

3. AMBAR TASARIMI VE İŞLETİMİ

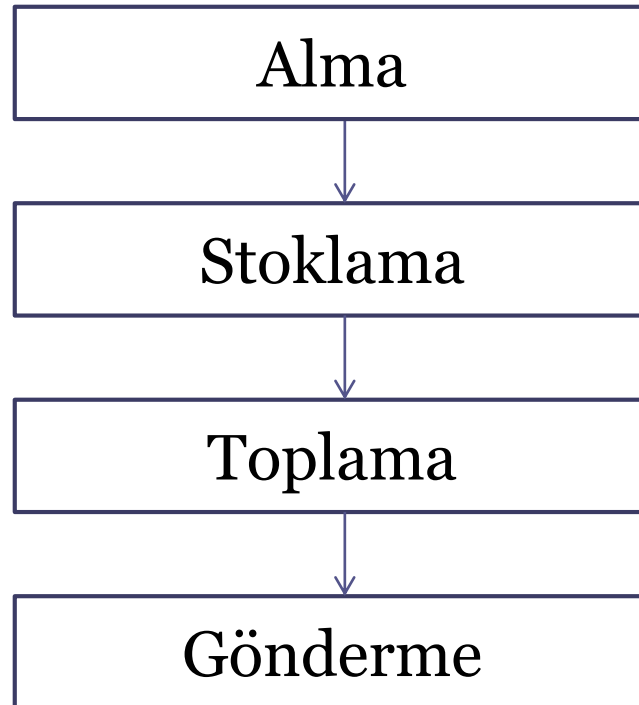
A series of horizontal lines of varying lengths and colors (teal, light blue, and white) extending from the right side of the title area across the middle of the slide.

Ambar tasarımı ve işletimi

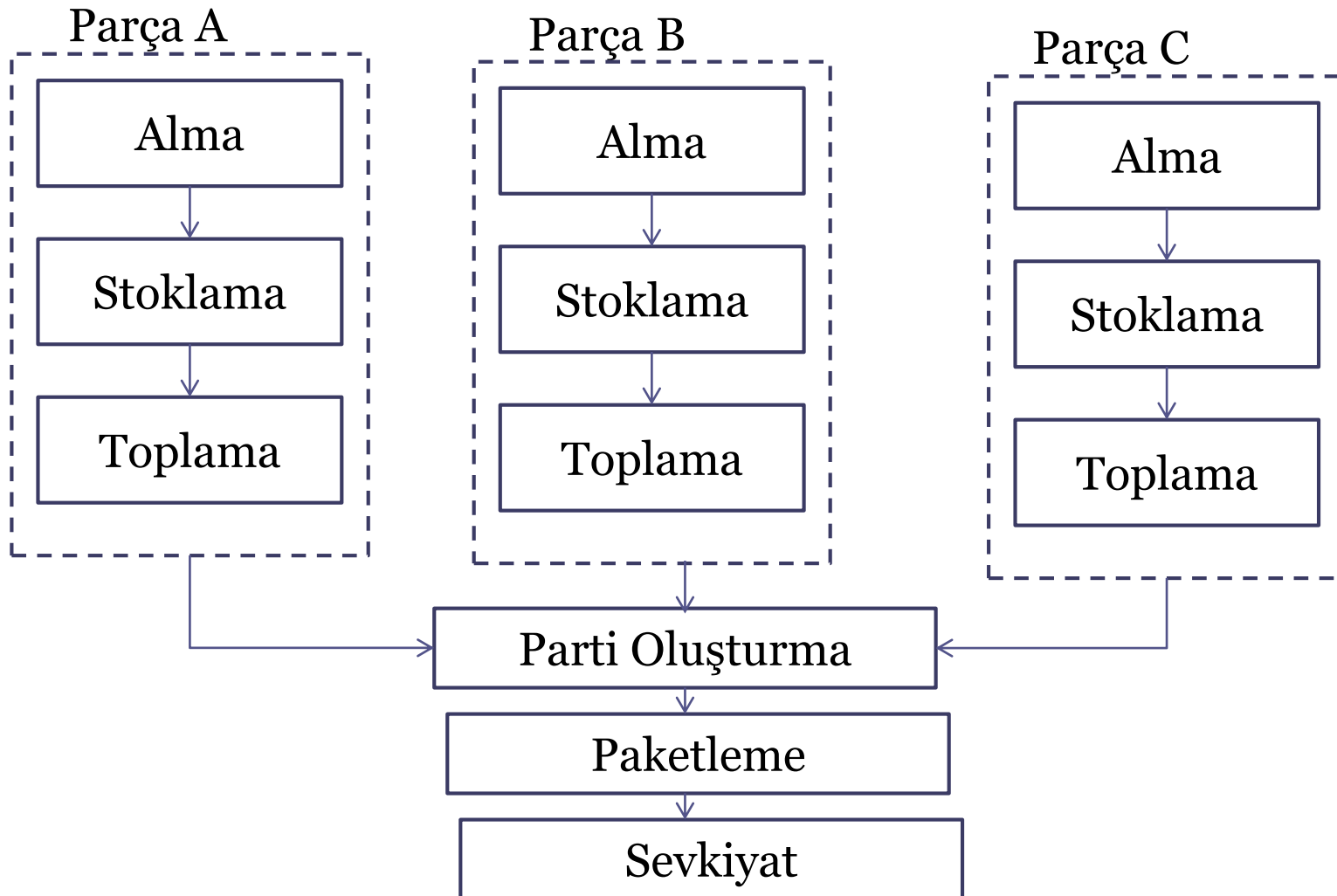
- Ambarlar
 - Stoklar için bir barınak sağlarlar
 - Sevkiyatların elleçlenmesine (yükleme/boşaltma, ayırma/birleştirme) olanak tanırırlar
- Elleçlemenin karmaşıklığı giren ve çıkan sevkiyatların karmaşıklığına bağlıdır

Parçaların ambardaki akışı (CDC)

Parça A



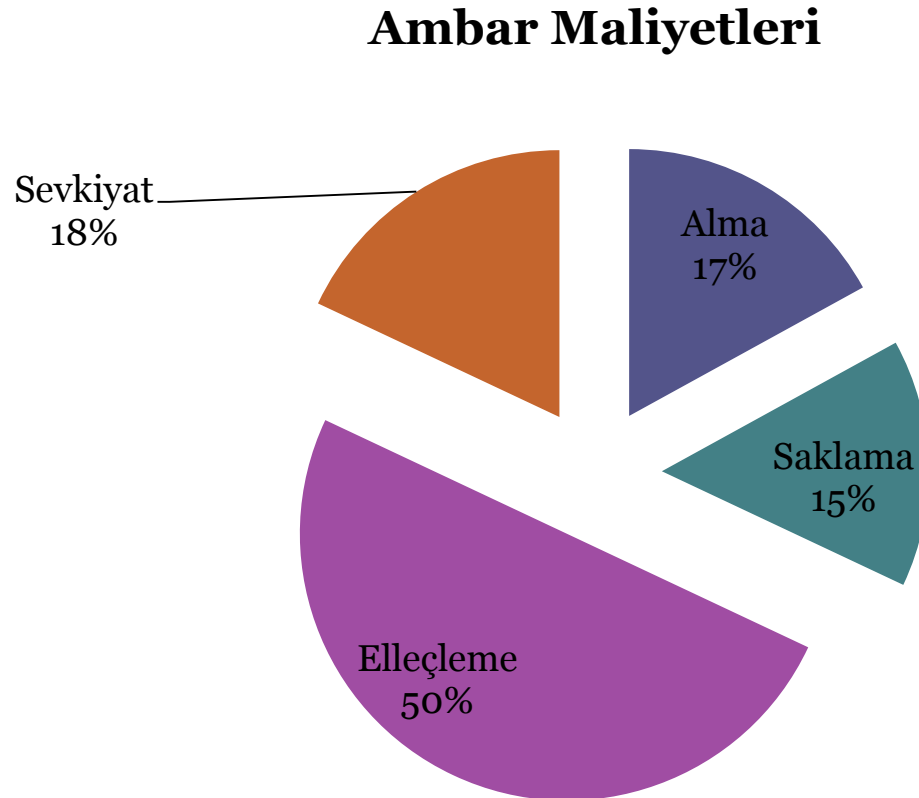
Parçaların ambardaki akışı (RDC)



Ambarların mülkiyeti

1. Firmaya ait ambar (Company-owned warehouses)
2. Kamusal ambarlar (Public warehouses)
3. Kiralanmış (leased) ambarlar

Ambar maliyetleri



Maliyet yapısı

Bu maliyetler temelde stoklama ortamına, stoklama/çekme, taşıma teknolojisine ve politikalarına bağlıdır.

- Sevkiyat (shipping) ve almayı (receiving) otomatikleştirmek zordur ve işgücü yoğunurlar.
- Elleçleme temelde stoklama/çekme (storage/retrieval) de kullanılan teknolojiye bağlıdır.
 - Tam otomatik-tam manuel
 - Yarı otomatik sistemler

Dahili ambar yapısı ve operasyonları

Bir ambarın yapısı ve faaliyetleri bir takım konulara bağlıdır.

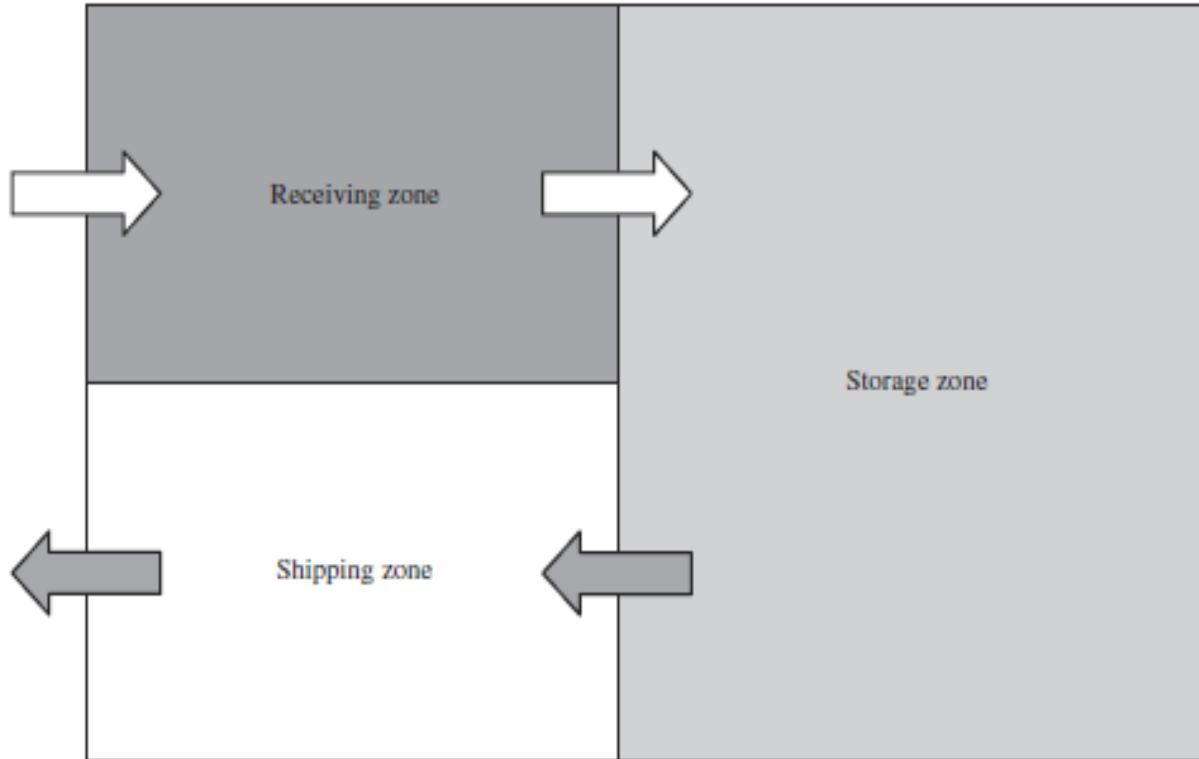
- Ürünlerin fiziksel özelliklerine
- Ürünlerin sayısına
- Ambar içinde ve dışında işlem gören miktarlara

Dahili ambar yapısı ve operasyonları

Tipik bir ambar

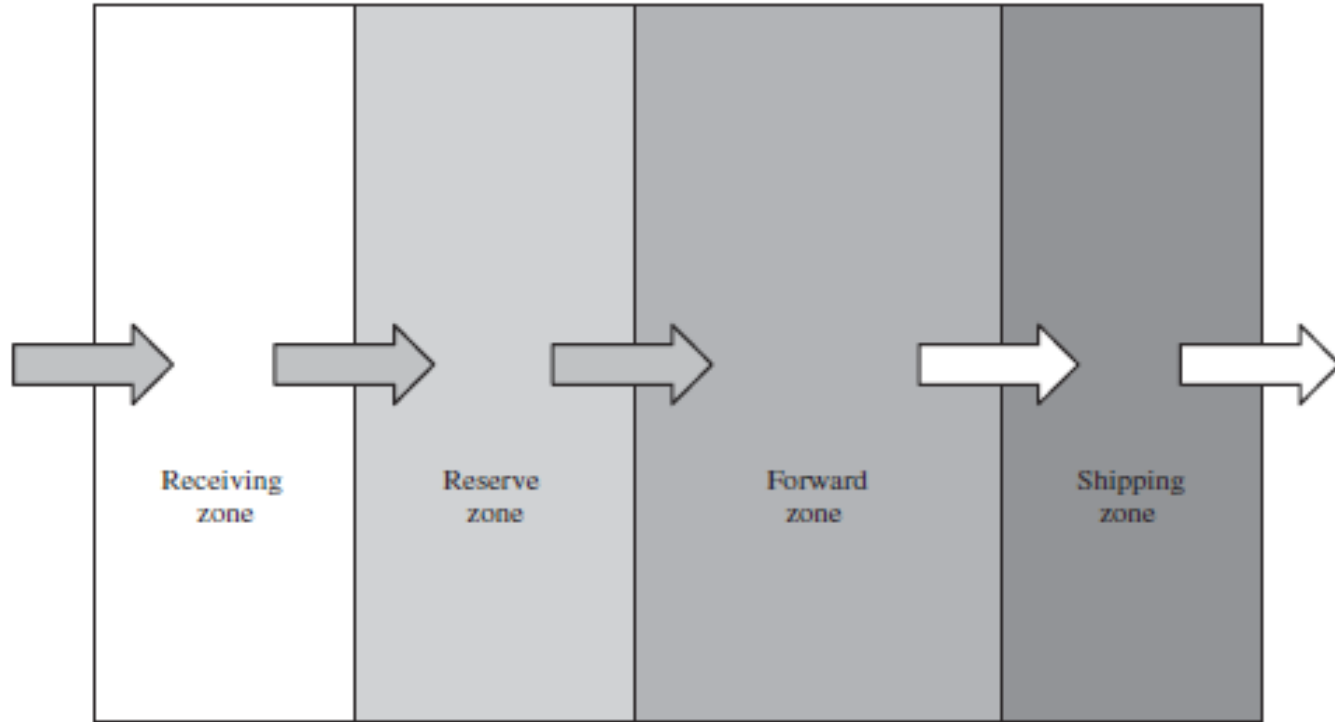
- bir ya da daha fazla alım alanı (her biri bir ya da daha fazla yanaşma platformuna sahip)
- stok tutma birimlerinin stoklandığı alan
- müşteri siparişlerinin biraraya getirildiği ve çıkan araçların yüklendiği bir ya da daha fazla sevkiyat alanından oluşur.

Tipik bir ambar



Tek bir alma ve tek bir sevkiyat alanı içeren ambar

Tipik bir ambar



Rezerv ve ön stok alanları içeren bir ambar

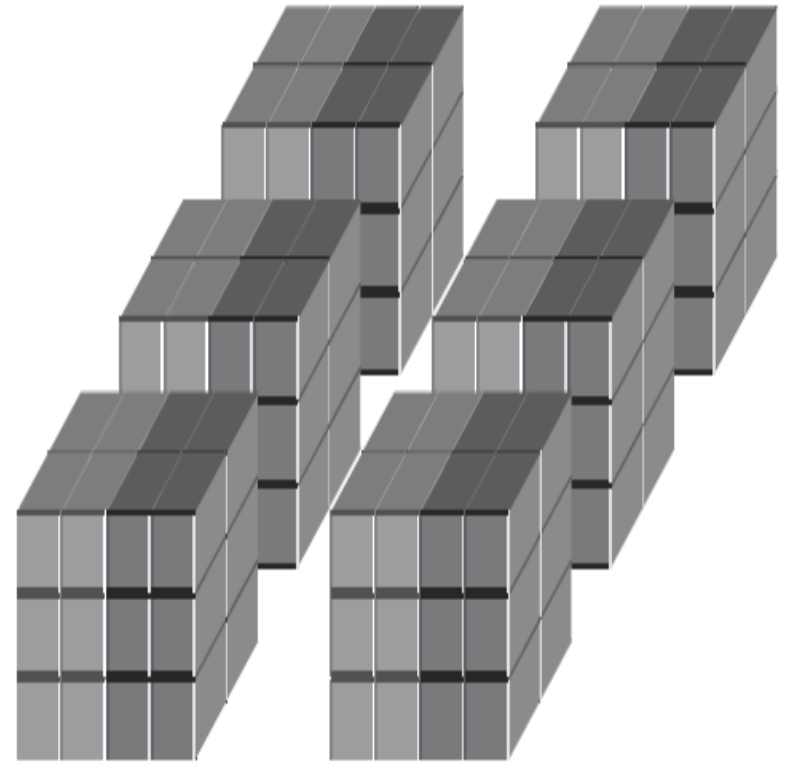
Stoklama (Saklama) Ortamı

Stoklama ortamının seçimi büyük ölçüde stoktaki malların fiziksel özelliklerinden ve her bir ürünün bir müşteri siparişindeki ortalama parça sayısından etkilenir.

- Yığınlar (stacks)
- Raflar (racks)
- Gözler (çekmeceler-drawers)

Yığınlar

- Ürünler karton kutular veya paletler halinde saklanır, koridorlar 3,5-4 m genişliğindedir.
- Yığınlar bir sermaye yatırımı gerektirmez ve düşük talepli ürünleri özellikle rezerv alanında saklamak için uygundur.



Raflar

- Ürünler, paletler ve kutular halinde koridorlarla ayrılmış metalik raflarda saklanır.
- SKU'lar forkliftlerle taşındığında raflar 5-6 m. yüksekliğinde ve koridorlar yaklaşık 3,5 m. genişliğinde olur.
- AS/RS'ler kullanılırsa raflar 10-12 m. yüksekliğinde ve koridorlar genellikle 1,5 m. genişliğinde olur.
- Sermaye yatırımı gerektirir.



Gözler (Çekmeceler)

- Küçük parçalar (küçük metalik parçalar) için uygundur.
- Sabit ya da dönen gözlerde tutulurlar.



Stoklama/çekme hareket mekanizmaları ve politikaları

Stoklama/çekme mekanizmaları

- Toplayıcı Ürüne Sistemler (Picker to Product Systems)
 - İnsanlı AS/RS'ler (Person aboard AS/RS)
 - Yürü/sür ve topla sistemleri (walk/ride and pick systems)
- Ürün Toplayıcıya Sistemler (Product to Picker Systems)
 - AS/RS'ler

Stoklama/çekme hareket mekanizmaları ve politikaları

Stoklama/çekme politikaları

- Birim yük çekme sistemleri
 - Tek çevrim (Single cycle)
 - Çift çevrim (Dual cycle)
- Çoklu yük çekme sistemleri
 - Tam sipariş toplama (Strict order picking)
 - Parti toplama (Batch picking)

Karar Destek Yöntemleri

- Ambarlar, kaynakların müşteri siparişlerini karşılamak üzere gerçek zamanlı atanması gerektiği, dinamik ortamlardır.
- Siparişler, tam olarak önceden bilinemediğinden, tasarım ve operasyonel kararlar belirsizlikten etkilenirler.
- Stokastik programlar ve karmaşık kuyruk modellerinin çözümü zordur.
- Bu nedenle, genellikle, makul alternatiflerden belli bir sayıda seçilir ve simülasyonla değerlendirilir.
- Burada, makul alternatiflerin nasıl bulunabileceğine odaklanacağız.

Ambar tasarımı (Stratejik tasarım kararları)

- Stoklama ortamının seçilmesi
- Stoklama/çekme sisteminin seçilmesi
- Ambar içinde farklı bölümlerin yerleştirilmesi ve boyutlandırılması (alma, sevkiyat, stoklama bölümleri)
- Bina iskeletinin uzunluğu, genişliği ve yüksekliğinin belirlenmesi

Alma/sevkiyat alt sistemlerinin büyüklüğünün belirlenmesi (boyutlandırılması)

- Kamyon yanaşma platformlarının sayısının belirlenmesi
- Basit bir tahmin $\Rightarrow n_D = \left\lceil \frac{d \cdot t}{q \cdot T} \right\rceil$
 - $n_D \rightarrow$ kamyon yanaşma platformu sayısı
 - $d \rightarrow$ ortalama günlük talep
 - $q \rightarrow$ kamyon kapasitesi
 - $t \rightarrow$ bir kamyonu yüklemek/boşaltmak için gereken ortalama zaman
 - $T \rightarrow$ günlük çalışma zamanı

Örnek

Sintong, elektronik aletlerin üretiminde uzmanlaşmış üçüncü parti bir Malezya firmasıdır. Kuching'de yeni bir ambar açmışlardır. Bu ambar, ortalama günlük talebi (d) 27000 br olan dijital uydu alıcıları stoklamak için kullanılmaktadır. Çıkan sevkiyatlar 850 kutu kapasiteye sahip kamyonlarla yapılmaktadır. Bir kamyonu yüklemenin ortalama zamanı (t) 280 dk'dır ve her gün 15 saat çalışılmaktadır. Ambarın kaç tane kamyon yanaşma platformuna ihtiyacı (n_D) olduğunu bulun.

$$n_D = \left\lceil \frac{27000 \times 280}{850 \times 900} \right\rceil = [9,88] = 10.$$

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının kapasitesinin belirlenmesi

- Stoklama alanının kapasitesi pik periyotlardaki taleplere yetebilecek kadar büyük olmalıdır.
- Diğer taraftan, stoklama alanı büyüklüğü firmanın gerçek ihtiyaçlarını aşarsa, stoklama/çekme zamanları gereksizce büyük olur.
- Bu üretilen işi azaltır, malzeme taşıma maliyetlerini arttırır.
- Stoklama alanının kapasitesi (büyüklüğü) kullanılan stoklama politikasına bağlıdır.

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının kapasitesinin belirlenmesi

1. Adanmış stoklama politikası (dedicated storage policy)
 - Her ürün daha önceden kendine ayrılmış yere yerleştirilir.
 - Uygulaması kolaydır, stokların izlenmesi kolaydır.
 - Stoklama alanının kapasitesinin altında kullanılmasına yol açar.
 - Bu politikada gerekli yer (m_D), her ürünün zaman içindeki maksimum stok miktarlarının toplamıdır.

$n \rightarrow$ ürün sayısı

$I_j(t) \rightarrow j$ ürününün t zamanındaki stok seviyesi

$$m_d = \sum_{j=1}^n \max_t I_j(t)$$

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının kapasitesinin belirlenmesi

2. Rassal stoklama politikası (random storage policy)

- Rassal stoklama politikasında, parçaların stok yerlerine tahsisi mevcut ambar kullanımına ve talep tahminlerine göre dinamik olarak yapılır.
- Bir ürüne zaman içinde tahsis edilen yerler değişkendir.
- Daha iyi bir stoklama alanı kullanımı sağlar.
- Fakat her parçanın bir bar kod ya da benzeri bir teknikle otomatik olarak tanımlanmasını ve bir veri tabanıyla izlenmesini gerektirir.

$$m_r = \max_t \sum_{j=1}^n I_j(t) ; \text{ Doğal olarak } m_r \leq m_d \text{ dir.}$$

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının kapasitesinin belirlenmesi

3. Sınıf tabanlı stoklama politikası (Class-based storage policy)
 - Sınıf tabanlı stoklama politikasında, ürünler taleplerine göre kategorilere ayrılırlar ve her kategori ürünlerin rassal stoklama politikasıyla stoklandığı bir bölge kümesiyle ilişkilidir.
 - Sınıf tabanlı stoklama politikası, eğer kategori sayısı ürün sayısına eşitse adanmış stoklama politikasına, eğer tek bir kategori varsa rassal stoklama politikasına denktir.

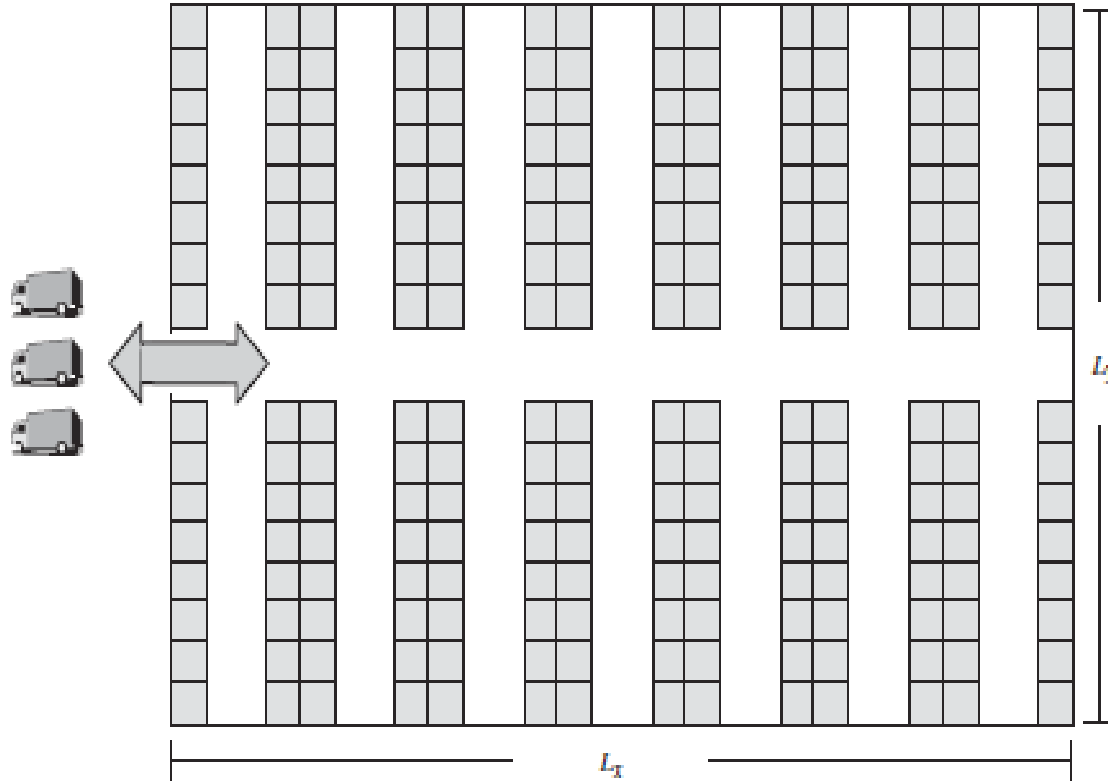
Örnek

Ürün	$I_j(1)$	$I_j(2)$	$I_j(3)$	$I_j(4)$	$I_j(5)$	$I_j(6)$
1	100	90	80	70	60	50
2	40	30	20	60	50	40

$$m_d = \max\{100, 90, 80, 70, 60, 50\} + \max\{40, 30, 20, 60, 50, 40\} \\ = 160$$

$$m_r = \{100 + 40, 90 + 30, 80 + 20, 70 + 60, 60 + 50, 50 \\ + 40\} = 140$$

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi



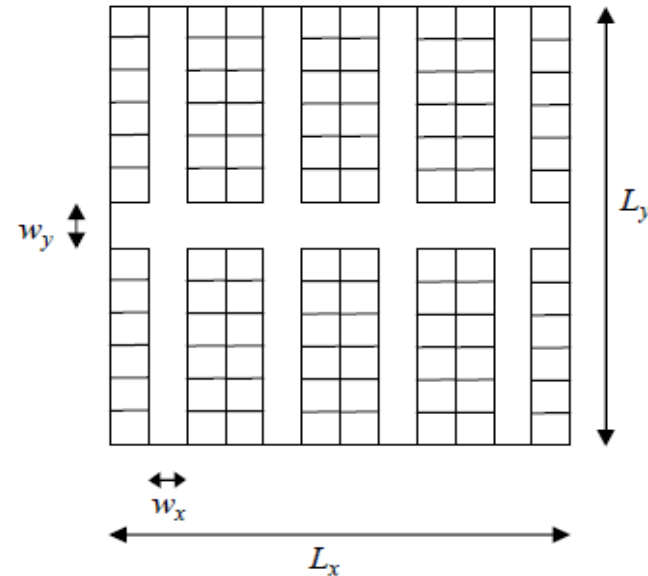
Geleneksel stoklama alanı

Stoklama alt sisteminin büyüklüğünün belirlenmesi-Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

- Raf/istif/çekmecelerin yüksekliği stoklama teknolojisi ile belirlenir. Bu yüzden, boyutlandırma kararı uzunluk ve genişliğin hesaplanmasına karşılık gelir.

Tipik bir stoklama alanı yerleşimi

$\square$ a_y → bir palet için yer ihtiyacı
 a_x



Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

$m \rightarrow$ gereken stoklama yeri sayısı

$\alpha_x, \alpha_y \rightarrow$ birim yükün (palet ya da kutu) x ve y eksenleri boyunca kapladığı yer (uzunluk)

$W_x, W_y \rightarrow$ yan ve merkezi koridorların genişliği

$n_z \rightarrow$ z-doğrultusunda stoklama teknolojisinin izin verdiği stoklama yeri sayısı

$n_x \rightarrow$ x-doğrultusu boyunca stoklama yeri sayısı

$n_y \rightarrow$ y-doğrultusu boyunca stoklama yeri sayısı

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

Stok alanının x eksenine doğrultusundaki uzantısını veren L_x aşağıdaki formülle bulunabilir:

$$L_x = \left(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x \right) n_x$$

Basitlik için n_x 'in çift sayı olduğu varsayılır. Benzer olarak, L_y uzantısı

$$L_y = \alpha_y n_y + W_y \quad \text{ile hesaplanır.}$$

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

Varsayımlar:

1. Her bir stoklama noktasının erişilme olasılığı eşittir.
2. Her bir operasyon tek bir yükün stoklanması ya da çekilmesini içerir (Her sipariş tek bir stoklama noktası ile ilgilidir ve tek çevrim (single cycle) modunda gerçekleştirilir).

Bu durumda, bir sipariş toplayıcının ortalama seyahat mesafesi

$$2 \left(\frac{L_x}{2} + \frac{L_y}{4} \right) = L_x + \frac{L_y}{2} \quad \text{dir.}$$

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

Dolayısıyla, stoklama alanını boyutlandırma problemi aşağıdaki gibi formüle edilebilir.

$$\text{Minimize } \left(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x \right) n_x + \frac{\alpha_y n_y + W_y}{2} \quad (1)$$

Subject to

$$n_x \cdot n_y \cdot n_z \geq m \quad (2)$$

$$n_x, n_y \geq 0, \text{integer} \quad (3)$$

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

Problem (1)-(3), n_x ve n_y değişkenleri üzerindeki tamsayılık kısıtlarını gevşeterek kolayca çözülebilir. Bu durumda, eşitsizlik (2) bir eşitlik olarak sağlanır.

$$n_x = \frac{m}{n_y \cdot n_z} \quad (4)$$

Böylece, yerine eşitlik (4) yazılarak, n_x gevşetilmiş problemden yok edilir.

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

$$\text{Minimize } \left(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x \right) \frac{m}{n_y \cdot n_z} + \frac{\alpha_y n_y + W_y}{2} \quad (5)$$

$$\text{Subject to } n_y \geq 0$$

Bu amaç fonksiyonu konvekstir ve ifadeyi en küçükleyen n_y^* aşağıdaki gibi n_y 'ye göre türev alınarak bulunur.

$$\frac{\partial}{\partial(n_y)} \left(\left(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x \right) \frac{m}{n_y n_z} + \frac{\alpha_y n_y + W_y}{2} \right) \bigg|_{n_y=n_y^*} = 0$$

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

$$n_y^* = \sqrt{\frac{2m(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x)}{\alpha_y n_z}} \quad (6)$$

Son olarak, (4) no'lu eşitlikteki n_y , (6) no'lu eşitlikten bulunan n_y^* ile değiştirilirse

$$n_x^* = \sqrt{\frac{m\alpha_y}{2n_z(\alpha_x + \frac{1}{2}W_x)}} \quad (7)$$

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi

Sonuçta, uygun bir $(\bar{n}_x, \bar{n}_y)$ çözümü

$\bar{n}_x = \lfloor n_x^* \rfloor$ ve $\bar{n}_y = \lfloor n_y^* \rfloor$ olacak şekilde elde edilir.

Alternatif olarak, eşitsizlik (2) ($n_x \cdot n_y \cdot n_z \geq m$) sağlanıyorsa

$\bar{n}_x = \lfloor n_x^* \rfloor$ (ya da $\bar{n}_y = \lfloor n_y^* \rfloor$) alınarak daha iyi bir çözüm elde edilmesi mümkündür.

Stoklama alanının uzunluğunun, genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi-Örnek

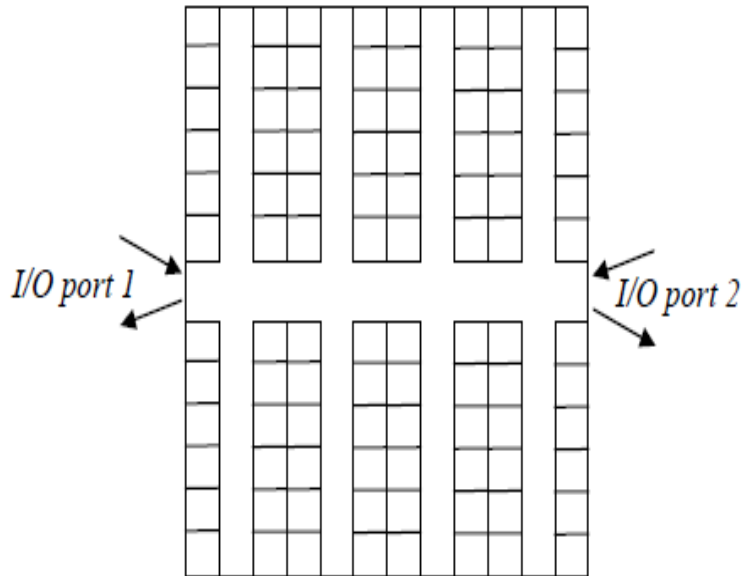
Wagner Bros, New South Wales'teki satış noktalarını tedarik etmek için Sidney yakınlarında yeni bir ambar kuracaktır. Yapılan ön analizler sonucu, yeni tesisin en az 780 90×90 cm² paleti depolayabilmesine karar verilmiştir. Mallar, rafların üzerinde ayrılmış bölmelerde stoklanacak ve geleneksel yük arabalarıyla taşınacaktır. Her raf üst üste 4 kattan oluşmakta ve her bölme tek bir palet stoklayabilmektedir. Her palet 1,05×1,05 m²'lik bir alan işgal etmektedir. Raflar geleneksel ambarlarda olduğu gibi düzenlenmiştir, yan koridorlar 3,5 m, ana koridor 4 m genişliğindedir. Kurulacak ambarın uzunluk ve genişliğini bulunuz (L_x, L_y).

Taktik Kararlar

Temel taktik karar ürünlerin stok lokasyonlarına atanmasıdır.

- Ürün atama (Product allocation)
 - Ürünlerin ambar içinde tahsisi, hızlı hareket eden ürünlerin toplam elleçleme maliyetini minimize etmek için I/O kapılarına yakın yerleştirilmesi esasına dayanır. Burada, adanmış stoklama politikası incelenmiştir.

Ürün atama



Varsayımlar

- Her ürünün stoklama noktası ihtiyacı biliniyor (maksimum stoğu),
- Ürünlerin sevkiyat için işlem gördüğü bir veya daha fazla I/O kapısı mevcut,
- Her ürün-I/O kapısı çifti için gereken taşıma operasyonu sayısı veriliyor,
- Her stoklama noktası-I/O kapısı çifti için taşıma uzaklığı veriliyor,
- Tüm stoklama noktaları eşit kullanım oranına sahip.
- Adanmış stok politikası kullanılıyor.

Ürün atama

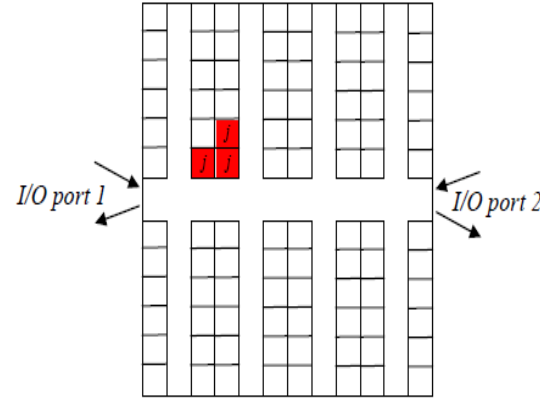
Atama problemi, mevcut m_d stoklama yerinin her birinin bir ürüne atanmasıdır.

- Notasyonlar

- $n \rightarrow$ ürün sayısı
- m_j ($j=1,2,\dots,n$) $\rightarrow$ j ürünü için ihtiyaç duyulan stoklama yeri sayısı (adanmış stok politikasında $\sum m_j \leq m_d$ ilişkisi tutmaktadır)
- $R \rightarrow$ ambardaki I/O kapısı sayısı
- P_{jr} ($j=1,\dots,n$, $r=1,\dots,R$) $\rightarrow$ dönem başına r no'lu I/O kapısı vasıtasıyla j ürünü üzerindeki ortalama taşıma işlem sayısı
- t_{rk} ($r=1,\dots,R$, $k=1,\dots,m_d$) $\rightarrow$ r no'lu I/O kapısından k stoklama yerine seyahat mesafesi (zamanı)
- c_{jk} ($j=1,\dots,n$, $k=1,\dots,m_d$) $\rightarrow$ j ürününü k stoklama noktasına atama maliyeti

Ürün atama

$$c_{jk} = \sum_{r=1}^R \frac{P_{jr}}{m_j} t_{rk}$$



Burada, P_{jr}/m_j , j ürünü üzerinde r no'lu I/O kapısı ve o ürün tipine atanmış herhangi bir stoklama yeri arasındaki dönem başına ortalama taşıma sayısını göstermektedir. Sonuç olarak, $(P_{jr}/m_j)t_{rk}$, eğer j ürününe atanmışsa k stoklama yerinin ortalama seyahat zamanıdır.

Karar değişkeni

$$X_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ stoklama yeri } j \text{ ürününe atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Ürün atama

Stoklama noktalarına optimal ürün ataması problemi aşağıdaki gibi modellenenebilir.

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{m_d} c_{jk} X_{jk} \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{k=1}^{m_d} X_{jk} = m_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{jk} \leq 1, \quad k = 1, \dots, m_d \quad (3)$$

$$X_{jk} \in \{0,1\}, \quad j = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m_d \quad (4)$$

Ürün atama

- Problem doğal tamsayılıkla karakterize edilir→ çözümü kolaydır!
- Eğer tek I/O kapısı varsa çözümü gereksizdir.
- Ürünler, azalan taşıma yoğunluğuna göre sıralanırlar. Daha yüksek yoğunluğa sahip olan ürünler doğal olarak kapıya yakın yerleştirilmelidirler.
- Stoklama noktaları, kapıya seyahat zamanları artacak şekilde sıralanırlar.
- Daha sonra, ürünler sırayla stoklama noktalarına atanırlar.

2 kapılı bir ambar için taktik karar örneği

Parça	Stoklama	Günlük stoklama ve çekme sayısı	
	lokasyonu sayısı	I/O Kapı 1	I/O Kapı 2
1	12	25	18
2	6	16	26
3	8	14	30
4	4	24	22
5	8	22	22

Parça	P_{j1}/m_j	P_{j2}/m_j
1	2,08	1,5
2	2,66	4,33
3	1,75	3,75
4	6	5,5
5	2,75	2,75

2 kapılı bir ambar için taktik karar örneği

Stoklama lokasyonu	Uzaklık 1 no'lu I/O kapısı	Uzaklık 1 no'lu I/O kapısı
1	2	22
2	4	20
3	6	18
4	8	16
5	10	14
.	.	.
.	.	.
.	.	.

Operasyonel Kararlar

Operasyonel kararlar, sipariş birleştirme (order assembly) ve stoklama/çekme planlamayı içerir. Siparişlerin rassallığı nedeniyle kararlar gerçek zamanlı verilmelidir. Bu kararlar, hangi teknolojilerin ve politikaların kullanıldığına bağlı olarak aşağıdaki faaliyetleri içerebilir.

1. Parti oluşturma (Batch formation)
2. Toplayıcı rotalama (Picker routing)
3. S/R makinası çizelgeleme (S/R machine scheduling)
4. Araç yükleme (Vehicle Loading)

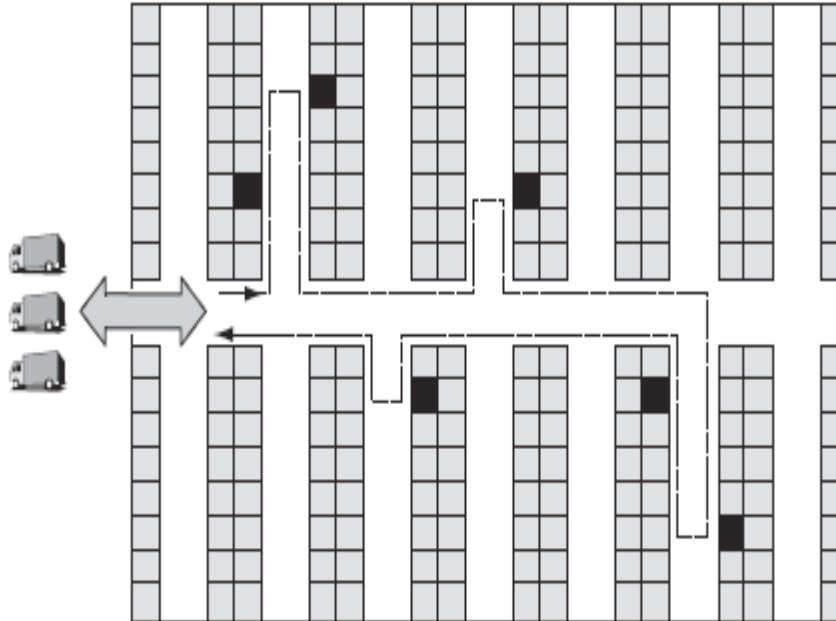
Sipariş toplayıcı rotalama

Bir yürü/sür ve topla sisteminde (walk/ride and pick system-W/RPS) toplayıcı rotalama önemli bir problemidir. Toplayıcı rotalama, araç rotalama problemleri olarak bilinen geniş bir kombinatoriyal optimizasyon problem kategorisinin bir sınıfıdır.

Klasik Gezgin Satıcı Probleminin çeşitlerinden biri olan yol gezgin satıcı problemi, grafin düğümlerinin bir alt setini içeren minimum maliyetli turun bulunması ile ilgilenir. NP-hard bir problemidir, fakat ambarlarda seyahat şebekesinin belirli özellikleri dolayısıyla polinomsal zamanda genellikle çözülebilir.

Sipariş toplayıcı rotalama

- Eğer her koridor sadece bir girişe sahipse, en kısa zamanlı rota, ilk önce yukarıdaki koridorlarda mevcut gerekli stoklama noktalarını, daha sonra da aşağı koridorlarda bulunan gerekli stoklama noktalarını ziyaret ederek elde edilir.



Sipariş toplayıcı rotalama

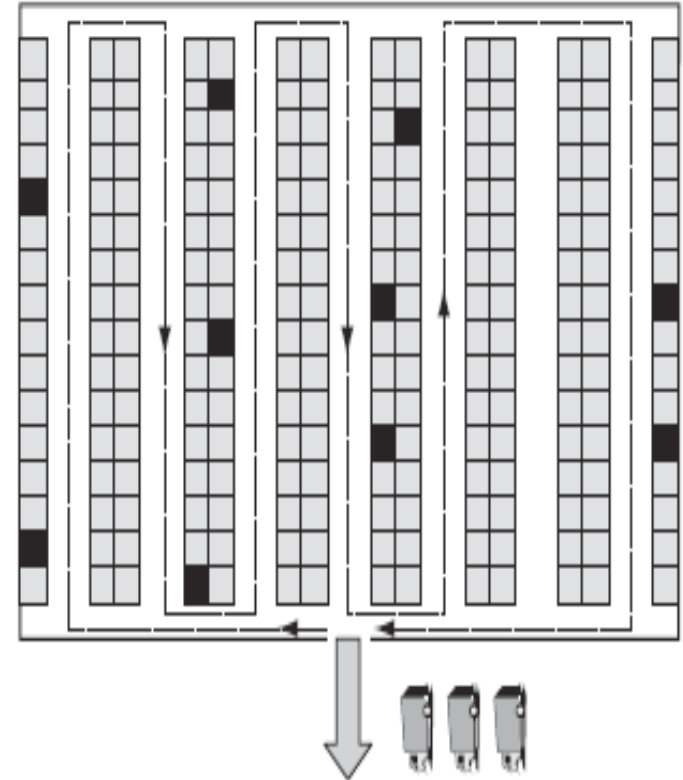
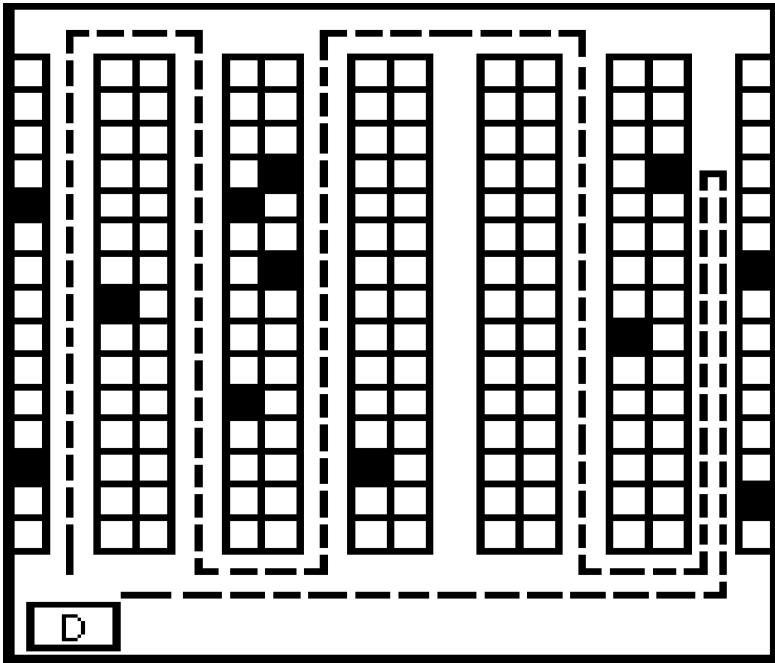
Ancak, özellikle yan koridorları kesen koridor sayısı arttıkça en iyi çözümü bulmak zorlaşmaktadır. Burada, ambar içi rotalamada iki basit sezgisel rotalama stratejisi incelenmiştir.

1. S-şekli rotalama stratejisi (S-shape heuristic)
2. En büyük aralık rotalama stratejisi (Largest gap heuristic)

S-şekli rotalama stratejisi

Bu strateji ile ziyaret edilen tüm koridorların tamamıyla geçildiği rotalar elde edilir. Toplanacak parçaların bulunmadığı koridorlar ise atlanır. Böylece, koridorlar S şekline sahip bir rota ile ziyaret edilir. Dolayısıyla toplayıcı, ambarın sol tarafından başlayarak, her koridora bir ucundan girer diğer ucundan terk eder. Sipariş toplayıcı, son parçayı da topladıktan sonra geriye dönerek koridorun ön ucundan çıkar. Bu strateji sıklıkla kullanılır, çünkü kullanımı ve anlaşılması kolaydır.

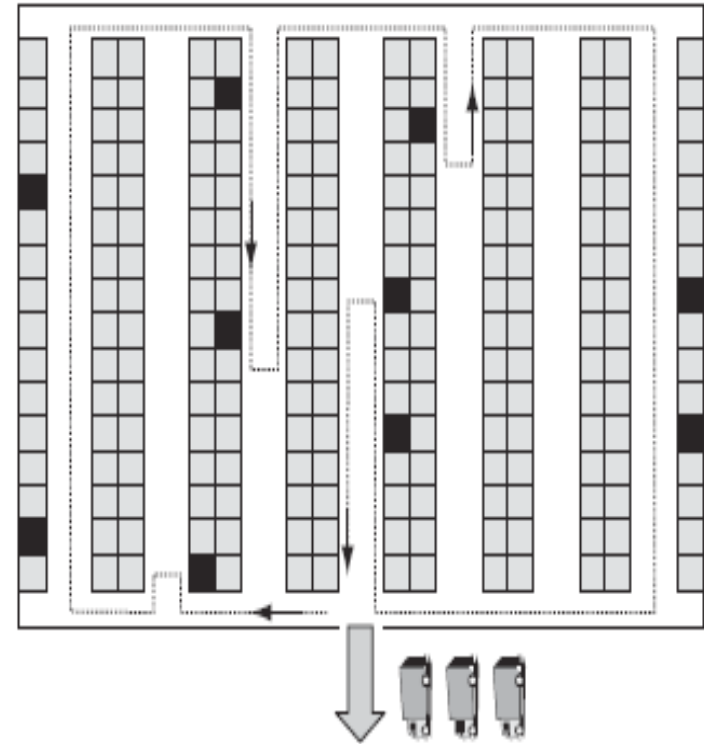
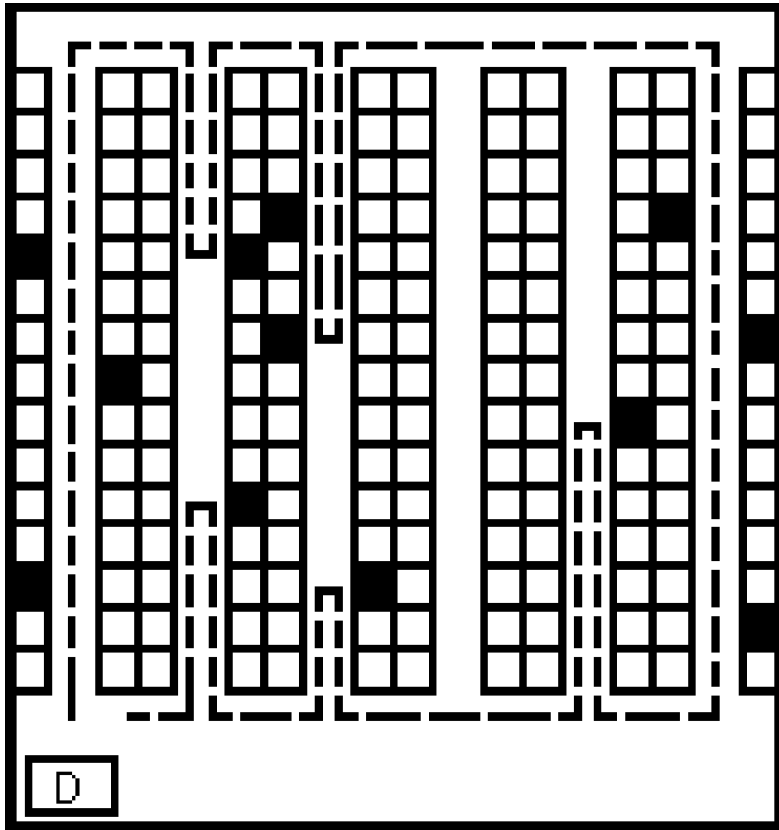
S-şekli rotalama stratejisi



En büyük aralık rotalama stratejisi

En büyük aralık stratejisinde toplayıcı bir koridora, koridordaki en büyük aralığa kadar girer. Aralık, iki ardışık toplanacak parça, ilk toplanacak parça ile ön koridor ya da son toplanacak parça ile arka koridor arasındaki uzaklıktır. En büyük aralık, koridorun, toplayıcı tarafından ziyaret edilmeyen kısmıdır. Eğer en büyük aralık, iki ardışık parça arasındaki uzaklıksa, toplayıcı koridorun iki ucundan da geriye dönerek bir rota gerçekleştirir. Aksi takdirde, ya ön ya da arka koridordan bir geri dönüş rotası kullanılır. Bu nedenle, bir koridordaki en büyük aralık koridorun toplayıcı tarafından geçilmeyen kısmıdır. Arka koridora, sadece ilk ya da son koridordan girilebilir.

En büyük aralık rotalama stratejisi



Araç Yükleme-(Kutu) Paketleme Problemleri

- Paketleme problemleri, ambarlarda gönderilecek sevkiyatlar hazırlanırken ortaya çıkar.
- Ürün özelliklerine ve nakliye şekline bağlı olarak, parçalar ya da kutular paletlerin üzerine konulmalı ya da konteynırlara yerleştirilmelidir. Paletler kamyonlara, konteynırlar gemiye ya da uçağa yerleştirilmelidir.
- Bütün bu problemler ortak bir matematiksel yapıya sahiptir, çünkü her durumda bir takım (küçük) nesneler bir (büyük) kutular kümesinin içine paketlenmelidir.
- Amaç, maliyeti minimize etmek, yani basitçe parçaları paketlemekte kullanılan kutu sayısını minimize etmektir.

Paketleme Problemleri-Sınıflandırma

Paketleme problemleri parçayı karakterize etmek için gerekli parametre sayısına göre sınıflandırılabilirler.

1. Tek boyutlu paketleme problemleri (1-BP)

- Genellikle, ağırlığın bağlayıcı olduğu yüksek yoğunluklu parçalarla ilgilenirken karşımıza çıkar.

2. İki boyutlu paketleme problemleri (2-BP)

- Genellikle, aynı yüksekliğe sahip parçaları bir palete yüklerken karşımıza çıkar.

3. Üç boyutlu paketleme problemleri (3-BP)

- Hacmin bağlayıcı olduğu düşük yoğunluklu parçalarla ilgilenirken ortaya çıkar.

Paketleme Problemleri-Sınıflandırma

- Paketleme problemleri çözümü zor problemlerdir. Çoğu zaman sezgiseller yardımıyla çözülürler. Paketleme problemleri, kullanılan sezgiseller bakımından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler.
- Off-line problemler
 - paketleme başlamadan önce yüklenecek parçaların tümü mevcuttur. Sezgisel performansını arttırmak için parçalar bir ön işleme tabi tutulabilir (örn: parçalar azalmayan ağırlıklara göre sıralanabilir).
- On-line problemler
 - Paketleme başladığında yüklenecek tüm parçalar mevcut değildir.

Tek boyutlu paketleme problemleri

Notasyon:

$m \rightarrow$ yüklenecek parça sayısı

$n \rightarrow$ mevcut kutu sayısı (ya da kutu sayısı için bir üst sınır)

p_i ($i=1, \dots, m$) $\rightarrow$ parçanın ağırlığı

q_j ($j=1, \dots, n$) $\rightarrow$ kutunun kapasitesi

Karar değişkenleri:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ parçası } j \text{ kutusuna atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & j \text{ kutusu kullanılmışsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Tek boyutlu paketleme problemleri

Formülasyon:

$$\text{Minimize } \sum_{j=1}^n y_j \quad (1)$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m p_i X_{ij} \leq q y_j, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n \quad y_j \in \{0,1\}, j = 1, \dots, n$$

Tek boyutlu paketleme problemleri

- Herhangi bir 1-BP uygun çözümünde, tüm kutular aynı kapasiteye sahipse, basit bir alt sınır aşağıdaki formülle elde edilebilir.

$$LB \left(\sum_{j=1}^n y_j \right) = \left\lceil \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{q} \right\rceil$$

- Eğer kutu başına düşen ortalama parça sayısı düşükse, bu alt sınır kötü olabilir. Bu alt sınır, ağırlığı $q_j/2$ den büyük olan, aynı kutuya konulamayacak parça çiftleri dikkate alınarak kolaylıkla iyileştirilebilir.
 - Örnek: $p_1=6, p_2=6, p_3=6, q=10 \rightarrow$ Burada 3 kutuya ihtiyacımız olduğu açıktır, ancak $LB(.)=2$ 'dir.

1-BP Online sezgiseller- First Fit (FF) Algoritması

Adım 0: S , parça listesi, V , mevcut kutular listesi ve T , kullanılan kutular listesi olsun. Başlangıçta T boştur.

Adım 1: S listesinin en başından i parçasını al ve p_i 'ye eşit veya daha büyük artık kapasiteye sahip ilk j kutusuna ($j \in T$) yerleştir. Eğer öyle bir kutu yoksa, V listesinin en başından yeni bir k kutusu al ve T listesinin sonuna ekle. i parçasını k kutusuna yerleştir.

Adım 2: $S = \emptyset$ ise DUR, tüm parçalar yüklenmiştir. T kullanılmış kutular, V kullanılmamış kutular listesidir. $S \neq \emptyset$ ise, adım 1'e dön.

1-BP Online sezgiseller- Best Fit (BF) Algoritması

Adım 0: S , parça listesi, V , mevcut kutular listesi ve T , kullanılan kutular listesi olsun. Başlangıçta T boştur.

Adım 1: S listesinin en başından i parçasını al ve p_i 'ye eşit veya daha büyük ve p_i 'ye daha yakın artık kapasiteye sahip $j \in T$ kutusuna yerleştir. Eğer öyle bir kutu yoksa, V listesinin en başından yeni bir k kutusu al ve T listesinin sonuna ekle. i parçasını k kutusuna yerleştir.

Adım 2: $S = \emptyset$ ise DUR, tüm parçalar yüklenmiştir. T kullanılmış kutular, V kullanılmamış kutular listesidir. $S \neq \emptyset$ ise, adım 1'e dön.

1-BP Off-line sezgiseller

- First fit decreasing (FFD) ve Best fit decreasing (BFD) algoritmaları
 - Sıralanmış atanmamış parçalar listesiyle başla (azalan parça ağırlıkları sırasıyla
 - Algoritmaların devamı FF ve BF algoritmalarıyla aynıdır.
- 2-boyutlu ve 3-boyutlu paketleme problemleri için sezgiseller, genellikle, 1-BP sezgisellerinin değiştirilmiş versiyonlarıdır.

Örnek

A firması, özellikleri aşağıda verilmiş 17 parçanın sevkiyatını planlamaktadır. Bu sevkiyatlar için, firma, kapasitesi 600 kg olan bir minibüs kullanabilmektedir.

Parça sayısı	Ağırlık (kg)
4	252
3	228
3	180
3	140
4	120