	0.87	0.97	0.99
COM	0.88	0.95	0.97
Y	0.98	0.97	0.99
MC	0.95	0.98	0.98
L	0.98	0.98	0.99
G-PI	0.96	0.97	0.99
G-PF	0.96	0.97	0.98
G-CU	1.00	1.00	0.97

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการคำนวณด้วย Solver function ใน Microsoft excel 2010 แสดงในตารางที่ 4.3 เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ ไปทำการแทนค่าลงในตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ ทั้ง 10 ตัวแบบ และทำการพล็อตกราฟลงใน Microsoft excel พบว่าลักษณะของกราฟผลผลิตไข่ทำนายจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (เส้นทึบ) พบว่ามีลักษณะเชิงกราฟแตกต่างกันตามตัวแบบคณิตศาสตร์ เนื่องจากพฤติกรรมของพารามิเตอร์และความสัมพันธ์เชิงตัวเลข ดังแสดงตามภาพที่ 4.2 - ภาพที่ 4.4 ของโปรแกรมทศ.101 102 และ 103 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้สำหรับทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมดที่อายุ 45 สัปดาห์ของไก่มทส. รุ่นที่ 101 102 และ 103 ด้วยชุดข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์

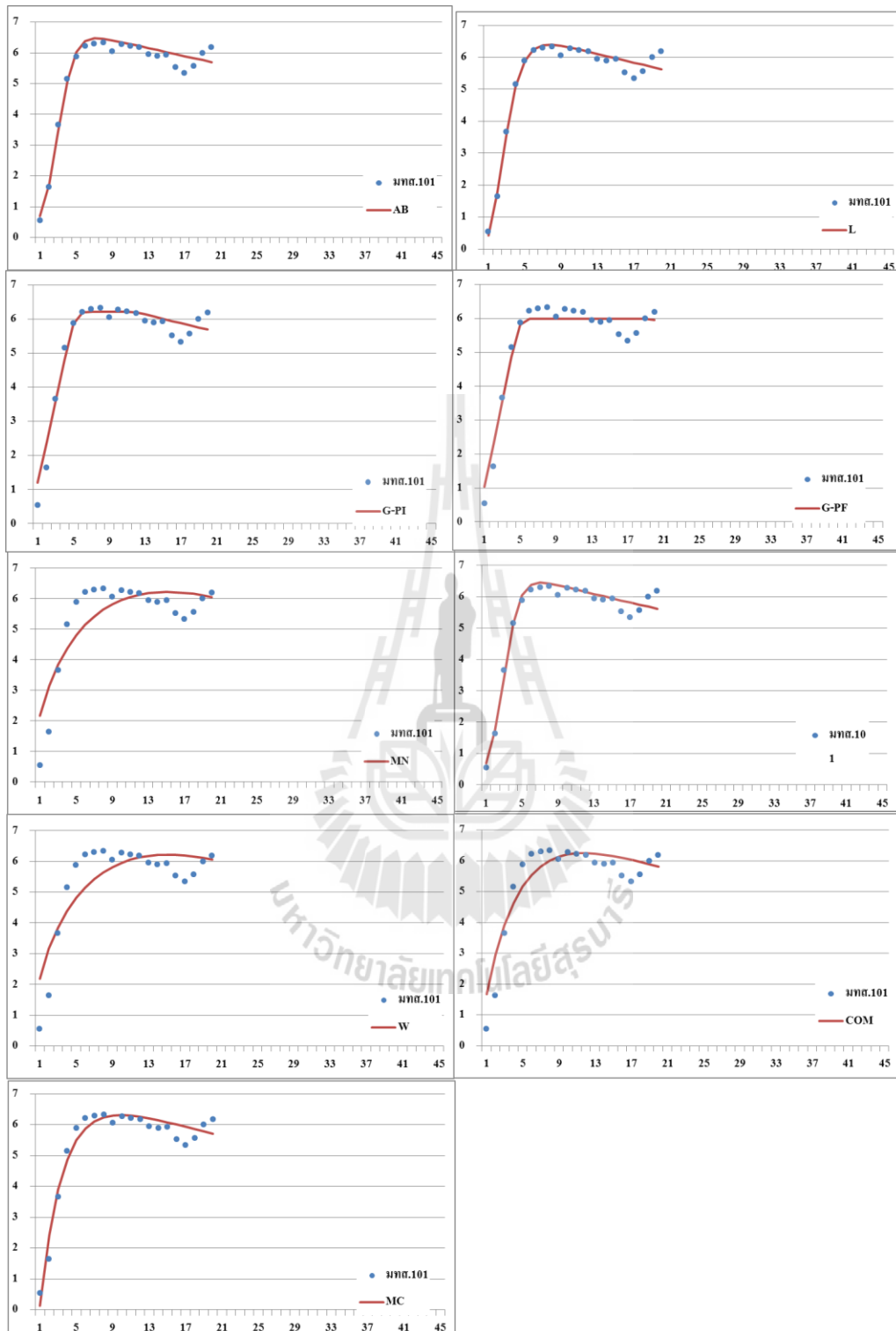
ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	พารามิเตอร์	Estimate		
		101	102	103
AB	a	0.0033	0.0102	0.0012
	b	3.8950	4.0183	11.1397
	c	1.0567	0.9560	1.8187
	d	0.1741	0.1784	0.8135
	r	0.3233	0.6021	0.6821
COM	a	10.4907	8.1671	56.2862
	b	0.0314	0.0137	0.0533
	x	0.2048	0.1716	0.0677
L	a	6.7422	7.6619	6.3128
	c	0.8892	0.3716	0.3094
	d	8.5718	3.8611	3.8941
	b	0.0087	0.0152	0.0138
MC	a	7.5946	9.9698	23.0331
	b	0.0157	0.0262	0.0494
	c	0.3812	0.1600	0.0417
	d	0.9575	0.8576	0.6687
MN	a	1.5471	1.2016	0.4801
	c	1.0374	0.9608	1.3835
	b	0.0958	0.0675	0.0989
	d	0.0010	0.0099	0.0209

หมายเหตุ : ค่าพารามิเตอร์ จากการใช้ฟังก์ชัน Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel 2010

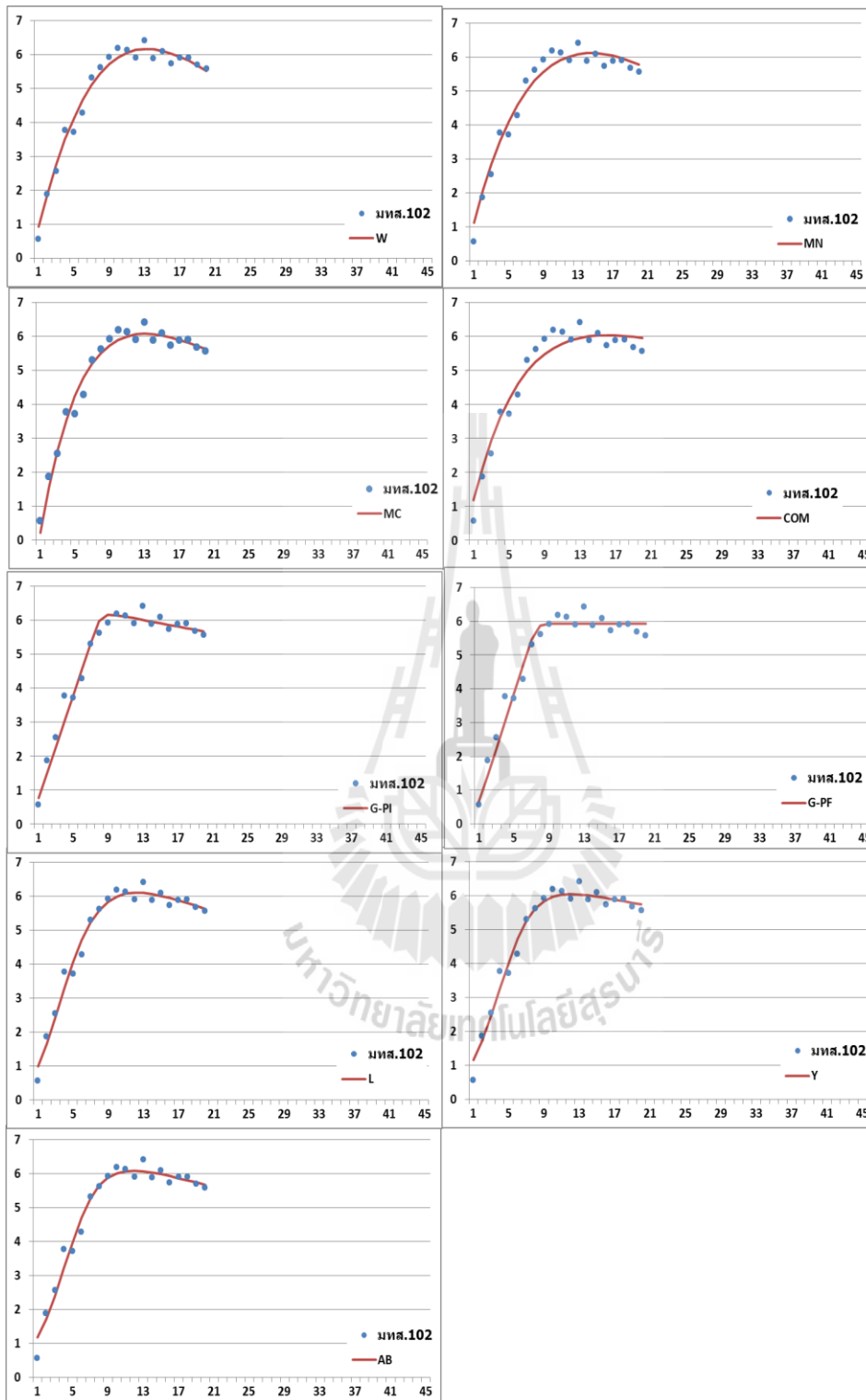
ตารางที่ 4.3 การคำนวณค่าพารามิเตอร์ ที่ใช้สำหรับทำนายผลผลิตไข่ทั้งหมดที่อายุ 45 สัปดาห์ของไก่มทส. รุ่นที่ 101 102 และ 103 ด้วยชุดข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์ (ต่อ)

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์	พารามิเตอร์	Estimate		
		101	102	103
G-PF	$t_1$	0.0010	0.0010	0.0010
	$t_2$	4.9026	7.5346	9.2980
	$y_p$	6.2746	6.1018	4.9907
	P	17.0889	17.0885	17.0888
	$b_4$	0.1994	0.1994	0.1996
G-PI	$y_p$	6.1891	6.1752	5.0189
	$t_2$	5.1996	8.0990	9.7905
	$b_4$	0.0287	0.0483	0.0314
	P	1.0693	1.4966	1.1129
W	a	1.5490	1.0146	0.7428
	c	1.0378	1.1383	1.0185
	b	0.0958	0.0858	0.0578
	a	6.2008	6.8120	6.9196
Y	b	0.0022	0.0086	0.0200
	c	1.3687	0.5116	0.3861
	d	2.7147	4.0533	5.8259
	k <sub>1</sub>	0.8107	0.6444	0.5534
G-CU	k <sub>2</sub>	0.5128	0.9342	0.6108
	c <sub>2</sub>	23.7138	11.5714	22.5296

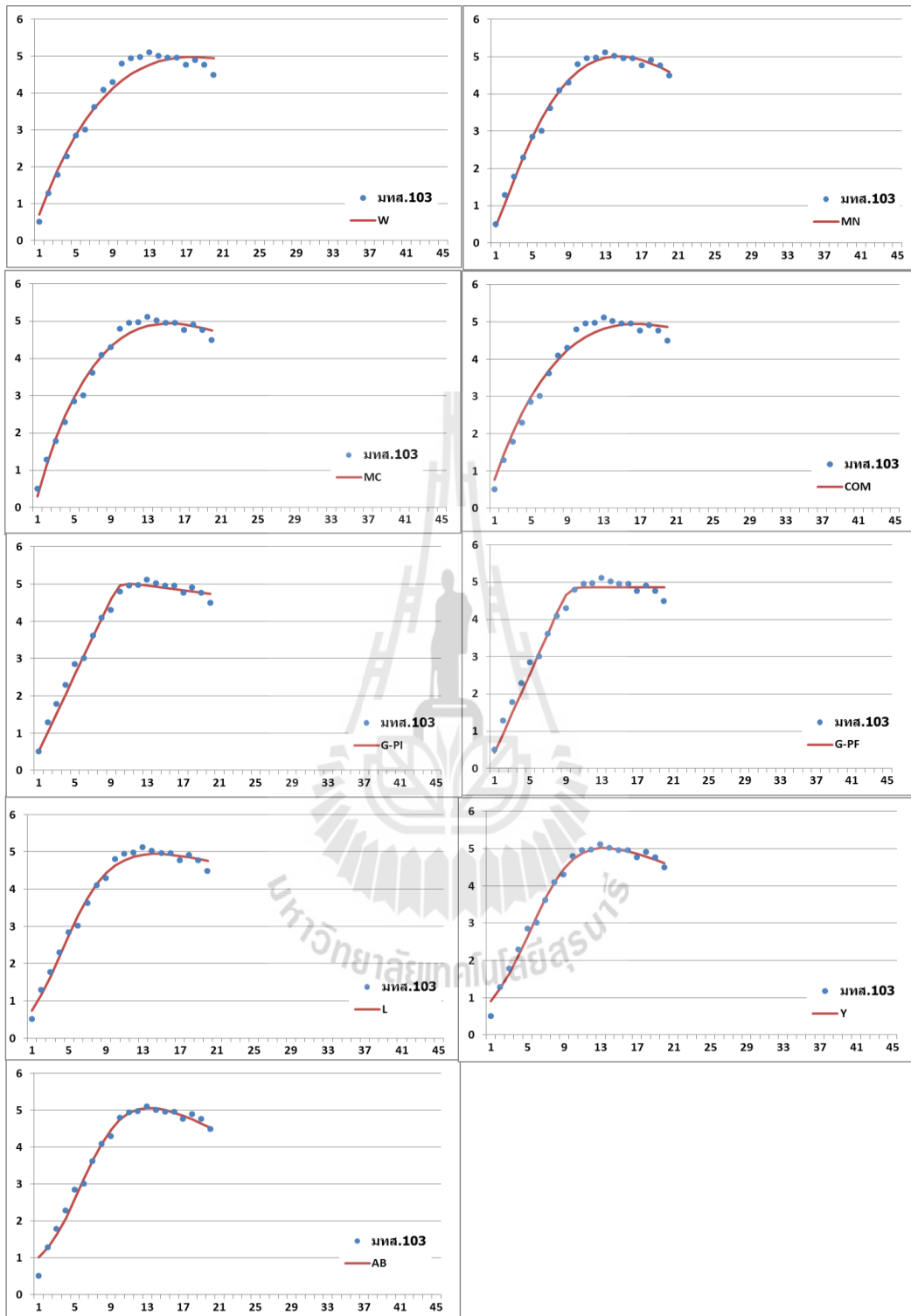
หมายเหตุ : ค่าพารามิเตอร์ จากการใช้ฟังก์ชัน Solver ในโปรแกรม Microsoft Excel 2010



ภาพที่ 4.2 ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทต.101 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)

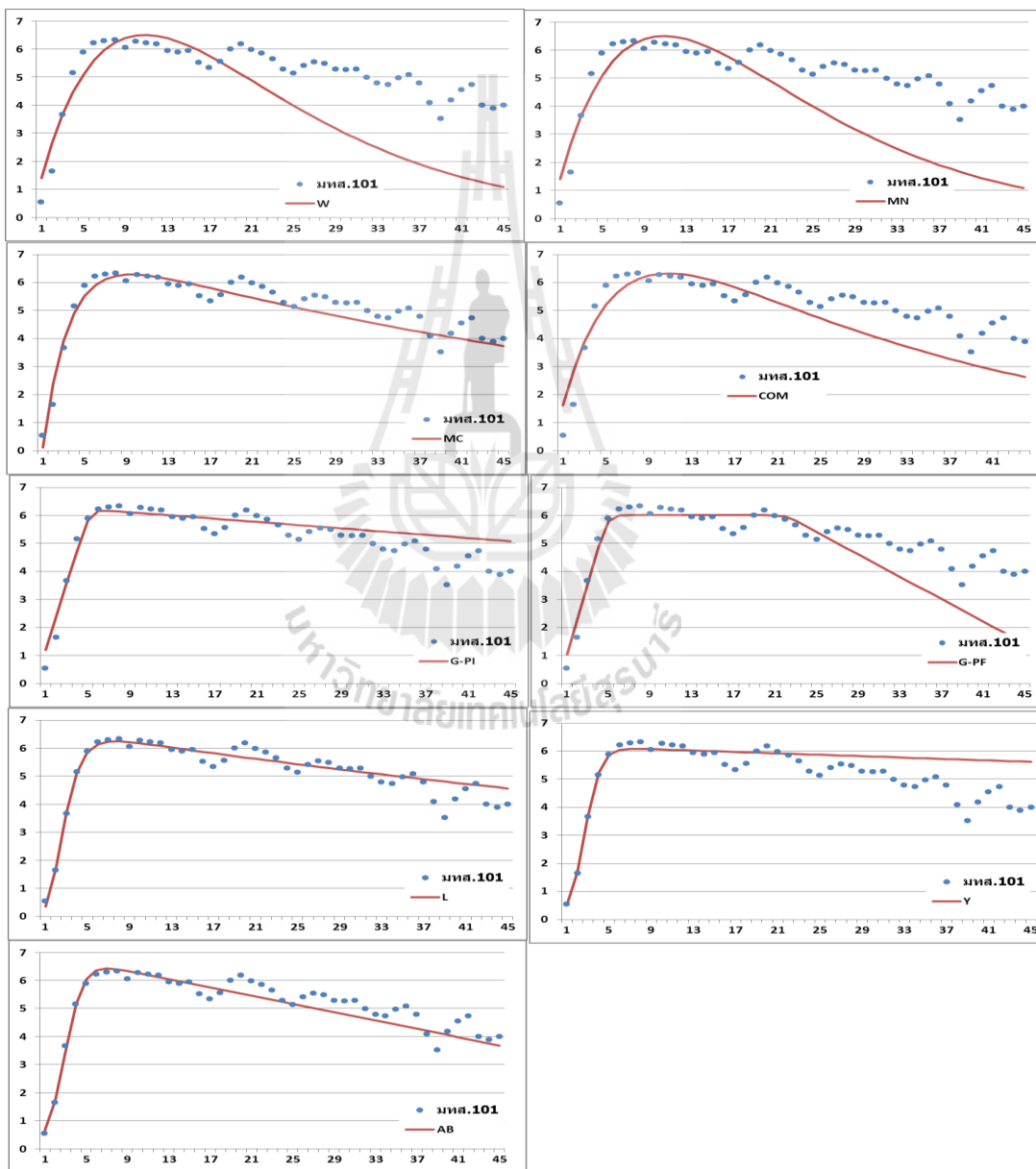


ภาพที่ 4.3 ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทส.102 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)

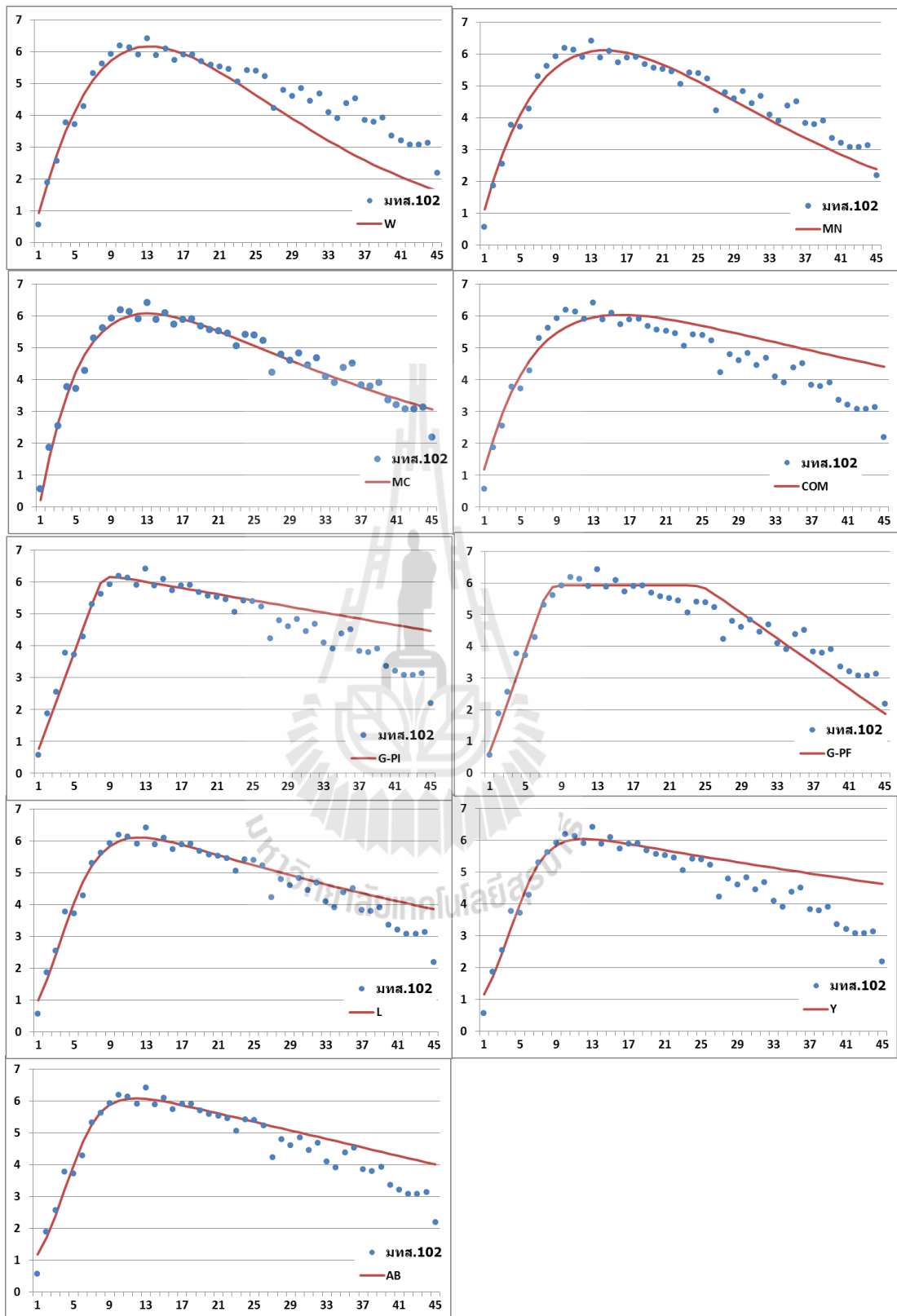


ภาพที่ 4.4 ข้อมูลผลผลิตไข่จริง (จุด) ของไก่มทส.103 เทียบกับข้อมูลผลผลิตไข่ทำนาย 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)

โดยที่พฤติกรรมของพารามิเตอร์และความสัมพันธ์เชิงตัวเลข มีผลต่อการกำหนดทิศทางในการลดลงของผลผลิตไข่ทำนายนหลังจากสัปดาห์ที่ 20 อย่างไรก็ตามการที่ไม่สามารถคาดเดาได้ถึงพฤติกรรมเชิงกราฟของการลดลง จึงทำให้ลักษณะของการลดลงของผลผลิตไข่ทำนายนจากแต่ละตัวแบบทางคณิตศาสตร์จึงมีความแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อค่า  $R^2$  AIC BIC และ MSE ที่แตกต่างกันในแต่ละตัวแบบ ตามค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากชุดข้อมูลผลผลิตไข่ 20 สัปดาห์ ตามภาพที่ 4.5 - ภาพที่ 4.7 ของโปรแกรม 101 102 และ 103 ตามลำดับ

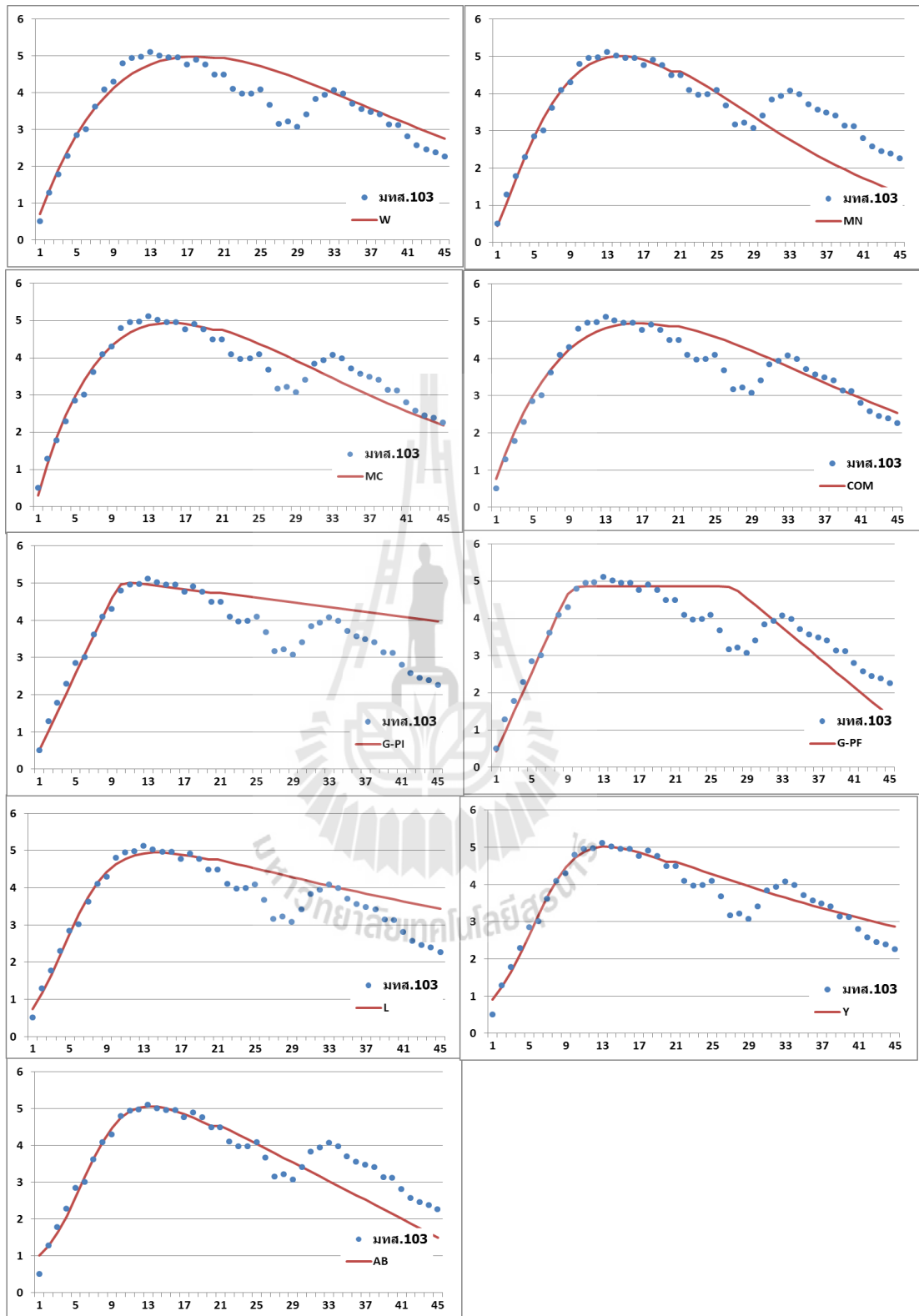


ภาพที่ 4.5 ผลผลิตไข่ทำนายนมทส. 101 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)



ภาพที่ 4.6 ผลผลิตไข่ทำนายนมทส. 102 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)





ภาพที่ 4.7 ผลผลิตไข่ทำนายนมทส. 103 จากค่าพารามิเตอร์ของชุดข้อมูล 20 สัปดาห์ (เส้นทึบ)

ซึ่งลักษณะของการลดลงจะเป็นตัวกำหนดความแม่นยำของข้อมูลผลผลิตไข่ที่ทำนายจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์กับข้อมูลผลผลิตไข่จริง และความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ข้อมูลผลผลิตไข่หลังจากการให้ผลผลิตไข่ที่มากพอ โดยที่พฤติกรรมลดลงของลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ควรลดลงอย่างต่อเนื่องและคงที่ ไม่มีความแปรปรวนมาก ทั้งจุดเปลี่ยน โคน ฅ การให้ผลผลิตไข่สูงสุดเป็นตัวกำหนดถึงจำนวนข้อมูลหลังจากการให้ผลผลิตไข่สูงสุดและทิศทางของการลดลงของผลผลิตไข่

โดยที่จุดเปลี่ยน โคนหรือจุดสูงสุดของผลผลิตไข่สามารถวัดจากค่าพารามิเตอร์  $t_2$  ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-PF ที่แสดงจำนวนสัปดาห์ตั้งแต่เริ่มให้ผลผลิตไข่จนถึงการให้ผลผลิตไข่สูงสุด คือ 4.8 7.5 และ 9.3 สัปดาห์จากไทม์ทส. 101 102 และ 103 ตามลำดับ

จากที่ข้อสรุปข้างต้น พบว่า มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L ที่ให้ผลการทำนายอยู่ในเกณฑ์ที่มีความแม่นยำสูง ในไทม์ทส.ทั้ง 3 ช่วง โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการกำหนดจุดสูงสุดของการให้ผลผลิตไข่ของตัวแบบ AB MC และ L คือ พารามิเตอร์ a b จากตัวแบบ AB และพารามิเตอร์ c จากตัวแบบ MC และ L

โดยที่พารามิเตอร์ a b จากตัวแบบ AB จะทำงานร่วมกับค่าพารามิเตอร์ r ในการปรับเปลี่ยนอัตราการเพิ่มขึ้นของลักษณะเชิงกราฟให้ออกมาในรูปแบบฟังก์ชันการเพิ่มขึ้น

ส่วนพารามิเตอร์ c จากตัวแบบ MC และ L จะทำงานร่วมกับพารามิเตอร์ d ในการกำหนดรูปแบบการเพิ่มขึ้นของกราฟดังที่จะกล่าวต่อไป

จากชุดพารามิเตอร์ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB MC และ L ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่สอดคล้องกับลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ซึ่งจะประกอบไปด้วย 3 ลักษณะ คือ 1. ฟังก์ชันการเพิ่มขึ้น 2. ฟังก์ชันการลดลง และ 3. การเปลี่ยนแปลง ฅ จุดสูงสุด โดยแสดงออกมาในรูปแบบของฟังก์ชันในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ดังนี้

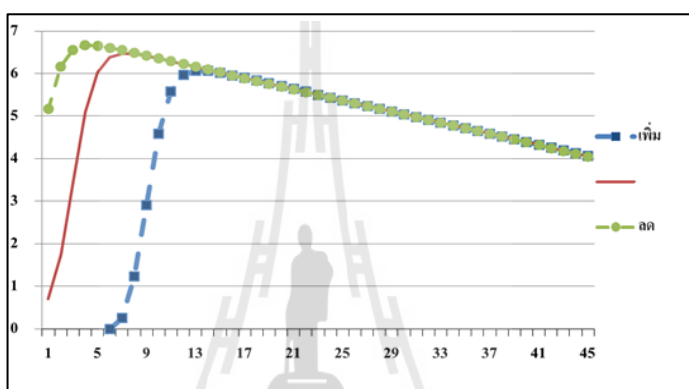
$$1) \text{ ตัวแบบคณิตศาสตร์ AB เมื่อ } y_t = \left( \frac{1}{0.01 + ar^{(t-b)}} \right) - c(t-d) * 0.07$$

พบว่าชุดฟังก์ชันของพารามิเตอร์ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB ที่อธิบาย

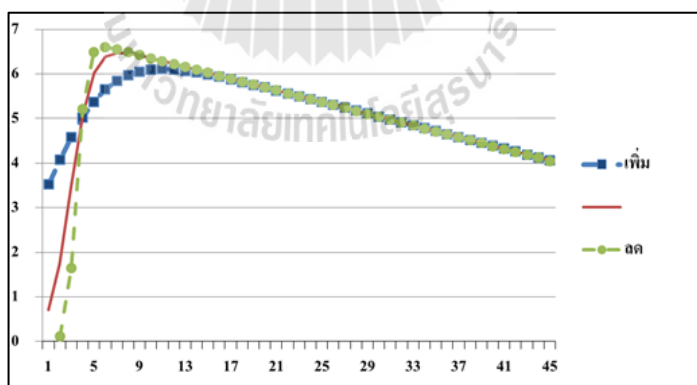
ลักษณะเชิงกราฟในช่วงเพิ่มขึ้นของการให้ผลผลิตไข่คือ  $\frac{1}{0.01 + ar^{(t-b)}}$  โดยประกอบด้วยพารามิเตอร์ a b และ r ที่ช่วยในการปรับลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ (ภาพที่ 4.8- ภาพที่ 4.9) โดยที่พารามิเตอร์ a และ b ทำหน้าที่ในการปรับทิศทางของลักษณะเชิงกราฟและ พารามิเตอร์ r ทำหน้าที่ในการปรับอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟ

ฟังก์ชันลดลงมีพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตไข่ โดยการลดลงจะมีลักษณะเป็นแบบเส้นตรง (Adam and Bell, 1980) คือ  $c(t - d)$  โดยประกอบด้วยพารามิเตอร์  $c$  และ  $d$  โดยพารามิเตอร์แต่ละตัวทำหน้าที่ในช่วงของการลดลงหลังจากให้ผลผลิตไข่สูงสุด(ภาพที่ 4.10) (ภาพที่ 4.11)

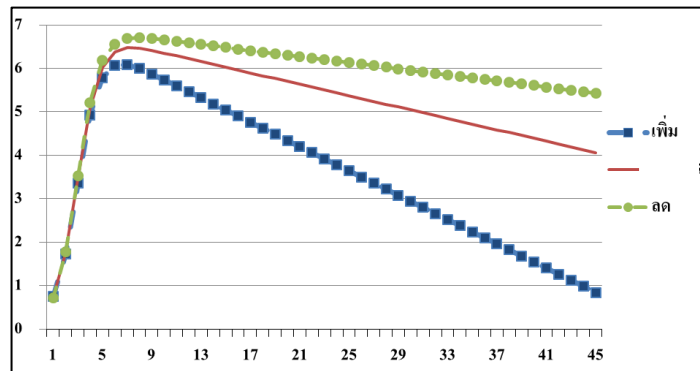
เมื่อฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันการลดลงของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB ทำงานร่วมกัน โดยที่ฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นลบฟังก์ชันการลดลง ทำให้จุดเปลี่ยนโค้งสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วตามภาพที่ 4.12



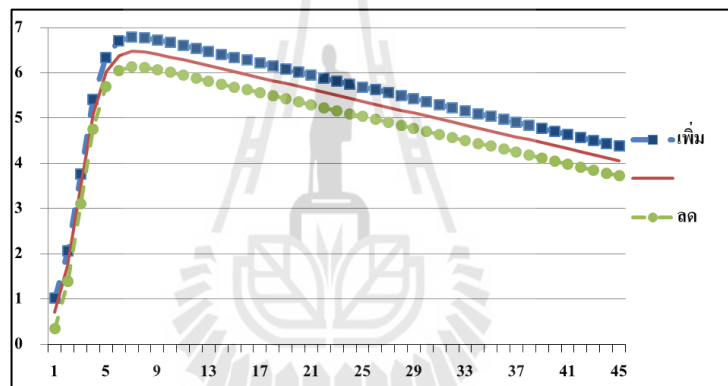
ภาพที่ 4.8 ทิศทางการขยับของกราฟเมื่อค่าทางพารามิเตอร์  $a$   $b$  ในตัวแบบฯ AB  
เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์



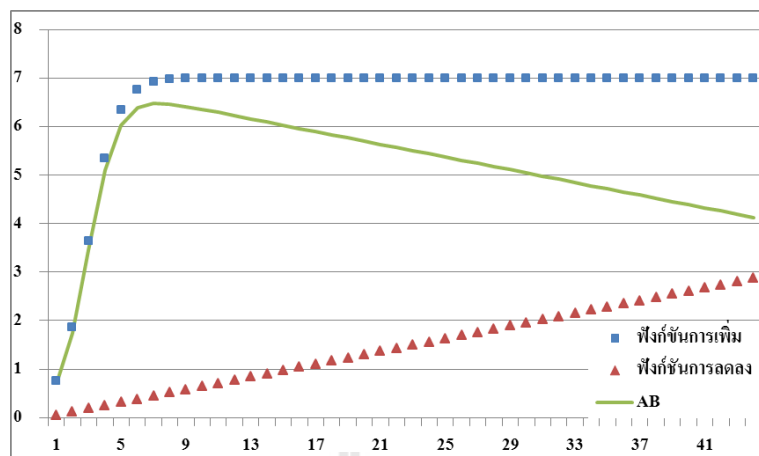
ภาพที่ 4.9 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $r$  ในตัวแบบฯ AB  
เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์



ภาพที่ 4.10 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $c$  ในตัวแบบฯ AB ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์



ภาพที่ 4.11 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $d$  ในตัวแบบฯ AB ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์

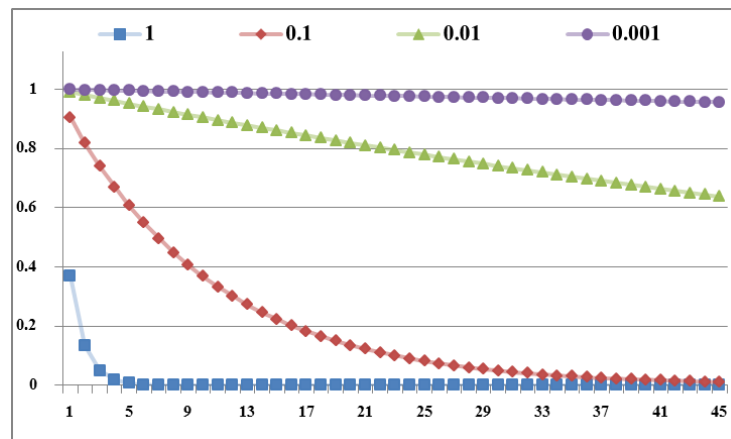


ภาพที่ 4.12 การทำงานของฟังก์ชันเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันลดลงของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ AB

- 2). ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ L เมื่อ  $y_t = a(e^{-bt})[1 + e^{-ct}]^{-d}$   
 3). ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MC เมื่อ  $y_t = a(e^{-bt})(1 - e^{-c(t-d)})$

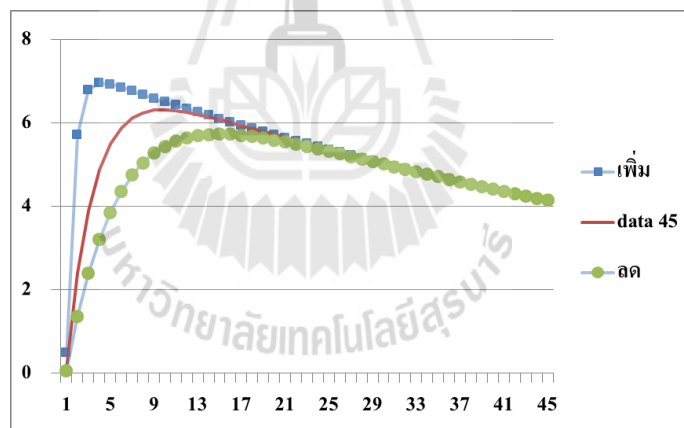
จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MC และ L โดยที่พบว่ามีชุดพารามิเตอร์ที่เหมือนกันคือ  $a(e^{-bt})$  โดยที่พารามิเตอร์  $a$  ทำหน้าที่ในการเพิ่มขึ้นของลักษณะเชิงกราฟทั้งหมด และพารามิเตอร์  $b$  ของชุดฟังก์ชัน ( $e^{-bt}$ ) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันการลดลง โดยค่าพารามิเตอร์  $b$  ยิ่งมีค่ามากเท่า จะทำให้มีการลดลงเป็นเส้นโค้ง แต่เมื่อมีค่าเข้าใกล้ศูนย์มากเท่าใด การลดลงจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรง (ภาพที่ 4.13) และพารามิเตอร์  $c$  คือค่าคงที่ของล๊อการิทึมธรรมชาติ มีค่าประมาณ 2.72

อย่างไรก็ตามพบว่า ฟังก์ชันเพิ่มของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้ง 2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ มีความแตกต่างกันของชุดพารามิเตอร์แต่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟเหมือนกัน โดยที่ช่วงการเพิ่มขึ้นของกราฟประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว คือพารามิเตอร์  $c$  ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนจุดสูงสุดของกราฟ เมื่อมีพารามิเตอร์  $c$  ค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้จุดสูงสุดของกราฟขยับไปทางด้านซ้ายและส่งผลต่อเนื่องทำให้ความอัตราการเพิ่มขึ้นของกราฟตามลำดับ ในทางกลับกันการลดลงของค่าพารามิเตอร์  $c$  มีผลทำให้จุดสูงสุดของกราฟลดลงและขยับไปทางด้านขวาส่งผลให้อัตราการลดลงของกราฟลดลงตามลำดับ (ภาพที่ 4.14)

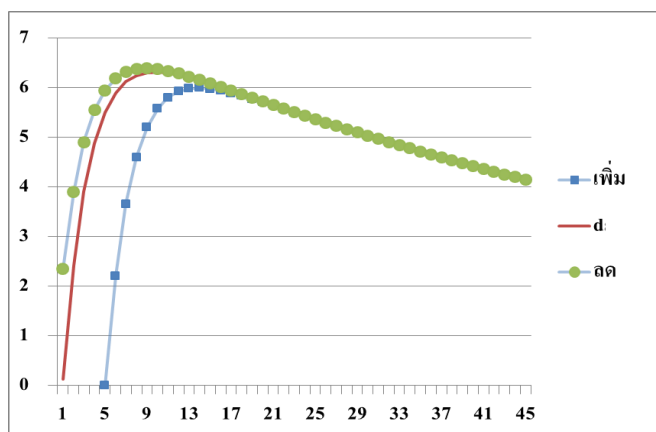


ภาพที่ 4.13 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $b$  ในตัวแบบฯ ที่มีฟังก์ชัน  $e^{-bt}$

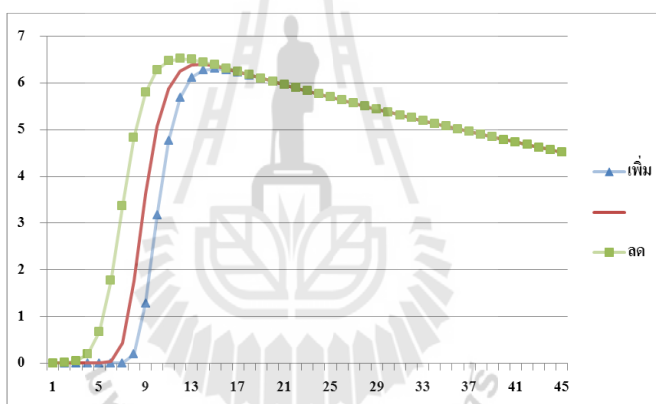
1 0.1 0.001 0.0001 หมายถึงค่าพารามิเตอร์  $b$  มีค่าเท่ากับ 1 0.1 0.001 0.0001 ในฟังก์ชัน  $e^{-bt}$



ภาพที่ 4.14 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $c$  ในตัวแบบฯ MC, L ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์



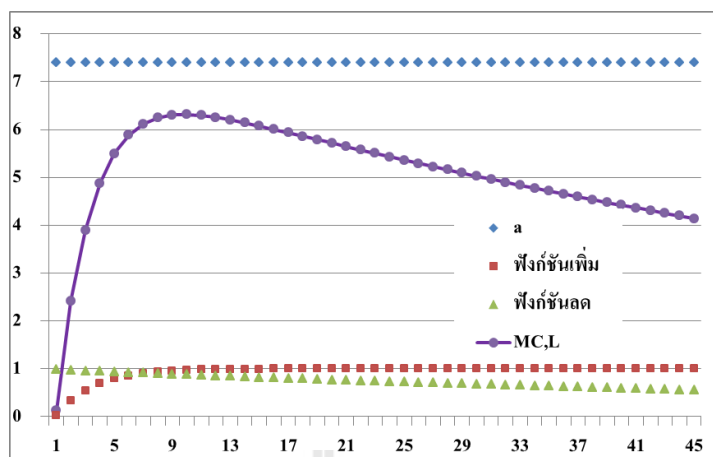
ภาพที่ 4.15 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $d$  ในตัวแบบฯ MC ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์



ภาพที่ 4.16 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์  $d$  ในตัวแบบฯ L ต่อกราฟการให้ผลผลิตไข่เพิ่ม หมายถึง การเพิ่มขึ้นของค่าพารามิเตอร์; ลด หมายถึงการลดลงของค่าพารามิเตอร์

แต่พารามิเตอร์  $d$  ของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ L จะมีทิศทางการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับพารามิเตอร์  $d$  ของตัวแบบฯ MC อย่างไรก็ตามความแตกต่างของพารามิเตอร์  $d$  ในตัวแบบ L กับ MC คือตัวแบบฯ L การเพิ่มขึ้นของกราฟจะเพิ่มขึ้นในแบบช้าๆ ในระยะเวลา 1-2 สัปดาห์แรกของการให้ผลผลิตไข่ และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากนั้น แต่ในตัวแบบฯ MC จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการให้ผลผลิตไข่ ตามที่แสดงในภาพที่ 4.15 และภาพที่ 4.16

เมื่อฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นและการลดลงของตัวแบบฯ MC และ L ทำงานร่วมกัน ฟังก์ชันการเพิ่มขึ้นลบฟังก์ชันการลดลง ทำให้จุดเปลี่ยน โค้งสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันช่วงเพิ่มของแต่ละตัวแบบฯ (ภาพที่ 4.17)



ภาพที่ 4.17 การทำงานของฟังก์ชันเพิ่มขึ้นและฟังก์ชันลดลงของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ MC และ L

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความแม่นยำของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สูงขึ้นเมื่อให้ความสำคัญกับช่วงการลดลงของผลผลิตไข่มากขึ้นตาม โดยที่ลักษณะของการลดลงของผลผลิตไข่เกิดขึ้นจากปัจจัยดังต่อไปนี้

1. ลักษณะเชิงกราฟของผลผลิตไข่มิมีลักษณะของช่วงลดลงที่ต่อเนื่องและคงที่ ไม่มีความแปรปรวนมาก ซึ่งความแปรปรวนของลักษณะผลผลิตไข่ที่แสดงออกมาเกิดขึ้น เนื่องมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมและพันธุกรรม

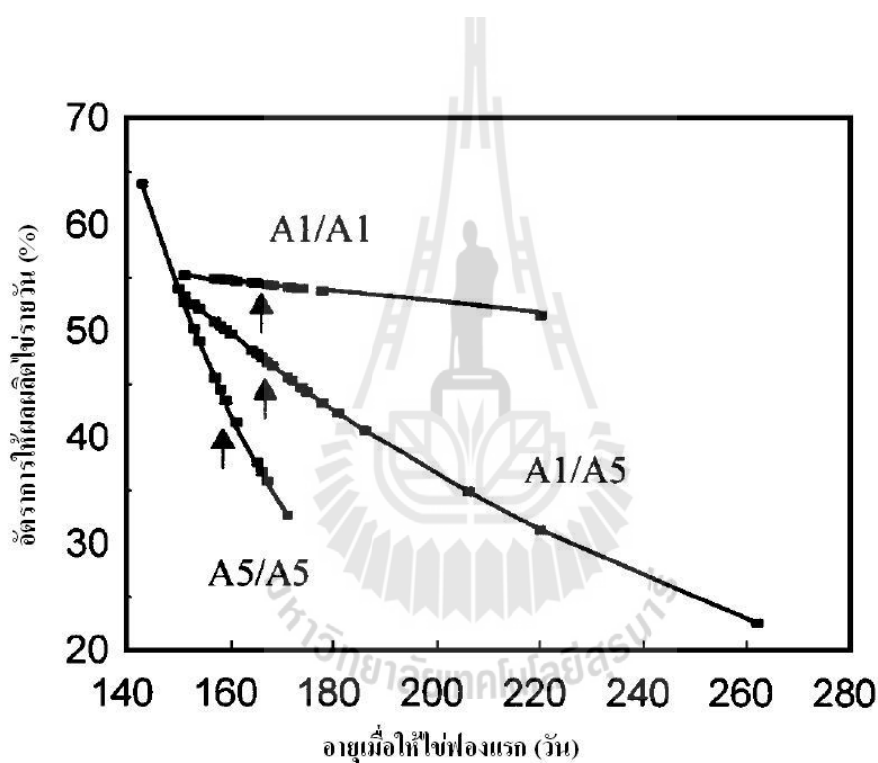
โดยที่อิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อไก่มทส. ทั้ง 3 รุ่น ที่ถูกเลี้ยงและเก็บข้อมูลตลอดการให้ผลผลิตในโรงเรือนแบบเปิด ซึ่งในกรณีนี้ การใช้ least square mean ในการขจัดอิทธิพลอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม ผลผลิตไข่ที่ได้จากเป็นผลผลิตไข่อันเนื่องมาจากพันธุกรรม และคาดได้ว่าช่วงของการลดลงจากมีลักษณะลดลงคงที่และต่อเนื่องในทิศทางเดียวกันตลอดอายุของการให้ผลผลิต

ส่วนอิทธิพลอันเนื่องมาจากพันธุกรรม เนื่องจากไก่มทส. 101 เป็นลูกผสมจากพ่อไก่เนื้อและแม่ไก่ไข่ ซึ่งทำให้เกิดอิทธิพลจากค่า Heterosis ในลูกผสมรุ่นแรก และเมื่อทำการผสมพันธุ์ในรุ่นเดียวกัน (Inter se mating) เพื่อผลิตฝูงทดแทน จะส่งผลทำให้ค่า Heterosis ในรุ่นที่สองลดลง (มทส.102) ทั้งนี้เนื่องมาจากสภาพของยีนแบบเฮเทอโรไซโกตจะลดลงและในทางกลับกันก็ส่งผลทำให้สภาพยีนแบบโฮโมไซโกตเพิ่มขึ้น (Bourdon, 2000) ซึ่งกระบวนการทั้งหมดส่งผลทำให้ผลผลิตไข่สะสมเปลี่ยน โดยลดลงจากรุ่นแรก ซึ่งตามทฤษฎีพบว่าค่า Heterosis ที่พบในรุ่นที่ 1 เมื่อผสมในรุ่นเดียวกันเพื่อผลิตฝูงทดแทน จะมีผลทำให้ค่า Heterosis ลดลงประมาณ 40 – 50



เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้รุ่นที่ 2 มีอิทธิพลของ Heterosis ลดลง หลังจากนั้นเมื่อผสมพันธุ์ในรุ่นเดียวกันต่อไป ค่า Heterosis จะลดลงเพียงเล็กน้อย และ/หรือคงที่ (Bourdon, 2000)

จากการรายงานการวิจัยของ Feng et al. (1997) พบว่าการใช้ Gene marker ของ Growth Hormone gene ที่แสดงถึงการเข้าคู่กันของอัลลีล A1 และ A5 มีผลต่อการให้ผลผลิตไข่ในช่วงต่างๆ ตามภาพที่ 4.18 ซึ่งจากเข้าคู่ของจีโนไทป์ A1 และ A5 นี้ทำให้ความช่วงลดลงของลักษณะการให้ผลผลิตไข่มีความแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงอายุ (วัน) โดยพบว่าผลผลิตไข่ทั้งหมด (total hen-day egg production; HDRT) การให้ผลผลิตไข่ฟองแรก (Age at first egg; AFE) และผลผลิตไข่ในช่วงอายุ (วัน) มีความชันที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 4.18 สมการถดถอยของการให้ผลผลิตไข่แบบรายวันบนข้อมูลการให้ไข่ฟองแรกจากทั้ง 3 จีโนไทป์ของยีนโกรทฮอร์โมน

ที่มา : Feng et al. (1997)

**ตารางที่ 4.4** ความชันในสมการถดถอย ของอัตราการให้ผลผลิตไข่แบบรายตัว และลักษณะการให้ผลผลิตไข่ฟองแรกในช่วงระยะเวลาที่แตกต่างกันของยีน GH

Genotypes	Slope of regression and significance <sup>1</sup>			
	HDRT on AFE	AFE to 274 d	275 to 385 d	386 to 476 d
All	-0.21 ( $P \leq 0.02$ )	-0.18	-0.09	-0.16
A1/A1	-0.04 ( $P \leq 0.80$ )	-0.03	-0.09	+0.04
A1/A5	-0.29 ( $P \leq 0.005$ )	-0.28	-0.12	-0.29
A5/A5	-0.92 ( $P \leq 0.04$ )	-0.75	-0.63	-0.67

หมายเหตุ : <sup>1</sup> The significance of the deviation of the regression slope from 0 is indicated.

HDRT คือ total hen-day egg production AFE คือ age at first egg

2. ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง ถูกสร้างเพื่อให้มีความเหมาะสมกับฝูงประชากรและสอดคล้องการลักษณะข้อมูลผลผลิตไข่ การใช้ฟังก์ชันแยกส่วน Local behavior ของข้อมูล ในการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูงของไก่มทส. จะสามารถอธิบายถึงลักษณะเชิงกราฟของการให้ผลผลิตไข่ได้ จะคาดว่าความแม่นยำของตัวแบบจะมากขึ้น

#### 4.2 การทดสอบความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวในไก่มทส.

ความเหมาะสมของตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่รายตัว เมื่อพิจารณาด้วยค่า  $Ad R^2$  พบว่าการใช้ชุดข้อมูล 24 สัปดาห์ จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU ให้ผลการทำนายที่สูงสุด คือมีค่า  $Ad R^2$  เฉลี่ยค่าเท่ากับ 0.96 จากการใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ของแม่ไก่มทส. จำนวน 384 ตัวตามตารางที่ 4.3 ทั้งนี้ความแม่นยำของตัวแบบ G-CU ที่มากกว่าตัวแบบ G-W และ G-PI เนื่องจากลักษณะของข้อมูลผลผลิตไข่ที่ใช้ของตัวแบบ G-CU เป็นข้อมูลผลผลิตไข่แบบบวกระยะ แต่ตัวแบบ G-W และ G-PI เป็นข้อมูลผลผลิตไข่แบบรายสัปดาห์ ทำให้การกระจายของข้อมูลมีมากกว่าตัวแบบ G-CU

ตารางที่ 4.5 ค่า Ad R<sup>2</sup> จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์		Ad R <sup>2</sup>					
		40 WK	36 WK	32 WK	28 WK	24 WK	20 WK
G-W	Max	0.73	0.66	0.59	0.57	0.55	0.55
	Min	-1.37	-1.40	-1.99	-7.30	-28.38	-25.20
	Average	-0.02	-0.08	-0.18	-0.32	-0.78	-1.61
	SD	0.34	0.31	0.33	0.73	2.39	3.11
G-CU	Max	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	Min	0.98	0.98	0.89	0.81	0.28	-56.06
	Average	1.00	1.00	0.99	0.99	0.96	-0.70
	SD	0.00	0.00	0.01	0.02	0.07	4.24
G-PI	Max	0.72	0.81	0.71	0.69	0.64	0.69
	Min	-0.12	-0.28	-0.76	-3.06	-57.23	-89.40
	Average	0.20	0.18	0.11	0.02	-0.32	-1.38
	SD	0.19	0.20	0.22	0.33	2.97	7.61

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยของ Ad R<sup>2</sup> เกิดจากการใช้ข้อมูลไก่มทส. 384 ตัว

ทั้งนี้ไก่มทส. ถูกปรับปรุงพันธุ์โดยมีเป้าหมายมุ่งเน้นที่จะใช้เป็นสายแม่พันธุ์เพื่อผลิตไก่อเนื้อลูกผสม (ไก่อโคราช) โดยไก่มทส. จะถูกผสมพันธุ์ในรุ่นเดียวกัน (Inter se mating) เพื่อใช้ผลผลิตฝูงทดแทนและเพื่อสร้างเป็น Composite breed ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งประโยชน์จากอิทธิพลแบบบวกสะสมของลักษณะผลผลิตไข่ หรือ EBV จากนั้นใช้ EBV เพื่อประเมินโอกาสในการพัฒนาพันธุ์กรรมของลักษณะการให้ผลผลิตไข่ร่วมกับการใช้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในทำนายผลผลิตไข่

เมื่อพิจารณาถึงค่า Rank correlation ของผลผลิตไข่ที่ได้จากการทำนายด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์แบบรายตัว (G-CU G-PI และ G-PF) ด้วยชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่แตกต่างกัน 6 ชุด และข้อมูลผลผลิตไข่จริงทั้งหมดไปทำการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (Estimated breeding value; EBV) ของลักษณะผลผลิตไข่ และเนื่องจากการคัดเลือกตัวสัตว์ด้วยอิทธิพลแบบบวกสะสม จะคัดเลือกด้วยค่า EBV จำเป็นต้องทำการจัดอันดับค่า EBV ของผลผลิตไข่ทำนายที่ชุดข้อมูลต่างๆ เทียบกับผลผลิตไข่จริงเพราะฉะนั้นการใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดลำดับ (Rank correlation) เป็น

เกณฑ์ในการประเมินความเหมาะสมตัวแบบทางคณิตศาสตร์ร่วมด้วย พบว่าค่าสหสัมพันธ์แบบจัดลำดับ (ตารางที่ 4.6 - ตารางที่ 4.8) ของทั้ง 3 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-W G-CU และ G-PI ให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ที่ข้อมูล 28 สัปดาห์ มีค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของค่า EBV คือ 0.87 0.86 และ 0.87 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของผลผลิตไข่คือ 0.87 0.86 และ 0.88 ตามลำดับ จากข้อมูลค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับ ซึ่งให้เห็นว่าการใช้ชุดข้อมูลที่ 28 สัปดาห์เพื่อการทำนายผลผลิตไข่มีใกล้เคียงกับข้อมูลผลผลิตไข่จริง โดยที่ความค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับมีความใกล้เคียงกันจากทั้ง 3 ตัวแบบฯ เนื่องจากการใช้ข้อมูลไข่สุดท้าย (Phenotype) ที่ได้จากการทำนายมาประเมินหาความสัมพันธ์

จากเกณฑ์การพิจารณาทั้ง 2 ค่า  $Ad R^2$  และค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับ พบว่าการใช้ข้อมูลผลผลิตไข่ที่ 28 สัปดาห์สามารถนำไปใช้ในการคัดเลือกไก่เมทส. อย่างไรก็ตามจำนวนชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่ 28 สัปดาห์จะเริ่มนับจากผลผลิตไข่ฟองแรก แต่ละลักษณะของความสมบูรณ์พันธุ์(การให้ไข่ฟองแรก)

อย่างไรก็ตาม นักวิจัยควรคำนึงถึงค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับ เนื่องจากพิจารณาค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของค่า EBV จากชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน การใช้ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับที่น้อยลงเพื่อลดระยะเวลาในการเลี้ยงและการเก็บข้อมูล เช่น ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของชุดข้อมูลที่ 24 สัปดาห์จากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU เท่ากับ 0.72 อาจส่งผลต่อความแม่นยำของการคัดเลือกอันดับของแม่ไก่เพื่อใช้ในการสร้างฝูงทดแทน จะทำให้ผลผลิตไข่เฉลี่ย (ฟอง) จะลดลง จากที่ควรเพิ่มขึ้น เมื่อใช้ชุดข้อมูลผลผลิตไข่ที่มีค่าสหสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.6 ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-W ของผลการทำนายผลผลิตไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม

Traits	Real	40 wk	36 wk	32 wk	28 wk	24 wk	20 wk
Real	<u>0.37</u>	1.00**	0.98**	0.93**	<b>0.87**</b>	0.64**	0.55**
40 wk	1.00**	<u>0.36</u>	0.98**	0.94**	0.87**	0.67**	0.59**
36 wk	0.98**	0.98**	<u>0.34</u>	0.96**	0.89**	0.69**	0.59**
32 wk	0.94**	0.93**	0.96**	<u>0.32</u>	0.93**	0.71**	0.60**
28 wk	<b>0.87**</b>	0.87**	0.89**	0.91**	<u>0.21</u>	0.75**	0.60**
24 wk	0.67**	0.64**	0.64**	0.65**	0.71**	<u>0.06</u>	0.49**
20 wk	0.59**	0.56**	0.54**	0.52**	0.50**	0.51**	<u>0.18</u>

หมายเหตุ : ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของ EBV ผลผลิตไข่อยู่ด้านบนแนวทแยง;  
ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของลักษณะผลผลิตไข่ทำนาย อยู่ด้านล่างแนวทแยง;  
ค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ตามแนวเส้นทแยง; Real หมายถึง ผลผลิตไข่จริง 40 สัปดาห์;  
20 – 40 wk หมายถึง ผลผลิตไข่ทำนายที่ได้จากชุดข้อมูล 20 – 40; \*\*( $P < 0.01$ )

ตารางที่ 4.7 ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-CU ของผลการทำนายผลผลิตไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม

Traits	Real	40 wk	36 wk	32 wk	28 wk	24 wk	20 wk
Real	<u>0.37</u>	0.99**	0.96**	0.93**	<b>0.86**</b>	0.72**	0.40**
40 wk	0.99**	<u>0.35</u>	0.98**	0.95**	0.88**	0.74**	0.38**
36 wk	0.95**	0.98**	<u>0.29</u>	0.96**	0.89**	0.74**	0.34**
32 wk	0.92**	0.95**	0.96**	<u>0.27</u>	0.97**	0.84**	0.47**
28 wk	<b>0.86**</b>	0.88**	0.88**	0.96**	<u>0.16</u>	0.92**	0.55**
24 wk	0.73**	0.73**	0.73**	0.83**	0.91**	<u>0.10</u>	0.68**
20 wk	0.38**	0.40**	0.38**	0.51**	0.62**	0.72**	<u>0.07</u>

หมายเหตุ : ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของ EBV ผลผลิตไข่อยู่ด้านบนแนวทแยง;  
ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของลักษณะผลผลิตไข่ทำนาย อยู่ด้านล่างแนวทแยง;  
ค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ตามแนวเส้นทแยง; Real หมายถึง ผลผลิตไข่จริง 40 สัปดาห์;  
20 – 40 wk หมายถึง ผลผลิตไข่ทำนายที่ได้จากชุดข้อมูล 20 – 40; \*\*( $P < 0.01$ )

ตารางที่ 4.8 ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G-PI ของผลการทำนายผลผลิตไข่มทส. และอัตราพันธุกรรม

Traits	Real	40 wk	36 wk	32 wk	28 wk	24 wk	20 wk
Real	<u>0.37</u>	0.99**	0.97**	0.94**	<b>0.88**</b>	0.64**	0.47**
40 wk	0.99**	<u>0.39</u>	0.97**	0.93**	0.86**	0.68**	0.54**
36 wk	0.97**	0.96**	<u>0.33</u>	0.95**	0.89**	0.70**	0.55**
32 wk	0.93**	0.93**	0.96**	<u>0.28</u>	0.94**	0.74**	0.57**
28 wk	<b>0.86**</b>	0.88**	0.91**	0.94**	<u>0.21</u>	0.81**	0.62**
24 wk	0.68**	0.64**	0.65**	0.67**	0.76**	<u>0.03</u>	0.62**
20 wk	0.54**	0.47**	0.48**	0.49**	0.54**	0.62**	<u>0.06</u>

หมายเหตุ : ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของ EBV ผลผลิตไข่อยู่ด้านบนแนวทแยง;  
 ค่าสหสัมพันธ์แบบจัดอันดับของลักษณะผลผลิตไข่ทำนาย อยู่ด้านล่างแนวทแยง;  
 ค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ตามแนวเส้นทแยง; Real หมายถึง ผลผลิตไข่จริง 40 สัปดาห์;  
 20 – 40 wk หมายถึง ผลผลิตไข่ทำนายที่ได้จากชุดข้อมูล 20 – 40; \*\*( $P < 0.01$ )



## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ได้มาซึ่งข้อสรุปและข้อเสนอแนะเป็นประเด็นต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

**ประเด็นที่หนึ่ง** มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายฝูง แต่ควรคำนึงถึงลักษณะของผลผลิตไข่ในช่วงลดลงของผลผลิต

**ประเด็นที่สอง** มีตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำนายผลผลิตไข่แบบรายตัวคือตัวแบบทางคณิตศาสตร์ G- CU ความแม่นยำของการทำนายผลผลิตไข่ โดยพิจารณาจากค่า Rank correlation ของลักษณะการให้ผลผลิตไข่จริงเทียบกับผลผลิตไข่ทำนาย ซึ่งอยู่ในระดับสูง (0.86)

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากข้อสรุปในข้างต้นนำมาซึ่งข้อเสนอแนะและแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

**ประเด็นที่หนึ่ง** ตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการทำนายผลผลิตไข่ ควรมีการสร้างใหม่ให้มีลักษณะเป็นฟังก์ชันแยกส่วน Local behavior ตามข้อมูลเพื่อให้มีความแม่นยำต่อการทำนาย เนื่องจากฟังก์ชันแยกส่วนพบว่ามีพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวกำหนดค่าทั้งหมดของฟังก์ชันนั้น

**ประเด็นที่สอง** ในกรณีที่เป็นโรงเรือนเปิดหรือไม่สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อม ควรใช้ least square mean ในการจัดอิทธิพลอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม เพื่อเพิ่มความแม่นยำของตัวแบบคณิตศาสตร์เนื่องจากผลผลิตไข่ที่ได้จากเป็นผลผลิตไข่ จะเป็นผลผลิตไข่มาจากพันธุกรรม และคาดว่าช่วงของการลดลงจากมีลักษณะลดลงคงที่และต่อเนื่องในทิศทางเดียวกันตลอดอายุของการให้ผลผลิต

## เอกสารอ้างอิง

- ครุณี ณ รังสี ประพทธี จงใจภักดี และทวีศิลป์ จินต์วง. (2549). การสร้างฝูงพ่อแม่พันธุ์ไก่พื้นเมืองพันธุ์แดง สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏและสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ของผลผลิตไข่ในไก่พื้นเมืองพันธุ์แดงชั่วอายุที่ 3. **กรมปศุสัตว์**. ทะเบียนวิชาการเลขที่ 49 (3)-0206-129
- บุญจิรา มากอัน. (2545). การเปรียบเทียบเกณฑ์การคัดเลือกตัวแบบการลดรอยแบบไม่ติดกลุ่ม. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สถิติศาสตร์ (สถิติ)จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.**
- รุจิรา บุญน้อม. (2556). การทดสอบไก่พันธุ์ผสมระหว่างไก่เนื้อและไก่ไข่ เพื่อเป็นสายแม่พันธุ์ของไก่เนื้อ ลูกผสมพื้นเมืองและความสัมพันธ์ของยีน Insulin-Like Growth Factor I ต่อลักษณะผลผลิตไข่. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.**
- วราภรณ์ เหลืองวันทา สัตยชัย จตุรสิทธิ์หา อำนวย เลี้ยวธารากุล อังคณา ผ่องแก้ว และ ชัยณรงค์ คันธพนิต. (2546). คุณภาพเนื้อและคุณภาพไขมันของไก่พื้นเมือง ไก่ลูกผสมสองสายและสามสายพันธุ์. **การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 41 ระหว่างวันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2546. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 52-63.**
- สุชน ตั้งทวีวัฒน์ แสงธิดา แสงดาวเรือง บุญล้อม ชีวะอิสระกุล เบญจวรรณ ศิริศรีสวัสดิ์ และ กัญญา ปัญญาชาติรักษ์. (2536). การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมือง เปรียบเทียบ การเลี้ยงและให้อาหาร 2 แบบใน 2 พื้นที่. **กรมปศุสัตว์.**
- Adams, C. J. and Bell, D. D. (1980). Predicting poultry egg production. **Poultry Science**. 59 : 937 – 938.
- Anang, A. and Indrijani, H. (No date). Mathematical Models to Describe Egg Production in Laying Hen. **Faculty of Animal Husbandry Padjadjaran University**
- Anang, A., Schueler, L., Mielenz, N., (2000). Genetic and phenotypic parameters for monthly egg production in White Leghorns. **Journal Animal Breeding and Genetic**, 117 : 407-415



- Al-Samarai F.R., Al-Kassie G.A., Al-Nedawi A.M. and Al-Soudi, K.A. (2008). Prediction of Total Egg Production from Partial or Cumulative Egg Production in a Stock of White Leghorn Hens in Iraq. **International journal of Poultry Science**. 9 : 890-893
- Burdon, R. M. (2000). **Understanding Animal Breeding**. 2<sup>nd</sup> ed. Prentice-Hall, London. 538 p.
- Brown, A. M. (2001). A step-by-step guide to non-linear regression analysis of experimental data using a Microsoft Excel spreadsheet. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**. 65 : 191-200
- Cason, J. A., and Britton, W. M. (1988). Comparison of compartmental and Adams-Bell models of poultry egg production. **Poultry Science**. 67 : 213–218.
- Cason, J. A., (1990). Comparison of linear and curvilinear decreasing terms in logistic flock egg production models. **Poultry Science**. 69 : 1467–1470.
- Duangjinda, M., Misztal, I. and Tsuruta, S. (2005). **BlupF90-PCPAK version 2.5**. Khon Kean University and the University of Georgia.
- Feng, X. P., Kuhnlein, U., Aggrey, S. E., Gavora, J. S., and Zadworny, D. (1997). Trait Association of Genetic Markers in the Growth Hormone and the Growth Hormone Receptor Gene in a White Leghorn Strain. **Poultry Science**. 76 : 1770 - 1775
- Gavora, J. S., Liljedahl, L. E. and I. McMillan. (1982). New mathematical model of poultry egg production. **Poultry Science**. 68 : 476 – 481.
- Grossman, M., Gossman, T. N. and Koops, W. J. (2000). A model for persistency of egg production. **Poultry Science**. 79 : 1715–1724.
- Grossman, M., Koops, W. J. (2001). A model for individual egg production in chickens. **Poultry Science**. 80 : 859–867.
- Lokhorst, C. (1996). Mathematical curves for the description of input and output variables of the daily production process in aviary housing systems for laying hens. **Poultry Science**. 75 : 838–848.
- Luo, P. T., Yang, R. Q. and N. Yang. (2007). Estimation of Genetic Parameters for Cumulative Egg Numbers in a Broiler Dam Line by Using a Random Regression Model. **Poultry Science**. 86 : 30 –36
- McMillan, I., (1981). Compartmental model analysis of poultry egg production curves. **Poultry Science**. 60 : 1549–1551.

- McMillan, I., R. Gowe, S. Gavora, J. S. and Fairfull, R. W. (1986). Prediction of annual production from part record egg production in chickens by three mathematical models. **Poultry Science**. 65 : 817–822.
- Muir W. M. (1990). Association Between Persistency of Lay and Partial Record Egg Production in White Leghorn Hens and Implications to Selection Programs for Annual Egg Production. **Poultry Science**. 69 : 1447-1454
- Narinc, D., Karaman E., Aksoy, T. and Firat, M.Z. (2013). Investigation of nonlinear models to describe long-term egg production in Japanese quail. **Poultry Science**. 92 : 1676-1682
- Narushin, V. G., and Takma, C. (2003). Sigmoid model for the evaluation of growth and production curves in laying hens. **Biosystems Eng**. 84 : 343–348
- North, M. O., and Bell, D. D. (1990). **Commercial Chicken Production Manual**. 4th ed. Chapman & Hall, New York, NY.
- Oni O.O., Abubakar ,B.Y., Dim, N.I. Asiribo, O.E., and Adeyinka, I.A. (2007). Genetic and Phenotype Relationships Between Macnally Model parameters and Egg Production Traits. **International Poultry Science**. 6 : 8– 12.
- Savegnago, R. P., and others. (2012). Egg production curve fitting using nonlinear models for selected and nonselected lines of White Leghorn hens. **Poultry Science**. 91 : 2977-2987
- Wolc, A., Arango, J. , Settar, P., O' Sullivan, N. P., and Dekkers, J. C. M. (2011). Evaluation of egg production in layers using random regression models. **Poultry Science**. 90 : 30-34
- Yang, N., Wu, C. and McMillan, I. (1989). New mathematical model of poultry production. **Poultry Science**. 86 : 476–481.



ภาคผนวก ก. ภาพประกอบชุดคำสั่งของตัวแบบทางคณิตศาสตร์ใน Microsoft excel

	A	B	C	D	E	F	G
1	t	a	b	c	d	r	y
2	1	—	—	—	—	—	$(1/(0.01+(B2*(F2^(A2-C2)))))-D2*(A2-E2)$
3	2	—	—	—	—	—	$(1/(0.01+(B3*(F3^(A3-C3)))))-D3*(A3-E3)$
4	3	—	—	—	—	—	$(1/(0.01+(B4*(F4^(A4-C4)))))-D4*(A4-E4)$
5	4	—	—	—	—	—	$(1/(0.01+(B5*(F5^(A5-C5)))))-D5*(A5-E5)$

ภาพที่ ก.1 ชุดคำสั่ง Adam – bell model

	A	B	C	D	E	F
1	t	a	b	c	d	y
2	1	—	—	—	—	$B2*(EXP(-C2*A2))*(1-EXP(-D2*(A2-E2)))$
3	2	—	—	—	—	$B3*(EXP(-C3*A3))*(1-EXP(-D3*(A3-E3)))$
4	3	—	—	—	—	$B4*(EXP(-C4*A4))*(1-EXP(-D4*(A4-E4)))$
5	4	—	—	—	—	$B5*(EXP(-C5*A5))*(1-EXP(-D5*(A5-E5)))$

ภาพที่ ก.2 ชุดคำสั่ง McMiilan Model (MC)

	A	B	C	D	E	F
1	t	a	b	c	d	y
2	1	—	—	—	—	$B2*(EXP(-(C2*A2)))/(1+(EXP(-D2*(A2-E2))))$
3	2	—	—	—	—	$B3*(EXP(-(C3*A3)))/(1+(EXP(-D3*(A3-E3))))$
4	3	—	—	—	—	$B4*(EXP(-(C4*A4)))/(1+(EXP(-D4*(A4-E4))))$
5	4	—	—	—	—	$B5*(EXP(-(C5*A5)))/(1+(EXP(-D5*(A5-E5))))$

ภาพที่ ก.3 ชุดคำสั่ง Yang Model (Y)

	A	B	C	D	E
1	t	a	b	c	y
2	1	—	—	—	$B2*(A2^C2)*(EXP(-(D2*A2)))$
3	2	—	—	—	$B3*(A3^C3)*(EXP(-(D3*A3)))$
4	3	—	—	—	$B4*(A4^C4)*(EXP(-(D4*A4)))$
5	4	—	—	—	$B5*(A5^C5)*(EXP(-(D5*A5)))$

ภาพที่ ก.4 ชุดคำสั่ง Wood Model (W)

	A	B	C	D	E	F
1	t	a	c	d	b	y
2	1	—	—	—	—	$B2*((1+EXP(-C2*A2))^{(-D2)})*EXP(-E2*A2)$
3	2	—	—	—	—	$B3*((1+EXP(-C3*A3))^{(-D3)})*EXP(-E3*A3)$
4	3	—	—	—	—	$B4*((1+EXP(-C4*A4))^{(-D4)})*EXP(-E4*A4)$
5	4	—	—	—	—	$B5*((1+EXP(-C5*A5))^{(-D5)})*EXP(-E5*A5)$

ภาพที่ ก.5 ชุดคำสั่ง McNelly Model (MN)

	A	B	C	D	E	F
1	t	a	b	c	d	y
2	1	—	—	—	—	$B2*(A2^C2)*EXP((-D2*A2)+(E2*(A2*0.5)))$
3	2	—	—	—	—	$B3*(A3^C3)*EXP((-D3*A3)+(E3*(A3*0.5)))$
4	3	—	—	—	—	$B4*(A4^C4)*EXP((-D4*A4)+(E4*(A4*0.5)))$
5	4	—	—	—	—	$B5*(A5^C5)*EXP((-D5*A5)+(E5*(A5*0.5)))$

ภาพที่ ก.6 ชุดคำสั่ง Compartmental II (COM)

	A	B	C	D	E
1	t	a	x	b	y
2	1	—	—	—	$B2*((EXP(-C2*A2))-(EXP(-D2*A2)))$
3	2	—	—	—	$B3*((EXP(-C3*A3))-(EXP(-D3*A3)))$
4	3	—	—	—	$B4*((EXP(-C4*A4))-(EXP(-D4*A4)))$
5	4	—	—	—	$B5*((EXP(-C5*A5))-(EXP(-D5*A5)))$

ภาพที่ ก.7 ชุดคำสั่ง Logistic Model

	A	B	C	D	E	F	G
1	t	t1	t2	yp	p	b4	y
2	1	—	—	—	—	—	$0.3*(D2/C2-B2)*LN((EXP(A2/0.3)+EXP(B2/0.3))/(1+EXP(B2/0.3)))-LN((EXP(A2/0.3)+EXP(C2/0.3))/(1+EXP(C2/0.3)))+(0.3*(-F2)*LN((EXP(A2/0.3)+EXP((C2+E2)/0.3))/(1+EXP((C2+E2)/0.3))))$
3	2	—	—	—	—	—	$0.3*(D3/C3-B3)*LN((EXP(A3/0.3)+EXP(B3/0.3))/(1+EXP(B3/0.3)))-LN((EXP(A3/0.3)+EXP(C3/0.3))/(1+EXP(C3/0.3)))+(0.3*(-F3)*LN((EXP(A3/0.3)+EXP((C3+E3)/0.3))/(1+EXP((C3+E3)/0.3))))$
4	3	—	—	—	—	—	$0.3*(D4/C4-B4)*LN((EXP(A4/0.3)+EXP(B4/0.3))/(1+EXP(B4/0.3)))-LN((EXP(A4/0.3)+EXP(C4/0.3))/(1+EXP(C4/0.3)))+(0.3*(-F4)*LN((EXP(A4/0.3)+EXP((C4+E4)/0.3))/(1+EXP((C4+E4)/0.3))))$
5	4	—	—	—	—	—	$0.3*(D5/C5-B5)*LN((EXP(A5/0.3)+EXP(B5/0.3))/(1+EXP(B5/0.3)))-LN((EXP(A5/0.3)+EXP(C5/0.3))/(1+EXP(C5/0.3)))+(0.3*(-F5)*LN((EXP(A5/0.3)+EXP((C5+E5)/0.3))/(1+EXP((C5+E5)/0.3))))$

ภาพที่ ก.8 ชุดคำสั่ง Persistency Model (Flock) (G-PF)

	A	B	C	D	E	F
1	t	yp	t2	b4	P	y
2	1	—	—	—	—	$((B2/C2)*A2)-(0.3*(B2/C2))*LN((EXP(A2/0.3)+EXP(C2/0.3))/(1+EXP(C2/0.3)))+(0.3*(-D2)*LN((EXP(A2/0.3)+EXP((C2+E2)/0.3))/(1+EXP((C2+E2)/0.3))))$
3	2	—	—	—	—	$((B3/C3)*A3)-(0.3*(B3/C3))*LN((EXP(A3/0.3)+EXP(C3/0.3))/(1+EXP(C3/0.3)))+(0.3*(-D3)*LN((EXP(A3/0.3)+EXP((C3+E3)/0.3))/(1+EXP((C3+E3)/0.3))))$
4	3	—	—	—	—	$((B4/C4)*A4)-(0.3*(B4/C4))*LN((EXP(A4/0.3)+EXP(C4/0.3))/(1+EXP(C4/0.3)))+(0.3*(-D4)*LN((EXP(A4/0.3)+EXP((C4+E4)/0.3))/(1+EXP((C4+E4)/0.3))))$
5	4	—	—	—	—	$((B5/C5)*A5)-(0.3*(B5/C5))*LN((EXP(A5/0.3)+EXP(C5/0.3))/(1+EXP(C5/0.3)))+(0.3*(-D5)*LN((EXP(A5/0.3)+EXP((C5+E5)/0.3))/(1+EXP((C5+E5)/0.3))))$

ภาพที่ ก.9 ชุดคำสั่ง Individual Model (Weekly) (G-W)

	A	B	C	D	E
1	t	k1	k2	c2	y
2	1	—	—	—	$7*B2*((1-EXP(-A2))/(1+EXP(-A2)))-7*(B2-C2)*((1-EXP(-A2))/(1+EXP(-1*(A2-D2))))$
3	2	—	—	—	$7*B3*((1-EXP(-A3))/(1+EXP(-A3)))-7*(B3-C3)*((1-EXP(-A3))/(1+EXP(-1*(A3-D3))))$
4	3	—	—	—	$7*B4*((1-EXP(-A4))/(1+EXP(-A4)))-7*(B4-C4)*((1-EXP(-A4))/(1+EXP(-1*(A4-D4))))$
5	4	—	—	—	$7*B5*((1-EXP(-A5))/(1+EXP(-A5)))-7*(B5-C5)*((1-EXP(-A5))/(1+EXP(-1*(A5-D5))))$

ภาพที่ ก.10 ชุดคำสั่ง Individual Model (Weekly) (G-W)



	A	B	C	D	E
1	t	k1	k2	c2	y
2	1	—	—	—	$7*B2*(2*LN((1+EXP(A2))/2)-A2)-7*(B2-C2)*(1+EXP(-D2))*LN((EXP(D2)+EXP(A2))/(1+EXP(D2)))-A2*EXP(-D2)$
3	2	—	—	—	$7*B3*(2*LN((1+EXP(A3))/2)-A3)-7*(B3-C3)*(1+EXP(-D3))*LN((EXP(D3)+EXP(A3))/(1+EXP(D3)))-A3*EXP(-D3)$
4	3	—	—	—	$7*B4*(2*LN((1+EXP(A4))/2)-A4)-7*(B4-C4)*(1+EXP(-D4))*LN((EXP(D4)+EXP(A4))/(1+EXP(D4)))-A4*EXP(-D4)$
5	4	—	—	—	$7*B5*(2*LN((1+EXP(A5))/2)-A5)-7*(B5-C5)*(1+EXP(-D5))*LN((EXP(D5)+EXP(A5))/(1+EXP(D5)))-A5*EXP(-D5)$

ภาพที่ ก.11 ชุดคำสั่ง Individual Model (Cumulative) (G-CU)



	A	B	C	D	E	F	G
1	t	t1	t2	yp	p	b4	y
2	1						$0.3*(D2/C2-B2)*(\text{LN}((\text{EXP}(A2/0.3)+\text{EXP}(B2/0.3))/(1+\text{EXP}(B2/0.3)))-\text{LN}((\text{EXP}(A2/0.3)+\text{EXP}(C2/0.3))/(1+\text{EXP}(C2/0.3))))+(0.3*(-F2)*\text{LN}((\text{EXP}(A2/0.3)+\text{EXP}((C2+E2)/0.3))/(1+\text{EXP}((C2+E2)/0.3))))$
3	2						$0.3*(D3/C3-B3)*(\text{LN}((\text{EXP}(A3/0.3)+\text{EXP}(B3/0.3))/(1+\text{EXP}(B3/0.3)))-\text{LN}((\text{EXP}(A3/0.3)+\text{EXP}(C3/0.3))/(1+\text{EXP}(C3/0.3))))+(0.3*(-F3)*\text{LN}((\text{EXP}(A3/0.3)+\text{EXP}((C3+E3)/0.3))/(1+\text{EXP}((C3+E3)/0.3))))$
4	3						$0.3*(D4/C4-B4)*(\text{LN}((\text{EXP}(A4/0.3)+\text{EXP}(B4/0.3))/(1+\text{EXP}(B4/0.3)))-\text{LN}((\text{EXP}(A4/0.3)+\text{EXP}(C4/0.3))/(1+\text{EXP}(C4/0.3))))+(0.3*(-F4)*\text{LN}((\text{EXP}(A4/0.3)+\text{EXP}((C4+E4)/0.3))/(1+\text{EXP}((C4+E4)/0.3))))$
5	4						$0.3*(D5/C5-B5)*(\text{LN}((\text{EXP}(A5/0.3)+\text{EXP}(B5/0.3))/(1+\text{EXP}(B5/0.3)))-\text{LN}((\text{EXP}(A5/0.3)+\text{EXP}(C5/0.3))/(1+\text{EXP}(C5/0.3))))+(0.3*(-F5)*\text{LN}((\text{EXP}(A5/0.3)+\text{EXP}((C5+E5)/0.3))/(1+\text{EXP}((C5+E5)/0.3))))$

ภาพที่ ก.8 ชุดคำสั่ง Persistency Model (Flock) (G-PF)

	A	B	C	D	E	F
1	t	yp	t2	b4	P	y
2	1					$((B2/C2)*A2)-(0.3*(B2/C2))*(\text{LN}((\text{EXP}(A2/0.3)+\text{EXP}(C2/0.3))/(1+\text{EXP}(C2/0.3))))+(0.3*(-D2)*\text{LN}((\text{EXP}(A2/0.3)+\text{EXP}((C2+E2)/0.3))/(1+\text{EXP}((C2+E2)/0.3))))$
3	2					$((B3/C3)*A3)-(0.3*(B3/C3))*(\text{LN}((\text{EXP}(A3/0.3)+\text{EXP}(C3/0.3))/(1+\text{EXP}(C3/0.3))))+(0.3*(-D3)*\text{LN}((\text{EXP}(A3/0.3)+\text{EXP}((C3+E3)/0.3))/(1+\text{EXP}((C3+E3)/0.3))))$
4	3					$((B4/C4)*A4)-(0.3*(B4/C4))*(\text{LN}((\text{EXP}(A4/0.3)+\text{EXP}(C4/0.3))/(1+\text{EXP}(C4/0.3))))+(0.3*(-D4)*\text{LN}((\text{EXP}(A4/0.3)+\text{EXP}((C4+E4)/0.3))/(1+\text{EXP}((C4+E4)/0.3))))$
5	4					$((B5/C5)*A5)-(0.3*(B5/C5))*(\text{LN}((\text{EXP}(A5/0.3)+\text{EXP}(C5/0.3))/(1+\text{EXP}(C5/0.3))))+(0.3*(-D5)*\text{LN}((\text{EXP}(A5/0.3)+\text{EXP}((C5+E5)/0.3))/(1+\text{EXP}((C5+E5)/0.3))))$

ภาพที่ ก.9 ชุดคำสั่ง Persistency Model (Individual) (G-PI)

	A	B	C	D	E
1	t	k1	k2	c2	y
2	1				$7*B2*((1-\text{EXP}(-A2))/(1+\text{EXP}(-A2)))-7*(B2-C2)*((1-\text{EXP}(-A2))/(1+\text{EXP}(-1*(A2-D2))))$
3	2				$7*B3*((1-\text{EXP}(-A3))/(1+\text{EXP}(-A3)))-7*(B3-C3)*((1-\text{EXP}(-A3))/(1+\text{EXP}(-1*(A3-D3))))$
4	3				$7*B4*((1-\text{EXP}(-A4))/(1+\text{EXP}(-A4)))-7*(B4-C4)*((1-\text{EXP}(-A4))/(1+\text{EXP}(-1*(A4-D4))))$
5	4				$7*B5*((1-\text{EXP}(-A5))/(1+\text{EXP}(-A5)))-7*(B5-C5)*((1-\text{EXP}(-A5))/(1+\text{EXP}(-1*(A5-D5))))$

ภาพที่ ก.10 ชุดคำสั่ง Individual Model (Weekly) (G-W)



	A	B	C	D	E
1	t	k1	k2	c2	y
2	1	—	—	—	$7*B2*(2*LN((1+EXP(A2))/2)-A2)-7*(B2-C2)*(1+EXP(-D2))*LN((EXP(D2)+EXP(A2))/(1+EXP(D2)))-A2*EXP(-D2)$
3	2	—	—	—	$7*B3*(2*LN((1+EXP(A3))/2)-A3)-7*(B3-C3)*(1+EXP(-D3))*LN((EXP(D3)+EXP(A3))/(1+EXP(D3)))-A3*EXP(-D3)$
4	3	—	—	—	$7*B4*(2*LN((1+EXP(A4))/2)-A4)-7*(B4-C4)*(1+EXP(-D4))*LN((EXP(D4)+EXP(A4))/(1+EXP(D4)))-A4*EXP(-D4)$
5	4	—	—	—	$7*B5*(2*LN((1+EXP(A5))/2)-A5)-7*(B5-C5)*(1+EXP(-D5))*LN((EXP(D5)+EXP(A5))/(1+EXP(D5)))-A5*EXP(-D5)$

ภาพที่ ก.11 ชุดคำสั่ง Individual Model (Cumulative) (G-CU)



## ประวัติผู้เขียน

นายอิทธิพันธ์ ภูมิเกษมศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2530 ที่ เขตธนบุรี จังหวัด กรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เมื่อปี 2552 และ เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมาในปี 2553

