

# İŞLETME İÇİ YERLEŞTİRME YOLUYLA MALZEME AKIŞININ OPTİMUM KILINMASI

Werner KERN \*

Çevirenler: Zekâi YILMAZ \*\*

İlköz ALPTÜZÜN \*\*\*

## I. İŞLETME SÜRECİ DÜZENLEMESİNİN KONUSU OLARAK MEKAN

### 1. İş Bölümüne Dayanan Üretim Sonuçları Olarak Mekân Bağlantıları

Bilindiği gibi fonksiyonel iş bölümü veya ayrıntılı bir iş analizi, büyük bir görev demetinin bölünmesi amacını gütmekte olup, kısmi görevlerin çeşitli kişilere dağıtımını sağlar. Bu da görev demetinin tekrar mekân itibarıyla dağıtımına neden olur. Çoğunlukla faktör birleşimleri, alt sistemler veya nötr örgüt birimleri şeklindeki, değişik nitelikte işletme araçlarıyla donatılmış çeşitli işgücü ve iş yerleri, zorunlu olarak mekân içerisinde az veya çok birbirinden farklı uzaklıklarda yerleştirilirler. İşletmenin ana görevi dolayısıyla bu iş yerleri veya örgüt birimleri arasında fonksiyonel ilişkiler mevcuttur; zira bütün bu iş yerleri veya örgüt birimleri aynı proje için faaliyette bulunmak zorundadırlar. Fiziki malların üretimlerinde, bu ilişkiler, hammadde veya yarı mamulün henüz işlenmesini bitirmiş olan bir örgüt biriminden, az veya çok uzakta bulunan ilgili örgüt birimine takip eden iş safhasının yapılması için devredilmesinde görülmektedir.

Böyle çok safhalı bir üretim sürecinden geçen girdi malları şeklindeki hammadde ve bunlardan elde edilen yarı mamuller için aşağıda ana kavram anlamında kullanılacak olan daha geniş kapsamlı "malzeme" kavramına ihtiyacımız vardır. Aynı zamanda tüm yan sanayi ürünleri ve ayrıca enerji gibi üretim sürecinin idame ettirilmesine hizmet eden, ancak imâl edilecek mamule girmeyen maddeleri de bu kavram içerisinde ele alacağız. Mekân bağlantısı kuran hareketler, yani taşıma işlemleri ve buna bağlı olan — isteyerek veya istenmeyerek oluşan — depolama işlemleri bir bütün içerisinde *malzeme akışı* olarak nitelendirilebilir (bkz. VDI-Richtlinie 2411).

\* *Federal Almanya Köln Üniversitesi, İktisat ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Genel İşletme ve Sanayi İşletmeciliği Kürsüsü Başkanı Prof. Dr. Werner Kern'e bir konferans için hazırlanmış olan bu metnin yayın müsaadesi için teşekkür ederiz.*

\*\* *Doç. Dr. ; Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.*

\*\*\* *Ar. Gör. ; Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.*

Hangi türde olursa olsun malzeme hareketleri, prensip olarak malzeme diye nitelendirilebilen malların değerinde çok az dahi olsa bir değer artışı sağlamayan maliyetlere neden olurlar. *Malzeme akış maliyetleri* bütünüyle kaçınılmayan maliyetler olmakla beraber, bu tip maliyetlerin ilâve her kuruşunun işletmenin başarısını azalttığı bilinmektedir. Dolayısıyla her işletme bu maliyet kategorisindeki tasarruflara ciddi bir şekilde dikkat etmek zorundadır.

Malzeme akış masrafları azaltılabilir mi veya gerekirse etkilenebilir mi? Açıkcası bu masraflar taşınacak malların çeşidine, kullanılan taşıma aracının tür ve büyüklüğüne taşıma hızına, taşınacak mallara ve taşıma araçlarına bağlanan sermayeye olduğu gibi belli bir zaman içerisinde belli bir yolda taşınması gereken mal miktarına ve taşıma uzaklıklarına da bağlıdır.

Genel olarak bu maliyetlerin taşınacak miktar ve taşıma uzaklıklarıyla doğru orantılı bir eğilim gösterdikleri kabul edilmektedir. Dolayısıyla malzeme akış maliyetlerinin azaltılması için sözü edilen son iki faktör grubunun etkilenmesi mantikidir. İlk aşamada bu etkileme, taşıma yolunda taşınacak miktar ne kadar fazla ise, malzeme hareketlerinin gerçekleştiği yolların da o kadar kısaltılması suretiyle sağlanabilir.

Böylece problem, işletmede sevk eden ve teslim alan örgüt birimlerinin yukarıda sözü edilen amaca mümkün olan en iyi bir şekilde ulaşacak biçimde yerleştirilmesi görevi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle malzeme hareketlerinin optimum, diğer bir deyişle, bunların maliyetlerinin minimum kılınması, bütün ilgili faktör birleşimleri için maliyet açısından en uygun işletme içi konum yerlerini arama ve bulma problemi olarak tanımlanabilir. Ancak hemen belirtmek gerekir ki, böyle bir çözüm:

- aslında yalnızca iş planlaması ile ilişkili olan, konum yeri belirlenmesine temel teşkil eden ve kesin olarak ilgili üretim programında sonuçlanan malzeme hareketleri için geçerlidir,
- ve daima yapıcı özelliğe sahiptir; çünkü örgüt birimlerinin işletme ile ilgili konum yerlerinin her program değiştirilmesinde göreve uygun olarak nakledilmesinden ortaya çıkabilecek sorunlar dolayısıyla sorumluluğu kabul etmek pek de mümkün olmamaktadır. Zira işletme araçlarının taşınmazlığı veya konum yerlerinin sık sık değiştirilmesi ile birlikte ek taşınma sürelerinden ve üretime ara verilmesinden kaynaklanan zaman kaybı ve ek taşınma maliyetleri dolayısıyla devamlı olarak konum yerleri değiştirilmesi genellikle tartışma dışı bırakılmaktadır.

## 2. Malzeme Akış Unsurlarının Analizi

İşletme içi konum yeri kararlarının yapıcı özelliği, bu kararların uzun zaman süreleri için geçerli olmasından kaynaklanmaktadır. Söz konusu zaman süreleri için girişimci verdiği kararlara bağlı kalmak zorunluğunu duyar. Dolayısıyla işletme içi konum yeri kararlarının itinalı bir şekilde, düşünülerek verilmesi gerekir. Bu da önce problemin unsurlarının açık olarak tanınmasının zorunlu olduğu anlamına gelmektedir.

Yukarıda prensip olarak maddesel unsurlara çok kısa değindim. Bunlar konum yerleri, ulaşım yolları, taşıma araçları ve taşınacak mallardır.

Gerçek problemlerin incelenmesi halinde çeşitli şekilde söz konusu edilen *konum yerleri*, yalnızca durumları değil, ayrıca özellikleri açısından da ele alınacaktır. Konum yerinin önemli özellikleri arasında örneğin, konum yeri zemininin azami taşıma gücü veya alanı ve hacmi gibi nitelikler sayılabilir. Bu özellikler, örgüt birimlerinin belirli şekillerde (örneğin, ağır olan veya çok geniş yere ihtiyaç gösteren alet ve edavat ile donatılmış) yerleştirilmesinin daha başlangıçtan itibaren imkânsız olarak açıklanmak zorunda kalışına göre önem kazanmaktadır. Benzeri bir durum analizi mevcut ve henüz yapılacak *taşıma yolları* içinde gereklidir.

Kullanılacak taşıma araçları taşıma yollarıyla sıkı bir ilişkide bulunmaktadır ve bu ilişkiler farklı şekillerde görülürler. Bu münasebetle bir taraftan çok yönlü (üniversel) ve ihtisaslaşmış taşıma araçları ile, diğer taraftan taşıma yolundan bağımlı ve bağımsız taşıma araçları arasında yüzeysel bir ayırım yapılabilir. Nihayet *taşınacak mallar* da şekilleri açısından özellikle çok yönlü olarak görülürler. Taşınacak mallar arasında, yalnızca farklı birleşim şekilleri (sert, taneli, akıcı, gaz şeklinde), farklı ölçüler ve ağırlıklardaki malzemeler değil aynı zamanda personel (örneğin, madencilikte olduğu gibi) ve bilgiler de dahil edilmektedir. Bu nedenle taşınacak çeşitli mallarla ilgili olarak birbirinden bağımsız ve yanyana giden malzeme akışları ender değildir (Şekil 1.).

Maddesel unsurlar biçimsel (formal) unsur gruplarıyla tamamlanacaktır. Biçimsel unsurlar esas alınan örgüt birimleri arasındaki taşıma ilişkilerinin yapısını, zaman ve mekân çatısını ilgilendirir. Taşıma ilişkilerinin yapısı, aslında üretim programı tarafından belirlenir. Ancak, kimya sanayii örneğinde görüldüğü gibi belirli mamullerde yapı, kullanılan teknoloji, yani süreç tarafından belirlenir. Aşağıdaki açıklamalar için yapının veri olarak ele alınması yeterli olabilir. Benim buradaki incelemelerim çerçevesinde yapı ayrı bir düzenlemenin konusu olmayacaktır. Aslında bütünüyle böyle bir incelemenin yapılması mümkündür. Böylece aşağıdaki incelemeler için ilk aşamada taşıma ilişkilerinin yapısının sayısal olarak tasviri yeterlidir. Yapının sayısal tasviri, amaca uygun bir şekilde kuadratik yoğunluk matrisi ile hesaplanabilir. Bu matrisde (M), i ve j örgüt birimleri arasında zaman birimi başına bir örgüt biriminden diğerine taşınacak olan miktarlar  $m_{ij}$  sembolü ile gösterilmektedir (Şekil 4).

$$M = \{m_{ij}\} \quad i, j = 1, 2, \dots, j$$

İkinci biçimsel unsuru malzeme akışının düzenlenmesi anlamındaki taşıma ilişkilerinin *zaman çatısı* oluşturur. Zaman çatısı, birbirini izleyen ve zamanla sınırlandırılmış olan verileri ilgilendirmektedir. Bu verilere göre taşınacak olan malların her malzeme istasyonuna veya örgüt birimine ulaştırılması gerekir. Bu arada taşıma sırası ve ritmi ile ilgili sorunlar da karşımıza çıkmaktadır. Optimum konum yerlerinin bulunabilmesi için bu biçimsel malzeme akış unsurları genellikle aynı şekilde değişmez olarak kabul edilmektedir. Ancak, bu biçimsel malzeme akış unsuru söz konusu yapıyı yukarıda değinilen yoğunluk matrisi ile belirler. Bu belirleme ise, matrisin zaman süreci içerisinde (örneğin, gün esnasında) nispeten kısa gözlem zaman aralıklarında değiştiği ölçüde gerçekleşir.

İncelemelerimiz için düzenleme konusu olarak geriye böylece *mekân çatısı* kalmaktadır. Mekân çatısı bir örgüt biriminden hareket eden ve diğerine giden veya

bunların her ikisi arasında bulunan malzeme akışlarının istikamet ve uzaklıklarıyla şekillenir. Mekân çatısının bu iki unsuru işletme içi konum yerlerinin belirlenmesinde değişken olarak ele alınacaktır ve aşağıdaki incelemelerimizin konusunu oluşturacaktır.

### 3. Karar Alanının Analizi

Malzeme akışının maddesel ve biçimsel unsurlarının ortaya konulmasından sonra problemin derinlemesine ele alınabilmesi için her problem çözümünde temel teşkil eden *serbestlik derecesi* analizine ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece karar alanı sınırlandırılabilir.

Burada mekânın *mümkün olan ön yapısının belirlenmesinden* hiç de önemsiz olmayan farklılıklar ortaya çıkmaktadır. İşgal edilecek mekân her türlü ön yapı belirlemelerinden yoksun olabilir. Bu durumda, yerlerin diğer örgüt birimleri tarafından işgal edilmemesi veya plânlanan bir örgüt biriminin yer ihtiyacının belirli bir konum yeri tarafından karşılanmaması halinde, örgüt birimlerinin yerleştirilmeleri, verilmiş olan alanda veya bina içerisinde herhangi bir yerde olabilir.

Genellikle işletme iktisadında konum yeri teorileri ile ilgili analizlerde son olarak söz konusu edilen sınırlamalar, teknik gerekler dolayısıyla ortaya çıkan diğer sınırlamalarda olduğu gibi dikkate alınmamaktadır. Bunlar arasında yukarıda söz konusu edilen zemin taşıma güçleri, fakat aynı zamanda mevcut ulaşım bağlantıları (yollar, şehir kapıları, geçitler) ve güvenlik kurallarına uyma (örneğin, tehlike kaynaklarının mekân itibarıyla tecrit edilmesi) sayılabilir. Yukarıda açıklanan durumun alternatifi olarak da planlamaya dahil edilen mekânın yapısının önceden belirlendiğini varsayalım. Böyle bir durum, konum yerlerinin veri ulaşım ağı içinde yer alan ulaşım yolları veya yalnızca mekân içinde bulunan noktalar yanında seçilmesi halinde ortaya çıkar. Buna bağlı olarak karar alanı:

- Sürekli alanlarda,
  - . direkt bağlantı yollarıyla (örneğin, hava yolu),
  - . kesişen ulaşım yollarıyla (Karayolu sistemi).
- Sürekli yollar boyunca,
- Belli noktalar yakınında,

örgüt birimlerinin yerleştirilmesiyle oluşur.

Problem yapılarındaki diğer bir ayırım da, yerleştirilecek olan *örgüt birimlerinin sayısının* mevcut yerleştirme düzeninin dikkate alınmasıyla ortaya çıkar. En basit durum, karşılıklı bilgi alışverişinde bulunan diğer tüm örgüt birimlerinin konum yerlerinin sabit olduğu mekân içerisinde tek tek her objenin yerleştirilmesidir (basit yerleştirme problemi). Tersinin söz konusu olduğu hallerde ise, bu tür bağlantılar mevcut değildir; böyle durumlarda tüm örgüt birimleri mekân itibarıyla sabit olmayıp bunların alan veya mekân içerisinde dağıtım sorunu önem kazanmaktadır (dağıtım problemi). Veri bir konum yeri sisteminde çeşitli örgüt birimlerinin yerleştirilmeleri yukarıda sayılan her iki temel tipin karışım şekli olarak görülebilir. Az önce ortaya konulan duruma ilave olarak, taşıma bağlantılarının türünün (örgüt birimlerinin bağlantıları) — basitleştirme amacıyla — dikkate alınmayan veya aksine karar hesabının bir kısmını oluşturan düşüncelere de yer verelim.

Aslında son olarak ele alınan durumda farklılaştırılmış taşıma araçlarının eşanlı kullanılması görüşünün de hesaba katılması gerekmektedir. Neticede iki model için ayırım yapılabilir: Birinci halde, kasnak kayışları ve asma yol teçhizatlarıyla bağlantılı olan raysız koridor taşıyıcıları örneğinde olduğu gibi taşınacak her tür mala özgü çok aşamalı taşıma şartları ele alınabilir. İkinci — ve daha basit — halde bütün taşınacak mallar için mütecanis bir taşıma sisteminin varlığı tasarlanabilir. Ayrıca çeşitli taşıma sistemleri arasında alternatifler de düşünülebilir. Şimdiye kadar, ilk söylenilen gibi oldukça iddialı problem yapısını sahip olan bir karar modelini henüz tanımadım. Bu nedenle benim aşağıdaki incelemelerim sadece global taşıma ilişkilerini içerecektir; diğer bir deyişle alternatifler hesaba katılmayacaktır.

## II. İŞLETME İÇİ KONUM YERLERİNİN OPTİMUM KILINMASI

### 1. Konum Yerlerinin Yöneylem Modelleri ile Planlanması

İşletme içi konum yerlerinin planlamasında uygulamada uzun zamandan beri — çoğu kez kendi içinde de çelişkilerle dolu — çok sayıda prensip kullanılmaktadır. Bunlardan birkaçını aşağıda yalnızca örnek olarak saymakla yetineceğim:

- En kısa ulaşım yolu prensibi,
- Doğal meyilden yararlanma prensibi,
- Ulaşım yoğunluğu fazla olan bölümlerin merkezi bir şekilde yerleştirilmesi prensibi,
- Birbirine ait olan işletme kısımlarının mekân açısından birarada toplanması prensibi,
- Genişletme imkânları için mekân serbestliği prensibi,
- Tehlike kaynaklarından mekân itibarıyla tecrit edilme prensibi.

Ancak bu prensiplerin kararlı bir şekilde izlenmesi karmaşık problemlerde ve hatta yalnızca denemeye çalışmak bile konum yerinin yaklaşık olarak optimum bir şekilde belirlemesi için pek yeterli olmamaktadır.

*Manuel Layout — Planlamasının pratik yöntemlerinin kullanılması başarı vaat etmektedir. Bunlar arasında üçgen yöntemi olarak bilinen yöntem ve daire yöntemi, ayrıca köşegen yöntem, spiral yöntem, sistematik Layout planlaması ve fiziki modellerle deneme yöntemi sayılabilir. Ancak bütün yöntemler — çoğu kez amaç izlemelerinin istikrarsız oluşu dışında — en iyi halde dahi alternatiflerin yalnızca küçük bir kısmının kontrolü için yeterli olmaktadır.*

Ancak, gerçek karar verme hallerinde ve özellikle yeni planlamalarda muhtemel çözümlerin sayısı o derece fazladır ki, bunlardan yalnızca sistematik ve amaca yönelik olanlarının seçilmeleri konum yeri planlamasında gerçek veya en azından tatmin edici optimum kılma başarısını sağlamayı vaadedebilirler. Yukardaki hareket tarzının yöntemleri — somut problemlerden bağımsız olarak — yöneylem (Operations-Research) yöntemleridir. Bu teknikler, gerçek problemleri matematik (veya istatistik) modellerde kantitatif unsurları itibarıyla mümkün olduğunca tasvir eden özellikler göstermektedirler. Böyle bir model, daha sonra uygun logaritma yardımıyla — çoğunlukla bilgisayar kullanılmasıyla — verilmiş amaca yönelik olarak çözülmek zorundadır. Sonuç, optimum veya büyük ölçüde optimuma yaklaşık bir çözüm-

dür. Bu çözüm işletme yönetiminin bundan sonraki kararlarına önemli karar aracı olarak yardım edebilir ve etmek zorundadır.

## 2. Amaçlar ve Amaç Koşulları

Yukarda da değindiğim gibi yöneylem (Operations-Research) modelleri, basit çözüm yöntemleri gibi doğal olarak açıkça belirlenmiş bir amacı gerekli kılarlar. Bu amaca, her eleme adımında uygun olmayan alternatifi safdışı bırakmak için ana kriter olarak ihtiyaç duyulacaktır.

Konum yerlerini ve malzeme akışlarını optimum kılmak için aranan bütün çözümlerdeki biçimsel (formal) amaçların hemen hemen hepsi her seferinde maliyetleri minimum kılmaya yöneliktir. Alışılmış olarak kullanılan kâr kriteri yerine maliyet kriterinin alınmasının nedeni, işletme içi konum yerleri kararları işletme başarısını dolaylı olarak etkileme ve desteklemelerinden kaynaklanmaktadır. Yani konum yerleri kararlarının doğrudan doğruya hasıllata etkileri yoktur. Gayet tabii maliyetleri minimum kılma amacı yerine *maliyetlerin miktar* çatısı da doğrudan doğruya amaç büyüklüğü olarak ele alınabilir. Bu gibi durumlarda örneğin taşıma hizmetleri — Ton/kilometre olarak ifade edilmiş — minimum kılınabilir.

Plân yapan kişiyi devamlı bir şekilde sınırlayabilen *geçerli maliyetlerin* içerik açısından somutlaştırılmasının, güçlükler ortaya çıkarması ender değildir. Bu, özellikle *geçerli maliyetlerle*, yönlendirici maliyet faktörleri arasında fonksiyonel ilişki kurulması halinde söz konusudur. Normal olarak konum yeri kararlarında doğrusal bağımlılıktan hareket edilmektedir. Malzeme akışının yapı ve zaman açısından düzenleme imkânlarını dikkate almayarak yapılan geçerli maliyetlerin analizi bizi aşağıdaki maliyet tiplerine götürür.

— Kendisine bir örgüt biriminin yerleştirilmesi için belirlenen konum yerinin doğrudan doğruya neden olduğu maliyetler (örneğin, inşaat statığının gerekli kıldığı yer sertleştirilmeleri ve inşaatla ilgili diğer değiştirmelerin yol açtığı),

— Taşınacak mal hareketlerine göre maliyetler, sabit ve değişken maliyetler olarak farklılaştırılabilir:

- . sabit maliyetler, taşıma aracının tedarikinden ve taşıma örgütünün işletmeye hazır bulunmasından sonuçlanır;
- . değişken maliyetler, taşıma faaliyetinin yerine getirilmesiyle ortaya çıkar (yükleme ve boşaltma maliyetleri, malzeme tüketimi ve bakım maliyetleri gibi) ve bu maliyetler:
  - taşınacak miktarlara (ağırlıklara),
  - taşıma uzaklıklarına,
  - gerekli hallerde taşınacak malın türüne bağlıdır.

— Taşınacak mallara, taşıma süreleri ve özellikle malzeme akışına bağlı olan bekleme süreleri sırasında bağlanacak olan sermayenin maliyeti.

Tali olarak da değindiğim gibi konum yeri kararları çoğunlukla statik karaktere sahiptirler. Diğer bir ifade ile bu kararlar, planlama esnasında açıkça görülebilen problem yapısından ve buna bağlı örgüt birimlerinin tür ve frekans itibarıyla veri bağlantılarından hareket etmektedirler. Bu, muhtemelen ileride gerekli olacak olan konum yeri değiştirmeleri ile ortaya çıkan maliyetler ve hasıllatın ilk kararın veril-

mesinde normal olarak hesaplara dahil edilmemesi sonucunu doğurur. Kuşkusuz bu tür düşüncelerin esnek konum yeri koşullarının yaratılmasında (örneğin, mekân ölçümünün, yer taşıma güçlerinin fazla boyutlandırılmasıyla) gözönünde tutulması nadir değildir. Dolayısıyla hesaplara uygun bir şekilde katılmaları zorunlu olmaktadır.

### 3. Model Tipleri

Karar durumlarının farklı (Kısım I.3. gösterilmiş olan) şekilleri, bunun yanında daha kompleks problemlerin hesaplanmasındaki zorluklar, son on yılda önerilen modellerin ve bunlara uygun çözüm yöntemlerinin çığ gibi büyümesine neden olmuştur. Bu nedenle burada yalnızca iki model tipinin tasviri ile sınırlı kalmak istiyorum ve zorunluym da. Sözü edilen iki model tipi de konum yerinin uzaklık itibarıyla optimum kılınması modellerinin en çok incelenen şekilleri arasındadır. Böylece malzeme akış sistemlerinin optimal kılınmasını içeren (K. Hanke) istikametle ilgili modeller aşağıda gözönünde tutulmayacaktır.

#### (a) Konum Yerine Yerleştirme Modeli

Burada problem, veri bir alanda her işletme bölümü (örneğin, bir depo) için optimum konum yerinin bulunmasıdır. Konum yeri ve taşıma yolunun gidişinin hiç bir sınırlamaya tabi olmaması gerekir. Burada bir ülkede bütün bir işletmenin optimal kuruluş yerinin aranmasını konu edinen ve ilk defa W. Launhardt tarafından 1872 yılında basit durumlar için formüle edilen ve kantitatif olarak çözülen problem gibi bir problem söz konusu olmaktadır. Daha geniş formüle edilmiş şekliyle problem bugün *Steiner-Weber problemi* olarak tanınmaktadır.

Üzerinde bir örgüt birimi için tayin edilecek olan S konum yeri alanı  $Y_1$  ve  $Y_2$  koordinatlarıyla sınırlanan bir saha içerisinde aranacaktır. Bu alan üzerinde yerleştirilecek olan örgüt birimlerinin ilgili olduğu bütün haberleşme taraftarları,  $P_j$  işletme yerleriyle saptanacaktır. Her  $P_j$ 'den S'ye taşınacak olan  $m_j$  miktarları ve tersi veridir.  $d_j$  taşıma uzaklıkları ve  $k_j$  değişken taşıma masrafları henüz bilinmemektedir. Bunlar ancak S'in yerleştirilmesiyle saptanacaktır (bakınız Şekil 2). Birim taşıma maliyetleri  $k_{Tj}$  ile gösterildiği taktirde geçerli (toplam) taşıma maliyetleri  $K_T$  aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$K_T = \sum_{j=1}^{j=5} k_{Tj} \cdot m_j \cdot d_j \rightarrow \text{minimum}$$

$d_j$  direkt uzaklıklar pitagor teoremi yardımıyla, bu uzaklıkların  $Y_1$  ve  $Y_2$  koordinat değerleri ile ikame edilebildiği için formül aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

$$K_T = \sum_{j=1}^{j=5} k_{Tj} \cdot m_j \cdot \sqrt{(Y_1 - Y_{1j})^2 + (Y_2 + Y_{2j})^2}$$

Bu şekilde formüle edilmiş — üç boyutlu — maliyet fonksiyonu amaç fonksiyonudur. Bu fonksiyon, konum yeri poligonu üzerinde *konveks* (dış bükey şekilde) seyretmekte olup, en düşük noktası aranan S konum yerini belirler. Aslında optimum çözüm  $Y_1$  ve  $Y_2$ 'ye göre fonksiyonun kısmi differansiyelinin alınmasıyla bu-

lanabilir. Bu analitik yol ancak  $P_j$ 'nin özel tasnif hallerinde uygulanabilir. Böyle özel bir durum söz konusu olmadığı halde ise, yaklaşım sistemi kullanılır. Bu formül,  $S$  ağırlık noktası için  $Y_{1S}$  ve  $Y_{2S}$  koordinatları ile yaklaşık bir optimum çözüm verir:

$$Y_{1S} = \frac{\sum_{j=1}^j k_{Tj} \cdot m_j \cdot Y_{1j}}{\sum_{j=1}^j k_{Tj} \cdot m_j}$$

$$Y_{2S} = \frac{\sum_{j=1}^j k_{Tj} \cdot m_j \cdot Y_{2j}}{\sum_{j=1}^j k_{Tj} \cdot m_j}$$

Mekanik olarak  $S$  ağırlık noktası, *Varigon aleti* yardımıyla bir iplik bağlantı sisteminde denge durumu sağlayan tüm ulaşım bağlantılarının düğüm noktasının belirlenmesiyle bulunur. Bu sistemde  $m_j \cdot k_{Tj}$  malları,  $G_j$  orjinal ağırlıklarının nisbileştirilmesiyle temsil edilerek  $P_j$  işleme yerinden aşağıya çekerler (Şekil 3).

#### (b) Konum Yeri Dağıtım Modeli

İkinci problem, bir atölyenin yeni açılmasında veya genel bir yeniden örgütleme,  $j$  işleme bölümlerinin mümkün olan  $K$  konum yerlerine, yani verilmiş noktalara yerleştirilmesinde ortaya çıkar. Ancak, bu yerleştirmenin veri olan taşıma yolları üzerindeki taşıma maliyetlerini minimum kılacak şekilde olması gerekir. Ön yerleştirmelerin mevcut olmadığı varsayılmaktadır. Kolaylık bakımından aşağıdaki sistemde örgüt birimleri sayısının konum yerleri sayısına eşit olduğunu kabul ediyorum ( $J = K$ ). Prensipten amaç fonksiyonu yukarıda formüle edilen maliyet fonksiyonunda aynıdır. Şimdi, çözülecek olan problemde ise serbestlik derecesinin sayısı, amaç fonksiyonunda belirli genişletmeleri gerekli kılacak kadar fazladır.

İlk önce, sözü edilen  $M$  yoğunluk matrisinde saptanan  $i$  ve  $j$  bölümleri arasında  $m_{ij}$  taşıma ilişkileri gözönünde bulundurulacaktır. Bundan sonra da konum yerleri arasındaki  $d_{km}$  yol uzaklıkları incelenecektir. Bu uzaklıklar gerçek yol gidişlerinden bağımsız olarak  $D$  uzaklık matrisinde ele alınacaktır (Şekil 4). Nihayet aşağıdaki noktaların da gözönünde tutulması gerekir:

- Her konum yeri yalnız bir defa işgal edilecektir; ve
- Her bölüm, bir konum yerine sahip olacaktır.

Bu her iki koşul için  $u_{ij}$  ve  $u_{km}$  binom değişkenleri verilirse, amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi formüle edilir:

$$K_T = \sum_{j=1}^j \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^j \sum_{m=1}^j k_{Tij} \cdot m_{ij} \cdot d_{km} \cdot u_{ij} \cdot u_{km}$$

Çarpmalı bağlanmış  $u_{ij}$  ve  $u_{km}$  binom değişkenlik bu amaç fonksiyonu, kuadratik yerleştirme probleminin söz konusu edildiğini göstermektedir. Bu da  $J = 5$  den  $25 \times 25$  matrisine götürmektedir. Maliyet değerleri ise, değerlendirilmiş  $M$  yoğun-



luk matriksinin  $D$  uzaklık matriksi ile çarpımından sonuçlanmaktadır. Binom değişkenleri için aşağıdaki *yan koşullara* dikkat edilmelidir:

$$\sum_{j=1}^j u_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, J \text{ için})$$

$$\sum_{j=1}^j u_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, i \text{ için})$$

$$u_{ij} = \begin{matrix} 0 & i = 1, 2, \dots, i \\ 1 & j = 1, 2, \dots, j \end{matrix} \quad \text{için} \quad i = J$$

ve

$$\sum_{k=1}^j u_{km} = 1 \quad (m = 1, 2, \dots, \text{için})$$

$$\sum_{m=1}^j u_{km} = 1 \quad (k = 1, 2, \dots, \text{için})$$

$$u_{km} = \begin{matrix} 0 & k = 1, 2, \dots, K \\ 1 & m = 1, 2, \dots, M \end{matrix} \quad \text{için} \quad M = K = J$$

#### 4. Çözüm Algoritmaları

Konum yeri belirlenmesine ait bu ve diğer düşünülebilen model tiplerinin çözümü için — modele uygun— çok çeşitli çözüm yöntemleri vardır. Bu yöntemlerin sayısı oldukça fazladır. Prensipten olarak bu yöntemler:

- kesin (optimum kılan) çözüm yöntemlerine ve
- heuristik — ilkesiz yaklaşım — (alt sistemi optimum kılan) çözüm yöntemlerine göre ayrılabilir.

Kuadratik yerleştirme modellerinin veya dinamik optimum kılma modellerinin tam olarak çözülmesinin gerekli olduğu hallerde ise, ilk grup arasında "imkânların tümünün sayılması" (enumeration) ve "çeşitli türdeki dal-sınır" (Branch and Bound) algoritmalarını sayabiliriz. Bütün bu yöntemler, mümkün *birleşimlerin* çok fazla sayısı dolayısıyla — özellikle gerçek problemlerde çözüm denemesinde kuşkusuz yalnızca ender hallerde kabul edilebilen hesaplama harcamalarına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu yöntemlere yalnızca teorik olarak ilgi duyulmaktadır.

Bu sakınca, heuristik yöntemi (ilkesiz yaklaşım) kapsayan *ikinci grup* tarafından önlenmektedir. Tabii ki bu grup, global optimuma erişilmesini garantilemez.

Bunlar:

- hesaplama harcamalarının azaltılması yöntemlerine (örneğin, CROSSCUT),
- yeni açma ve konstrüksiyon yöntemlerine (örneğin, CORELAP),
- erteleme veya değiştirme yöntemlerine (örneğin, CRAPT, ALDEP-MODULAP) göre, farklılaştırılabilir.

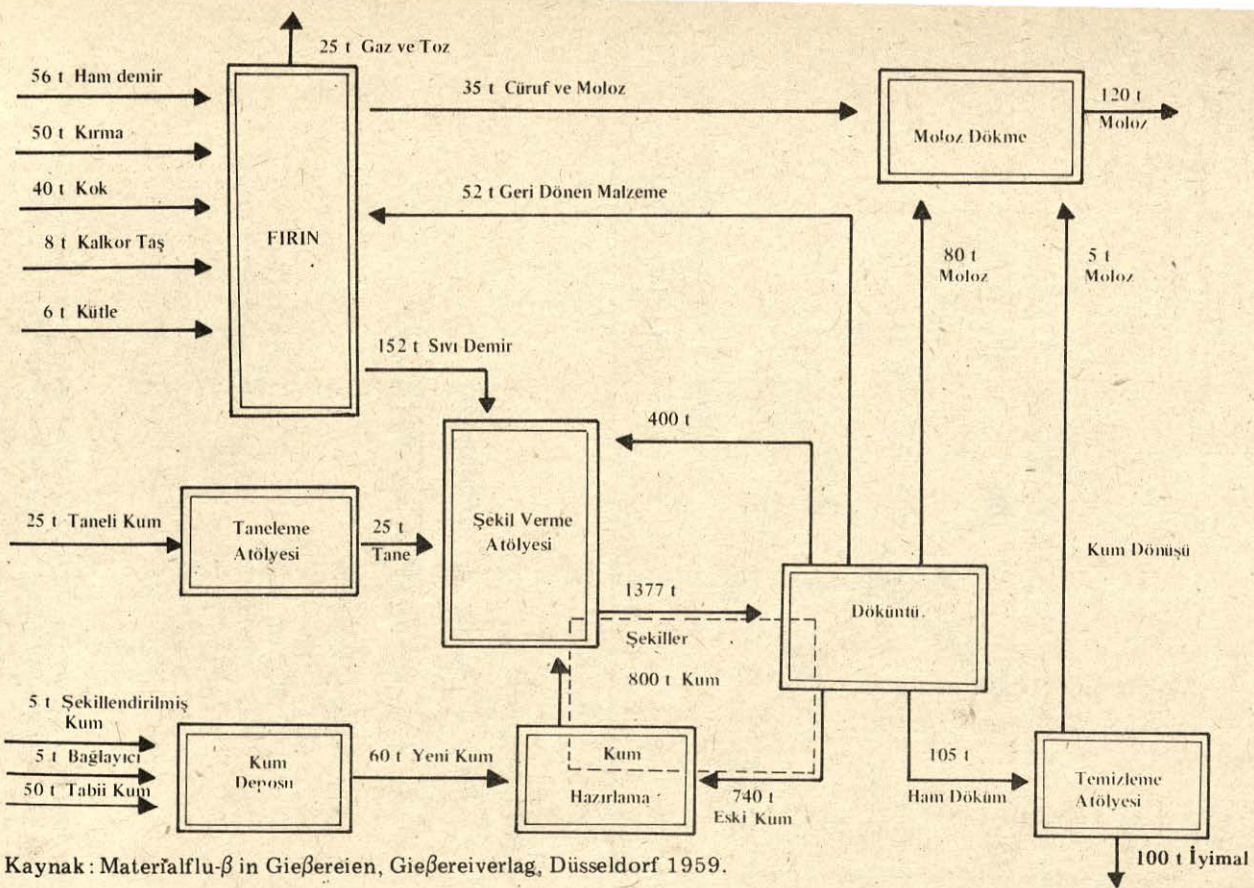
Söz konusu iki yöntem açılış yöntemiyle bulunan ilk sonuçların düzelmesine hizmet eder. Gayet tabii çeşitli yöntemlerin *birleşimleri de* mümkündür.

Yukarıda açıklanan algoritmaların katı çözüm şekillerine el atmaya müsaade eden özel bir yöntem *yoğun Layout* planlamasıdır. Bunun yardımıyla gereksiz hesaplama aşamaları önlenebilir ve veri taşıma maliyetlerinde değişiklikler aynı anda sağlanabilir. Yoğun Layout planlaması, CORELAP'ın yoğun bir varyantı gibi daha fazla diyalog gücüne sahip olan programlardan faydalanır ve yukarıda değinilen model yapılarına dayanarak kamera cihazının kullanılmasıyla planlamaların da elastiklik sağlar.

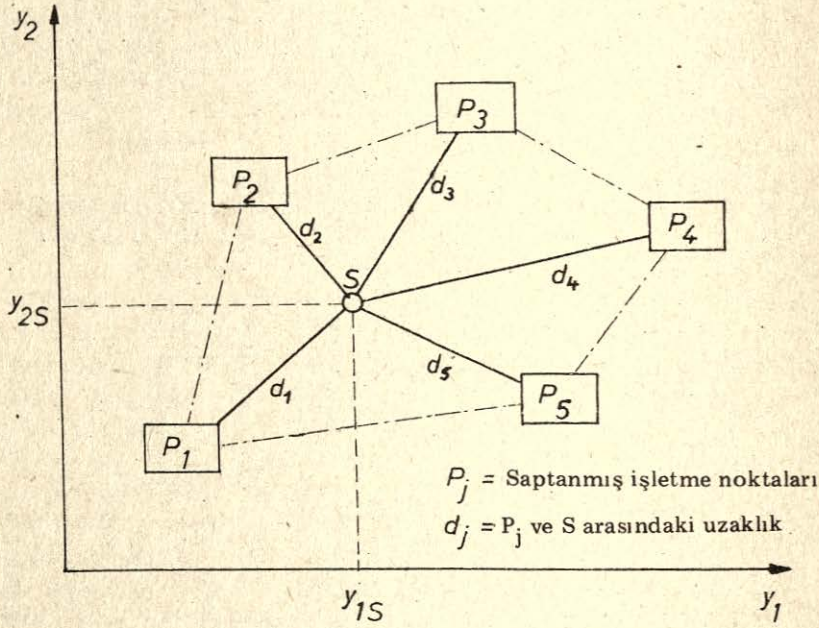
### III. KONUM YERİNİN BELİRLENMESİ HAKKINDAKİ MODELLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Konum yerini belirleyen modellerden bekleyişlerin tümünü bir yana bırakırsak ve çözüm tekniklerine kısaca bakacak olursak, özet olarak şunları söyleyebiliriz: Malzeme akış ve konum yeri planlamalarına olan *talep* uygulamada oldukça *çok yönlüdür*. Bu planlamalar mümkün bütün kantitatif ve ayrıca çeşitli kalitatif etki faktörlerinin model şeklindeki ifadesini kapsar. Zaman zaman karar alanı fevkalâde geniş olabilir. Problem yapısına göre farklı model yapıları elde edilmektedir. Bunlar için — çoğunlukla model tipi ile ilgili olarak — birçok çözüm yöntemleri söz konusudur. Teorik ve pratik önemi açısından çeşitli yöntemler, çeşitli yazarlar tarafından etkinliği itibarıyla karşılaştırılmışlardır. Ancak burada bir yöntemin diğerine karşı genel bir hakimiyeti görülmemiştir. Böylece Layout planlamalarında sürekli olarak özel yöntem aranması veya probleme en çok uygun düşen bir yöntemin yeniden geliştirilmesi zorundadır.

Ayrıca söz konusu ettiğim gibi, konum yeri kararları yapıcı olmakla beraber, hiçbir zaman kendi içerisinde statik özelliğe sahip değildir. Yani konum yeri kararları halihazırdaki — yaşamları andaki veya planlanmış — bir problem yapısına yönelik değildirler. Bunun dışında gerekli model soyutlaması ve uygun problem çözümü arzusunu da bir kenara bıraktığımızı düşünelim. Bu görüşleri dikkate aldığımızda şu sonuca ulaşırız: Ortaya konulan ve kantitatif çözümlere yönelik tasarımın gerçeğe daha yakın hale getirilmesi için ek birçok işlerin yapılması gerekmektedir. Yöneylem (operations research) yöntemleri, işletme iktisadi araştırmalarına büyük ilerlemeler sağlamıştır. Ancak, halâ yöneylem araştırmaları (operations research) ile bütün problemleri istediğimiz şekilde çözememekteyiz. Bu da insanın, karar ve sorumluluğu taşıyıcı olarak halâ gerekli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bütün yöneylem (operations-research) araştırmaları ile bulunmuş optimum çözümler gibi konum yerinin bulunmasına ait mekanik yöntemlerin de yalnızca *karara yardımcı araçlar* olduğunu ve öyle kalmaları gerektiğini gözönünde bulundurmak zorundayız.



Şekil: 1  
Bir Döküphanedeki Malzeme Akışı



Amaç Fonksiyonu:

$$K_T = \sum_{j=1}^{J=5} k_{Tj} \cdot m_j \cdot d_j \Rightarrow \text{Minimum!}$$

$$K_T = \sum_{j=1}^{J=5} k_{Tj} \cdot m_j \cdot \sqrt{(y_1 - y_{1j})^2 + (y_2 - y_{2j})^2}$$

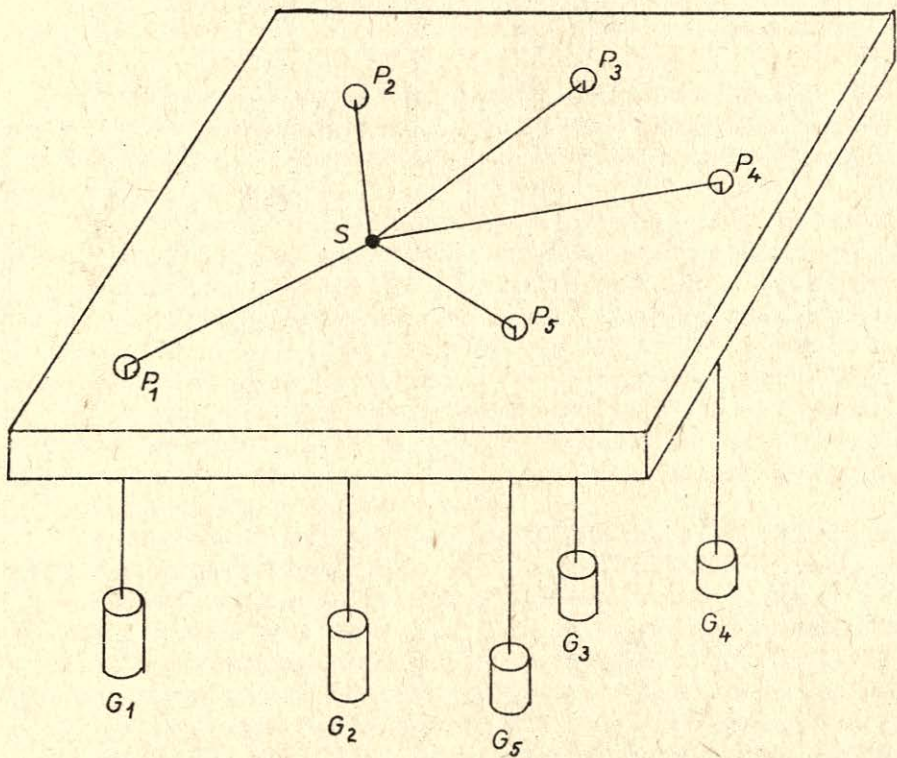
$S_{opt}$  İçin Yaklaşım Formülleri:

$$y_{1S} = \frac{\sum_{j=1}^J k_{Tj} \cdot m_j \cdot y_{1j}}{\sum_{j=1}^J k_{Tj} \cdot m_j}$$

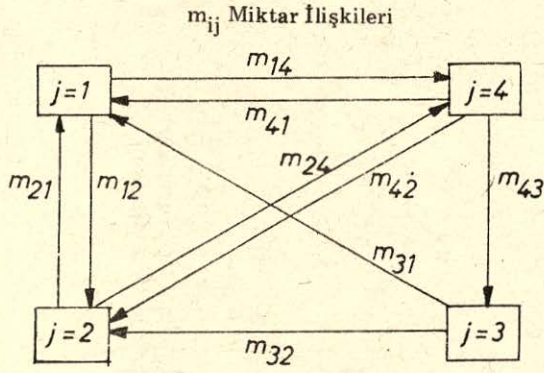
$$y_{2S} = \frac{\sum_{j=1}^J k_{Tj} \cdot m_j \cdot y_{2j}}{\sum_{j=1}^J k_{Tj} \cdot m_j}$$

Şekil: 2

Düz Bir Alanda Direkt Taşıma Bağlantılarının Mevcut Olması Halinde Bir Örgüt Biriminin Konum Yerinin Belirlenmesi İçin Bir Model



Şekil: 3  
 Verilmiş  $P_j$  İşletme Noktalarında  $S$  Konum Yerinin Belirlenmesine  
 Ait Varigon Cihazı ( $G_j =$  Taşınacak Miktarların Nispi Ağırlığı)

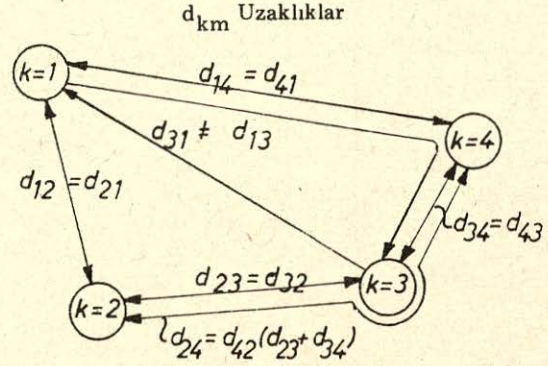


$$m_{13} = m_{23} = m_{34} = 0$$

Yoğunluk- (Miktar) Matrisi

$$\underline{M} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} & \dots & m_{1J} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} & \dots & m_{2J} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} & \dots & m_{3J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m_{j1} & m_{j2} & m_{j3} & \dots & m_{jJ} \end{pmatrix}$$

$$m_{11} = m_{22} = m_{33} = \dots = m_{jJ} = 0$$



Uzaklık- (Distanz) Matrisi

$$\underline{D} = \begin{pmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1K} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2K} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \dots & d_{3K} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{K1} & d_{K2} & d_{K3} & \dots & d_{KK} \end{pmatrix}$$

$$d_{11} = d_{22} = d_{33} = \dots = d_{KK} = 0$$

Şekil: 4

(Kuatratik) Konum Yeri Dağıtım Modeli İçin Belirleyici Faktörler