



การปรับปรุงนโยบายการสั่งซื้อ และการกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำ ตามฤดูกาลของชิ้นส่วนอะไหล่

Apichaya Piyapramote
Logistics Management, NIDA

01.

Introduction
ลักษณะของธุรกิจ

02.

Background & Problems
ที่มาและความสำคัญของปัญหา

03.

Scope & Objectives
ขอบเขตและวัตถุประสงค์

04.

Methodology
วิธีการดำเนินงาน

05.

Analysis
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

06.

Results
สรุปผลการดำเนินงาน



Introduction



บริษัทนี้เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายเครื่องจักรกลการเกษตรและเครื่องจักรอุตสาหกรรม ซึ่งนอกจากการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพแล้ว ในด้านงานบริการหลังการขายก็เป็นอีกปัจจัยที่บริษัทให้ความสำคัญ โดยจะมีศูนย์บริการอยู่ทั่วประเทศ รวมถึงคลังอะไหล่ของบริษัทที่เป็นศูนย์กระจายอะไหล่เครื่องจักรกลการเกษตรที่ใหญ่ที่สุดในโลก

Background & Problems

- นโยบายสินค้าคงคลังเป็นแบบ Periodic Review (R, S)
- การจัดการสินค้าคงคลังของชิ้นส่วนอะไหล่ในปัจจุบันจะมีการเก็บ safety stock เป็นจำนวนเท่าของความต้องการโดยเฉลี่ยต่อเดือน
- ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่แต่ละรายการในแต่ละช่วงเวลา มีความผันผวน
- ความสามารถในการผลิตและจัดส่งชิ้นส่วนอะไหล่ของ supplier บางกลุ่ม ไม่สามารถทำได้ตามกรอบเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะในช่วง high season

- มีสินค้าคงคลังมากเกินไปสำหรับชิ้นส่วนอะไหล่บางรายการ



→ สินค้าคงคลังประมาณ 38% มี MOS มากกว่า 12 เดือน

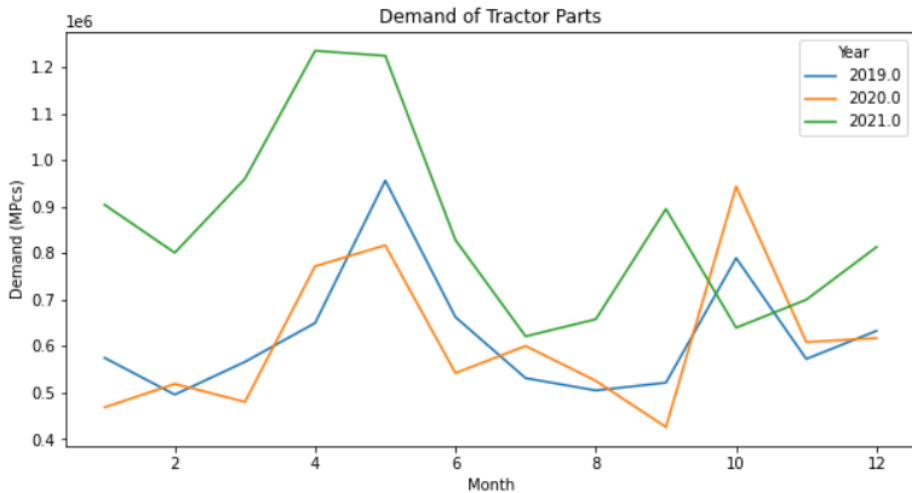
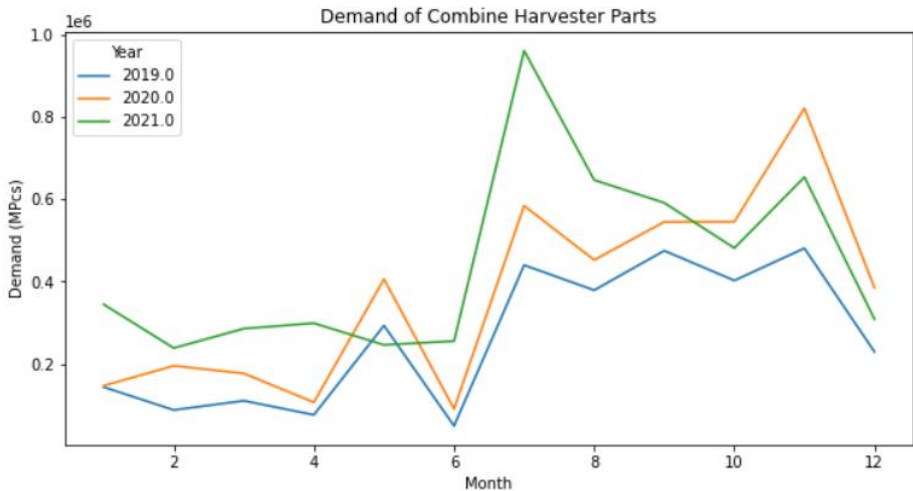
- ชิ้นส่วนอะไหล่บางรายการมีสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อความต้องการ



→ เกิดสินค้าขาดมือโดยเฉลี่ย 548 รายการ (Fill rate = 96.71%)

Background & Problems

ฤดูกาลใช้งานของรถแทรกเตอร์อยู่ในช่วงเดือนเมษายน - พฤษภาคม



ฤดูกาลใช้งานของรถเกี่ยวนวดข้าวอยู่ในช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน

Scope & Objectives



ศึกษาเฉพาะ
ชิ้นส่วนอะไหล่ของ
รถแทรกเตอร์และ
รถเกี่ยวนาข้าว



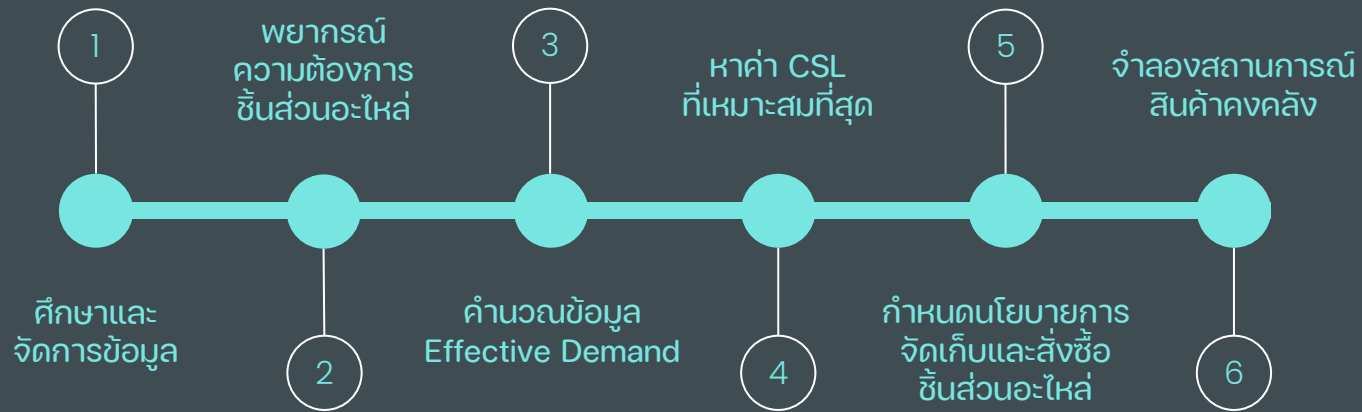
ศึกษาข้อมูล
ความต้องการของลูกค้า
ย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปี
2019 จนถึง 2021



ศึกษาข้อมูล
การสั่งซื้อและการจัดส่ง
ชิ้นส่วนอะไหล่
ย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปี
2019 จนถึง 2021

- ✔ เพื่อศึกษาความไม่แน่นอนของช่วงเวลาที่ suppliers ใช้ตั้งแต่ได้รับคำสั่งซื้อไปจนถึงจัดส่งชิ้นส่วนอะไหล่
- ✔ เพื่อศึกษาฤดูกาลในการขายอะไหล่แต่ละรายการ
- ✔ เพื่อศึกษาปริมาณการเก็บ safety stock ที่เหมาะสมโดยคำนึงถึงทั้ง demand variation และ supply variation
- ✔ เพื่อปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพนโยบายการสั่งซื้อ

Methodology



Methodology

1

ศึกษาและจัดการข้อมูล

การตรวจจับและจัดการข้อมูลที่ผิดปกติ (Outliers)

- ตรวจสอบข้อมูลความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่และ Lead Time ในการจัดส่งชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความผิดปกติ
- ใช้ Local Outlier Factor (LOF) Algorithm ในการวัดค่าความผิดปกติของข้อมูล: (Python) **sklearn.neighbors**
- ข้อมูลที่ผิดปกติจะถูกแทนค่าด้วยค่ามัธยฐาน

Material	Demand		Material	Demand
TC832-15680	2	Demand Data ➔	TC832-15680	2
TC832-15680	1		TC832-15680	1
TC832-15680	1		TC832-15680	1
TC832-15680	1		TC832-15680	1
TC832-15680	1		TC832-15680	1
TC832-15680	8		TC832-15680	8
TC832-15680	100		TC832-15680	1
TC832-15680	2		TC832-15680	2
TC832-15680	1		TC832-15680	1
TC832-15680	1		TC832-15680	1

Material	Actual LT		Material	Actual LT
TC832-15680	166.0	Supply Data ➔	TC832-15680	166.0
TC832-15680	110.0		TC832-15680	110.0
TC832-15680	141.0		TC832-15680	141.0
TC832-15680	112.0		TC832-15680	112.0
TC832-15680	206.0		TC832-15680	206.0
TC832-15680	244.0		TC832-15680	244.0
TC832-15680	256.0		TC832-15680	256.0
TC832-15680	207.0		TC832-15680	207.0
TC832-15680	110.0		TC832-15680	110.0
TC832-15680	404.0		TC832-15680	174.5

Methodology

1

ศึกษาและจัดการข้อมูล

การเลือกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่นำมาศึกษา

- รายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่นำมาใช้ในการศึกษา เป็นรายการที่มียอดขายต่อเนื่อง และยอดขายต้องไม่ต่ำกว่า 10 ชิ้นต่อเดือน
- รวมทั้งหมด 1,961 รายการ

Avg demand qty per month	Number of items
$x \leq 10$ units	0
$10 \text{ units} < x \leq 100$ units	1156
$100 \text{ units} < x \leq 1,000$ units	709
$1,000 \text{ units} < x \leq 10,000$ units	92
$x > 10,000$ units	4

การแบ่งข้อมูล Training และ Testing

- ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลย้อนหลัง 3 ปี ตั้งแต่ปี 2019 จนถึง 2021
- กำหนดให้ Training : ข้อมูล 2 ปี ตั้งแต่ปี 2019 จนถึง 2020
Testing : ข้อมูล 1 ปี คือปี 2021

Methodology

2

พยากรณ์ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่

➢ การพยากรณ์ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่ มีการนำ 3 Algorithms มาใช้ในการพยากรณ์ ดังนี้

1) Decomposition with Naive Forecasting

- นำข้อมูล Training มา Decompose ทั้งแบบ Additive และ Multiplicative จากนั้นนำไปพยากรณ์ข้อมูล Testing โดยใช้วิธี Naive
- การ Decompose แบบ Additive จะทำ Log transformation กับข้อมูล ก่อนจะนำไปใช้
- เปรียบเทียบ RMSE ระหว่าง Additive และ Multiplicative ของแต่ละรายการ เพื่อเลือกวิธีที่ทำให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด

Material	Chosen Method	Naive RMSE
01023-50620	Additive	13.7064
01023-50625	Multiplicative	47.8548
01023-50670	Additive	85.8429
01025-50616	Multiplicative	230.8751
01027-50616	Multiplicative	22.1550
...

2) Holt Winters' Forecasting

- นำข้อมูล Training มาพยากรณ์ทั้งแบบ Additive และ Multiplicative
- การพยากรณ์แบบ Additive จะทำ Log transformation กับข้อมูล ก่อนจะนำไปใช้
- เปรียบเทียบ RMSE ระหว่าง Additive และ Multiplicative ของแต่ละรายการ เพื่อเลือกวิธีที่ทำให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด

Material	Chosen Method	HW RMSE
01023-50620	Additive	15.4576
01023-50625	Additive	10.3877
01023-50670	Additive	81.3496
01025-50616	Multiplicative	156.5293
01027-50616	Multiplicative	23.4897
...

Methodology

2

พยากรณ์ความต้องการชิ้นส่วนอะไหล่

3) ARIMA Forecasting

- ทำ Log Transformation กับข้อมูล ก่อนจะนำไปใช้
- นำข้อมูลมาพยากรณ์โดยใช้ Auto ARIMA ซึ่งกำหนดให้ seasonal difference (D) = 1
: (Python) `pmdarima.arima`

การเลือก Algorithm ที่ใช้ในการพยากรณ์

- เปรียบเทียบ RMSE ทั้ง 3 Algorithms ของแต่ละรายการ
- เลือก Algorithm ที่ทำให้ค่า RMSE ของรายการนั้นๆ ต่ำที่สุด

Forecasting Method	No. of items	% of items
Decompose with Naive	362	18.4600
Holt-Winters	1184	60.3774
ARIMA	415	21.1627

Material	Period	Order Quantity	Forecasting Method	RMSE	Point Forecast
01023-50620	25.0000	12.0000	Decompose with Naive	13.7064	9.6834
01023-50625	25.0000	10.0000	Holt-Winters	10.3877	7.2841
01023-50670	25.0000	218.0000	ARIMA	76.6774	100.0000
01025-50616	25.0000	73.0000	Holt-Winters	156.5293	87.5589
01027-50616	25.0000	20.0000	Decompose with Naive	22.1550	20.8226
...
YT439-00220	36.0000	21.0000	Decompose with Naive	10.6740	34.0000
YT439-00230	36.0000	28.0000	Holt-Winters	13.7183	41.9744
YT527-20180	36.0000	77.0000	Holt-Winters	31.9255	87.6139
YW284-00103	36.0000	61.0000	Holt-Winters	19.4679	26.5733
YW389-97510	36.0000	21.0000	Decompose with Naive	12.6424	3.0000

Methodology

3 คำนวณข้อมูล Effective Demand

การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ Lead Time ในการจัดส่งชิ้นส่วนอะไหล่

- นำข้อมูล Training มาคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวน เนื่องจาก Lead Time มีความไม่แน่นอน โดยอ้างอิงความน่าจะเป็นของ Lead Time จากปริมาณชิ้นส่วนอะไหล่ที่ได้รับตาม Lead Time นั้นๆ

Material	Actual LT	GR Quantity	Probability
01023-50620	290.0000	6	0.0063
01023-50620	196.0000	18	0.0189
01023-50620	166.0000	36	0.0378
01023-50620	120.0000	892	0.9370
01023-50625	244.0000	100	0.0917
...
YT439-00220	115.0000	935	1.0000
YT439-00230	115.0000	1160	1.0000
YT527-20180	115.0000	3861	1.0000
YW284-00103	115.0000	919	1.0000
YW389-97510	115.0000	746	1.0000



Material	Expected LT	Variance LT
01023-50620	129.6978	25.1260
01023-50625	38.3077	1.6943
01023-50670	47.7163	43.4393
01025-50616	73.8611	5.7725
01027-50616	65.4444	0.0527
...
YT439-00220	115.0000	0.0000
YT439-00230	115.0000	0.0000
YT527-20180	115.0000	0.0000
YW284-00103	115.0000	0.0000
YW389-97510	115.0000	0.0000

$$E[L_i] = \sum_{n=1}^{N_i} k_n^{(i)} P(L_i = k_n^{(i)})$$

$$var(L_i) = \sum_{n=1}^{N_i} (k_n^{(i)} - E[L_i])^2 P(L_i = k_n^{(i)})$$

N_i = จำนวนค่า Lead Time ที่เกิดขึ้นทั้งหมดของรายการ i
 L_i = ตัวแปรสุ่ม Lead Time ของรายการ i
 $k_n^{(i)}$ = Lead Time ค่าที่ n ที่เกิดขึ้นของรายการ i
 $P(L_i = k_n^{(i)})$ = โอกาสที่ Lead Time ของรายการ i จะเท่ากับ k_n

Methodology

3 คำนวณข้อมูล Effective Demand

การคำนวณค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของ Effective Demand

Material	Period	Demand	Forecasting Method	RMSE	Point Forecast	Expected LT	Variance LT	R	Mean of Effective Demand	Variance of Effective Demand
01023-50620	25.0000	12.0000	Decompose with Naive	13.7064	9.6834	4.3233	0.8375	0.4667	46.3830	978.3938
01023-50625	25.0000	10.0000	Holt-Winters	10.3877	7.2841	1.2769	0.0565	0.4667	12.7005	191.1390
01023-50670	25.0000	218.0000	ARIMA	76.6774	100.0000	1.5905	1.4480	0.4667	205.7209	26574.9681
01025-50616	25.0000	73.0000	Holt-Winters	156.5293	87.5589	2.4620	0.1924	0.4667	256.4341	73232.5627
01027-50616	25.0000	20.0000	Decompose with Naive	22.1550	20.8226	2.1815	0.0018	0.4667	55.1413	1300.5928
...
YT439-00220	36.0000	21.0000	Decompose with Naive	10.6740	34.0000	3.8333	0.0000	0.4667	146.2000	489.9164
YT439-00230	36.0000	28.0000	Holt-Winters	13.7183	41.9744	3.8333	0.0000	0.4667	180.4900	809.2289
YT527-20180	36.0000	77.0000	Holt-Winters	31.9255	87.6139	3.8333	0.0000	0.4667	376.7396	4382.7258
YW284-00103	36.0000	61.0000	Holt-Winters	19.4679	26.5733	3.8333	0.0000	0.4667	114.2653	1629.6978
YW389-97510	36.0000	21.0000	Decompose with Naive	12.6424	3.0000	3.8333	0.0000	0.4667	12.9000	687.2721

$$\mu_e^{(ip)} = (R_i + E[L_i])\mu_p^{(i)}$$

$$\sigma_e^{2(ip)} = (R_i + E[L_i])\sigma^{2(i)} + var(L_i) (\mu_p^{(i)})^2$$

- R_i = ช่วงเวลาในการ Review การสั่งซื้อของรายการ i
- $E[L_i]$ = ค่าคาดหมายของ Lead Time ของรายการ i
- $var(L_i)$ = ค่าความแปรปรวนของ Lead Time ของรายการ i
- $\mu_p^{(i)}$ = ค่าเฉลี่ยความต้องการในช่วงเวลา p ของรายการ i
- $\sigma^{2(i)}$ = ค่าความแปรปรวนความต้องการของรายการ i

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

การกำหนดค่า CSL ตั้งต้นของทุกรายการชิ้นส่วนอะไหล่

- กำหนดให้ค่า CSL ตั้งต้นของทุกรายการ เท่ากับ % in-stock ในปี 2019 - 2020 คือ 99.18%
- คำนวณ Safety Stock ของแต่ละรายการโดยใช้ค่า CSL ตั้งต้น
- เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าสินค้าคงคลัง จาก Safety Stock ที่เปลี่ยนไปจากเดิม

Period	Less SS Value (items)	% Less Items	Equal SS Value (items)	% Equal Items	Over SS Value (items)	% Over Items	Diff SS Value (THB)
2021-01	1259	64.2019	0	0.0000	702	35.7981	1082392.8821
2021-02	1255	63.9980	0	0.0000	706	36.0020	-10587113.4150
2021-03	1256	64.0490	0	0.0000	705	35.9510	-10189959.6108
2021-04	1224	62.4171	0	0.0000	737	37.5829	19749426.8034
2021-05	1199	61.1423	0	0.0000	762	38.8577	25269955.3932
2021-06	1228	62.6211	0	0.0000	733	37.3789	-10842802.9573
2021-07	1230	62.7231	0	0.0000	731	37.2769	74622070.2696
2021-08	1269	64.7119	0	0.0000	692	35.2881	113682332.5687
2021-09	1267	64.6099	0	0.0000	694	35.3901	61884550.7455
2021-10	1225	62.4681	0	0.0000	736	37.5319	75471953.7397
2021-11	1202	61.2953	0	0.0000	759	38.7047	132515830.7069
2021-12	1253	63.8960	0	0.0000	708	36.1040	13316336.1589

$$SS_{ip} = \Phi^{-1}(\alpha_{ip})\sigma_e^{(ip)}$$

$$SS Value_{ip} = c_i SS_{ip}$$

α_{ip} = ค่า CSL ของรายการ i ในเดือน p

$\sigma_e^{(ip)}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Effective Demand ของรายการ i ในเดือน p

SS_{ip} = สินค้าคงคลังขั้นต่ำของรายการ i ในเดือน p

c_i = ต้นทุนชิ้นส่วนของรายการ i

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

การ Optimize ทุกรายการชิ้นส่วนอะไหล่โดย Python

- ทำการ Optimize CSL ของทุกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ ในแต่ละเดือน

Objective function: Maximize weighted CSL

Constraints: 1) Total SS value must not greater than current SS value
2) $0.6 \leq \text{CSL} \leq 0.999999$

- 3 Python Libraries ที่ใช้ในการ Optimization

1) gekko: Interior Point Optimizer (IPOPT)

→ Error: Solution not found

2) scipy.optimize: Differential Evolution

→ Low CSL and total SS value largely less than current

3) Pyswarm: Particle Swarm Optimization (PSO)

→ Solution could not satisfy constraints

Total Diff SS Value (PSO) = 1708944.2087000012

Material	Period	Mean of Eff. Demand	Varaince of Eff. Demand	Current SS	CSL	Weighted	Safety Stock	Diff SS Value
5T078-23120	25	588.5162	527085.7991	960	1.0000	0.0818	3452	52055388.0000
W9501-45101	25	18211.7207	351026693.5806	27858	1.0000	0.0276	89059	11566989.0000
W9501-31070-B	25	23337.7421	1018516335.9775	57161	1.0000	0.0189	151702	6132874.6700
5T078-11570	25	1560.0060	31486895.3931	14302	1.0000	0.0184	26666	8029057.9600
W9503-42001	25	2575.6577	19065139.6881	13871	1.0000	0.0175	20756	5318524.8000
...
02018-50100	25	68.9300	1144.7056	90	0.9803	0.0000	70	-20.6480
02054-50050	25	32.9099	924.8107	78	0.9984	0.0000	90	20.7600
07715-00803	25	5.2667	4349.6083	153	0.6233	0.0000	21	-61.2480
01023-50620	25	46.3830	978.3938	70	0.9564	0.0000	54	-19.5200
01023-50625	25	12.7005	191.1390	77	0.7361	0.0000	9	-57.8000

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

การเลือกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่นำมา Optimize

- ทำการเลือกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่จะนำมา Optimize ในแต่ละเดือน โดย Excel Solver เดือนละ 200 รายการ ซึ่งจะเป็นรายการที่มูลค่าสินค้าคงคลังมีการเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด เมื่อมีการกำหนดให้จัดเก็บ Safety Stock ตามค่า CSL ตั้งต้น โดยมาจาก - รายการที่ทำให้มูลค่าสินค้าคงคลังลดลงมากที่สุดในเดือนนั้น 100 รายการ
- รายการที่ทำให้มูลค่าสินค้าคงคลังเพิ่มขึ้นมากที่สุดในเดือนนั้น 100 รายการ

มูลค่าสินค้าคงคลังที่เปลี่ยนไปสำหรับรายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่ไม่ได้นำมา Optimize

- จากชิ้นส่วนอะไหล่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด 1,961 รายการ จะมีรายการที่ไม่ได้ถูกนำมา Optimize จำนวน 1,761 รายการ
- รายการเหล่านี้จะถูกกำหนดให้มีการจัดเก็บ Safety Stock โดยอ้างอิงตามค่า CSL เริ่มต้น
- ผลรวมของมูลค่าสินค้าคงคลังที่เปลี่ยนแปลงไป จะถูกนำไปใช้เป็นข้อจำกัดสำหรับการ Optimization

$$SSV_p = \sum_{i=1}^{1761} \left(\Phi^{-1}(0.9918) \sigma_e^{(ip)} - SSC_{ip} \right) c_i$$

$\sigma_e^{(ip)}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Effective Demand ของรายการ i ในเดือน p

SSC_{ip} = Safety stock เมื่อใช้นโยบายเดิมของรายการ i ในเดือน p

c_i = ต้นทุนชิ้นส่วนของรายการ i

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

รายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่นำมา Optimize

No.	Material	Period	Mean of Eff. Demand	Variance of Eff. Demand	CSL	Weighted	Safety Stock	Current SS	Diff SS Qty	Diff SS Value
1	W9500-32891	25	918.377058	206947.937	0.9918	0.001372	1091	2830	-1739	-2647312
2	W9503-42001	25	2575.65774	19065139.7	0.9918	0.010089	10472	13871	-3399	-2625681
3	TC422-43742	25	753.921182	53717.9256	0.9918	0.001098	556	2264	-1708	-2430422
4	3C315-42300	25	580.97412	5571.89198	0.9918	0.000205	179	423	-244	-1776150
5	W9500-32861	25	119.709331	5546.88529	0.9918	0.000231	179	477	-298	-1745695
...
96	3F750-28042	25	9714.26159	1235708.17	0.9918	0.001897	2666	3913	-1247	-137602.2
97	5T078-72312	25	418.631918	22627.8725	0.9918	0.000370	361	764	-403	-137243.4
98	TC020-16000	25	86.8065552	181.10987	0.9918	0.000028	32	59	-27	-135426.3
99	5T072-23860	25	183.612836	28560.7737	0.9918	0.000541	405	744	-339	-134975.8
100	5T072-71704	25	193.576198	25050.5616	0.9918	0.000353	380	485	-105	-131112.6

No.	Material	Period	Mean of Eff. Demand	Variance of Eff. Demand	CSL	Weighted	Safety Stock	Current SS	Diff SS Qty	Diff SS Value
1862	TC403-14630	25	1648.99247	841113.343	0.9918	0.001175	2200	1616	584	102047.1
1863	3C091-44190	25	80.3583256	669.71145	0.9918	0.000021	62	43	19	103218.4
1864	3C001-17100	25	150.423148	1434.85928	0.9918	0.000035	91	72	19	103265.1
1865	TC832-13710	25	1632.39029	177060.235	0.9918	0.000425	1009	584	425	103370
1866	11881-22012	25	12.2632539	754.995086	0.9918	0.000028	66	39	27	103886.8
...
1957	5T078-16440	25	791.127695	2626861.51	0.9918	0.001275	3887	1753	2134	1487028
1958	W9501-45101	25	18211.7207	351026694	0.9918	0.020263	44934	27858	17076	3227432
1959	W9584-00410	25	1908.28855	1423252.38	0.9918	0.000634	2861	872	1989	3243205
1960	3G700-43520	25	1334.30286	477699.971	0.9918	0.000170	1658	351	1307	3665760
1961	5T078-23120	25	588.516235	527085.799	0.9918	0.000698	1741	960	781	16318527

รายการชิ้นส่วนอะไหล่ที่ไม่ได้นำมา Optimize

No.	Material	Period	Mean of Eff. Demand	Variance of Eff. Demand	CSL	Weighted	Safety Stock	Current SS	Diff SS Qty	Diff SS Value
101	5T124-22153	25	636.913139	42674.8505	0.9918	0.000493	495	1016	-521	-129733
102	TC403-13200	25	1631.64539	36779.0802	0.9918	0.000519	460	713	-253	-128097.4
103	1C020-14520	25	1124.85014	17707.6481	0.9918	0.000243	319	502	-183	-126107.3
104	TC402-34614	25	186.022707	5224.65137	0.9918	0.000283	173	390	-217	-125004
105	W9503-31031	25	831.333333	127789.144	0.9918	0.000918	857	1262	-405	-124184.5
106	5T051-46400	25	10.9167518	68831.5104	0.9918	0.000450	629	927	-298	-122701.1
107	1A141-99350	25	225.56529	422.741396	0.9918	0.000055	49	115	-66	-122317.1
108	6C526-56240	25	1309.63101	532904.602	0.9918	0.002081	1751	2862	-1111	-122233.5
109	W9503-22010	25	208	417667.733	0.9918	0.001772	1550	2437	-887	-120103.5
110	11890-21050	25	101.530062	2936.59821	0.9918	0.000093	130	193	-63	-118677.3
...
1852	3A011-29870	25	68.1623956	1186.37396	0.9918	0.000029	83	60	23	86532.1
1853	08101-06306	25	537.185596	916627.202	0.9918	0.000763	2296	1049	1247	87826.02
1854	5T072-61140	25	138.180127	27930.9084	0.9918	0.000222	401	306	95	88632.51
1855	04816-06400	25	7671.81204	8398026.43	0.9918	0.003660	6950	5032	1918	92610.54
1856	W9501-41231	25	3385.2	748379.783	0.9918	0.001128	2075	1551	524	93754.44
1857	W9501-92151	25	2057.88	707774.015	0.9918	0.000512	2018	705	1313	94802.92
1858	W9501-52000	25	2782.2994	197416.469	0.9918	0.000549	1066	755	311	95389.75
1859	5T078-55515	25	39.6654669	17411.8393	0.9918	0.000147	316	202	114	96628.78
1860	5T078-71240	25	659.65981	312350.07	0.9918	0.000357	1340	737	603	97555.15
1861	TC404-57330	25	3737.09145	2185581.1	0.9918	0.001074	3546	1477	2069	101817.4

Total -10591735

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

$$\text{Maximize } \sum_{i=1}^{200} \frac{d_i}{d_T} \alpha_{ip}$$

$$\text{s. t. } \sum_{i=1}^{200} \left(\Phi^{-1}(\alpha_{ip}) \sigma_e^{(ip)} - SSC_{ip} \right) c_i \leq -SSV_p$$

$$0.6 \leq \alpha_{ip} \leq 0.999999 \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, 200$$

หมายเหตุ: ทำการหาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุดของทุกรายการชิ้นส่วนอะไหล่ โดยแยกการ Optimization ของแต่ละเดือน ตั้งแต่ มกราคม 2021 จนถึง ธันวาคม 2021 ($p = 1, 2, \dots, 12$)

Decision Variables

α_{ip} = ค่า CSL ของรายการ i ในเดือน p

Input Parameters

d_i = ปริมาณความต้องการทั้งปีของรายการ i

d_T = ปริมาณความต้องการรวมทั้งปี

$\sigma_e^{(ip)}$ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ Effective Demand ของรายการ i ในเดือน p

SSC_{ip} = Safety stock เมื่อใช้นโยบายเต็มของรายการ i ในเดือน p

c_i = ต้นทุนชิ้นส่วนของรายการ i

SSV_p = ผลรวมของมูลค่าสินค้าคงคลังที่เปลี่ยนแปลงไป สำหรับรายการที่ไม่ได้นำมา Optimize ในเดือน p

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

การหาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุดของชิ้นส่วนอะไหล่ 200 รายการสำหรับเดือนมกราคม 2021

No.	Material	Period	Mean of Effective Demand	Variance of Effective Demand	CSL	Weighted	Safety Stock	Current SS	Diff SS Qty	Diff SS Value		
1	W9500-32891	25	918.3770577	206947.9369	0.998946	0.004281	1399	2830	-1431	-2178933.098		
2	W9503-42001	25	2575.657741	19065139.69	0.998934	0.031471	13410	13871	-461	-355768.1842		
3	TC422-43742	25	753.9211824	53717.92556	0.993360	0.003424	574	2264	-1690	-2404755.973		
4	3C315-42300	25	580.9741199	5571.891983	0.987408	0.000640	167	423	-256	-1862963.977		
5	W9500-32861	25	119.7093306	5546.885291	0.918344	0.000720	104	477	-373	-2183309.131		
6	TC010-99600	25	6190.590442	993352.2431	0.998988	0.007780	3076	5143	-2067	-1102438.187		
7	1A084-60012	25	1647.772744	21110.00829	0.988840	0.001610	332	1065	-733	-1459476.366		
8	W9501-32511	25	4538.910193	167939.0389	0.998111	0.004044	1187	1783	-596	-780275.7386		
9	W9501-42211	25	3467.303251	101844.1683	0.997880	0.003453	913	1522	-609	-809124.452		
10	3C301-82203	25	319.0501125	2515.178413	0.929924	0.000323	74	214	-140	-1448434.798		
...		
191	YW284-00103	25	90.80738841	1629.697845	0.754605	0.000071	28	47	-19	-435923.9247		
192	W9501-31070-B	25	23337.7421	1018516336	0.999993	0.129698	138632	57161	81471	5285023.566		
193	3C151-23040	25	7100.475927	4767172.587	0.997820	0.004745	6225	3138	3087	1915783.886		
194	TC403-13040	25	20111.21086	76658805.69	0.999649	0.028159	29669	12411	17258	2735635.775		
195	TC422-12040	25	8766.199667	10504013.77	0.999436	0.006780	10554	2989	7565	2347757.666		
196	5T078-16440	25	791.127695	2626861.509	0.997797	0.003977	4615	1753	2862	1994330.9		
197	W9501-45101	25	18211.7207	351026693.6	0.998936	0.063210	57549	27858	29691	5611667.09		
198	W95B4-00410	25	1908.288552	1423252.376	0.997094	0.001977	3291	872	2419	3943130.007		
199	3G700-43520	25	1334.302865	477699.9715	0.941750	0.000530	1085	351	734	2058881.651		
200	5T078-23120	25	588.5162352	527085.7991	0.970111	0.002177	1367	960	407	8494695.069		
											Weighted CSL	0.996422889
											Diff SS Value of Optimized Items	10,591,695.34
											≤	
											Diff SS Value of Non-optimized Items	10,591,734.95

Methodology

4

หาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุด

CSL และ Safety Stock ของรายการชิ้นส่วนอะไหล่ทั้งหมดสำหรับเดือนมกราคม 2021

No.	Material	Period	Mean of Effective Demand	Variance of Effective Demand	Optimize CSL	Weighted	Opt. Safety Stock	Current SS	Diff SS Qty	Diff SS Value			
1	W9500-32891	25	918.3770577	206947.9369	0.998946	0.001372	1399	2830	-1431	-2178933.098			Weighted CSL 0.993258131
2	W9503-42001	25	2575.657741	19065139.69	0.998934	0.010089	13410	13871	-461	-355768.1842			
3	TC422-43742	25	753.9211824	53717.92556	0.993360	0.001098	574	2264	-1690	-2404755.973			Diff SS Value After Optimization -39.61
4	3C315-42300	25	580.9741199	5571.891983	0.987408	0.000205	167	423	-256	-1862963.977			
5	W9500-32861	25	119.7093306	5546.885291	0.918344	0.000231	104	477	-373	-2183309.131			
6	TC010-99600	25	6190.590442	993352.2431	0.998988	0.002494	3076	5143	-2067	-1102438.187			
7	1A084-60012	25	1647.772744	21110.00829	0.988840	0.000516	332	1065	-733	-1459476.366			
8	W9501-32511	25	4538.910193	167939.0389	0.998111	0.001297	1187	1783	-596	-780275.7386			
9	W9501-42211	25	3467.303251	101844.1683	0.997880	0.001107	913	1522	-609	-809124.452			
10	3C301-82203	25	319.0501125	2515.178413	0.929924	0.000104	74	214	-140	-1448434.798			
...			
1952	YW284-00103	25	90.80738841	1629.697845	0.754605	0.000023	28	47	-19	-435923.9247			
1953	W9501-31070-B	25	23337.7421	1018516336	0.999993	0.041577	138632	57161	81471	5285023.566			
1954	3C151-23040	25	7100.475927	4767172.587	0.997820	0.001521	6225	3138	3087	1915783.886			
1955	TC403-13040	25	20111.21086	76658805.69	0.999649	0.009027	29669	12411	17258	2735635.775			
1956	TC422-12040	25	8766.199667	10504013.77	0.999436	0.002174	10554	2989	7565	2347757.666			
1957	5T078-16440	25	791.127695	2626861.509	0.997797	0.001275	4615	1753	2862	1994330.9			
1958	W9501-45101	25	18211.7207	351026693.6	0.998936	0.020263	57549	27858	29691	5611667.09			
1959	W9584-00410	25	1908.288552	1423252.376	0.997094	0.000634	3291	872	2419	3943130.007			
1960	3G700-43520	25	1334.302865	477699.9715	0.941750	0.000170	1085	351	734	2058881.651			
1961	5T078-23120	25	588.5162352	527085.7991	0.970111	0.000698	1367	960	407	8494695.069			

Methodology

5

กำหนดนโยบายการจัดเก็บและสั่งซื้อชิ้นส่วนอะไหล่

- นโยบายสินค้าคงคลังเป็นแบบ Periodic Review โดยจะสั่งเพื่อเติมเต็ม Order-Up-To-Level (R, S)

Parameter	Description	Value
R_i	Review period	1, 7, 14, 30 วัน โดยขึ้นอยู่กับรายการ
SS_{ip}	Safety stock	ขึ้นอยู่กับรายการและช่วงเวลา
S_{ip} ($OUTL_{ip}$)	Order-up-to-level	ผลรวมของความต้องการในช่วง Protection time และ Safety stock โดยขึ้นอยู่กับรายการและช่วงเวลา

$$OUTL_{ip} = \mu_e^{(ip)} + SS_{ip}$$

$\mu_e^{(ip)}$ = ค่าเฉลี่ยความต้องการในช่วง Protection Period ของรายการ i ในเดือน p

SS_{ip} = สินค้าคงคลังขั้นต่ำของรายการ i ในเดือน p

Material	Period	Mean of Effective Demand	Safety Stock	R (month)	OUTL
W9500-32891	25	918.3771	1398	0.2333	2318
W9503-42001	25	2575.6577	13410	0.0333	15987
TC422-43742	25	753.9212	573	0.2333	1328
3C315-42300	25	580.9741	167	0.4667	749
W9500-32861	25	119.7093	103	0.2333	224
...
5T124-23120	36	15368.1829	18118	0.0333	33487
5T078-16440	36	4128.2441	7756	0.0333	11886
W9501-31070-B	36	55402.2158	182149	0.0333	237553
W9501-45101	36	35197.0603	98304	0.0333	133502
5T078-23120	36	529.8003	1274	0.0333	1805

Methodology

6

จำลองสถานการณ์สินค้าคงคลัง

- ทำการจำลองสถานการณ์สินค้าคงคลังด้วย Python โดยใช้นโยบายเดิมและนโยบายที่มีการปรับปรุง
- กำหนดช่วงที่ทำการจำลองสถานการณ์สินค้าคงคลังตั้งแต่มกราคม 2021 จนถึง ธันวาคม 2021
- ค่าตั้งต้นของ Inventory Level และ Inventory on Order เป็นค่าจริง ณ สิ้นปี 2020
- ทำการจำลองสถานการณ์ซ้ำ 10 รอบ เนื่องจาก Lead Time มีความไม่แน่นอน

Parameter	Description
OUTL	ระดับสินค้าคงคลังที่จะต้องสั่งให้ถึง
Demand	ความต้องการที่เกิดขึ้นจริง
L	Lead Time ที่มาจากการสุ่มตามการแจกแจงความน่าจะเป็นของแต่ละรายการ
Receipts	จำนวนชิ้นส่วนอะไหล่ที่ได้รับ
Inv. on order	จำนวนชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีการสั่งซื้อแต่ยังไม่ได้รับ
IL before demand	ระดับสินค้าคงคลังที่ยังไม่รวมความต้องการที่เกิดขึ้นจริง

Parameter	Description
IL after demand	ระดับสินค้าคงคลังหลังจากรวมความต้องการที่เกิดขึ้นจริงแล้ว
IP after demand	ผลรวมของ Inv. on order และ IL after demand
Inv. on hand	จำนวนสินค้าคงคลังที่มีอยู่
Backorders	จำนวนสินค้าค้างส่งเนื่องจากสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อความต้องการ
Order quantity	จำนวนชิ้นส่วนอะไหล่ที่สั่งซื้อ
Order delivery date	วันที่คาดว่าจะได้รับชิ้นส่วนอะไหล่ที่สั่งซื้อ

Methodology

6

จำลองสถานการณ์สินค้าคงคลัง

: นโยบายปัจจุบัน (เดิม)

Date	Day	Week of Month	Period	OUTL	Demand	L	Receipts	Inv. on order	IL before demand	IL after demand	IP after demand	Inv. on hand	Backorders	Order quantity	Order delivery date	
01/01/2021	Friday		1	25	1213	0	110	0	700	162	162	862	162	0	0	0
02/01/2021	Saturday		1	25	1213	0	176	0	700	162	162	862	162	0	0	0
03/01/2021	Sunday		1	25	1213	0	176	0	700	162	162	862	162	0	0	0
04/01/2021	Monday		2	25	1213	44	174.5	0	700	162	118	818	118	0	0	0
05/01/2021	Tuesday		2	25	1213	11	257	0	700	118	107	807	107	0	0	0
06/01/2021	Wednesday		2	25	1213	7	176	0	700	107	100	800	100	0	0	0
07/01/2021	Thursday		2	25	1213	3	133	0	700	100	97	797	97	0	0	0
08/01/2021	Friday		2	25	1213	5	170	0	700	97	92	792	92	0	0	0
09/01/2021	Saturday		2	25	1213	0	110	0	700	92	92	792	92	0	421	29/04/2021 00:00
10/01/2021	Sunday		2	25	1213	0	112	0	1121	92	92	1213	92	0	0	0
11/01/2021	Monday		3	25	1213	14	207	0	1121	92	78	1199	78	0	0	0
12/01/2021	Tuesday		3	25	1213	14	133	0	1121	78	64	1185	64	0	0	0
...
20/12/2021	Monday		4	36	1137	17	166	0	1604	230	213	1817	213	0	0	0
21/12/2021	Tuesday		4	36	1137	40	182	0	1604	213	173	1777	173	0	0	0
22/12/2021	Wednesday		4	36	1137	0	176	0	1604	173	173	1777	173	0	0	0
23/12/2021	Thursday		4	36	1137	3	178	0	1604	173	170	1774	170	0	0	0
24/12/2021	Friday		4	36	1137	3	176	0	1604	170	167	1771	167	0	0	0
25/12/2021	Saturday		4	36	1137	0	166	0	1604	167	167	1771	167	0	0	0
26/12/2021	Sunday		4	36	1137	0	176	0	1604	167	167	1771	167	0	0	0
27/12/2021	Monday		5	36	1137	0	176	0	1604	167	167	1771	167	0	0	0
28/12/2021	Tuesday		5	36	1137	0	157	133	1471	300	300	1771	300	0	0	0
29/12/2021	Wednesday		5	36	1137	0	252	0	1471	300	300	1771	300	0	0	0
30/12/2021	Thursday		5	36	1137	0	210	0	1471	300	300	1771	300	0	0	0
31/12/2021	Friday		5	36	1137	0	157	0	1471	300	300	1771	300	0	0	0

Methodology

6

จำลองสถานการณ์สินค้าคงคลัง

: นโยบายที่มีการปรับปรุง (ใหม่)

Date	Day	Week of Month	Period	OUTL	Demand	L	Receipts	Inv. on order	IL before demand	IL after demand	IP after demand	Inv. on hand	Backorders	Order quantity	Order delivery date	
01/01/2021	Friday		1	25	1413	0	171	0	700	162	162	862	162	0	0	0
02/01/2021	Saturday		1	25	1413	0	110	0	700	162	162	862	162	0	0	0
03/01/2021	Sunday		1	25	1413	0	162	0	700	162	162	862	162	0	0	0
04/01/2021	Monday		2	25	1413	44	110	0	700	162	118	818	118	0	0	0
05/01/2021	Tuesday		2	25	1413	11	166	0	700	118	107	807	107	0	0	0
06/01/2021	Wednesday		2	25	1413	7	170	0	700	107	100	800	100	0	0	0
07/01/2021	Thursday		2	25	1413	3	171	0	700	100	97	797	97	0	0	0
08/01/2021	Friday		2	25	1413	5	141	0	700	97	92	792	92	0	0	0
09/01/2021	Saturday		2	25	1413	0	123	0	700	92	92	792	92	0	726	12/05/2021 00:00
10/01/2021	Sunday		2	25	1413	0	210	0	1426	92	92	1518	92	0	0	0
11/01/2021	Monday		3	25	1413	14	174.5	0	1426	92	78	1504	78	0	0	0
12/01/2021	Tuesday		3	25	1413	14	178	0	1426	78	64	1490	64	0	0	0
...
20/12/2021	Monday		4	36	1182	17	206	0	2308	3	-14	2294	0	14	0	0
21/12/2021	Tuesday		4	36	1182	40	110	272	2036	258	218	2254	218	0	0	0
22/12/2021	Wednesday		4	36	1182	0	176	0	2036	218	218	2254	218	0	0	0
23/12/2021	Thursday		4	36	1182	3	256	0	2036	218	215	2251	215	0	0	0
24/12/2021	Friday		4	36	1182	3	173	0	2036	215	212	2248	212	0	0	0
25/12/2021	Saturday		4	36	1182	0	171	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
26/12/2021	Sunday		4	36	1182	0	182	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
27/12/2021	Monday		5	36	1182	0	176	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
28/12/2021	Tuesday		5	36	1182	0	178	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
29/12/2021	Wednesday		5	36	1182	0	252	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
30/12/2021	Thursday		5	36	1182	0	178	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0
31/12/2021	Friday		5	36	1182	0	174.5	0	2036	212	212	2248	212	0	0	0

Analysis



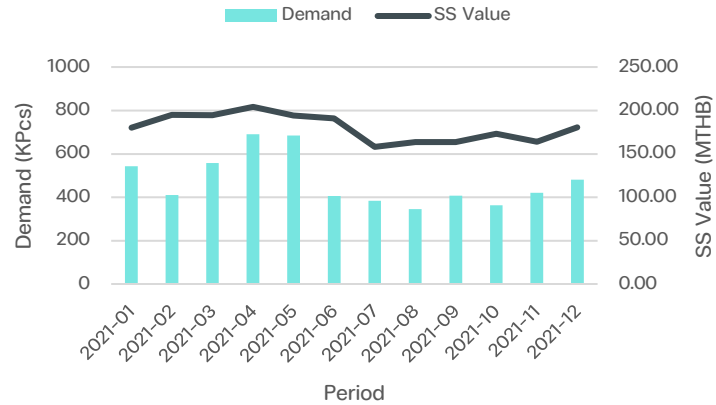
ผลการหาค่า CSL ที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละเดือน

Period	Optimized Weighted CSL	Diff SS Value (Optimized - Current)
2021-01	0.9933	-39.61
2021-02	0.9935	0.00
2021-03	0.9934	0.00
2021-04	0.9921	0.00
2021-05	0.9923	0.00
2021-06	0.9928	0.00
2021-07	0.9900	0.00
2021-08	0.9916	0.00
2021-09	0.9913	0.00
2021-10	0.9924	0.00
2021-11	0.9894	0.00
2021-12	0.9927	-23,488.15
Overall	0.9921	-23,527.76

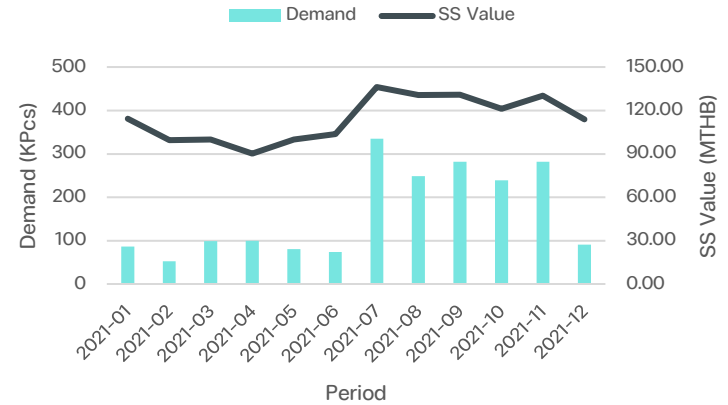
Analysis

การกำหนดสินค้าคงคลังขั้นต่ำในแต่ละช่วงเวลา

Demand vs. Safety Stock Value
of Tractor Parts



Demand vs. Safety Stock Value
Of Combine Harvester Parts



Analysis

ผลการจำลองสถานการณ์สินค้าคงคลังของนโยบายเดิม

Replication	Weighted Fill Rate	Total Inventory Value	Total Cost
1	0.9698	250,062,006	50,364,054
2	0.9664	245,369,099	49,425,473
3	0.9708	253,808,912	51,113,435
4	0.9723	252,814,642	50,914,581
5	0.9717	253,440,728	51,039,798
6	0.9714	249,023,011	50,156,255
7	0.9707	257,057,078	51,763,068
8	0.9678	240,519,820	48,455,617
9	0.9727	254,459,166	51,243,486
10	0.9708	255,099,587	51,371,570
Average	0.9704	251,165,405	50,584,734



Analysis

ผลการจำลองสถานการณ์สินค้าคงคลังของนโยบายที่มีการปรับปรุง

Replication	Weighted Fill Rate	Total Inventory Value	Total Cost
1	0.9759	255,059,211	51,228,607
2	0.9762	233,000,765	46,816,918
3	0.9738	248,520,796	49,920,924
4	0.9761	256,006,560	51,418,077
5	0.9756	243,263,512	48,869,468
6	0.9732	248,751,803	49,967,126
7	0.9747	237,216,803	47,660,126
8	0.9726	230,799,947	46,376,755
9	0.9750	248,711,262	49,959,018
10	0.9753	245,514,177	49,319,601
Average	0.9748	244,684,483	49,153,662



Results



Performance Measurement

Current Policy

New Policy

Difference



Weighted Fill Rate

97.04%

97.48%

INCREASE ↑ 0.44%



Total Cost

50.58 MTHB

49.15 MTHB

DECREASE ↓ 1.43 MTHB



Thank you

