Applying a two-stage clustering-assignment storage location model on improving item-associated based family grouping warehouse design

การประยุกต์ใช้ตัวแบบสองระดับสาหรับการจัดกลุ่มและระบุตาแหน่งการวางสินค้าในการปรับปรุงผังคลังสินค้าแบบสินค้าที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มผลิตภัณฑ์

ขนิษฐา เลาหวิชิตศักดิ์ และ ดร.อัครนันท์ พงศธรวิวัฒน์

Operations Research OR-NET Network of Thailand

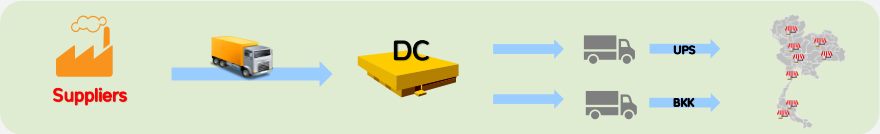
NIDA WISDOM for Change GSAS Graduate School of Applied Statistics

CONTENTS
This Proposal

01 - 03

Company Profile,
Rationale Background
Objective

1. COMPANY PROFILE (BACKGROUND ON STORAGE LOCATION)



Type	SKUs	% of Total SKUs
Food	321	18 %
Non-Food	1553	82 %
Total	1874	100%

Inbound

Suppliers	710

Outbound

Brand	17	Brand
Store	1134	Stores
Freq. Delivery	1-2	Times/Week

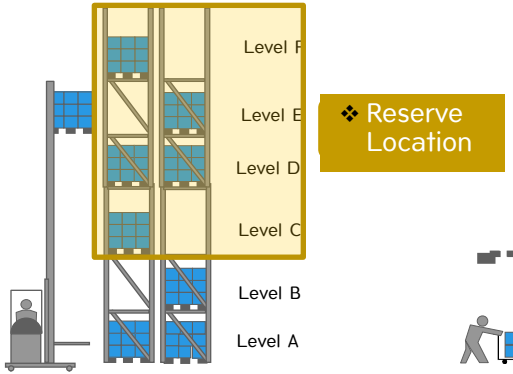
DC

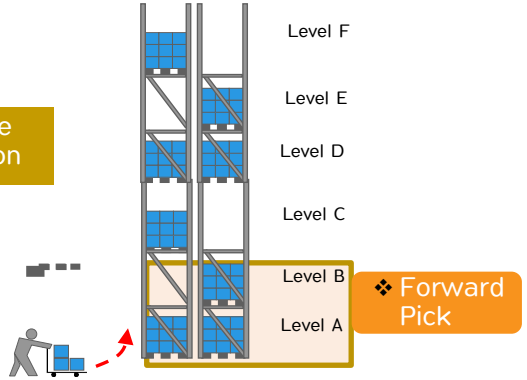
Space	6,500	sqm.
Reserve (Location)	5,512	Pallet
SKUs (active)	1874	SKUs
CVD	27	day






1. COMPANY PROFILE (OPERATION FLOW)





Receive สินค้าจะถูก
Put away ไปยัง
Reserve location

Picking พนักงานลาก
Hand jack เพื่อหยิบ
สินค้าจาก Pick face
Level A-B

Type of Picking Location

Location Bin.			923 Loc.
Location Main Zone			1206 Loc.

Picking Sheet

Store 11111

Item	QTY	picked
AAA	4	/
BBB	3	/
CCC	2	/
DDD	2	???
EEE	1	
FFF	5	

1 Line = 1SKUs

2.RATIONALE BACKGROUND

- 2019 คลังจัดเก็บสินค้าเต็ม
- Jan 2020 ขยายพื้นที่คลังสินค้าเพื่อให้มีพื้นที่เพียงพอต่อกิจกรรมที่มากขึ้นตาม Demand
- จากการเปลี่ยนแปลงแผนผังของคลังสินค้ามีการจัดเก็บสินค้าเข้าLoc. ใหม่โดยไม่มีการคิดวิเคราะห์
- คาดการณ์ว่าจะส่งผลต่อการหยิบที่ไม่มีประสิทธิภาพ
- จึงเกิดแนวคิดเพื่อปรับปรุงปรับปรุงการจัดเรียงสินค้าสินค้าใหม่เพื่อให้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3. OBJECTIVES

LAYOUT

1.เพื่อศึกษารูปแบบการจัดเก็บสินค้าให้เหมาะสม

DISTANCE

2. เพื่อลดระยะทางการปฏิบัติงานของกระบวนการ หยิบสินค้า ให้มีระยะทางการเคลื่อนย้ายน้อยที่สุด

IMPROVEMENT

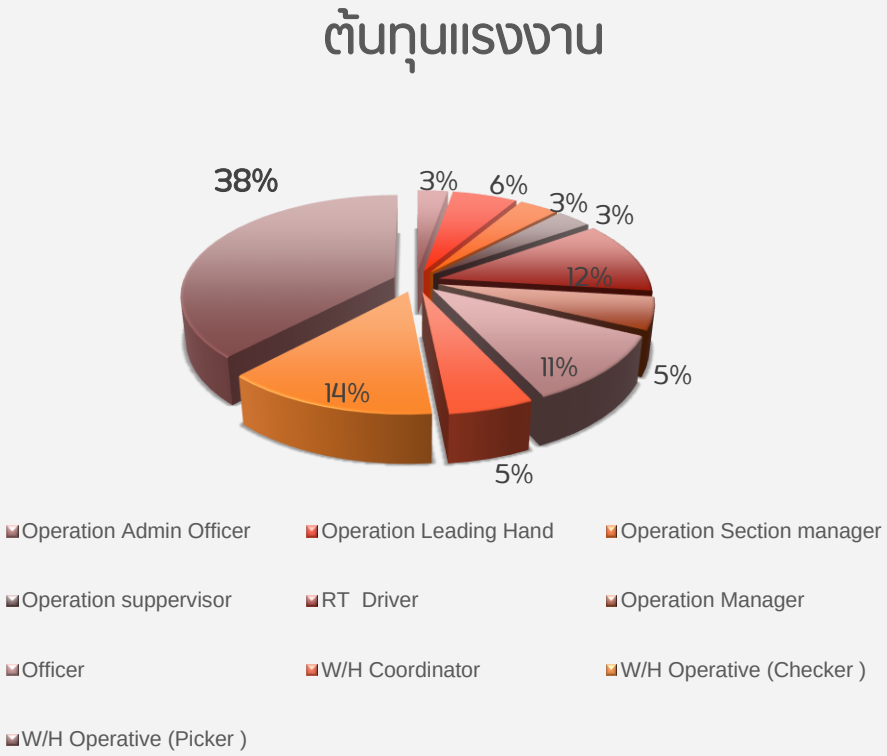
3.เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาการจัดเก็บสินค้า

04

Problems Formulation

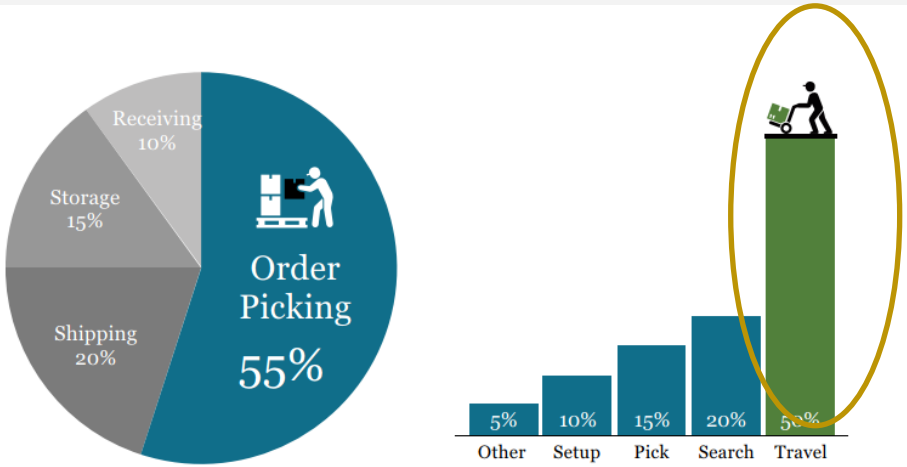
Problems,
Scope of work

4.1.1 Warehouse Labor Cost



ตาแหน่ง	จานวน(คน)	จานวนเงิน (บาท/เดือน)
Operation Admin Officer	1	13,000
Operation Leading Hand	2	28,000
Operation Section manager	1	17,000
Operation supervisor	1	15,000
RT Driver	4	56,000
Operation Manager	1	25,000
Officer	4	52,000
W/H Coordinator	2	26,000
W/H Operative (Checker)	5	65,000
W/H Operative (Picker)	14	182,000
		479,000

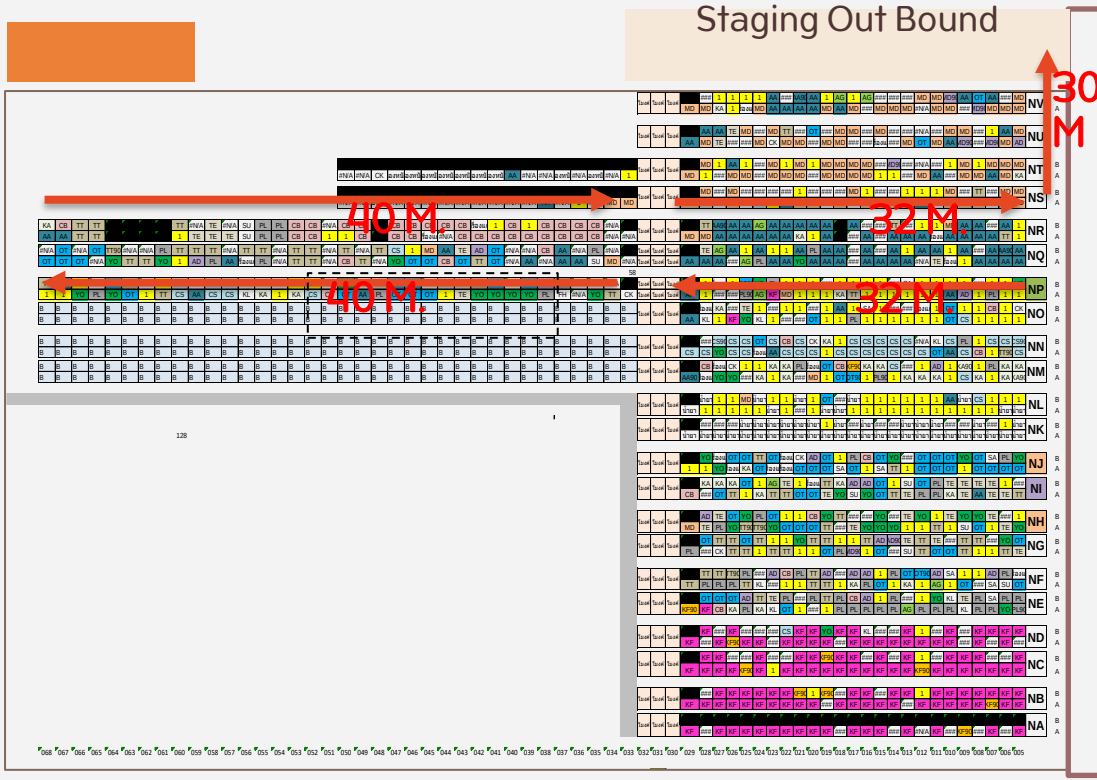
4.1.2 Picking Time Consumption



(a) Warehouse operating expenses. (b) Time spent by order picker.

Figure 4: Breakdown of warehouse operating expenses and time spent by order picker. Adapted from [118, p. 433–434]. © 2010 by John Wiley & Sons, Inc.

4.1.3 Problems Statement



Store Brand AA

Item	QTY	Group
AAA	4	AA
BBB	3	AA
CCC	2	AA
DDD	2	AA
AL1	1	ALL
AL2	3	ALL

Store Brand KF

Item	QTY	Group
DDD	1	KF
EEE	2	KF
FFF	3	KF
DDD	4	KF
AL1	2	ALL
AL2	4	ALL

1.Brand All คือSKUs ที่ทุกBrand สามารถจะมี orderสั่งเข้ามาได้

2.SKUs Brands เดียวกัน

หาพื้นที่จัดเก็บที่เหมาะสมเพื่อให้ระยะทางการเดินหยิบสินค้าน้อยที่สุด

ยกตัวอย่างระยะทาง

1. Brand AA AA

ระยะทาง 32+32+30=94m
แต่มี ระยะทางที่ไม่จาเป็น 40+40 = 80 m
ต่อ การหยิบสินค้า 1 Sale order

4.1.3 Problems Statement

SKUs

ACTIVE =1,874 SKUs
classify your inventory into
three ABC categories

Redesigning the layout of forward Pick area

Dedicate Forward Pick Area
แยกสินค้าตาม Brand สินค้า

Picking Path

คงรูปแบบ Picking path ออกแบบให้เดินเป็น
Return policy

Classification Concept

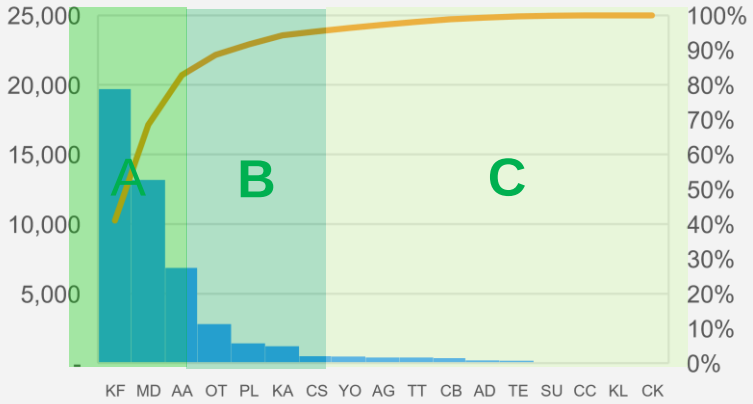
สินค้าบางกลุ่มสามารถถูกจัดส่งไปได้กับทุก Brand
จัดกลุ่มหาความสัมพันธ์ระหว่าง Items และ ใบสั่งซื้อ

4.2.1 SCOPE OF WORK

Classify products based on their variability of demand

จำนวนความถี่เฉลี่ยการสั่งซื้อ (ใบสั่งซื้อ/เดือน)							
แบรนด์	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	ค่าเฉลี่ยการสั่งซื้อต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยสะสม	เปอร์เซนต์สะสม	กลุ่ม
Total	**39,306**	**58,070**	**46,654**	**48,010**		**100.00%**	
KF	16,013	24,284	18,809	19,702	19,702	41.04%	A
MD	11,347	15,887	12,343	13,192	32,894	68.52%	A
AA	5,571	7,848	7,132	6,850	39,745	82.78%	A
OT	2,214	3,430	2,823	2,822	42,567	88.66%	B
PL	1,095	1,799	1,450	1,448	44,015	91.68%	B
KA	951	1,501	1,250	1,234	45,249	94.25%	B
CS	431	632	493	519	45,768	95.33%	B
YO	361	590	549	500	46,268	96.37%	C
AG	334	457	515	435	46,703	97.28%	C
TT	315	539	392	415	47,118	98.14%	C
CB	290	422	389	367	47,485	98.91%	C
AD	148	289	207	215	47,700	99.35%	C
TE	173	208	169	183	47,883	99.74%	C
SU	35	126	62	74	47,958	99.89%	C
CC	10	27	36	24	47,982	99.94%	C
KL	12	17	24	18	48,000	99.98%	C
CK	6	14	11	10	48,010	100.00%	C

กราฟ พาเรโต้แสดงความถี่การสั่งซื้อแยกรายแบรนด์ร้านค้า



แบ่งข้อมูลสินค้าตาม Brand 17 Brand จะเห็นได้ว่าสินค้าที่มีความถี่ในการถูกหยิบมากถึง 80% จะอยู่ในหมวดหมู่ 3 Brand คือ KF MD AA จึงขอกาหนดขอบเขตการศึกษาสินค้า 3 Brand

4.2.2 SCOPE OF WORK

Classify products based on their variability of demand

Zone	AA	MD	KF	AL	AD	AG	CB	CC	CK	CS	KA	KL	OT	PL	SU	TE	TT	YO	Total
Normal	103	137	126	299	19	15	24	15	13	39	32	11	81	59	10	29	64	28	1128
Bin	77	61	105	140	14	5	18	1		21	43	1	56	39	1	26	23	23	654
ของหนัก	4	12		4															20
ตู้เหล็ก	1		5	13															19
น้ายา			5	36			1			4			4			1	1	1	53
Total	185	210	241	516	33	20	43	16	13	64	75	12	141	98	11	56	88	52	1874

25%

35%

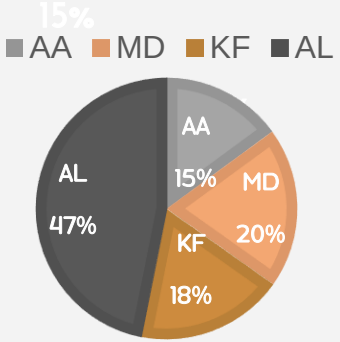
15%

Assign location Storage

AA = 103 SKUs
MD = 137 SKUs
KF = 126 SKUs
Total = 366 SKUs

คัดเลือก สินค้าแบรน์ AL

คัดเลือกสินค้าที่มีการหยิบส่งให้กับใบสั่งซื้อของ Brand AA,MD,KF มากกว่า 95% ของการหยิบทั้งหมด มาทาการศึกษา = 81 SKU



05

Solution Method

Research Mythology ,Demonstrative Example ,Storage location Assignment

01 CLUSTERING ITEMS IN TO GROUP

แยกสินค้าเป็น Brand และ
แยกสินค้ากลุ่ม AL เข้ากลุ่ม
โดยใช้หลักการ Item
Association Rule

02 ASSIGN ITEMS INTO STORAGE LOC.

Develops a Mathematical
programing model เพื่อ
กาหนดจุดวางสินค้า
(Location Assignment
method) ที่ทาให้ ระยะยางเดิน
หยิบสั้นที่สุด

03 COMPARISION ROUTE DISTANCE

เปรียบเทียบระยะทางเดิน
ของกระบวนการหยิบ
สินค้าปัจจุบันเทียบกับ
นโยบายการจัดเก็บใหม่

04 CONCLUSION

สรุปผลและให้ข้อเสนอแนะ

5.1 CLUSTERING ITEMS INTO GROUP

Step 1. คัดเลือก SKU Brand All กลุ่มที่สนใจ มีการหยิบไปกับใบสั่งซื้อของ Brand (AA,KF,MD) >95 % ของการหยิบทั้งหมอ

Items	AA	KF	MD	TT	OT	AG	Total	% SO จาก Brand ที่สนใจ(AA,KF,MD)	ตัดสินใจ		
P1111	20	50	25	2	1	2	100	95%	เลือก SKU นี้มาวิเคราะห์	✔	1
P2222	20	40	10	15	10	5	100	70%	อยู่นอกขอบเขตการวิเคราห์	✘	0

รายละเอียด	จำนวน SKU
Brand AL ทั้งหมด	299
SO จาก Brand AA,MD,KF มากกว่า 90% จำนวนการสั่งทั้งหมด	81

Step 2. คานวณความสัมพันธ์ระหว่างรายการที่ถูกหยิบไปกับแบรนด์ AA, KF,MD ค่าสนับสนุนระหว่างสินค้า (Sij)จะพิจารณาจากลักษณะของรายการสั่งสินค้า (order) โดยกาหนด ดัชนี (index) ระหว่าง Item(i) และ Brand (j) ดังนี้

$$s_{ij} = 1 - \frac{P(i \cap j)}{\left[\sum_{k=1}^{K} P(j_k)\right]}$$

โดยที่ $P(i \cap j)$ คือจานวน SO ที่ Items i ถูกสั่งไปกับใบสั่งซื้อของ brand j_k whereas k = {AA, KF, MD}

Step 3. ใช้ Excel Solver ช่วยจัดกลุ่ม items เข้ากลุ่มที่เหมาะสมเพื่อให้ค่าเป้าหมายสูงสุด (ค่า Index ต่ำสุด)ดังนั้นค่า Itemsนั้นที่มี Associations สูงกับBrand j นั้นจึงเหมาะที่จะวางไว้ใน Zone ของ Brand j

$$\textbf{Minimize} \quad \sum_{i=1}^{N} S_{ij} x_{ij}$$

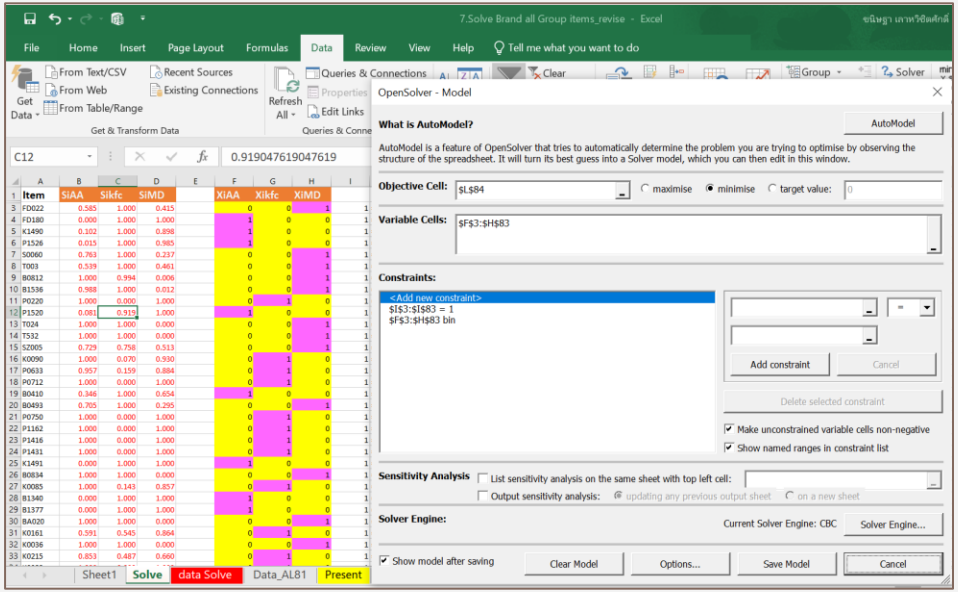
Subject to

$$\sum_{j=1}^{J} x_{ij} = 1 \; ; \; J \in \{1,2,\ldots,J\}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \; ; \; i \in \{1,2,\ldots,N\}$$

REF : Yi-Fei Chuang a, Hsu-Tung Lee b, Yi-Chuan Lai a.(2012) Item-associated cluster assignment model on storage allocation problems. 2012 Elsevier Ltd. ,3. www.elsevier.com/locate/caie

5.1 CLUSTERING ITEMS INTO GROUP



- Add-in “Solver” ในExcel สามารถใช้ในการหาคาตอบของตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นได้ แต่มีข้อจากัดในการหาคาตอบของปัญหาที่มีตัวแปรตัดสินใจไม่เกิน 200 ตัว
- ศึกษาพบว่ามีเครื่องมือที่สามารถใช้ในการหาคาตอบของตัวแบบโปรแกรมเชิงเส้นได้ OpenSolver ซึ่งถูกพัฒนาโดย Andrew J. Mason
- หาคาตอบว่าควรจัด Items ใดไว้ Cluster Brandใด

5.1 CLUSTERING ITEMS INTO GROUP(Result)

ITEMS	Brand
P0220	KFC
K0090	KFC
P0633	KFC
P0712	KFC
P0750	KFC
P1162	KFC
P1416	KFC
P1431	KFC
K0085	KFC
K0161	KFC
K0215	KFC
K0082	KFC
K0100	KFC
K0160	KFC
K0611	KFC
K0565	KFC
K0671	KFC
K0672	KFC
K0899	KFC
K1256	KFC
K0971	KFC
K1000	KFC
K1022	KFC
K1471	KFC
P0926	KFC
K1486	KFC
P1083	KFC
P1479	KFC
K1848	KFC
P0212	KFC
S0058	KFC
S0031	KFC
SN020	KFC
S0056	KFC
SZ006	KFC
P1440	KFC
P0281	KFC

ITEMS	Brand
FD022	MD
S0060	MD
T003	MD
B0812	MD
B1536	MD
T024	MD
T532	MD
SZ005	MD
B0493	MD
B0834	MD
BA020	MD
K0036	MD
K0119	MD
K0139	MD
K0527	MD
K0371	MD
K0404	MD
K0406	MD
K1045	MD
P0925	MD
P0966	MD
P0967	MD
P0976	MD
P1477	MD
P1635	MD
PM0250	MD
SN018	MD
SZ002	MD

ITEMS	Brand
FD180	AA
K1490	AA
P1526	AA
P1520	AA
B0410	AA
K1491	AA
B1340	AA
B1377	AA
K0274	AA
K0280	AA
K0866	AA
P0145	AA
P0963	AA
P1085	AA
B0603	AA
P0219	AA

Brand	Count of Item
AA	16
KF	37
MD	28
Grand Total	81

5.2 ASSIGN ITEMS INTO STORAGE LOCATIONS

ดัชนี(Index)

i คือ สินค้าแต่ละ SKUs

j คือ location Number

พารามิเตอร์(Parameter)

D_{ij} =ระยะทางของการจัดวางสินค้าแต่ละ SKUs (i)ในแต่ละ location การจัดเก็บj ถึงจุดพื้นที่วางสินค้า outbound (I/O)

F_i= order frequency ของสินค้า i

J= Set ของ location Number =(1,2,...,492)

LKF =Set of location for Dedicate storage Brand KF = {1,...166} ,Where KF ∈ J

LMD= Set of location for Dedicate storage Brand MD = {167,...345} ,Where MD ∈ J

LAA =Set of location for Dedicate storage Brand AA= {346,...,492} ,Where AA ∈ J

N =Set ของ SKUs สินค้า =(1,2,...,447)

SKF = Set of SKU Brand KF ,Where SKF ∈ N

SMD= Set of SKU Brand MD ,Where SMD ∈ N

SAA = Set of SKU Brand AA ,Where SAA∈ N

ตัวแปรตัดสินใจ

Xi*j* คือ สินค้า I ที่จัดเก็บใน location *j*

Minimize

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{J} F_i \, Dij \, X_{ij}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{J} Xij \leq 1 \quad \forall_{i \in J}$$

$$\sum_{i=1}^{N} Xij = 1 \quad \forall_{\in N}$$

$$\sum_{i \in SKF}^{N}\sum_{j \in LKF}^{J} X_{ij} = 163$$

$$\sum_{i \in SMD}^{N}\sum_{j \in SMD}^{J} X_{ij} = 165$$

$$\sum_{i \in SAA}^{N}\sum_{j \in LAA}^{J} X_{ij} = 119$$

Decision variable:

x_{ij} = 1 if SKUs i is in location j ; 0 otherwise

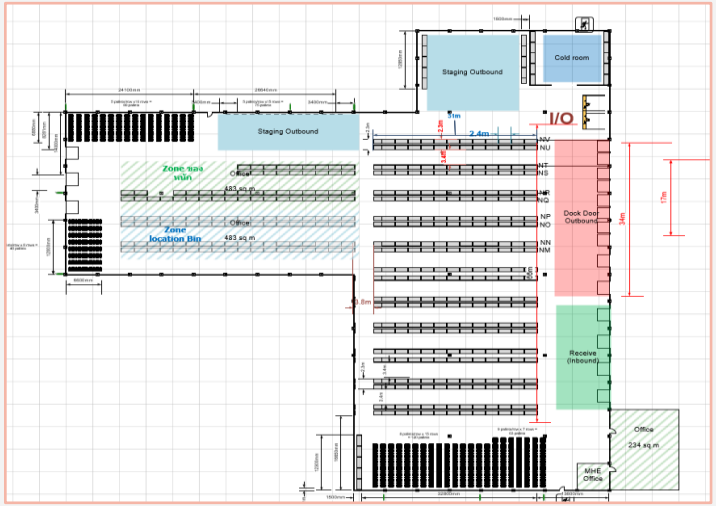
REF: Chariya Paveenchanaa, and Naragain Phumchusrib.(2019). Optimal Storage Locations for Warehouse Efficiency Improvement in a Haircare Manufacturer23(5),12-13 . http://www.engj.org/

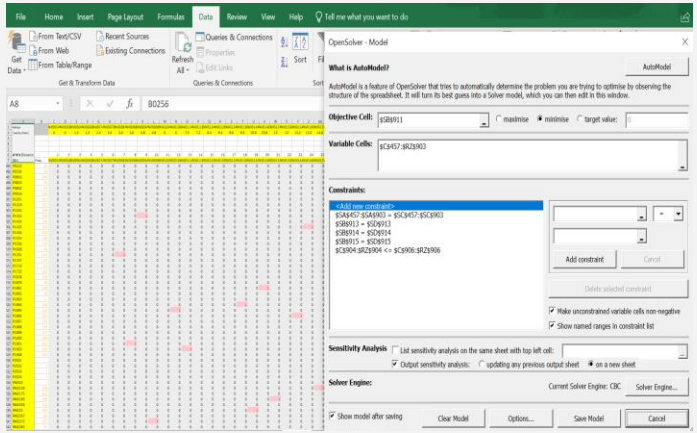
5.2 ASSIGN ITEMS INTO STORAGE LOCATIONS

SKUs ที่ทำการศึกษา

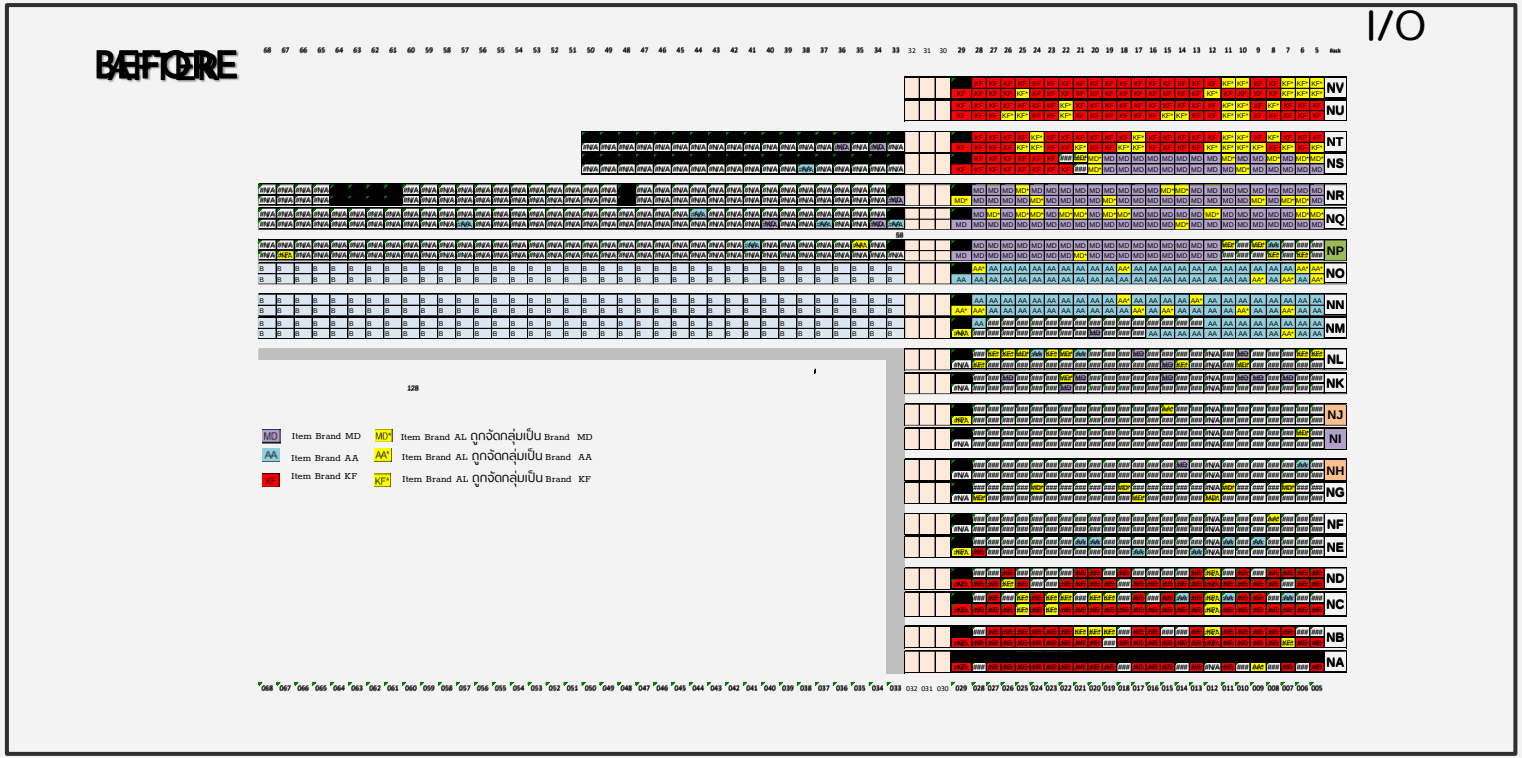
Brands	AA	KF	MD	Total
Main Zone	103	126	137	366
AL	16	37	28	81
Locations Required	119	163	165	**447**

- ค่าเฉลี่ยความถี่การสั่งซื้อสินค้าราย ITEMs (Fi)
- ระยะทางจาก location ถึงจุด I/O (Dj)



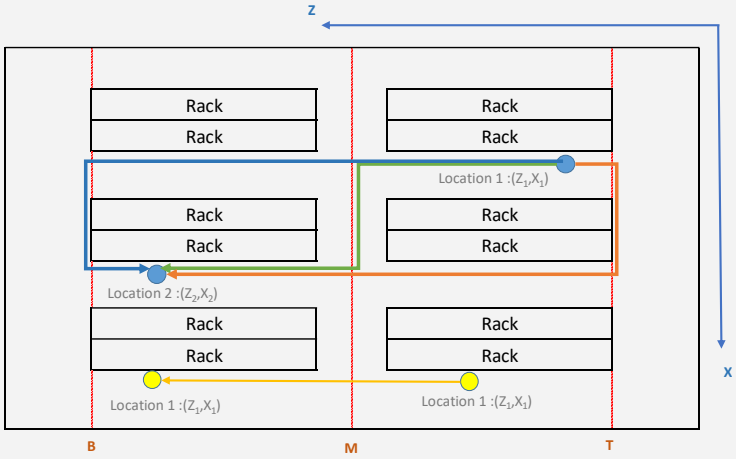


5.2 ASSIGN ITEMS INTO STORAGE LOCATIONS



5.3 เปรียบเทียบระยะทางเดินของกระบวนการหยิบสินค้าปัจจุบันเทียบกับนโยบายการจัดเก็บใหม่

หลักการวัดระยะทางการเดินหยิบสินค้าระหว่าง location



- <u>วิธี 1 ระยะทางเดิน จาก จุด1 ไป ยัง จุด2 (D_{12} กรณีเดินข้าม Aisle)</u>

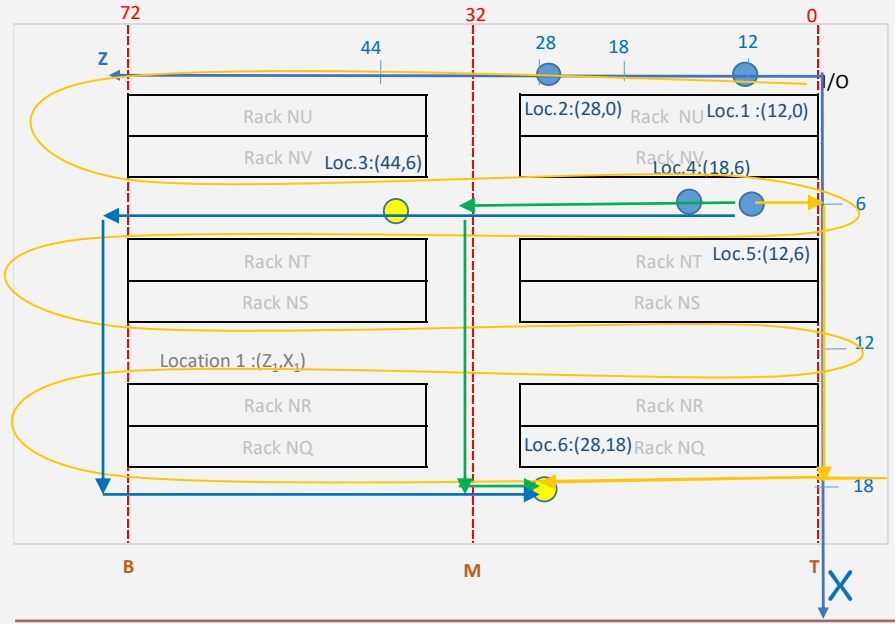
$$D_{12} = \min \begin{cases} |z_1 - B| + |x_2 - x_1| + |z_2 - B|, \\ |z_1 - M| + |x_2 - x_1| + |z_2 - M|, \\ |z_1 - T| + |x_2 - x_1| + |z_2 - T| \end{cases}$$

- <u>วิธีที่ 2 ระยะทางเดิน จาก จุด1 ไป ยัง จุด2 (D_{12} กรณีเดินหยิบใน Aisle เดียวกัน)</u>

$$D_{12} = |z_2 - z_1|$$

REF: amrata Shetty · Bhawesh Sah · Sung Hoon Chung. (2020).Route optimization for warehouse order picking operations via vehicle routing and simulation,9, Springer Nature Switzerland AG 2020. https://doi.org/10.1007/s42452-020-2076-x

5.3 เปรียบเทียบระยะทางเดินของกระบวนการหยิบสินค้าปัจจุบันเทียบกับนโยบายการจัดเก็บใหม่



หลักการวัดระยะทางการเดินหยิบสินค้าระหว่าง location

- ลาดับของlocationในใบ Pick list ดาเนินตามนโยบายการหยิบ แบบ u turn
- ให้การระบุ พิกัด Location :(Z,X)

กาหนด Z คือระยะทางแนว location วางสินค้าใน Rack เดียวกัน
กาหนด X คือระยะทางระหว่าง Rack

ตัวอย่าง Picklist

Location	Item	พิกัด Z	พิกัด X
1	AAA	12	0
2	BBB	28	0
3	CCC	44	6
4	DDD	18	6
5	EEE	12	6
6	FFF	28	18

ต้นทาง	ปลายทาง	วิธีคำนวน	แทนค่าพิกัดจุด	ผลการคำนวน	ระยะทาง	
Start	LOC.1	วิธีคำนวน 2	| 0 - 12|	12	12	เมตร
LOC.1	LOC.2	วิธีคำนวน 2	| 28 - 12|	16	16	เมตร
LOC.2	LOC.3	วิธีคำนวน 1	Min | 28-72 | + | 6-0 | + | 44-72 |, | 28 − 32| + | 6− 0 | + | 44 − 32 |,| 28 − 0| + | 6-0 | + | 44-0 |	MIN 68,22,78	22	เมตร
LOC.3	Loc.4	วิธีคำนวน 2	| 44 - 18|	26	26	เมตร
Loc.4	Loc.5	วิธีคำนวน 2	| 18 -12 |	6	6	เมตร
Loc.5	Loc.6	วิธีคำนวน 1	Min | 12-72 | + | 18-6 | + | 28-72 |, | 12− 32| + | 18-6| + |28− 32 |,| 12− 0| + | 12-32 | + | 28-0 |	MIN 92,36,20	20	เมตร
				ระยะทางรวม	102	เมตร

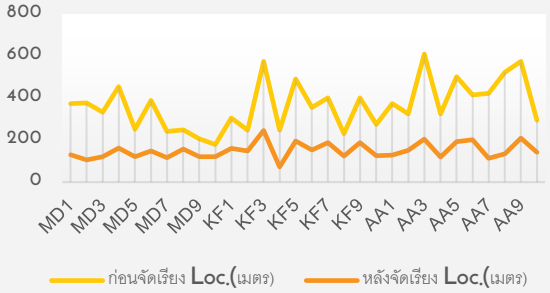
5.4 CONCLUSION สรุปผลและให้ข้อเสนอแนะ

ตัวอย่าง Picklist	ก่อนจัดเรียง Loc.(เมตร)	หลังจัดเรียง Loc.(เมตร)	ระยะทางลดลง (%)
MD1	375	130	65.42%
MD2	376	106	71.94%
MD3	333	122	63.46%
MD4	454	162	64.35%
MD5	252	122	51.82%
MD6	389	149	61.77%
MD7	242	116	51.82%
MD8	250	157	37.02%
MD9	206	121	41.28%
MD10	179	121	32.21%
KF1	306	160	47.64%
KF2	247	148	40.19%
KF3	575	246	57.20%
KF4	248	72	70.92%
KF5	491	196	60.15%
KF6	356	152	57.19%
KF7	401	188	53.19%
KF8	231	124	46.45%
KF9	401	188	53.19%
KF10	275	125	54.65%
AA1	375	128	65.74%
AA2	325	151	53.45%
AA3	610	204	66.51%
AA4	325	120	63.05%
AA5	502	193	61.56%
AA6	415	202	51.40%
AA7	423	114	73.04%
AA8	524	135	74.26%
AA9	575	210	63.47%
AA10	295	143	51.56%
เฉลี่ย ระยะทางลดลง			**56.86%**

- เฉลี่ยระยะทางเดินหยิบสินค้าจาก Pick sheet ตัวอย่างจริง30 รายการ พบว่า ระยะทาง<u>ลดลง 56%</u>

- Cost ลดลงเฉลี่ยโดยประมาณการ
  งาน 100% ใช้คน 14 คนงาน 3 Brand คิดเป็น 80%ของปริมาณงาน
  หมายความว่า ต้องใช้กาลังประมาณ 11 คน
  (จาก Distance ที่ ลดลง 56%) *(55% งานเกิดจากการเดิน)

- ลดงานลง 27.5 % * 11 คน = ลดคน3 คน
- Save Cost 39,000 บาท/เดือน หรือ 468,000 บาท/ปี



5.4 CONCLUSION สรุปผลและให้ข้อเสนอแนะ

- การเปรียบเทียบผลเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยาชัดเจนมากขึ้นอาจนา หลักการของ Simulationมาประยุกต์ในการวิเคราะห์ทั้งระบบ
- จากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่าระยะทางเดินลดลง จึงเห็นควรใช้หลักการการประยุกต์ใช้ตัวแบบสองระดับสาหรับการจัดกลุ่มและระบุตาแหน่งการวางสินค้าในการปรับปรุงผังคลังสินค้าแบบสินค้าที่มีความสัมพันธ์กับกลุ่มผลิตภัณฑ์ กับสินค้าทุกรายการ
- เลือกแบบ Random numerical example เพื่อเปรียบเทียบว่าให้ผลที่ดี
- เรียนรู้สร้าง simulation ในลาดับถัดไป
- ในการออกแบบสมการเชิงเส้นเพื่อแก้ปัญหาการจัดเรียงสินค้าอาจจะต้องคานึงข้อจากัดอื่นๆ เช่น น้าหนักของสินค้าในการจัดสินค้าขึ้นชั้น B เนื่องจากหากสินค้าที่หนักถูกจัดเรียงไว้ใช้ชั้นที่ตาแหน่งสูงกว่าอาจจะทาให้ไม่เออออานวยในการหยิบ หรือสินค้าค้าที่มีปริมาณการสั่งซื้อมากเป็นพิเศษต้องมีการคานวณจานวนการครั้งการการ Replenishment เพื่อallocation พื้นที่ forward picking area ให้เหมาะกับ สินค้าแต่ละ SKUs และทาการเพิ่มข้อจากัดของตัวแบบเพื่อนาไปแก้ปัญหาการจัดวางให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด

Thank you

Kanitta L.