ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย

การปรับปรุง PD Model ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ ECL Model ตามมาตรฐาน TFRS 9

Unbiased PD Model

EY
Building a better
working world

เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารลับเฉพาะ

เนื้อหา

ถาม - ตอบ

EY
Building a better
working world

1 ภาพรวมการดำเนินโครงการ

	ก.ย. 67	ต.ค. 67	พ.ย. 67	ธ.ค. 67	ม.ค. 68	ก.พ. 68

งานบริหารโครงการ (Project Management)

ศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของพอร์ตสินเชื่อของธนาคาร

แผนงานการดำเนินงานและนำเสนอผ่านการ Kick-off
⭐ 1 แผนการดำเนินโครงการ โดยละเอียด
ศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของพอร์ตสินเชื่อของธนาคาร
⭐ 2 รายงานผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของพอร์ตสินเชื่อ

แนวทางการหารือกับธนาคาร
1. เสนอแผนงานและออกแบบข้อมูลในการเก็บ
2. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของพอร์ตสินเชื่อของธนาคาร
3. ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อผิดพลาด และการแก้ไขข้อมูล
4. Option Paper
5. อัพเดทผลการพัฒนาแบบจำลอง PD และเงื่อนไข Staging
6. ผลการคำนวณ Impact
7. สรุปการพัฒนาชุดคำสั่ง
8. ผลการติดตามในระยะรับประกันผลงาน 6 เดือน

ตรวจสอบคุณภาพข้อมูล

ออกแบบรูปแบบการเก็บข้อมูล
การเก็บข้อมูล
ตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล
⭐ 3 ผลการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อผิดพลาด และการแก้ไขข้อมูล

พัฒนาแบบจำลอง PD

นำเสนอ option paper
⭐ 4 Option Paper นิยาม Default Definition เงื่อนไขในการจัดชั้น (Staging) และ PD Segmentation
การพัฒนาแบบจำลอง PD Model
กำหนดเงื่อนไขการจัดชั้น
การคำนวณ ECL impact
5-7 รายงานผลการพัฒนาแบบจำลอง PD รวมถึง Staging พร้อมทั้งการทดสอบทางสถิติ

พัฒนาชุดคำสั่ง

พัฒนาชุดคำสั่ง
8 ชุดคำสั่ง (Programming Script)
9 เอกสารการจัดอบรมและถ่ายทอดความรู้

*แผนงานดังกล่าวอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับการหารือร่วมกับทางธนาคาร

⭐ งานส่งมอบ#1　▲ ติดตามสถานะ　◆ การอบรม　🟢 หารือกับธนาคาร　⭐ งานส่งมอบ#2

EY
Building a better working world

ภาพรวมของสถานะในแต่ละงานส่งมอบ ณ วันที่ 11/12/2567

| | เสร็จสิ้น | อยู่ระหว่างดำเนินการ | ล่าช้า | ยังไม่เริ่มดำเนินการ |

60%

No.	รายละเอียดงานส่งมอบ	%ความคืบหน้า	สถานะ	กำหนดวันที่แล้วเสร็จ	Remark
1	แผนการดำเนินโครงการโดยละเอียด	100%	เสร็จสิ้น	24/09/2567	อยู่ระหว่างการตรวจรับ
2	รายงานผลการศึกษาและวิเคราะห์คุณลักษณะของพอร์ตสินเชื่อ	100%		ภายใน 30/11/2567	อยู่ระหว่างการตรวจรับ
3	Data Assessment	100%		ภายใน 30/11/2567	อยู่ระหว่างการตรวจรับ
4	Option Paper	100%		03/10/2024	อยู่ระหว่างการตรวจรับ
5	Unbias PD	90%	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ภายใน 31/12/2567	
	Forward Looking PD		อยู่ระหว่างดำเนินการ		
	Lifetime PD		อยู่ระหว่างดำเนินการ		
	Staging		ยังไม่เริ่มดำเนินการ		
6	ชุดคำสั่ง (Programming Script)		ยังไม่เริ่มดำเนินการ		
7	การจัดอบรมและถ่ายทอดความรู้		ยังไม่เริ่มดำเนินการ	Tentative Jan 2025	

งวดที่ 1

กำหนดส่งภายในวันที่ 30 พ.ย. 67

งวดที่ 2

กำหนดส่งภายในวันที่ 17 ก.พ. 68

EY
Building a better working world

2 หลักการสร้างแบบจำลอง (Model Methodology)

ภาพรวมการสร้างแบบจำลอง Unbias PD

การหาค่าพารามิเตอร์

▶ Central Tendency

▶ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสินทรัพย์
   หรือ Asset Correlation (Rho)

▶ ปัจจัยเชิงวัฏจักร (Cycle Factor)

Function

▶ Fitting function ที่ใช้ในการคำนวณ
   Theoretical Migration Matrix
   (TMM) ได้แก่ Exponential Decay
   และ Quadratic

ข้อมูลจากธนาคาร

Theoretical Migration Matrix Model

Back-testing

Final Model

Migration Count

▶ การเปลี่ยนแปลงข้อมูลในช่วง 1 ปี
   ที่ผ่านมา (YoY Movement)

▶ นับจำนวน Observation

▶ คำนวณ Migration rate

Model Back-testing

▶ AUC

▶ GINI

▶ KS

EY
Building a better
working world

หลักการสร้างแบบจำลอง

Migration Matrix

ในการใช้วิธี Migration Matrix เพื่อประมาณค่า Probability of Default (PD) หรือความน่าจะเป็นที่ลูกหนี้จะผิดนัดชำระหนี้ ตาราง Migration Matrix จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับความเสี่ยงต่างๆ ในทุกจุดสังเกตและช่วงเวลาที่กำหนด ตามรูปภาพด้านล่าง
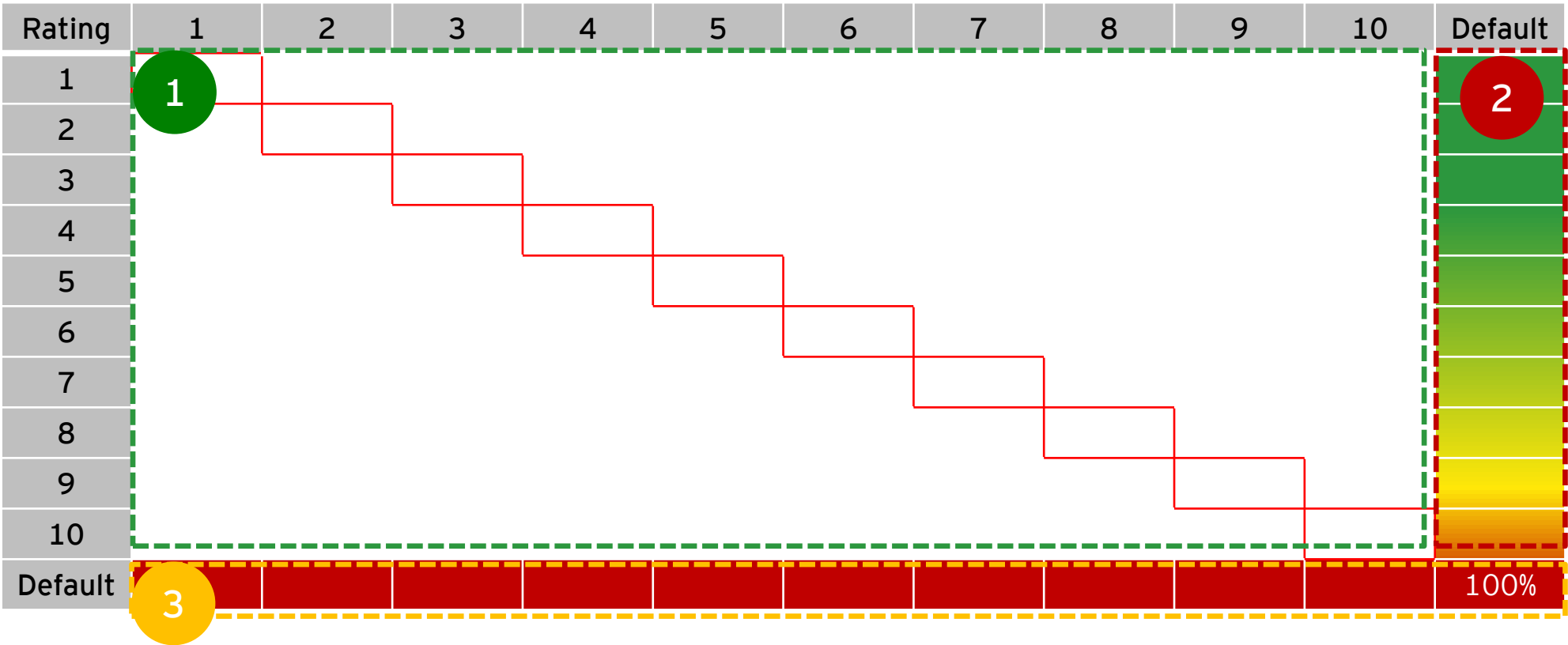
พื้นที่ 1: Performing to Performing Transitions: การสังเกตการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับความเสี่ยงของลูกหนี้ที่ชำระหนี้ได้ (Performing risk grade) ทั้งในกรณีที่ปรับขึ้น (Upgrade)และปรับลง (Downgrade) เช่น การปรับลงระดับความเสี่ยงจากความเสี่ยงระดับ 2 เป็นความเสี่ยงระดับ 4

พื้นที่ 2: Performing to Default Transitions: การสังเกตการเปลี่ยนแปลงจากระดับความเสี่ยงที่ลูกหนี้ยังชำระหนี้ได้ (Performing) ไปสู่สถานะที่ผิดนัดชำระหนี้ (Default) ซึ่งแสดงถึงความน่าจะเป็นที่ลูกหนี้จะผิดนัดชำระหนี้ (PD) ในระยะเวลา 1 ปี through-the-cycle PD for each starting risk grade.

พื้นที่ 3: Default Rows: ในการสร้าง TTC Migration Matrix นั้น แถวและคอลัมน์ของเมทริกซ์จะต้องมีความสมมาตรกัน กล่าวคือลูกหนี้ที่ผิดนัดชำระหนี้จะยังคงอยู่ในสถานะผิดนัดชำระหนี้ตลอดช่วงสังเกตการณ์ (observation period) ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ลูกหนี้จะย้ายจาก Default ไปยัง Default จึงถูกกำหนดให้เป็น 100% หรือ ความน่าจะเป็นคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงจากปีหนึ่งไปยังปีถัดไป

หลักการสร้างแบบจำลอง

Step 1: การหาค่า Parameter

1. **Central Tendency** หรือแนวโน้มค่ากลางของอัตราการย้ายอันดับ (Transition Probability) มักถูกนำมาใช้เป็นหนึ่งในเครื่องมือสำคัญ เพื่อทำให้ค่า Transition Probabilities ที่ได้สามารถสะท้อนถึงค่าที่ "เป็นกลาง" และมั่นคงในระยะยาว ไม่ใช่ค่าที่ถูกบิดเบือนด้วยสภาวะเศรษฐกิจระยะสั้น

$$CT = \frac{Bad}{Observation}$$

2. **ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสินทรัพย์** หรือ Asset correlation (Rho, **ρ**) จะใช้ค่าที่ได้จาก Basel correlation โดยคำนวณจากอัตราการผิดนัดชำระหนี้ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมาของสินทรัพย์ในพอร์ต ตามสูตรดังนี้

Corporate :

$$Rho = 0.12\left(\frac{1 - e^{(-50 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-50)}}\right) + 0.24\left(1 - \frac{1 - e^{(-50 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-50)}}\right)$$

SME :

$$Rho = 0.12\left(\frac{1 - e^{(-50 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-50)}}\right) + 0.24\left(1 - \frac{1 - e^{(-50 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-50)}}\right)$$
$$-0.04\left(1 - \frac{(S - 10)}{90}\right)$$

Retail :

$$Rho = 0.03\left(\frac{1 - e^{(-35 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-35)}}\right) + 0.16\left(1 - \frac{1 - e^{(-35 * 12M\ ODR_{Long\ run})}}{1 - e^{(-35)}}\right)$$

3. **Cycle Factor** คือ ตัววัดหรือดัชนีที่สะท้อนสถานะของวงจรเศรษฐกิจ (Credit Cycle หรือ Economic Cycle) ในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ เมื่อเทียบกับภาวะ "ปกติ" โดยปกติแล้ว เมื่อเศรษฐกิจอยู่ในช่วงขาขึ้น ความน่าจะเป็นในการปรับลดอันดับ (Downgrade) หรือความเสี่ยงด้านเครดิตอาจลดลง ในขณะที่ช่วงเศรษฐกิจขาลง อัตราการปรับลดอันดับหรือ Default อาจเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่า Cycle Factor จะสะท้อนว่าในช่วงเวลานั้น ๆ สภาวะเศรษฐกิจเป็น "ดีกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว" หรือ "แย่กว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว"

$$CF = N^{-1}(ODR)$$

Normalized Cycle Factor เป็นกระบวนการปรับค่าของ Cycle Factor ให้สามารถนำไปใช้เปรียบเทียบข้ามช่วงเวลาได้ ซึ่งแสดงค่าความผิดปกติ (Deviation) ของ Cycle Factor ในหน่วยมาตรฐาน (เช่น Z-score) ทำให้สามารถกำหนดได้ว่า ณ ช่วงใดเศรษฐกิจอยู่ในสภาวะ "ร้อนแรงกว่าปกติ" หรือ "ซบเซากว่าปกติ" มากน้อยเพียงใด โดยคำนวณจากสูตรดังนี้

$$CF' = \frac{CF - \mu}{\sigma}$$

$$\mu \text{ is } \frac{N^{-1}(CT)}{\sqrt{1 - Rho}}$$

$$\sigma \text{ is } \frac{\sqrt{Rho}}{\sqrt{1 - Rho}}$$

หลักการสร้างแบบจำลอง

Step 2: TTC Rating Distribution (พื้นที่ 1)

ในการสร้าง Migration matrix ที่แสดงถึงจำนวนการย้ายความเสี่ยงของลูกหนี้จากระดับความเสี่ยงหนึ่งไปยังระดับความเสี่ยงอื่นๆ ในแต่ละปี และสะท้อนให้เห็นการเคลื่อนไหวต่างๆ ของระดับความเสี่ยงใน ช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งการสร้าง Theoretical Migration Matrix (TMM) จะเริ่มต้นจากการปรับ**ข้อมูลในพื้นที่** 1: Performing to Performing Transitions ให้เรียบ (Smoothening) กล่าวคือ การปรับข้อมูลการ เปลี่ยนแปลงให้มีความสม่ำเสมอและเสถียรขึ้น หลังจากนั้นจึงนำ Migration Matrix แต่ละปีมาพิจารณาตลอดวงจรเศรษฐกิจ (Economic cycle) โดยการพิจารณาค่า Cycle Factor

Annual Migration Count

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Total
2018 A	6	3	3	2	0	0	0	0	14
2018 B1	2	10	9	6	1	0	0	0	28

Annual Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	42.86%	21.43%	21.43%	14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	7.14%	35.71%	32.14%	21.43%	3.57%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	0.00%	10.87%	39.13%	47.83%	0.00%	2.17%	0.00%	0.00%

Cumulative Migration Matrix (RD Sample)

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	100.00%	57.14%	35.71%	14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	100.00%	92.86%	57.14%	25.00%	3.57%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	100.00%	100.00%	89.13%	50.00%	2.17%	2.17%	0.00%	0.00%
B3	100.00%	100.00%	95.24%	80.95%	21.43%	8.33%	2.38%	1.19%
B4	100.00%	100.00%	95.83%	91.67%	54.17%	16.67%	8.33%	0.00%
C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	92.86%	64.29%	35.71%	14.29%
C2	100.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	40.00%	40.00%
C3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	60.00%

หลักการสร้างแบบจำลอง

Step 2: TTC Rating Distribution (พื้นที่ 1)

Annual synthetic migration matrix มาจากการคำนวณสูตรย้อนกลับของ Vasicek Merton เมื่อได้ Annual synthetic migration matrix หลายๆ ปีแล้ว จะนำมาเฉลี่ย เพื่อสร้าง Average TTC Migration Matrix ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$RD_{Sample} = N\left(\frac{N^{-1}(RD_{TTC}) + \sqrt{Rho} * CF'}{\sqrt{1-Rho}}\right)$$

สูตรการคำนวณย้อนกลับ :

$$RD_{TTC} = N\left(N^{-1}(RD_{Sample})\ x\ \sqrt{1-Rho} - \sqrt{Rho}\ x\ (CF')\right)$$

Cumulative Rating Distribution (RD TTC)

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	100.00%	35.38%	19.48%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	100.00%	77.85%	35.38%	12.83%	1.63%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	100.00%	100.00%	71.27%	29.63%	0.99%	0.99%	0.00%	0.00%
B3	100.00%	100.00%	82.83%	59.62%	10.77%	3.89%	1.09%	0.55%
B4	100.00%	100.00%	84.23%	75.62%	32.92%	8.15%	3.89%	0.00%
C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	77.85%	41.70%	19.48%	6.89%
C2	100.00%	58.43%	58.43%	58.43%	58.43%	22.36%	22.36%
C3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	37.83%

Marginal TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	64.62%	15.90%	12.58%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	22.15%	42.47%	22.55%	11.20%	1.63%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	0.00%	28.73%	41.63%	28.64%	0.00%	0.99%	0.00%	0.00%
B3	0.00%	17.17%	23.21%	48.85%	6.89%	2.80%	0.54%	0.55%
B4	0.00%	15.77%	8.61%	42.69%	24.77%	4.27%	3.89%	0.00%
C1	0.00%	0.00%	0.00%	22.15%	36.15%	22.22%	12.58%	6.89%
C2	41.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.07%	0.00%	22.36%
C3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.17%	37.83%

นำ Marginal TTC Migration แต่ละปีมาเฉลี่ยกัน

Average TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	63.87%	18.24%	12.90%	4.53%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	28.27%	34.26%	25.01%	12.13%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	6.24%	25.50%	42.09%	23.84%	2.14%	0.20%	0.00%	0.00%
B3	2.92%	10.83%	23.61%	49.94%	9.74%	2.13%	0.42%	0.41%
B4	0.00%	5.40%	12.19%	37.56%	27.17%	15.65%	1.55%	0.48%
C1	0.00%	0.80%	5.80%	15.19%	28.90%	30.93%	13.45%	4.94%
C2	8.31%	0.00%	0.00%	1.87%	26.34%	27.27%	20.76%	15.44%
C3	0.00%	0.00%	4.30%	3.71%	0.00%	7.28%	24.12%	60.58%

EY Building a better working world

หลักการสร้างแบบจำลอง

Step 3: Theoretical Migration Matrix (พื้นที่ 1)

การสร้างแบบจำลองเพื่อให้ครอบคลุมและสอดคล้องกับทฤษฎีการเงิน (Theoretical Migration Matrix, TMM) จะพิจารณาปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ดังนี้:

1. **Diagonal Dominance**: อัตราการเปลี่ยนแปลงในระดับความเสี่ยงเดียวกันควรมีค่าสูงสุดในแถวความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง

2. **Strict Ordering**: ระดับความเสี่ยงที่สูงกว่าควรมีอัตราการผิดนัดชำระหนี้สูงกว่าระดับความเสี่ยงที่ต่ำกว่า หรือกล่าวคือ ระดับความเสี่ยงที่ต่ำกว่าต้องไม่มีอัตราการผิดนัดชำระหนี้สูงกว่าระดับความเสี่ยงที่สูงกว่า

3. **Proper Markov Matrix**: อัตราการผิดนัดชำระหนี้ต้องไม่เท่ากับ 0%

หลังจากหา Average TTC Migration Matrix ได้เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ กระบวนการปรับเข้ากับรูปแบบฟังก์ชันเฉพาะ (Fitting Specific Functional Form) เพื่อสร้าง Theoretical Migration Matrix ซึ่งการ Migration จะขึ้นอยู่กับระดับการเปลี่ยนแปลงระหว่างเกรด (จำนวน Notch) และเกรดความเสี่ยงเริ่มต้น (Initial grade) โดยเริ่มจากการสร้างเส้นกราฟที่แสดงเกรดความเสี่ยงเริ่มต้นและจำนวนระดับการปรับเพิ่ม/ลดระดับความเสี่ยงของลูกหนี้ และนำไปสร้าง Upgrade และ Downgrade Vector ต่อไป โดยทั่วไปแล้ว รูปแบบฟังก์ชันที่เหมาะสมกับสมมติฐาน Diagonal Dominance ได้แก่:

▶ **Exponential Decay Function**: ความน่าจะเป็นในการปรับเพิ่ม/ลดระดับความเสี่ยงของลูกหนี้ขึ้นอยู่กับระดับการเปลี่ยนแปลงระหว่างเกรด (Notch changes)

$$Notch_{Upgrade}, Notch_{Downgrade} = pe^{qn}$$

▶ **Quadratic Function**: ความน่าจะเป็นในการปรับเพิ่ม/ลดระดับความเสี่ยงของลูกหนี้ ขึ้นอยู่กับระดับความเสี่ยงเริ่มต้น

$$Rating_{Upgrade}, Rating_{Downgrade} = as^2 + bs + c$$

ความน่าจะเป็นของการเพิ่มและลดเกรดความเสี่ยงสำหรับ TMM คำนวณโดยการปรับรูปแบบฟังก์ชันพารามิเตอร์ที่ประมาณการไว้ข้างต้นให้สอดคล้องกับข้อมูลที่สังเกตได้ โดยรูปแบบฟังก์ชันทั้งสองนี้จะถูกนำมารวมกัน และนำไปใช้กับเกรดความเสี่ยงเริ่มต้น (starting grade) และจำนวนระดับความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลง (notches change)

$$Migration\ rate = [as^2 + bs + c]\ x\ [pe^{qn}]$$

หลักการสร้างแบบจำลอง

Step 3: Theoretical Migration Matrix (พื้นที่ 2)

กระบวนการสร้าง Theoretical Migration Matrix (TMM) สำหรับขั้นตอน Performing to Default Transitions เริ่มต้นจากการนำข้อมูลอัตราการผิดนัดชำระหนี้ (Default Rates) ซึ่งมักจะมีค่าศูนย์มากเกินไปจนยากต่อการวิเคราะห์ มา แปลงให้อยู่ในรูปแบบลอการิทึม (logarithm) โดยใช้ฟังก์ชัน Exponencial เพื่อให้สามารถนำไปใส่ในโมเดลได้อย่างเหมาะสม จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ผ่านการแปลงแล้วไปเข้าสู่กระบวนการประมาณค่าด้วยฟังก์ชันเฉพาะ (Fitting Specific Functional Form) เพื่อสร้าง TMM เชิงทฤษฎีขึ้นมา เมื่อได้ฟังก์ชันที่เหมาะสมแล้วจะทำการปรับเทียบ (Calibration) ค่าให้อัตราการผิดนัดชำระหนี้ของโมเดลมีค่า Central Tendency ที่สอดคล้องกับข้อมูลดิบ

Rating	DF	N	ODR
A	0	172	0.00%
B1	0	311	0.00%
B2	0	584	0.00%
B3	0	928	0.00%
B4	0	325	0.00%
C1	1	157	0.64%
C2	0	52	0.00%
C3	4	52	7.69%

Rating	x1	LN(ODR)
A	1	-8.210
B1	2	-7.210
B2	3	-6.210
B3	4	-5.210
B4	5	-4.210
C1	6	-5.056
C2	7	-2.210
C3	8	-2.565

Rating	Fitted	Calibrated
A	0.03%	0.03%
B1	0.08%	0.06%
B2	0.18%	0.13%
B3	0.40%	0.31%
B4	0.91%	0.70%
C1	2.07%	1.58%
C2	4.70%	3.60%
C3	10.69%	8.18%

Corporate - Default Calibration

Noted : ลอการิทึมช่วยทำให้การกระจายของข้อมูลที่มีความเบ้สูงหรือมีค่าศูนย์มาก ๆ ถูกปรับให้อยู่ในช่วงที่สามารถวิเคราะห์และโมเดล ได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ลอการิทึมยังสอดคล้องกับแนวคิดและแบบจำลองทางสถิติและเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้อีกด้วย เนื่องจาก rating ที่สูง ควรมีอัตราการผิดนัดชำระหนี้ที่ต่ำ แต่ rating ต่ำควรมีอัตราการผิดนัดชำระหนี้ที่สูง

หลักการสร้างแบบจำลอง
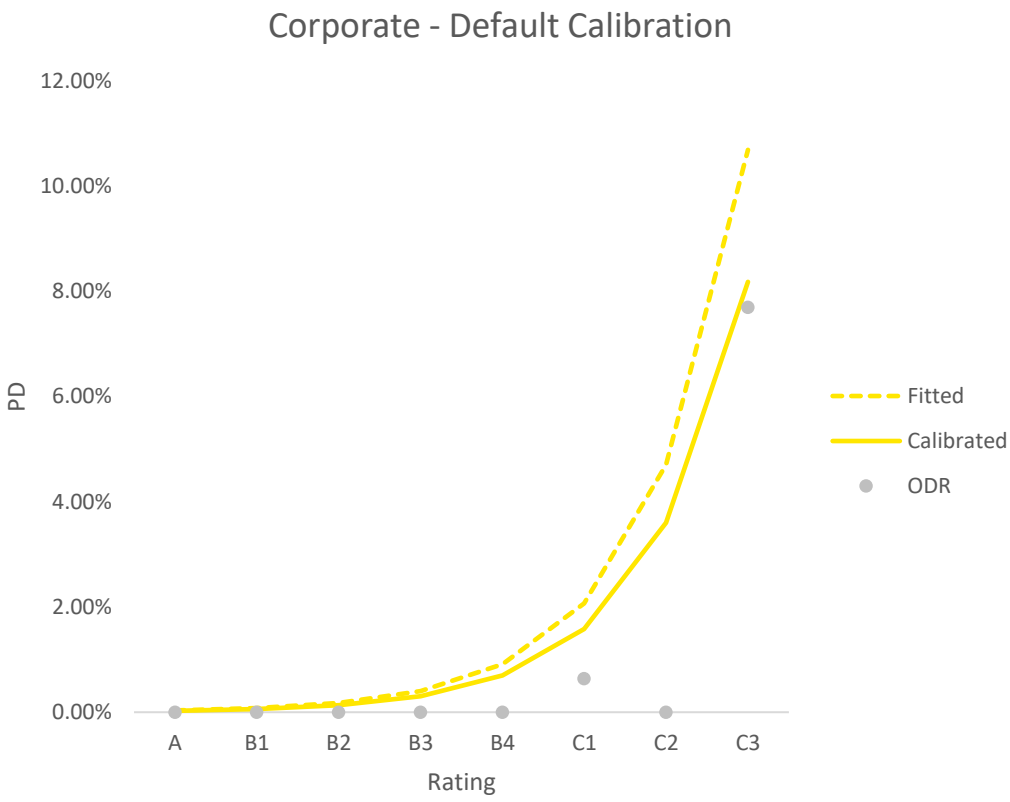
Step 3: Calibration

เมื่อนำผลที่ได้จากส่วน Default และ Non-Default ซึ่งต่างก็ผ่านการปรับในลักษณะ Through-the-Cycle เรียบร้อยแล้วมารวมกัน เราจะได้ชุดข้อมูลเมทริกซ์การย้ายสถานะ (Migration Matrix) ที่สมบูรณ์ จากนั้นจึงตรวจสอบให้แน่ใจว่าผลรวมของความน่าจะเป็นในแต่ละแถวมีค่าเท่ากับ 1 และทำการปรับเทียบเพิ่มเติม รวมถึงทำ Back-testing เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของโมเดล ก่อนนำไปใช้งานจริงต่อไป

Non-Default

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	56.63%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%
B1	0.41%	64.18%	9.23%	7.54%	6.15%	5.03%	4.10%	3.35%
B2	1.43%	1.78%	69.07%	7.98%	6.52%	5.32%	4.35%	3.55%
B3	1.89%	2.35%	2.93%	72.37%	6.76%	5.52%	4.50%	3.68%
B4	2.00%	2.49%	3.10%	3.87%	74.77%	5.55%	4.53%	3.70%
C1	1.90%	2.37%	2.95%	3.68%	4.59%	76.60%	4.35%	3.56%
C2	1.69%	2.11%	2.63%	3.27%	4.08%	5.09%	77.95%	3.18%
C3	1.43%	1.79%	2.23%	2.77%	3.46%	4.31%	5.37%	78.64%

Default

Rating	DF
A	0.03%
B1	0.06%
B2	0.13%
B3	0.31%
B4	0.70%
C1	1.58%
C2	3.60%
C3	8.18%

Calibration

Theoretical Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
A	56.61%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.66%	3.81%	3.11%	0.03%
B1	0.41%	64.15%	9.23%	7.53%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.06%
B2	1.43%	1.78%	68.98%	7.97%	6.51%	5.32%	4.34%	3.54%	0.13%
B3	1.88%	2.35%	2.92%	72.15%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.31%
B4	1.98%	2.47%	3.08%	3.84%	74.25%	5.51%	4.50%	3.67%	0.70%
C1	1.87%	2.33%	2.91%	3.62%	4.51%	75.39%	4.29%	3.50%	1.58%
C2	1.63%	2.03%	2.53%	3.16%	3.93%	4.90%	75.14%	3.07%	3.60%
C3	1.32%	1.64%	2.04%	2.55%	3.18%	3.96%	4.93%	72.21%	8.18%
DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

หลักการสร้างแบบจำลอง

Lifetime Through-the-Cycle PD

การคูณเมทริกซ์เป็นเทคนิคทางสถิติที่ใช้ในการสร้างโครงสร้างอัตรา TTC PD Term วิธีการนี้ทำการประมาณการการย้ายหรือการเปลี่ยนแปลงของความเสี่ยงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งซึ่งเกิดขึ้นโดยทั่วไปภายในระยะเวลา 12 เดือน เพื่อนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยใช้แนวทาง Markov-Chain
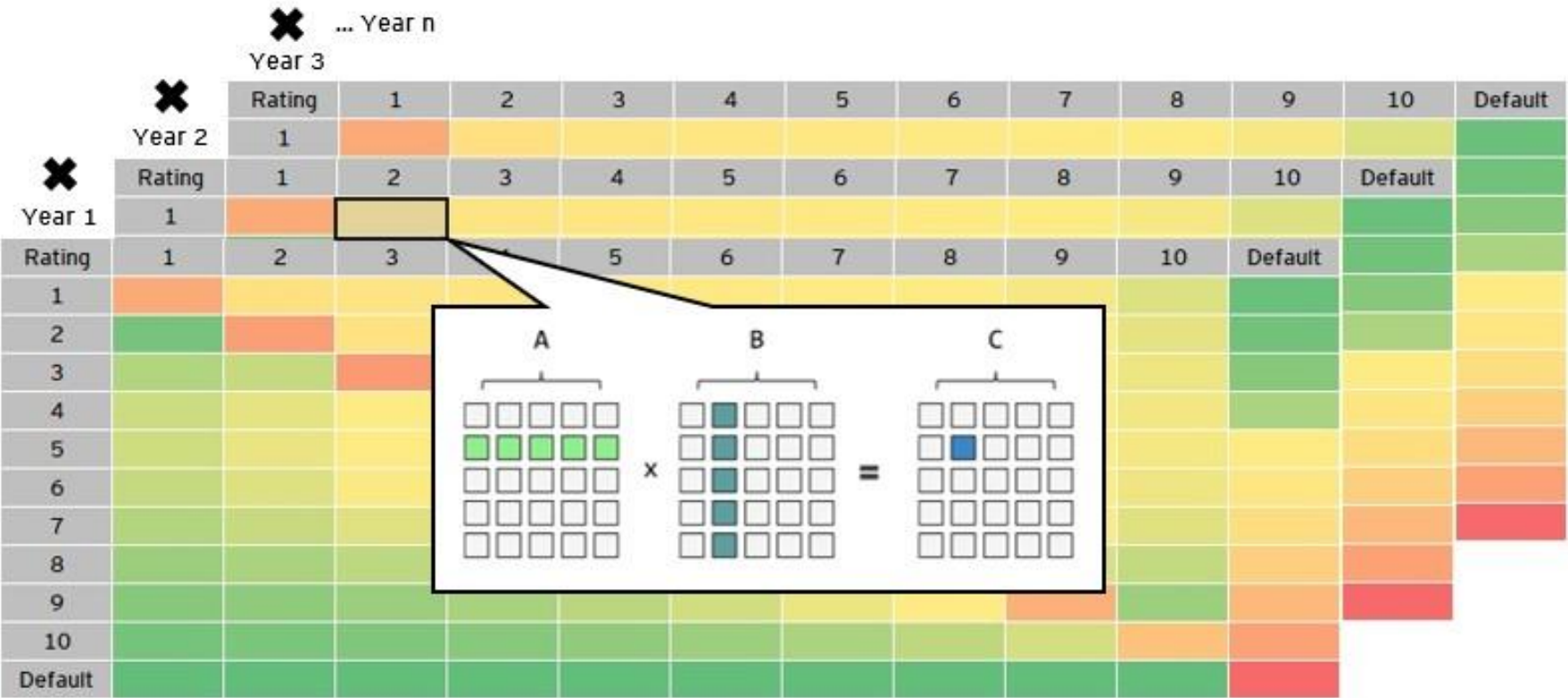
เนื่องจากกระบวนการคูณเมทริกซ์จะนำไปสู่การสร้างโครงสร้าง TTC PD Term ในขณะที่การคำนวณ Lifetime ECL จะดำเนินการบนค่าความน่าจะเป็นของการผิดนัดชำระเงิน (PiT PD) ที่ปรับให้เป็นปัจจุบันในแต่ละวันรายงาน โดยอัตราการเพิ่มขึ้นจนถึงเวลานั้นจะถูกประมาณด้วยสูตรดังต่อไปนี้:

$$MPD_{TTC(t)} = CPD_{TTC(t)} - CPD_{TTC(t-1)}$$

โดยที่ ;

- $MPD =$ marginal PD
- $CPD =$ cumulative PD
- $t =$ times (years)

3 ผลการพัฒนาแบบจำลอง (Development Result)

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

การหาค่า Parameter – Corporate

ค่าพารามิเตอร์	
CT	0.57%
Rho	21.02%
Mean (μ)	-2.847
S.D. (σ)	0.516

ตัวอย่างการคำนวณพารามิเตอร์

$$CT = \frac{Bad}{Observation} = \frac{251}{43,986} = 0.0057$$

$$Rho = 0.12\left(\frac{1 - e^{(-50 * 12M \, ODR_{Long \, run})}}{1 - e^{(-50)}}\right) + 0.24\left(1 - \frac{1 - e^{(-50 * 12M \, ODR_{Long \, run})}}{1 - e^{(-50)}}\right)$$

$$= 0.12\left(\frac{1 - e^{(-50 * 0.0057)}}{1 - e^{(-50)}}\right) + 0.24\left(1 - \frac{1 - e^{(-50 * 0.0057)}}{1 - e^{(-50)}}\right) = 0.2102$$

$$\mu = \frac{N^{-1}(CT)}{\sqrt{1 - Rho}} = \frac{N^{-1}(0.0057)}{\sqrt{1 - 0.2102}} = -2.847$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{0.2102}}{\sqrt{1 - 0.2102}} = 0.516$$

Year	ODR	CF	CF'
2018	1.24%	-2.245	1.167
2019	0.26%	-2.800	0.090
2020	0.85%	-2.389	0.887
2021	0.28%	-2.767	0.155
2022	0.40%	-2.651	0.380

ตัวอย่างการคำนวณ CF' ของปี 2022

Step 1: $ODR = \dfrac{Bad}{N} = \dfrac{45}{11206} = 0.0040$

Step 2: $CF = N^{-1}(ODR) = N^{-1}(0.0040) = -2.651$

Step 3: $CF' = \dfrac{CF - \mu}{\sigma}$

$$= \frac{-2.651 - (-2.847)}{0.516}$$

$$= 0.380$$

EY
Building a better
working world

Non-Default – Corporate

Annual Migration Count

	1	2	3	4	5	6	7	8	
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	Total

Annual Migration Matrix 2018

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	
A	6	3	3	2	0	0	0	0	14

Cumulative Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	
A	42.86%	21.43%	21.43%	14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	
A	100.00%	57.14% *(RD Sample)*		14.29%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	00%
B1	100.00%	92.86%	57.14%	25.00%	3.57%	0.00%	0.00%	0.00%	19%
B2	100.00%	100.00%	89.13%	50.00%	2.17%	2.17%	0.00%	0.00%	00%
B3	100.00%	100.00%	95.24%	80.95%	21.43%	8.33%	2.38%	1.19%	.29%
B4	100.00%	100.00%	95.83%	91.67%	54.17%	16.67%	8.33%	0.00%	.00%
C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	92.86%	64.29%	35.71%	14.29%	
C2	100.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	80.00%	40.00%	40.00%	
C3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	60.00%	

Cumulative Rating Distribution (RD)

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	100.00%	35.38% *(RD TCC)*	19.4…%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	100.00%	77.85%		12.83%	1.63%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	100.00%	100.00%	71.27%	29.63%	0.99%	0.99%	0.00%	0.00%
B3	100.00%	100.00%	82.83%	59.62%	10.77%	3.89%	1.09%	0.55%
B4	100.00%	100.00%	84.23%	75.62%	32.92%	8.15%	3.89%	0.00%
C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	77.85%	41.70%	19.48%	6.89%
C2	100.00%	58.43%	58.43%	58.43%	58.43%	58.43%	22.36%	22.36%
C3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	37.83%

CT	0.57%
Rho	21.02%
Mean	-2.847
S.D.	0.516

Year	CF'
2018	1.167
2019	0.090
2020	0.887
2021	0.155
2022	0.380

ตัวอย่างการคำนวณ RD_{TTC} จาก A ไป B1

$$RD_{TTC} = N\left(N^{-1}(RD_{Sample}) \times \sqrt{1 - Rho} - \sqrt{Rho} \times (CF')\right)$$

$$= N\left(N^{-1}(0.5714) \times \sqrt{1 - 0.2102} - \sqrt{0.2102} \times (1.167)\right)$$

$$= 0.3538$$

ตัวอย่างจาก ปี 2018 - 2019

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Non-Default – Corporate

Cumulative Rating Distribution (RD)

ตัวอย่างจาก ปี 2018 - 2019

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	100.00%	35.38%	19.48%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	100.00%	77.85%	35.38%	12.83%	1.63%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	100.00%	100.00%	71.27%	29.63%	0.99%	0.99%	0.00%	0.00%
B3	100.00%	100.00%	82.83%	59.62%	10.77%	3.89%	1.09%	0.55%
B4	100.00%	100.00%	84.23%	75.62%	32.92%	8.15%	3.89%	0.00%
C1	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	77.85%	41.70%	19.48%	6.89%
C2	100.00%	58.43%	58.43%	58.43%	58.43%	58.43%	22.36%	22.36%
C3	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	37.83%

Marginal TTC Migration Matrix

Rating	1 A	2 B1	3 B2	4 B3	5 B4	6 C1	7 C2	8 C3	
A	64.62%	15.90%	12.58%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
B1	22.15%	42.47%	22.55%	11.20%	1.63%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
B2	0.00%	28.73%	41.63%	28.64%	0.00%	0.99%	0.00%	0.00%	100.00%
B3	0.00%	17.17%	23.21%	48.85%	6.89%	2.80%	0.54%	0.55%	100.00%
B4	0.00%	15.77%	8.61%	42.69%	24.77%	4.27%	3.89%	0.00%	100.00%
C1	0.00%	0.00%	0.00%	22.15%	36.15%	22.22%	12.58%	6.89%	100.00%
C2	41.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	36.07%	0.00%	22.36%	100.00%
C3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	62.17%	37.83%	100.00%

Rating	1 A	2 B1	3 B2	4 B3	5 B4	6 C1	7 C2	8 C3	
A	64.62%	15.90%	12.58%	6.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	
A	57.33%	25.51%	10.38%	6.78%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	0.55%
A	75.49%	7.38%	13.29%	3.83%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	.89%
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	.36%
A	50.78%	28.58%	13.17%	5.15%	2.33%	0.00%	0.00%	0.00%	.83%
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	.60%
A	71.12%	13.82%	15.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	.16%
B1	35.22%	35.90%	16.60%	12.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
B2	0.00%	25.29%	47.75%	26.96%	0.00%	0.00%	1.77%		
B3	8.11%	5.61%	21.76%	57.05%	7.47%	0.00%	3.65%		
B4	0.00%	0.00%	21.93%	15.19%	25.97%	36.92%	0.00%	18.50%	
C1	0.00%	0.00%	18.12%	0.00%	12.54%	40.46%	18.48%	10.40%	47.17%
C2	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%		
C3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		

นำ Marginal TTC Migration แต่ละปีมาเฉลี่ยกัน

Average TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	63.87%	18.24%	12.90%	4.53%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	28.27%	34.26%	25.01%	12.13%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	6.24%	25.50%	42.09%	23.84%	2.14%	0.20%	0.00%	0.00%
B3	2.92%	10.83%	23.61%	49.94%	9.74%	2.13%	0.42%	0.41%
B4	0.00%	5.40%	12.19%	37.56%	27.17%	15.65%	1.55%	0.48%
C1	0.00%	0.80%	5.80%	15.19%	28.90%	30.93%	13.45%	4.94%
C2	8.31%	0.00%	0.00%	1.87%	26.34%	27.27%	20.76%	15.44%
C3	0.00%	0.00%	4.30%	3.71%	0.00%	7.28%	24.12%	60.58%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Function – Corporate (1/4)

Average TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	63.87%	18.24%	12.90%	4.53%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	28.27%	34.26%	25.01%	12.13%	0.33%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	6.24%	25.50%	42.09%	23.84%	2.14%	0.20%	0.00%	0.00%
B3	2.92%	10.83%	23.61%	49.94%	9.74%	2.13%	0.42%	0.41%
B4	0.00%	5.40%	12.19%	37.56%	27.17%	15.65%	1.55%	0.48%
C1	0.00%	0.80%	5.80%	15.19%	28.90%	30.93%	13.45%	4.94%
C2	8.31%	0.00%	0.00%	1.87%	26.34%	27.27%	20.76%	15.44%
C3	0.00%	0.00%	4.30%	3.71%	0.00%	7.28%	24.12%	60.58%

Upgrade and Downgrade Probability

Rating	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
A					63.87%	18.24%	12.90%	4.53%	0.47%
B1				28.27%	34.26%	25.01%	12.13%	0.33%	
B2			6.24%	25.50%	42.09%	23.84%	2.14%	0.20%	
B3		2.92%	10.83%	23.61%	49.94%	9.74%	2.13%	0.42%	0.41%
B4		5.40%	12.19%	37.56%	27.17%	15.65%	1.55%	0.48%	
C1	0.80%	5.80%	15.19%	28.90%	30.93%	13.45%	4.94%		
C2		1.87%	26.34%	27.27%	20.76%	15.44%			
C3	3.71%		7.28%	24.12%	60.58%				
Average	1.48%	3.74%	10.39%	26.99%	42.78%	16.56%	4.24%	0.66%	0.42%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Function – Corporate (2/4)

Rating	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
A					63.87%	18.24%	12.90%	4.53%	0.47%
B1				28.27%	34.26%	25.01%	12.13%	0.33%	
B2			6.24%	25.50%	42.09%	23.84%	2.14%	0.20%	
B3		2.92%	10.83%	23.61%	49.94%	9.74%	2.13%	0.42%	0.41%
B4		5.40%	12.19%	37.56%	27.17%	15.65%	1.55%	0.48%	
C1	0.80%	5.80%	15.19%	28.90%	30.93%	13.45%	4.94%		
C2		1.87%	26.34%	27.27%	20.76%	15.44%			
C3	3.71%		7.28%	24.12%	60.58%				
Average	1.48%	3.74%	10.39%	26.99%	42.78%	16.56%	4.24%	0.66%	0.42%

หา Function: Exponential Decay Estimation

Notch	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
1	26.99%	16.56%	26.99%	16.56%
2	10.39%	4.24%	10.26%	4.24%
3	3.74%	0.66%	3.90%	1.08%
4	1.48%	0.42%	1.48%	0.28%

p	0.710	0.647
q	-0.968	-1.363

$$Notch_{Upgrade}, Notch_{Downgrade} = pe^{qn}$$

$$Notch_{Upgrade} = 0.710e^{-0.968n}$$

$$Notch_{Downgrade} = 0.647e^{-1.363n}$$

หา Function: Quadratic Estimation

Rating	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
A		36.13%		36.13%
B1	28.27%	37.46%	28.27%	30.40%
B2	31.74%	26.18%	40.48%	25.58%
B3	37.37%	12.70%	48.26%	21.67%
B4	55.14%	17.68%	51.61%	18.67%
C1	50.69%	18.39%	50.54%	16.59%
C2	55.48%	15.44%	45.04%	15.41%
C3	35.11%		35.11%	

a	-0.022	0.005
b	0.233	-0.071
c	-0.094	0.428

$$Rating_{Upgrade}, Rating_{Downgrade} = as^2 + bs + c$$

$$Rating_{Upgrade} = -0.022s^2 + 0.233s - 0.094$$

$$Rating_{Downgrade} = 0.005s^2 - 0.071s + 0.428$$

EY
Building a better
working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Function – Corporate (3/4)

Corporate - Exponential Fitted Upgrade

Corporate - Exponential Fitted Downgrade

Corporate - Quadratic Fitted Upgrade

Corporate - Quadratic Fitted Downgrade

EY
Building a better
working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
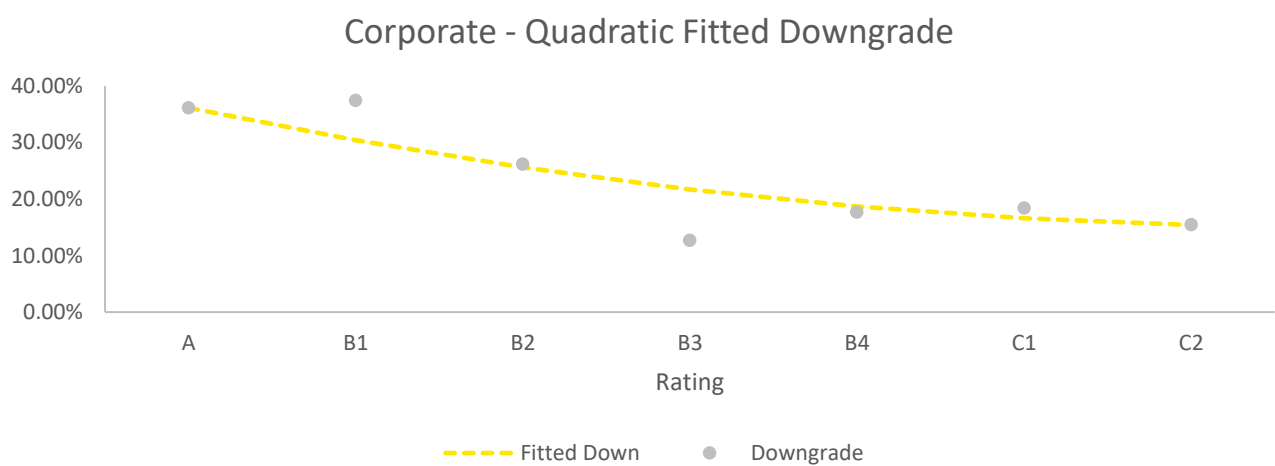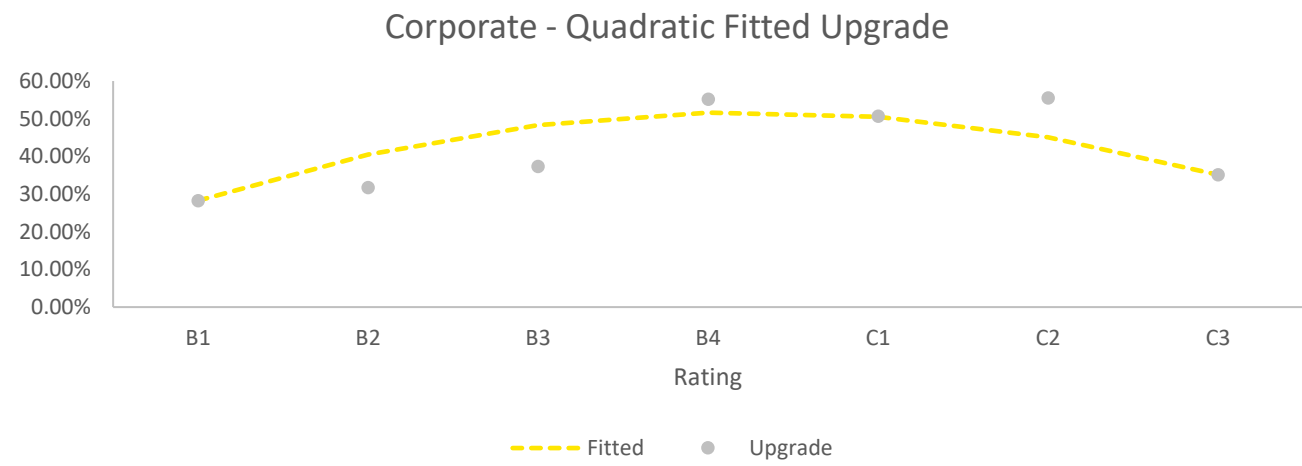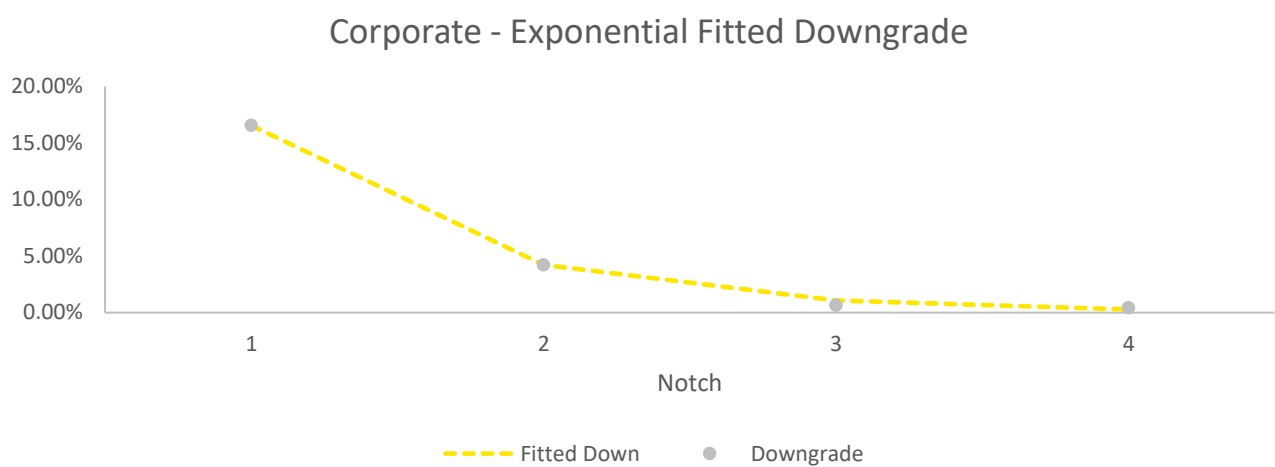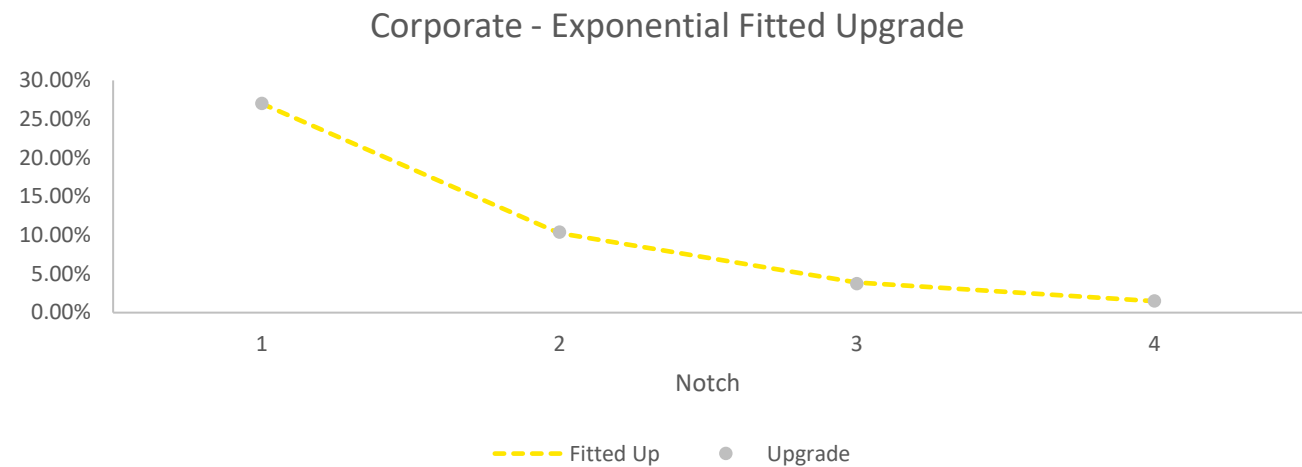
Function – Corporate (4/4)

Migration Rate Estimation

Parameter	Initial Up	Initial Down	Est Up	Est Down
p	0.710	0.647	0.128	0.168
q	-0.968	-1.363	-0.220	-0.203
a	-0.022	0.005	-0.011	0.001
b	0.233	-0.071	0.186	-0.094
c	-0.094	0.428	-0.289	0.858

$$Migration\ rate = [as^2 + bs + c]\ x\ [pe^{qn}]$$

$$Migration\ rate\ Up = [-0.011s^2 + 0.186s - 0.289]\ x\ [0.128e^{-0.220n}]$$

$$Migration\ rate\ Down = [0.001s^2 - 0.094s + 0.858]\ x\ [0.168e^{-0.203n}]$$

แทนค่า Function

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	56.63%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%
B1	0.41%	64.18%	9.23%	7.54%	6.15%	5.03%	4.10%	3.35%
B2	1.43%	1.78%	69.07%	7.98%	6.52%	5.32%	4.35%	3.55%
B3	1.89%	2.35%	2.93%	72.37%	6.76%	5.52%	4.50%	3.68%
B4	2.00%	2.49%	3.10%	3.87%	74.77%	5.55%	4.53%	3.70%
C1	1.90%	2.37%	2.95%	3.68%	4.59%	76.60%	4.35%	3.56%
C2	1.69%	2.11%	2.63%	3.27%	4.08%	5.09%	77.95%	3.18%
C3	1.43%	1.79%	2.23%	2.77%	3.46%	4.31%	5.37%	78.64%

ตัวอย่างการคำนวณความน่าจะเป็นของ Rating A ไป B1

$$Migration\ rate\ Down = [as^2 + bs + c]\ x\ [pe^{qn}]$$

$$= [0.001(1)^2 - 0.094(1) + 0.858]\ x\ [0.168e^{-0.203(2-1)}]$$
$$= 0.1050$$

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
พื้นที่ 2: Default – Corporate

Default Observation			
Rating	DF	N	ODR
A	0	172	0.00%
B1	0	311	0.00%
B2	0	584	0.00%
B3	0	928	0.00%
B4	0	325	0.00%
C1	1	157	0.64%
C2	0	52	0.00%
C3	4	52	7.69%

Exponential Regression		
Rating	x1	LN(ODR)
A	1	-8.210
B1	2	-7.210
B2	3	-6.210
B3	4	-5.210
B4	5	-4.210
C1	6	-5.056
C2	7	-2.210
C3	8	-2.565

Intercept	Coefficient
-8.806	0.821

Calibration		
Rating	Fitted	Calibrated
A	0.03%	0.03%
B1	0.08%	0.06%
B2	0.18%	0.13%
B3	0.40%	0.31%
B4	0.91%	0.70%
C1	2.07%	1.58%
C2	4.70%	3.60%
C3	10.69%	8.18%

Scaling	Average
0.765	0.57%

$$Default = (e^{-8.806 + 0.821s}) * 0.765$$

Corporate - Default Calibration

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
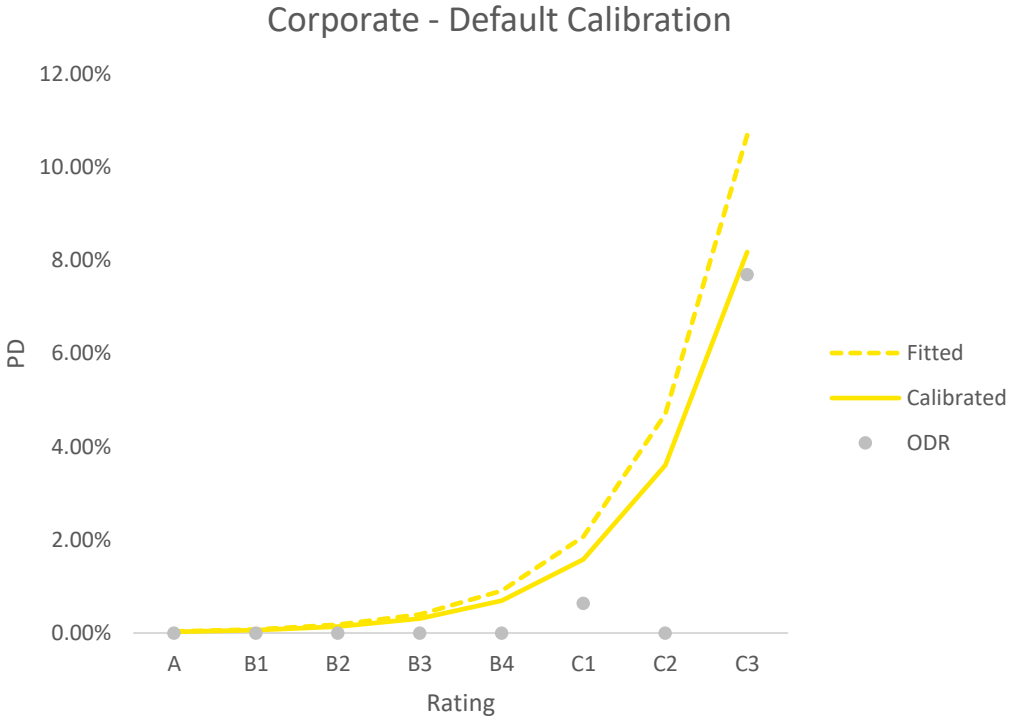
TTC Model – Corporate

Non-Default

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	56.63%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%
B1	0.41%	64.18%	9.23%	7.54%	6.15%	5.03%	4.10%	3.35%
B2	1.43%	1.78%	69.07%	7.98%	6.52%	5.32%	4.35%	3.55%
B3	1.89%	2.35%	2.93%	72.37%	6.76%	5.52%	4.50%	3.68%
B4	2.00%	2.49%	3.10%	3.87%	74.77%	5.55%	4.53%	3.70%
C1	1.90%	2.37%	2.95%	3.68%	4.59%	76.60%	4.35%	3.56%
C2	1.69%	2.11%	2.63%	3.27%	4.08%	5.09%	77.95%	3.18%
C3	1.43%	1.79%	2.23%	2.77%	3.46%	4.31%	5.37%	78.64%

Default

Rating	DF
A	0.03%
B1	0.06%
B2	0.13%
B3	0.31%
B4	0.70%
C1	1.58%
C2	3.60%
C3	8.18%

Calibration

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
1 A	56.61%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.66%	3.81%	3.11%	0.03%
2 B1	0.41%	64.15%	9.23%	7.53%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.06%
3 B2	1.43%	1.78%	68.98%	7.97%	6.51%	5.32%	4.34%	3.54%	0.13%
4 B3	1.88%	2.35%	2.92%	72.15%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.31%
5 B4	1.98%	2.47%	3.08%	3.84%	74.25%	5.51%	4.50%	3.67%	0.70%
6 C1	1.87%	2.33%	2.91%	3.62%	4.51%	75.39%	4.29%	3.50%	1.58%
7 C2	1.63%	2.03%	2.53%	3.16%	3.93%	4.90%	75.14%	3.07%	3.60%
8 C3	1.32%	1.64%	2.04%	2.55%	3.18%	3.96%	4.93%	72.21%	8.18%
9 DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

$$\text{Calibration} = Prob * (1 - DF)$$
$$= 0.0318 * (1 - 0.0360)$$
$$= 0.0307$$

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Lifetime Cumulative TTC PD – Corporate

$$
\begin{bmatrix}
0.03\% \\
0.06\% \\
0.13\% \\
0.31\% \\
0.70\% \\
1.58\% \\
3.60\% \\
8.18\% \\
100.00\%
\end{bmatrix}
\times
\begin{bmatrix}
56.61\% & 10.50\% & 8.57\% & 7.00\% & 5.71\% & 4.66\% & 3.81\% & 3.11\% & 0.03\% \\
0.41\% & 64.15\% & 9.23\% & 7.53\% & 6.15\% & 5.02\% & 4.10\% & 3.35\% & 0.06\% \\
1.43\% & 1.78\% & 68.98\% & 7.97\% & 6.51\% & 5.32\% & 4.34\% & 3.54\% & 0.13\% \\
1.88\% & 2.35\% & 2.92\% & 72.15\% & 6.74\% & 5.50\% & 4.49\% & 3.67\% & 0.31\% \\
1.98\% & 2.47\% & 3.08\% & 3.84\% & 74.25\% & 5.51\% & 4.50\% & 3.67\% & 0.70\% \\
1.87\% & 2.33\% & 2.91\% & 3.62\% & 4.51\% & 75.39\% & 4.29\% & 3.50\% & 1.58\% \\
1.63\% & 2.03\% & 2.53\% & 3.16\% & 3.93\% & 4.90\% & 75.14\% & 3.07\% & 3.60\% \\
1.32\% & 1.64\% & 2.04\% & 2.55\% & 3.18\% & 3.96\% & 4.93\% & 72.21\% & 8.18\% \\
0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 0.00\% & 100.00\%
\end{bmatrix}
$$

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
1	A	56.61%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.66%	3.81%	3.11%	0.03%
2	B1	0.41%	64.15%	9.23%	7.53%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.06%
3	B2	1.43%	1.78%	68.98%	7.97%	6.51%	5.32%	4.34%	3.54%	0.13%
4	B3	1.88%	2.35%	2.92%	72.15%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.31%
5	B4	1.98%	2.47%	3.08%	3.84%	74.25%	5.51%	4.50%	3.67%	0.70%
6	C1	1.87%	2.33%	2.91%	3.62%	4.51%	75.39%	4.29%	3.50%	1.58%
7	C2	1.63%	2.03%	2.53%	3.16%	3.93%	4.90%	75.14%	3.07%	3.60%
8	C3	1.32%	1.64%	2.04%	2.55%	3.18%	3.96%	4.93%	72.21%	8.18%
9	DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Lifetime Cumulative TTC PD

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	0.03%	0.58%	1.53%	2.76%	4.17%	5.72%	7.35%	9.03%	10.73%	12.44%	14.14%	15.83%	17.50%	19.15%	20.77%	22.37%	23.93%	25.47%	26.98%	28.46%
B1	0.06%	0.68%	1.68%	2.96%	4.42%	6.00%	7.65%	9.34%	11.05%	12.77%	14.47%	16.16%	17.83%	19.48%	21.10%	22.69%	24.25%	25.78%	27.28%	28.75%
B2	0.13%	0.83%	1.90%	3.24%	4.74%	6.34%	8.02%	9.72%	11.44%	13.16%	14.86%	16.55%	18.22%	19.86%	21.47%	23.05%	24.61%	26.13%	27.63%	29.09%
B3	0.31%	1.13%	2.30%	3.69%	5.24%	6.88%	8.57%	10.28%	12.00%	13.72%	15.42%	17.10%	18.76%	20.39%	22.00%	23.57%	25.12%	26.63%	28.12%	29.57%
B4	0.70%	1.78%	3.12%	4.63%	6.25%	7.93%	9.64%	11.36%	13.08%	14.79%	16.48%	18.15%	19.79%	21.40%	22.99%	24.54%	26.07%	27.56%	29.03%	30.47%
C1	1.58%	3.26%	5.00%	6.77%	8.55%	10.33%	12.09%	13.83%	15.55%	17.24%	18.90%	20.54%	22.14%	23.72%	25.26%	26.77%	28.26%	29.71%	31.14%	32.53%
C2	3.60%	6.67%	9.36%	11.77%	13.96%	15.99%	17.90%	19.71%	21.44%	23.11%	24.72%	26.28%	27.80%	29.29%	30.74%	32.15%	33.53%	34.89%	36.21%	37.51%
C3	8.18%	14.36%	19.12%	22.89%	25.95%	28.50%	30.68%	32.61%	34.33%	35.92%	37.40%	38.79%	40.12%	41.40%	42.63%	43.83%	44.99%	46.12%	47.22%	48.30%
DF	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Unbias PD Model – Corporate

Theoretical Migration Matrix มีการรวมและเพิ่มข้อมูลของทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งอาจทำให้ผลรวมของ Migration Matrix ในแต่ละแถวเกิน 100% ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับให้ผลรวมของแต่ละแถวเท่ากับ 100% โดยยังคงอัตราการผิดนัดชำระหนี้ไว้ ซึ่งได้ผลลัพธ์แสดงตามตารางด้านล่าง :

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
A	56.61%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.66%	3.81%	3.11%	0.03%
B1	0.41%	64.15%	9.23%	7.53%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.06%
B2	1.43%	1.78%	68.98%	7.97%	6.51%	5.32%	4.34%	3.54%	0.13%
B3	1.88%	2.35%	2.92%	72.15%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.31%
B4	1.98%	2.47%	3.08%	3.84%	74.25%	5.51%	4.50%	3.67%	0.70%
C1	1.87%	2.33%	2.91%	3.62%	4.51%	75.39%	4.29%	3.50%	1.58%
C2	1.63%	2.03%	2.53%	3.16%	3.93%	4.90%	75.14%	3.07%	3.60%
C3	1.32%	1.64%	2.04%	2.55%	3.18%	3.96%	4.93%	72.21%	8.18%
DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	63.57%	Pass
GINI	27.14%	Monitor
KS	48.99%	Pass

Lifetime Marginal TTC PD

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	0.03%	0.56%	0.95%	1.22%	1.42%	1.55%	1.63%	1.68%	1.70%	1.71%	1.70%	1.69%	1.67%	1.65%	1.62%	1.59%	1.57%	1.54%	1.51%	1.48%
B1	0.06%	0.62%	1.01%	1.28%	1.46%	1.58%	1.65%	1.69%	1.71%	1.71%	1.71%	1.69%	1.67%	1.64%	1.62%	1.59%	1.56%	1.53%	1.50%	1.47%
B2	0.13%	0.69%	1.08%	1.33%	1.50%	1.61%	1.67%	1.71%	1.72%	1.72%	1.71%	1.69%	1.67%	1.64%	1.61%	1.58%	1.55%	1.52%	1.50%	1.47%
B3	0.31%	0.82%	1.17%	1.40%	1.55%	1.64%	1.69%	1.72%	1.72%	1.72%	1.70%	1.68%	1.66%	1.63%	1.60%	1.57%	1.54%	1.52%	1.49%	1.46%
B4	0.70%	1.08%	1.34%	1.51%	1.62%	1.68%	1.71%	1.72%	1.72%	1.71%	1.69%	1.67%	1.64%	1.61%	1.59%	1.56%	1.53%	1.50%	1.47%	1.44%
C1	1.58%	1.68%	1.74%	1.77%	1.78%	1.77%	1.76%	1.74%	1.72%	1.69%	1.66%	1.63%	1.60%	1.57%	1.54%	1.51%	1.48%	1.45%	1.42%	1.40%
C2	3.60%	3.07%	2.69%	2.41%	2.19%	2.03%	1.91%	1.81%	1.73%	1.67%	1.61%	1.56%	1.52%	1.48%	1.45%	1.41%	1.38%	1.35%	1.32%	1.30%
C3	8.18%	6.18%	4.77%	3.77%	3.06%	2.55%	2.19%	1.92%	1.73%	1.59%	1.48%	1.40%	1.33%	1.28%	1.23%	1.19%	1.16%	1.13%	1.10%	1.08%
DF	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Back-Testing – Corporate

Accuray Test

Rating	Unbias PD	ODR	N	DF	95% Lower	95% Upper	99% Lower	99% Upper	Under	Over
					0.025	0.975	0.005	0.995		
A	0.03%	0.00%	172	0	0.00%	0.58%	0.00%	0.58%	Inconclusive	Inconclusive
B1	0.06%	0.00%	311	0	0.00%	0.32%	0.00%	0.64%	Inconclusive	Inconclusive
B2	0.13%	0.00%	584	0	0.00%	0.51%	0.00%	0.68%	Inconclusive	Inconclusive
B3	0.31%	0.00%	928	0	0.00%	0.75%	0.00%	0.86%	Inconclusive	Inconclusive
B4	0.70%	0.00%	325	0	0.00%	1.85%	0.00%	2.15%	Inconclusive	Inconclusive
C1	1.58%	0.64%	157	1	0.00%	3.82%	0.00%	4.46%	Pass	Pass
C2	3.60%	0.00%	52	0	0.00%	9.62%	0.00%	11.54%	Inconclusive	Inconclusive
C3	8.18%	7.69%	52	4	1.92%	15.38%	0.00%	19.23%	Pass	Pass

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	63.57%	Pass
GINI	27.14%	Monitor
KS	48.99%	Pass

For Underestimate

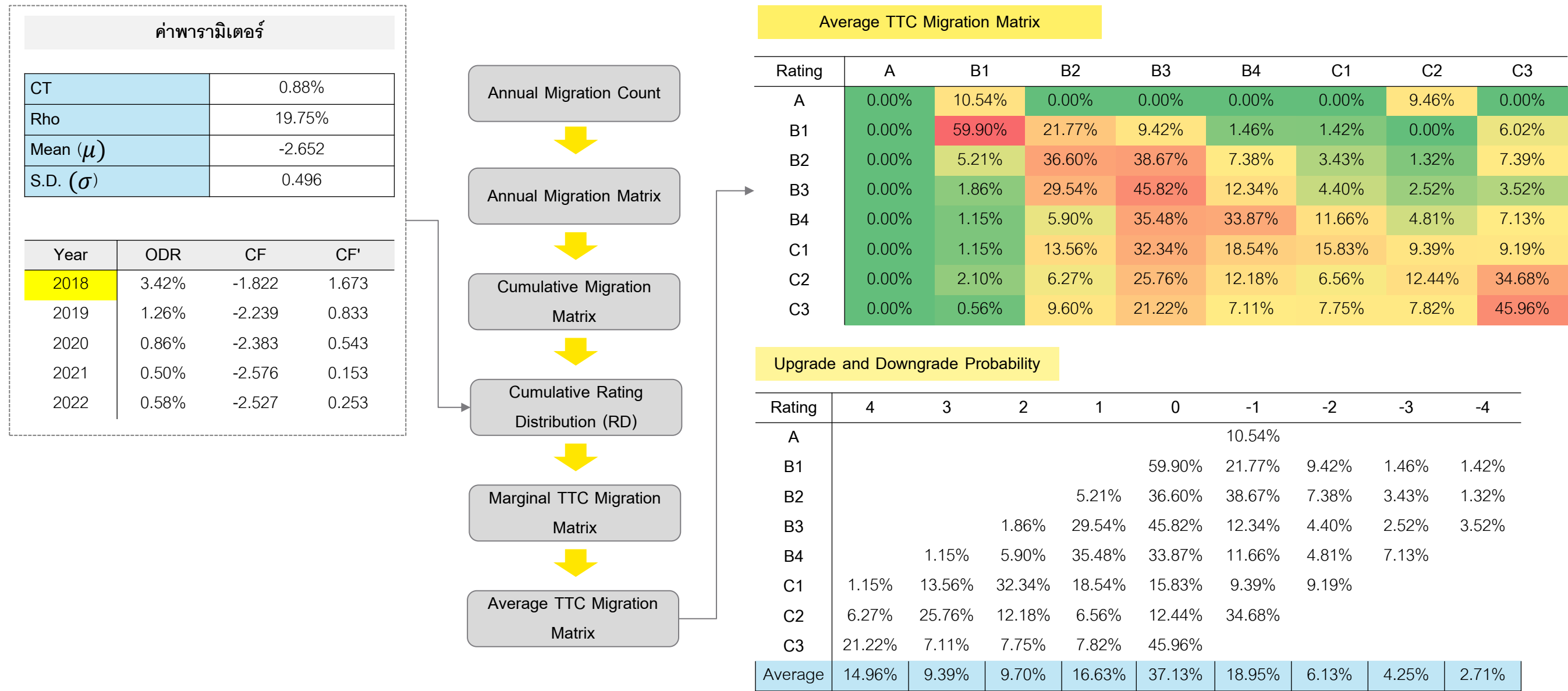| Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is lower than the upper limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is above the upper limit of 99% confidence interval.

For Overestimate

Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is above than the lower limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is below the lower limit of 99% confidence interval.

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Unbias PD Model – SMEs

ค่าพารามิเตอร์

CT	0.88%
Rho	19.75%
Mean (μ)	-2.652
S.D. (σ)	0.496

Year	ODR	CF	CF'
2018	3.42%	-1.822	1.673
2019	1.26%	-2.239	0.833
2020	0.86%	-2.383	0.543
2021	0.50%	-2.576	0.153
2022	0.58%	-2.527	0.253

- Annual Migration Count
- Annual Migration Matrix
- Cumulative Migration Matrix
- Cumulative Rating Distribution (RD)
- Marginal TTC Migration Matrix
- Average TTC Migration Matrix

Average TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	0.00%	10.54%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.46%	0.00%
B1	0.00%	59.90%	21.77%	9.42%	1.46%	1.42%	0.00%	6.02%
B2	0.00%	5.21%	36.60%	38.67%	7.38%	3.43%	1.32%	7.39%
B3	0.00%	1.86%	29.54%	45.82%	12.34%	4.40%	2.52%	3.52%
B4	0.00%	1.15%	5.90%	35.48%	33.87%	11.66%	4.81%	7.13%
C1	0.00%	1.15%	13.56%	32.34%	18.54%	15.83%	9.39%	9.19%
C2	0.00%	2.10%	6.27%	25.76%	12.18%	6.56%	12.44%	34.68%
C3	0.00%	0.56%	9.60%	21.22%	7.11%	7.75%	7.82%	45.96%

Upgrade and Downgrade Probability

Rating	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
A					10.54%				
B1					59.90%	21.77%	9.42%	1.46%	1.42%
B2				5.21%	36.60%	38.67%	7.38%	3.43%	1.32%
B3			1.86%	29.54%	45.82%	12.34%	4.40%	2.52%	3.52%
B4		1.15%	5.90%	35.48%	33.87%	11.66%	4.81%	7.13%	
C1	1.15%	13.56%	32.34%	18.54%	15.83%	9.39%	9.19%		
C2	6.27%	25.76%	12.18%	6.56%	12.44%	34.68%			
C3	21.22%	7.11%	7.75%	7.82%	45.96%				
Average	14.96%	9.39%	9.70%	16.63%	37.13%	18.95%	6.13%	4.25%	2.71%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Unbias PD Model – SMEs

หา Function: Exponential Decay Estimation

Notch	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
1	16.63%	18.95%	13.18%	18.54%
2	9.70%	6.13%	13.75%	8.88%
3	9.39%	4.25%	14.34%	4.25%
4	14.96%	2.71%	14.96%	2.04%

p	0.126	0.387
q	0.042	-0.736

$$Notch_{Upgrade}, Notch_{Downgrade} = pe^{qn}$$

$$Notch_{Upgrade} = 0.126e^{0,042n}$$

$$Notch_{Downgrade} = 0.387e^{-0.736n}$$

หา Function: Quadratic Estimation

Rating	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
A		10.54%		15.75%
B1	0.00%	34.08%	-0.18%	18.73%
B2	5.21%	50.80%	18.17%	21.07%
B3	31.40%	22.78%	32.40%	22.78%
B4	42.53%	23.60%	42.53%	23.84%
C1	65.58%	18.58%	48.54%	24.27%
C2	50.77%	34.68%	50.45%	24.06%
C3	43.89%		48.25%	

a	-0.021	-0.003
b	0.286	0.039
c	-0.492	0.121

$$Rating_{Upgrade}, Rating_{Downgrade} = as^2 + bs + c$$

$$Rating_{Upgrade} = -0.021s^2 + 0.286s - 0.492$$

$$Rating_{Downgrade} = -0.003s^2 + 0.039s - 0.492$$

Migration Rate Estimation

| Parameter	Initial Up	Initial Down	Est Up	Est Down
p	0.126	0.387	0.128	0.168
q	0.042	-0.736	-0.220	-0.203
a	-0.021	-0.003	-0.011	0.001
b	0.286	0.039	0.186	-0.094
c	-0.492	0.121	-0.289	0.858

$$Migration\ rate\ Up = [-0.011s^2 + 0.186s - 0.289]\ x\ [0.128e^{-0.220n}]$$

$$Migration\ rate\ Down = [0.001s^2 - 0.094s + 0.858]\ x\ [0.168e^{-0.203n}]$$

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	56.63%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%
B1	0.41%	64.18%	9.23%	7.54%	6.15%	5.03%	4.10%	3.35%
B2	1.43%	1.78%	69.07%	7.98%	6.52%	5.32%	4.35%	3.55%
B3	1.89%	2.35%	2.93%	72.37%	6.76%	5.52%	4.50%	3.68%
B4	2.00%	2.49%	3.10%	3.87%	74.77%	5.55%	4.53%	3.70%
C1	1.90%	2.37%	2.95%	3.68%	4.59%	76.60%	4.35%	3.56%
C2	1.69%	2.11%	2.63%	3.27%	4.08%	5.09%	77.95%	3.18%
C3	1.43%	1.79%	2.23%	2.77%	3.46%	4.31%	5.37%	78.64%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Function – SMEs

SME - Exponential Fitted Upgrade
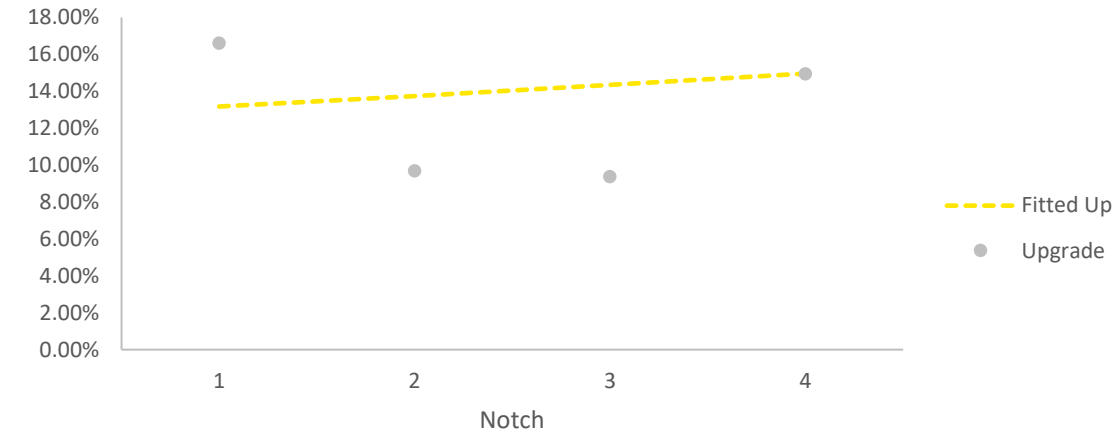
SME - Exponential Fitted Downgrade
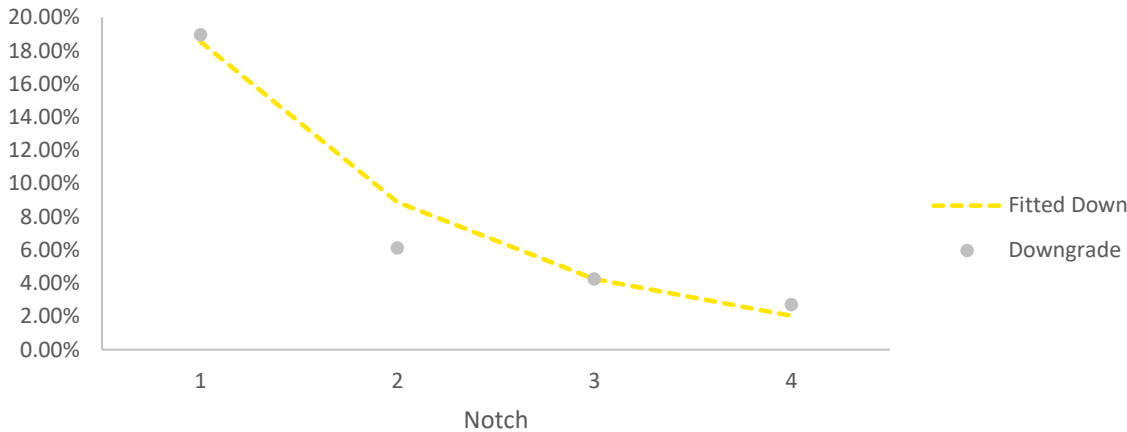
SME - Quadratic Fitted Upgrade

SME - Quadratic Fitted Downgrade
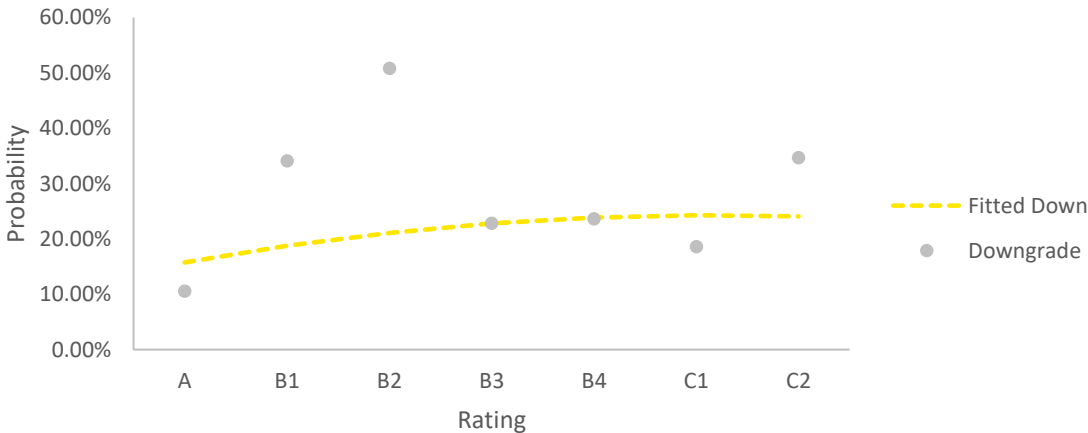
ผลการพัฒนาแบบจำลอง
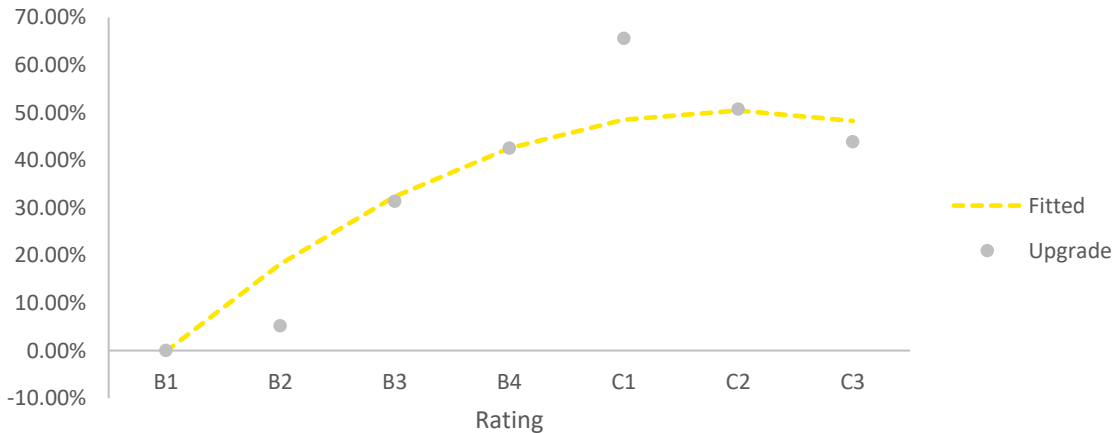# พื้นที่ 2: Default – SMEs

Default Observation

Rating	DF	N	ODR
1 A	0	2	0.00%
2 B1	0	39	0.00%
3 B2	1	169	0.59%
4 B3	1	352	0.28%
5 B4	4	302	1.32%
6 C1	3	218	1.38%
7 C2	2	202	0.99%
8 C3	7	759	0.92%

Exponential Regression

Rating	x1	LN(ODR)
A	1	-8.210
B1	2	-7.210
B2	3	-5.130
B3	4	-5.864
B4	5	-4.324
C1	6	-4.286
C2	7	-4.615
C3	8	-4.686

Intercept	Coefficient
-7.776	0.497

Calibration

Rating	Fitted	Calibrated
1 A	0.07%	0.05%
2 B1	0.11%	0.08%
3 B2	0.19%	0.14%
4 B3	0.31%	0.22%
5 B4	0.50%	0.37%
6 C1	0.83%	0.60%
7 C2	1.36%	0.99%
8 C3	2.23%	1.63%

Scaling	Average
0.732	0.88%

$$Default = (e^{-7.776 + 0.497s}) * 0.732$$

SME - Default Calibration

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
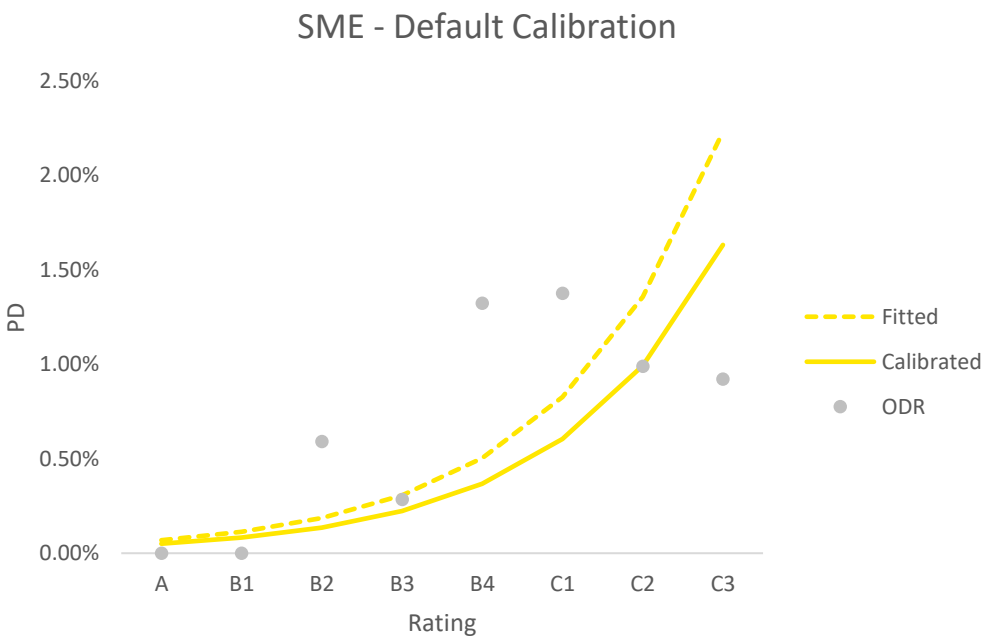
Unbias PD Model – SMEs

Theoretical Migration Matrix มีการรวมและเพิ่มข้อมูลของทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งอาจทำให้ผลรวมของ Migration Matrix ในแต่ละแถวเกิน 100% ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับให้ผลรวมของแต่ละแถวเท่ากับ 100% โดยยังคงอัตราการผิดนัดชำระหนี้ไว้ ซึ่งได้ผลลัพธ์แสดงตามตารางด้านล่าง :

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
A	56.60%	10.49%	8.57%	7.00%	5.71%	4.66%	3.81%	3.11%	0.05%
B1	0.41%	64.13%	9.23%	7.53%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.08%
B2	1.43%	1.78%	68.98%	7.97%	6.51%	5.32%	4.34%	3.54%	0.14%
B3	1.88%	2.35%	2.93%	72.21%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.22%
B4	1.99%	2.48%	3.09%	3.85%	74.50%	5.53%	4.51%	3.68%	0.37%
C1	1.89%	2.35%	2.93%	3.66%	4.56%	76.14%	4.33%	3.53%	0.60%
C2	1.67%	2.09%	2.60%	3.24%	4.04%	5.04%	77.17%	3.15%	0.99%
C3	1.41%	1.76%	2.19%	2.73%	3.40%	4.24%	5.28%	77.36%	1.63%
DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	60.06%	Pass
GINI	20.12%	Monitor
KS	35.61%	Monitor

Lifetime Marginal TTC PD

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	0.05%	0.20%	0.31%	0.39%	0.45%	0.49%	0.52%	0.54%	0.55%	0.56%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.56%
B1	0.08%	0.23%	0.34%	0.41%	0.46%	0.50%	0.53%	0.54%	0.56%	0.56%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.56%
B2	0.14%	0.27%	0.37%	0.43%	0.48%	0.51%	0.53%	0.55%	0.56%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.55%
B3	0.22%	0.33%	0.41%	0.46%	0.50%	0.53%	0.54%	0.56%	0.56%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.56%	0.55%
B4	0.37%	0.43%	0.47%	0.50%	0.53%	0.54%	0.56%	0.56%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.55%	0.55%
C1	0.60%	0.59%	0.59%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.58%	0.57%	0.57%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.56%	0.56%	0.55%	0.55%	0.55%
C2	0.99%	0.88%	0.79%	0.73%	0.69%	0.66%	0.63%	0.61%	0.60%	0.59%	0.58%	0.57%	0.57%	0.56%	0.56%	0.55%	0.55%	0.55%	0.54%	0.54%
C3	1.63%	1.36%	1.16%	1.01%	0.90%	0.81%	0.75%	0.70%	0.66%	0.63%	0.61%	0.59%	0.58%	0.57%	0.56%	0.55%	0.54%	0.54%	0.53%	0.53%
DF	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

EY
Building a better working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Back-Testing – SMEs

Accuray Test

Rating	Unbias PD	ODR	N	DF	95% Lower	95% Upper	99% Lower	99% Upper	Under	Over
					0.025	*0.975*	*0.005*	*0.995*		
A	0.05%	0.00%	2	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	Inconclusive	Inconclusive
B1	0.08%	0.00%	39	0	0.00%	2.56%	0.00%	2.56%	Inconclusive	Inconclusive
B2	0.14%	0.59%	169	1	0.00%	0.59%	0.00%	1.18%	Pass	Pass
B3	0.22%	0.28%	352	1	0.00%	0.85%	0.00%	1.14%	Pass	Pass
B4	0.37%	1.32%	302	4	0.00%	1.32%	0.00%	1.66%	Pass	Pass
C1	0.60%	1.38%	218	3	0.00%	1.83%	0.00%	2.29%	Pass	Pass
C2	0.99%	0.99%	202	2	0.00%	2.48%	0.00%	2.97%	Pass	Pass
C3	1.63%	0.92%	759	7	0.79%	2.64%	0.53%	2.90%	Pass	Pass

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	60.06%	Pass
GINI	20.12%	Monitor
KS	35.61%	Monitor

For Underestimate

Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is lower than the upper limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is above the upper limit of 99% confidence interval.

For Overestimate

Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is above than the lower limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is below the lower limit of 99% confidence interval.

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Unbias PD Model – Retail SMEs

ค่าพารามิเตอร์

CT	2.58%
Rho	8.27%
Mean (μ)	-2.031
S.D. (σ)	0.300

Year	ODR	DtD	CF'
2018	3.58%	-1.801	0.770
2019	2.67%	-1.931	0.337
2020	3.23%	-1.848	0.613
2021	1.63%	-2.137	-0.348
2022	1.46%	-2.182	-0.497

Annual Migration Count

Annual Migration Matrix

Cumulative Migration Matrix

Cumulative Rating Distribution (RD)

Marginal TTC Migration Matrix

Average TTC Migration Matrix

Average TTC Migration Matrix

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	0.00%	20.00%	0.00%	0.00%	20.00%	0.00%	0.00%	0.00%
B1	0.00%	34.95%	0.00%	17.51%	7.55%	0.00%	0.00%	0.00%
B2	0.00%	5.83%	8.86%	36.08%	4.65%	4.58%	0.00%	0.00%
B3	0.00%	8.83%	0.00%	20.37%	43.25%	14.23%	11.11%	2.21%
B4	1.43%	6.85%	1.40%	2.86%	33.74%	15.07%	13.33%	5.32%
C1	0.00%	1.04%	0.00%	7.97%	9.26%	35.85%	15.56%	10.31%
C2	0.00%	0.00%	0.00%	5.03%	7.17%	28.52%	20.59%	18.70%
C3	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.81%	9.50%	12.58%	47.11%

Upgrade and Downgrade Probability

Rating	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
A					20.00%				20.00%
B1					34.95%		17.51%	7.55%	
B2				5.83%	8.86%	36.08%	4.65%	4.58%	
B3			8.83%		20.37%	43.25%	14.23%	11.11%	2.21%
B4	1.43%	6.85%	1.40%	2.86%	33.74%	15.07%	13.33%	5.32%	
C1	1.04%		7.97%	9.26%	35.85%	15.56%	10.31%		
C2		5.03%	7.17%	28.52%	20.59%	18.70%			
C3		10.81%	9.50%	12.58%	47.11%				
Average	1.17%	7.89%	7.20%	12.54%	32.86%	20.66%	11.59%	7.12%	3.83%

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Unbias PD Model – Retail SMEs

หา Function: Exponential Decay Estimation

Notch	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
1	12.54%	20.66%	12.54%	20.66%
2	7.20%	11.59%	7.20%	11.78%
3	7.89%	7.12%	4.14%	6.71%
4	1.17%	3.83%	2.38%	3.83%

p	0.218	0.363
q	-0.554	-0.562

$$Notch_{Upgrade}, Notch_{Downgrade} = pe^{qn}$$

$$Notch_{Upgrade} = 0.218e^{-0.554n}$$

$$Notch_{Downgrade} = 0.363e^{-0.762n}$$

หา Function: Quadratic Estimation

Rating	Upgrade	Downgrade	Fitted Up	Fitted Down
A		40.00%		40.00%
B1	0.00%	25.05%	0.00%	41.42%
B2	5.83%	45.31%	4.07%	40.85%
B3	8.83%	70.80%	8.71%	38.28%
B4	12.54%	33.72%	13.91%	33.72%
C1	18.28%	25.87%	19.68%	27.16%
C2	40.71%	18.70%	26.02%	18.60%
C3	32.89%		32.93%	

a	0.003	-0.010
b	0.027	0.044
c	-0.064	0.366

$$Rating_{Upgrade}, Rating_{Downgrade} = as^2 + bs + c$$

$$Rating_{Upgrade} = 0.003s^2 + 0.027s - 0.064$$

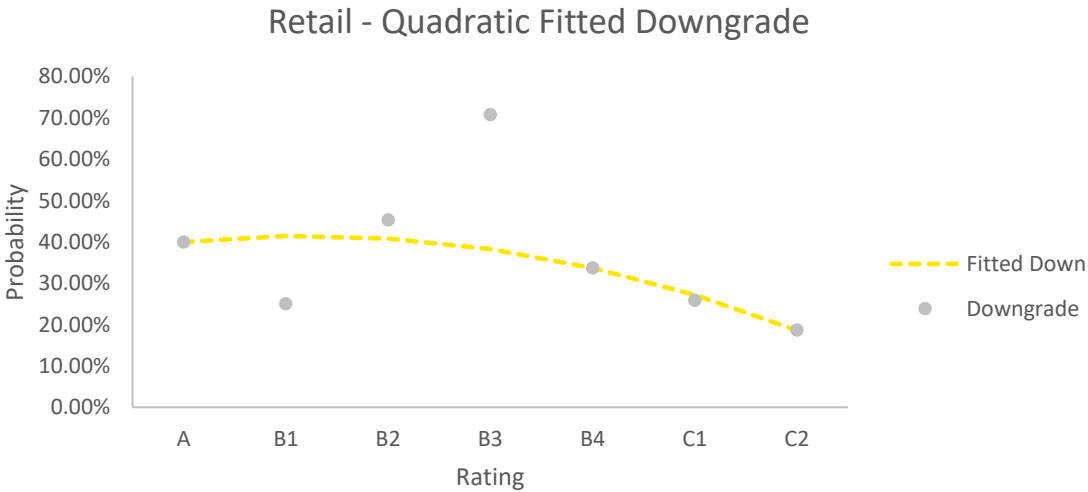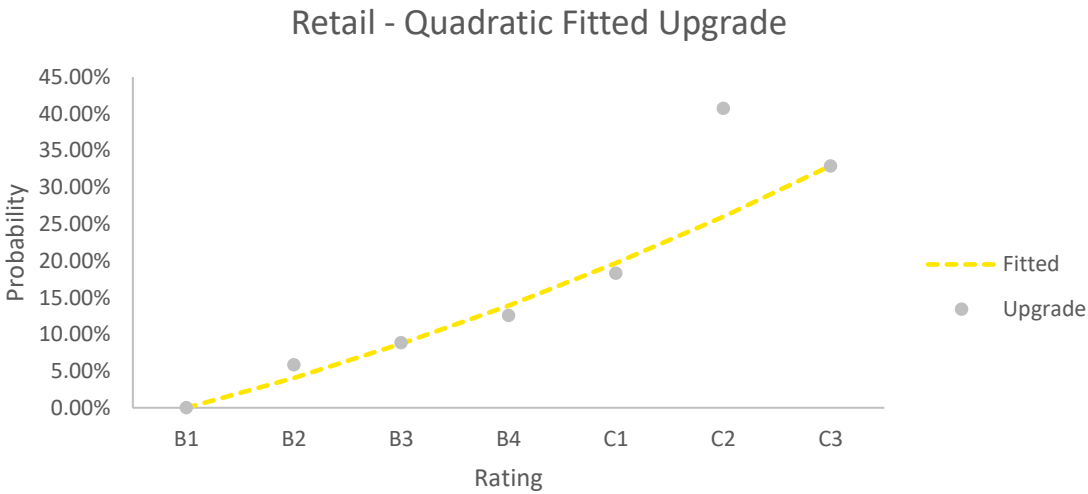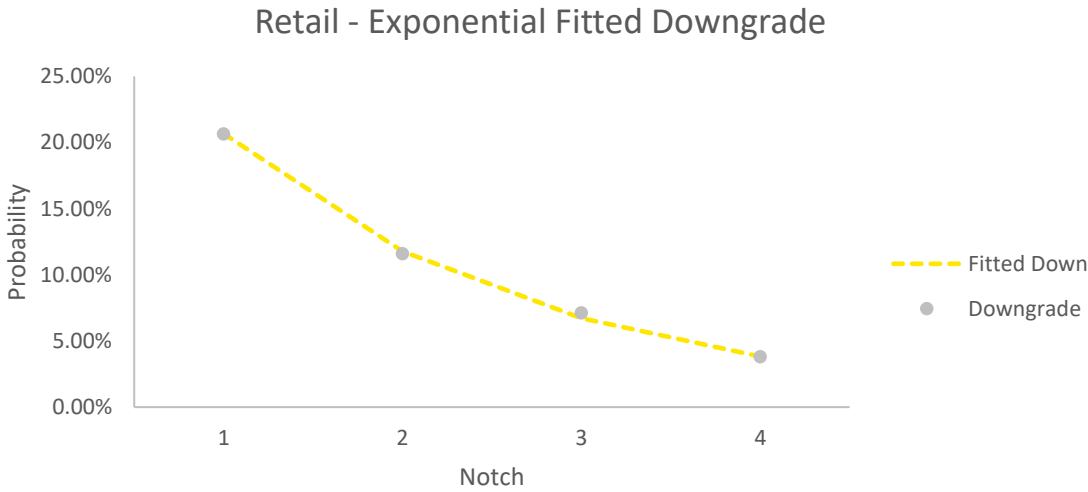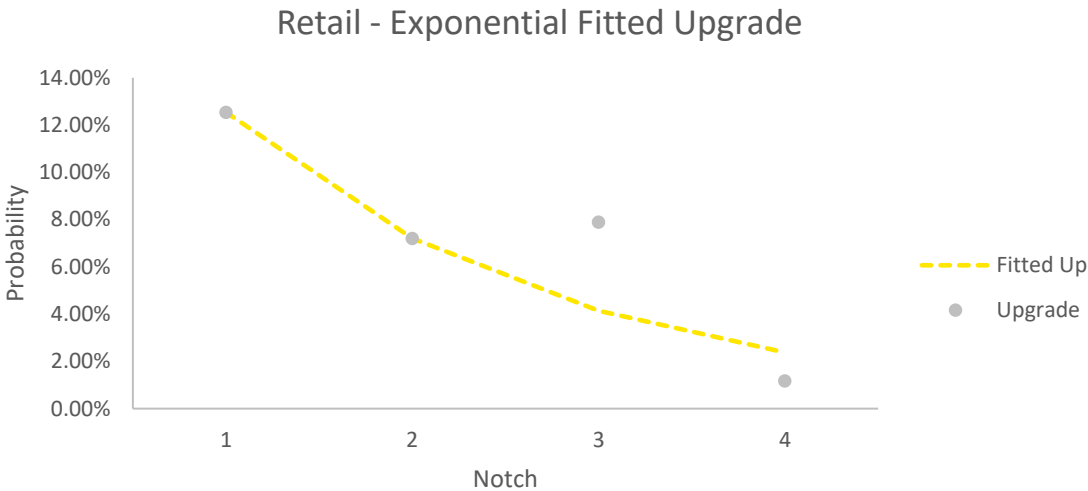$$Rating_{Downgrade} = -0.010s^2 + 0.044s + 0.366$$

Migration Rate Estimation

Parameter	Initial Up	Initial Down	Est Up	Est Down
p	0.218	0.363	0.128	0.168
q	-0.554	-0.562	-0.220	-0.203
a	0.003	-0.010	-0.011	0.001
b	0.027	0.044	0.186	-0.094
c	-0.064	0.366	-0.289	0.858

$$Migration\ rate\ Up = [0.003s^2 + 0.027s - 0.064]\ x\ [0.218e^{-0.554n}]$$

$$Migration\ rate\ Down = [-0.010s^2 + 0.044s + 0.366]\ x\ [0.363e^{-0.562n}]$$

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
A	56.63%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%
B1	0.41%	64.18%	9.23%	7.54%	6.15%	5.03%	4.10%	3.35%
B2	1.43%	1.78%	69.07%	7.98%	6.52%	5.32%	4.35%	3.55%
B3	1.89%	2.35%	2.93%	72.37%	6.76%	5.52%	4.50%	3.68%
B4	2.00%	2.49%	3.10%	3.87%	74.77%	5.55%	4.53%	3.70%
C1	1.90%	2.37%	2.95%	3.68%	4.59%	76.60%	4.35%	3.56%
C2	1.69%	2.11%	2.63%	3.27%	4.08%	5.09%	77.95%	3.18%
C3	1.43%	1.79%	2.23%	2.77%	3.46%	4.31%	5.37%	78.64%

EY
Building a better
working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Function – Retail SMEs

Retail - Exponential Fitted Upgrade

Retail - Exponential Fitted Downgrade

Retail - Quadratic Fitted Upgrade

Retail - Quadratic Fitted Downgrade

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
พื้นที่ 2: Default – Retail SMEs

Default Observation

	Rating	DF	N	ODR
1	A	0	2	0.00%
2	B1	0	6	0.00%
3	B2	0	9	0.00%
4	B3	0	20	0.00%
5	B4	1	34	2.94%
6	C1	1	66	1.52%
7	C2	3	40	7.50%
8	C3	7	55	12.73%

Exponential Regression

Rating	x1	LN(ODR)
A	1	-8.210
B1	2	-7.210
B2	3	-6.210
B3	4	-5.210
B4	5	-3.526
C1	6	-4.190
C2	7	-2.590
C3	8	-2.061

Intercept	Coefficient
-8.859	0.880

Calibration

	Rating	Fitted	Calibrated
1	A	0.03%	0.01%
2	B1	0.08%	0.04%
3	B2	0.20%	0.09%
4	B3	0.48%	0.21%
5	B4	1.15%	0.50%
6	C1	2.78%	1.20%
7	C2	6.71%	2.88%
8	C3	16.16%	6.95%

Scaling	Average
0.430	2.58%

$$Default = (e^{-8.859 + 0.880s}) * 0.430$$

Retail - Default Calibration

EY
Building a better
working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง
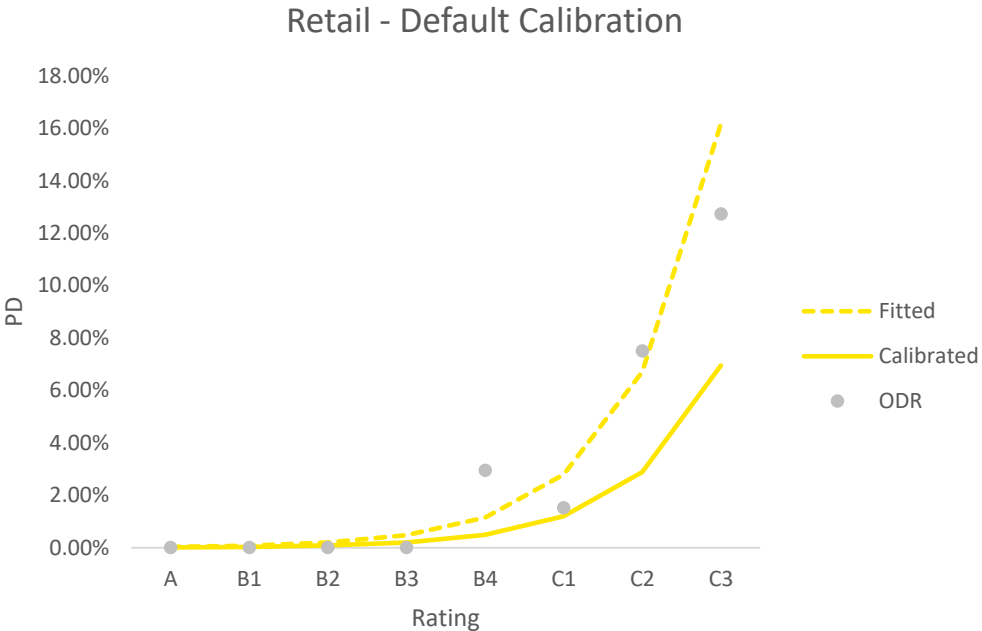
Unbias PD Model – Retail SMEs

Theoretical Migration Matrix มีการรวมและเพิ่มข้อมูลของทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งอาจทำให้ผลรวมของ Migration Matrix ในแต่ละแถวเกิน 100% ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับให้ผลรวมของแต่ละแถวเท่ากับ 100% โดยยังคงอัตราการผิดนัดชำระหนี้ไว้ ซึ่งได้ผลลัพธ์แสดงตามตารางด้านล่าง :

Rating	A	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	DF
A	56.62%	10.50%	8.57%	7.00%	5.71%	4.67%	3.81%	3.11%	0.01%
B1	0.41%	64.16%	9.23%	7.54%	6.15%	5.02%	4.10%	3.35%	0.04%
B2	1.43%	1.78%	69.01%	7.98%	6.51%	5.32%	4.34%	3.55%	0.09%
B3	1.88%	2.35%	2.93%	72.23%	6.74%	5.50%	4.49%	3.67%	0.21%
B4	1.99%	2.48%	3.09%	3.85%	74.40%	5.52%	4.51%	3.68%	0.50%
C1	1.88%	2.34%	2.92%	3.64%	4.53%	75.69%	4.30%	3.51%	1.20%
C2	1.64%	2.05%	2.55%	3.18%	3.96%	4.94%	75.70%	3.09%	2.88%
C3	1.33%	1.66%	2.07%	2.58%	3.22%	4.01%	5.00%	73.18%	6.95%
DF	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	46.83%	Fail
GINI	-6.34%	Fail
KS	44.10%	Pass

Lifetime Marginal TTC PD

Rating	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	0.01%	0.44%	0.76%	0.99%	1.15%	1.27%	1.34%	1.39%	1.41%	1.43%	1.43%	1.42%	1.41%	1.40%	1.38%	1.36%	1.34%	1.32%	1.30%	1.28%
B1	0.04%	0.49%	0.81%	1.03%	1.19%	1.29%	1.36%	1.40%	1.42%	1.43%	1.43%	1.42%	1.41%	1.40%	1.38%	1.36%	1.34%	1.32%	1.30%	1.28%
B2	0.09%	0.54%	0.86%	1.08%	1.22%	1.32%	1.38%	1.41%	1.43%	1.44%	1.43%	1.42%	1.41%	1.39%	1.38%	1.36%	1.34%	1.32%	1.30%	1.28%
B3	0.21%	0.64%	0.93%	1.13%	1.26%	1.34%	1.39%	1.42%	1.44%	1.44%	1.43%	1.42%	1.41%	1.39%	1.37%	1.35%	1.33%	1.31%	1.29%	1.27%
B4	0.50%	0.83%	1.06%	1.21%	1.31%	1.38%	1.41%	1.43%	1.44%	1.43%	1.43%	1.41%	1.40%	1.38%	1.36%	1.34%	1.32%	1.30%	1.28%	1.26%
C1	1.20%	1.31%	1.38%	1.42%	1.45%	1.46%	1.46%	1.45%	1.44%	1.43%	1.41%	1.39%	1.37%	1.35%	1.33%	1.31%	1.29%	1.27%	1.25%	1.23%
C2	2.88%	2.49%	2.19%	1.98%	1.82%	1.70%	1.60%	1.53%	1.47%	1.43%	1.39%	1.35%	1.32%	1.29%	1.27%	1.24%	1.22%	1.20%	1.18%	1.16%
C3	6.95%	5.30%	4.12%	3.28%	2.68%	2.24%	1.93%	1.70%	1.53%	1.41%	1.32%	1.24%	1.19%	1.14%	1.11%	1.08%	1.05%	1.02%	1.00%	0.98%
DF	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

EY
Building a better
working world

ผลการพัฒนาแบบจำลอง

Back-Testing – Retail SMEs

Accuray Test

Rating	Unbias PD	ODR	N	DF	0.025 95% Lower	0.975 95% Upper	0.005 99% Lower	0.995 99% Upper	Under	Over
A	0.01%	0.00%	2	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	Inconclusive	Inconclusive
B1	0.04%	0.00%	6	0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	Inconclusive	Inconclusive
B2	0.09%	0.00%	9	0	0.00%	0.00%	0.00%	11.11%	Inconclusive	Inconclusive
B3	0.21%	0.00%	20	0	0.00%	5.00%	0.00%	5.00%	Inconclusive	Inconclusive
B4	0.50%	2.94%	34	1	0.00%	2.94%	0.00%	5.88%	Pass	Pass
C1	1.20%	1.52%	66	1	0.00%	4.55%	0.00%	6.06%	Pass	Pass
C2	2.88%	7.50%	40	3	0.00%	10.00%	0.00%	12.50%	Pass	Pass
C3	6.95%	12.73%	55	7	1.82%	14.55%	0.00%	16.36%	Pass	Pass

Model Back-testing

Statistical Test	Statistic	Result
AUC	46.83%	Fail
GINI	-6.34%	Fail
KS	44.10%	Pass

For Underestimate

Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is lower than the upper limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is above the upper limit of 99% confidence interval.

For Overestimate

Result	Criteria
Inconclusive	0 Default
Pass	ODR is above than the lower limit of 95% confidence interval.
Monitor	ODR is between 95% to 99% confidence interval
Fail	ODR is below the lower limit of 99% confidence interval.

EY | Assurance | Tax | Transactions | Consulting

About EY

EY is a global leader in assurance, tax, transaction and advisory services. The insights and quality services we deliver help build trust and confidence in the capital markets and in economies the world over. We develop outstanding leaders who team to deliver on our promises to all of our stakeholders. In so doing, we play a critical role in building a better working world for our people, for our clients and for our communities.

EY refers to the global organization, and may refer to one or more, of the member firms of Ernst & Young Global Limited, each of which is a separate legal entity. Ernst & Young Global Limited, a UK company limited by guarantee, does not provide services to clients. For more information about our organization, please visit ey.com.

Ernst & Young LLP

ey.com