

## **MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA**

### **TUTARLI KARAR VERMEDE İLERİ BİLGİLER <sup>1</sup>**

**Alexander HENDERSON**  
**Robert SCHLAIFER**

Çeviren :  
**Ass. Ahmet S. TALU**

Son yıllarda matematikçiler sevki idarenin birçok önemli şirket problemlerini şimdiye kadarkinden daha hızlı, daha doğru ve kolaylıkla çözmesini mümkün kılan çok sayıda yeni genyöntemler üzerinde çalışmışlardır. Bu genyöntemler bazan «doğrusal programlama» diye adlandırılmaktadır. Gerçekte, doğrusal programlama onların sadece bir sınıfını tanımlar; «matematiksel programlama» daha uygun bir başlıktır.

Matematiksel programlama sadece belirli işleri yapmanın gelişmiş bir yolu değildir. Her anlamda yeni bir yoldur. Bu teknik, Orta Çağlarda muhasebedeki ikili kayıt düzeninin, bu yüzyıl başlarında büro işlerinde makineleşmenin veya bugün sanai tesislerde otomasyonun yeni olduğu anlamda yenidir. Matematiksel programlama bu kadar yeni olduğu için ilim adamı ile iş adamı arasında—araştıran ve kullanan arasında— henüz tam bir bağdaşma kuramamıştır. Matematiksel programlama gereken bilgileri vermektedir, fakat bu tekniğin şirketlerinde nasıl faydalı olabileceğini gerçekten anlayan iş adamları çok azdır.

Bu makale matematiksel programlamayı iş adamlarına tanımlamak, pratikte ne anlam taşıdığını anlatmak ve şirket problemler-

---

(1) Henderson, A., R. Schlaifer, «Mathematical Programing : Better Information for Better Decision Making», *Harvard Business Review*, Mayıs-Haziran 1954; Cilt 32, No. 3, s. 73-100.

rini çözmeye nasıl kullanıldığını tümüyle göstermek için bir çabadır. Makale dört kısma bölünmüştür :

— Kısım I özellikle yüksek yöneticiye yöneltilmiştir. Burada şirket politikasını yapan kimsenin bilmesi gereken matematiksel programlama hakkında belirli noktalar vardır.

— Kısım II matematiksel programlamanın kullanılabildiği organizasyon ve idare ameliyelerinden doğrudan doğruya sorumlu yöneticilere ve bilfiil problemler üzerinde çalışan mütehassıslara yöneltilmiştir. Bu kısım, geniş olarak, uygulanabilen problem çeşitlerine tipik olan olay örnekleri üzerine kurulmuştur.

— Kısım III sevki idareye matematiksel programlamayı değerli bir planlama aracı olarak nasıl kullanacağını gösterir. Çok durumlarda programlama, pazarlama politikasını geliştirmede, verimli araçların dengeli dağıtılmasında, yatırım planları yapmada, ve diğer pek çok kısa ve uzun vadeli problemler üzerinde rasyonel kararları yürütmede esas olan belirli maliyet ve kâr verilerini elde etmenin tek pratik yoludur.

— Ayrıca, Kısım II ile birlikte kullanılmak üzere, genel işletme problemlerini çözmek için en çok kullanışlı ve seri usulle asıl talimatı veren ek açıklamalar vardır.

## KISIM I : TEMEL PRENSİPLER

Fabrikatörler fabrikada bütün araçları boşa iken belli bir ameliye için hangi makineyi seçecekleri hususunda çok kere sıkıntı çekmezler. Ulaştırma taşıtlarını işletme memurları bütün müşterilerini şirkete ait en yakın tesisten ikmal edebildiklerinde kullanacakları ulaştırma yolunu seçmekte pek zorluk çekmezler. Bir rafineri sevki idarecisi, satabildiği kadarını ve satabildiğinden de fazlasını yapabildiği boş (kullanılmayan) kapasiteye sahip ise, hangi ürünleri yapmak konusunda karar vermek için bir zorluk çekmez.

Mamafih, buhran devreleri hariç, sevki idarenin karşılaştığı problemler genellikle bu kadar basit değildir. Herhangi bir problemi ilgilendiren bir karar, sadece o problemi etkilemekle kalmaz daha başkalarını da etkiler. Eğer bir ameliyenin yapılması için en elverişli makine ona tahsis edilmişse başka bir parça üzerindeki

başka bir ameliyenin daha az elverişli olan bir başka makinede yapılması gerekecektir. Eğer Müşteri A en yakın tesisten ikmal edilirse, o tesisin kendisine diğer bütün tesislere göre en yakın olan Müşteri B'yi ikmal edecek yeterli kapasitesi olmayacaktır. Eğer rafineri sevki idarecisi sadece satabileceği 80-oktanlı benzinin tümünü yaparsa, 90-oktanlı benzin talebini karşılayacak kapasitesi olmayacaktır.

## **İş Programları**

Bu programların genel karakteri aynıdır. Sınırlı olan kaynakların aynı derecede önemli bir çok talep arasında ne şekilde paylaşılacağı tesbit edilmelidir ve program düzenlerken bütün seçim ve kararlar, aynı sabit sınırlar içinde yapıldığından, birbirlerine bağlantılıdır (interlocking decisions). Sevki idarecileri istedikleri şekilde karar vermekten alakoyan bu sınırlar kısmen tesis kapasitesi, ham madde, depolama yeri, işleyen sermaye ve benzeri sayısız unsurlardan meydana gelir. Bunlar, kısmen de sevki idarenin tuttuğu politikadan doğarlar.

Sadece bir iki almaşık üzerine karar vermek gerektiği zaman, meselâ iki fabrikaya sahip olan bir şirket üç veya dört müşteriyec en ucuz nakliye masrafına girerek satış yapmak istediği zaman, herhangi iyi bir programcı hemen doğru cevabı bulabilir. Fakat, bir düzine fabrikası ve memleketin her tarafına yayılmış 200 - 300 alıcısı olan bir şirketin durumunda olduğu gibi almaşık sayısı artınca, en elverişli nakliye mekanizmasını bulmaya çalışan bir kimse günlerce çalışmasının sonucunda hayal kırıklığıyla karşılaşabilir. İşin en kötü tarafı doğru cevabı hissetmesi, fakat bu cevabın ne derece sıhhatli olduğunu, daha çalıştığı taktirde programını düzelterip düzeltmeyeceğini bilememesidir. 20 - 30 çeşit ürünü, 40 - 50 adet değişik üretim araçları bulunan bir makine atölyesinden geçirecek olan bir üretim sevki idarecisi herhangi bir program bulduğu zaman, başka bir programın aynı ürünü daha ucuza sağlayacağını bile düşünmeden işe başlayabilir. Böylece, en iyi programın bulunamaması yüzünden şirket lüzumsuz masraflar altına girer. Bundan çok daha önemli bir masraf ta, kompleks problemler memurlar tarafından çözülemeyeceğinden, bu işlerin üst personelin hattâ idarecilerin büyük vaktini almasıdır. Bu kimselerin kıymetli vakitleri gerekli bilgileri toplama işinde harcandığı takdirde, asıl önemli saf-

ha, yani «tutarlı kararları alma» safhası, için vakitleri kalmayacaktır. Bu yüzden şirket gidişatında değişiklik yapma yoluna gitmez. Zira teklif edilen bir değişikliğin getireceği kâr ve masrafları hesaplamak okadar zor ve vakit alıcıdır ki, idareciler değişiklikten vazgeçerek eski programları kullanmaya devam ederler. Halbuki, şirket kolaylıkla iyi malûmat sağlayabildiği takdirde, önemli sorunları, üzerinde iyice durmadan bir tarafa atmaz, araştırma sonucu daha tutarlı kararlar alma imkânına sahip olurdu.

### **Programlamanın Rutin Genyöntemi**

Bugün matematiksel programlama ile, bahsettiğimiz bu kompleks ve vakit alıcı problemler çözülebilir. Matematiksel programlamayı meydana getiren rutin işlemler memurlar veya elektronik beyin tarafından yapılabilir. Makalemizde bahsedeceğimiz gibi, bu işlemler işletmelerin günlük hayatta karşılaştıkları problemlerde başarıyla tatbik edilmiştir.

«Matematiksel» kelimesi yanıltıcı olabilir. Zira bu işlemlerle yapılan çözüm, aşağı yukarı tecrübeli elemanların çözümü ile aynı safhaları takibeder. Birbiriyle sıkı bağıntılı yönleri olan bir problemle karşılaşan bir eleman, genel olarak, kâr ve masrafları göz önüne almadan, minimum şartları karşılayan bir program düzenleme yoluna gider. Sonra, yapılacak değişikliklerin masraf indiriminde ve kâr artışındaki etkilerini birer birer inceler. Elemanın tecrübeli ve bilgili olması iki bakımdan gereklidir: (a) gereken değişiklikleri sezmesi bakımından ve (b) bir tek değişikliğin programın her bölümünde yapacağı yansımaları takip etme bakımından.

Matematiksel programlamanın görevi programı basit, rutin bir işlem haline getirmektir. Gerek başlangıç için bir programın bulunması, gerek kârı arttıracak veya masrafları kısacak seri değişikliklerin tesbitinde ve gerekse değişikliklerin programın kısımlarında meydana getirdiği yansımaları takibetmede olsun, her işlemin belirli bir kuralı vardır. Bu vasf işlemlerin elektronik beyinlere veya memurlara yaptırılmasına imkân vermektedir.

### **Masraf Verileri**

Sevki idarecilerin matematiksel programlamadan edindiği tek fayda çabuk ve ucuz yollarla belirli şartlar altında uygulanabilecek

en iyi programın tesbiti değildir. En iyi programın bulunmasını güçleştiren kompleks durumlar, uygulamanın ayrıntılarına ait masraflar hakkında bilgi edinmeyi de aynı derecede güçleştirir. Bir mağazadaki her işlem o iş için en uygun makine üzerinde yapıldığı takdirde, herhangi belirli bir işlemin masrafı alışılmış maliyet muhasebesi yöntemleriyle hesaplanabilir. Kapasite sınırlı olduğu takdirde, bir makineyi belirli bir işlemde kullanmanın maliyeti, diğer bir işlemde daha az uygun bir makinenin kullanılmasından doğan fazla masraflara bağlıdır. Bu durum bir iki örnekle daha da açık şekilde görülebilir :

— 80-oktanlı benzin üretimi, 90-oktanlı benzinin satılan miktardan daha az üretilmesine sebep olacak dereceye geldiği takdirde 80-oktanlı benzinden elde edilen kâr, 90-oktanlı benzinden alınmayan kâr göz önünde bulundurulur hesaplanmalıdır.

— Doğudaki müşterilerine batıdaki West Coast'dan getirttiği malları tedarik eden bir şirket, bunlardan birine yakındaki bir tesis, nakliye ücreti West Coast'dan gelenin nakliye ücretinden daha düşük olmasına rağmen, acele teslim yaptığı takdirde fazla masrafa girmiş olur.

Programlama genyöntemiyle en kârlı programın tesbit edildiği her defada, bütün ameliyenin kısımlarına ait masraf bilgileri de elde edilir. Bazan bu bilgiler programın kendisinden de daha değerli olabilir. Bu bilgiler ışığında sevki idareciler nerede tesis kapasitesinin arttırılacağı, nerede satışların arttırılacağı, hangi sahalara daha az önem verileceği veya sınırlı sermaye bütçesi dahilinde ne çeşit makine ve aletlerin alınacağı konularında daha kolay karar verebilirler. Bu konularda verilen isabetli kararlar uzun vadede, bir mevsim için en iyi deniz nakliye programının tesbiti veya tek bir ayın üretiminde kullanılacak en uygun makinelerin seçimi gibi kısa vadeli kararlardan daha fazla kâr sağlar.

### **Sınırlamalar**

Matematiksel programlama, sevki idarecinin belirli bir fiata temin edebiliyor, üzerinde düşünmeden uygulamaya koyabileceği patentli bir «her derde deva» değildir. Bu tekniğin başlıca sınırlamaları üç alanda toplanır :

1. *İş hacmiyle orantılı masraf ve gelirler.* Çözüm genyöntemleri sadece her faaliyet sonucunda girilen masrafın veya sağlanan

gelirin iş hacmiyle sıkı sıkıya orantılı olduğu problemler için geliştirilmiştir; bunlar, biraz yanıltıcı bir tabir olan, doğrusal programlamaya ait genyöntemlerdir. Mamafih, bu sınırlama görüldüğü kadar önemli değildir. İş hacmiyle orantılı olmayan masraf ve gelirlere ait problemler özel yolları veya gerekli yaklaşık hesapların kullanılmasını gerektiren doğrusal programlama ile ele alınabilir. Bu tip problemleri doğrudan doğruya çözmeye genyöntemlerini geliştirme üzerine araştırmalar ilerlemektedir.

2. *Aritmetik kapasite.* Herhangi bir problemi çözmek için gereken işlemler çok iyi bilinse dahi, çözüm, elektronik hesaplama makinelerinin bile kapasitelerinin dışında kalacak kadar yüklü miktarda aritmetiğe dayanabilir ve çözüm imkânsızlaşır. Bazan, problem pratik çözüme gidilebilecek şekilde, basit olarak düzenlenebilir. Meselâ dikkatli bir analiz gerçekten önemli verilerin yetersiz olduğunu gösterebilir veya problem, çözümü kolaylaştıracak kısımlara bölünebilir.

3. *Problemlerin plânlanması.* Üçüncü ve çoğu kez en önemli sınırlama da kullanılacak makine ve aletlerin tesbitindedir. Şimdiye kadar problemlerin plânlanması, işlemlerin çözüme ulaşmak için takibetmesi gereken sıranın tesbiti alanında çalışmalar çok az başarılı olmuştur. Matematiksel programlama yoluyla, eldeki makine ve alet kapasitesi sınırları içinde hangi ameliyede hangi makinenin kullanılacağı tesbit edilebilir; fakat bu ameliyelerin sırasının düzenlenmesi ayrı bir problem olarak ele alınmalıdır. Bu problemi doğrudan doğruya çözülebilecek rutin işlemler haline getirme yolunda araştırmalar devam etmektedir.

## **Uygulama**

Bu makalemizin II. Kısımında okuyucuya matematiksel programlamanın nerelerde kullanılabileceği hakkında fikir vermek için birtakım olmuş ve olabilecek örnekler verdik. Hayâli örnekleri özellikle matematiksel programlamayı kullanmadan da çözülebilecek kolaylıkta seçtik. Bunu yapmaktaki amaç, okuyucunun programlamanın daha kompleks problemlerde yürüteceği analizlerin temel yapısını anlamasını sağlamaktır.

Yüksek yöneticiler bu kısımların ayrıntılı olarak okunmasını mütehassıslara bırakabilirler, fakat öne sürülen önemli noktaları pratik bakımdan ilginç bulacaklardır.

Aşağıdaki örnekler matematiksel programlamanın şu alanlarda kullanılabileceğini göstermektedir :

1. *En ucuz nakliye programının tesbiti.* Bu problem nakliye-yi en ucuza maledecek bir program seçimiyle ilgilidir. H. J. Heinz Şirketi örnek alınarak gösterildiği gibi doğrusal programlama yoluyla yalnız bir programda dahi binlerce dolar tasarruf edilebilmektedir. Uygulamadaki kolaylığı ve hassas sonuçlar vermesinden dolayı doğrusal programlama şirkete her üç ay yerine her ay esasına göre program düzenleme imkânını vermiştir. Böylece şirket her yeni malûmatı en kısa zamanda uygulama ve değerlendirme imkânına sahip olmaktadır.

2. *En iktisadi üretim ve nakliye programlarının tesbiti.* En az masrafa malolan üretim ve nakliye programlarını tesbit edecek bir program, mümkün olan her almaşığı kıdemli personele yük olmadan deneyebilecek şekilde ucuz ve çabuk olarak hazırlanabilir.

3. *En iktisadi nakliye, üretim ve satış programlarının tesbiti.* Daha kompleks olan bu problemin çözümünde dağıtıcıların minimum stok tutma prensibi ve değişken fiyat uygulaması gibi sevki idare politikaları göz önüne alınmalıdır.

4. *En kârlı fiyat ve mal hacmi ikilisinin tesbiti.* Şimdiki durumda matematiksel programlama bu soruya sadece belirli şartların tahakkukunda cevaplandırabilir, fakat bu uygulama alanının genişletilmesi üzerinde ilerleme kaydedilmektedir.

5. *Hangi ürünlerin yapılacağıının tesbiti.* Bu konuda az bulunan hammaddelerin en iktisadi şekilde kullanılışından, en çok kar getirecek benzin karışımının tesbitine kadar değişik, çeşitli problemler çözülebilmektedir. Uygulamadaki çok miktarda aritmetik elektronik beyin kullanılmasını gerektiriyorsa küçük veya orta büyüklükteki bir şirket, merkezî hizmet bürosu (central service bureau) haline getirilebilir. Şirketin elektronik beyne sahip olması için çok büyük olması gerekmez.

6. *Ürün çeşitlerinin ve üretimde kullanılacak işlemlerin tesbiti.* Bu problem makine kapasitesi sınırlı olduğu zaman ortaya çıkar. Matematiksel programlama bu alanda şaşırtıcı sonuçlar getirebilir. Meselâ, bir makinenin belirli bir süre için çalıştırılmaması maksimum üretim için gerekli olabilir. Matematiksel programlama kullanılmadığı takdirde, sevki idarenin baskısı karşısında persone-

lin her makineyi devamlı kullanarak maksimum üretime varılmasını engelleme teklifesi vardır.

7. *Üretim masraflarının minimuma indirilmesi.* Bu problem, müessese sattığı miktarda üretebildiği zaman en iktisadi üretim programının tesbitiyle ilgilidir. Masrafların kısılmasına gittikçe önem verilen son zamanlarda matematiksel programlama sevki idarecilerin bu alanda sağ kolu haline gelebilir.

Elindeki problemin matematiksel programlama yoluyla çözülebileceğini fark eden iş adamı normal olarak bu tekniğin uygulamasını öğrenmek üzere mütehasıs bir elemana baş vuracaktır. Buna rağmen kendisinin yüklendiği sorumluluk çok daha fazladır. Matematiksel programlamanın her uygulanışı, değişken umumi masraflar bütçesinin ilk uygulanışında olduğu gibi, şirketin içinde bulunduğu veya bulanabileceği şart ve durumların dikkatle incelenerek göz önüne alınmasını gerektirir. Matematiksel programlama ancak sevki idarecilerin onu kullanmadaki ustalığı oranında başarılı sonuçlar verir.

## KISIM II. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde verilen örnekler matematiksel programlamanın uygulanabileceği sahaları göstermektedir. Sayıca az olmakla beraber bu örnekler okuyucuya matematiksel programlamanın tamamen doğru bir çözüme ulaşmak için problem düzenlemede faydalı olacağı veya olamayacağı durumlar hakkında fikir verebilir. Yazımızdaki tablolar örneklerin matematiksel çözümünü göstermektedir. Yazının sonundaki ekte okuyucunun iş hayatında ortaya çıkabilecek problemlerde bu genyönetimlerin uygulanış şeklini gösteren bir takım talimatlar verilmektedir.

### **En Ucuz Nakliye Programlarının Tesbiti**

Matematiksel programlamanın uygulama alanlarına ilk örnek olarak, devamlı kullanıldığı bir şirketteki işlemleri verebiliriz.

H. J. Heinz Şirketi California ile New Jersey arasında kurulu yarım düzineye yakın tesiste domates salçası üretmektedir. Bu ürünler memleketin çeşitli bölgelerindeki yetmiş kadar depoya dağıtılmaktadır. 1953 yılında çok iyi bir durumda olan şirket yaptığı



malların tümünü satabiliyordu. Depolardaki malların toplam miktarı tesislerin toplam kapasitesine eşitti. İdare taşıma masraflarını mümkün olduğu kadar düşürmek istedi. Fakat, batıdaki üretim kapasitesi fazla, buna karşılık o bölgedeki talep azdı. Doğudaki durum bunun tam aksini gösteriyordu. Bu durumda nakliye masrafları her depoya en yakın tesisten mal gönderilmesiyle indirilemeyecektir.

İlk bakışta görüldüğü gibi bu bir programlama problemi. Zira esasını sınırlı bir tesis kapasitesi ve depo ihtiyacına bağlı olarak masrafı en düşük seviyeye indirmek teşkil etmektedir. Bu problem doğrusal programlama yoluyla ele alanabilir; çünkü herhangi iki nokta arasındaki nakliye ücreti taşınan malın miktarına orantılı olacaktır. (Burada, taşınan miktarlar her seferinde araba dolusu olacak şekilde çok olduğu ve dolayısıyla taşıma ücretinin de araba yükü esasına göre tayin edildiği zımnen kabul edilmiştir).

Elimizdeki problem doğrusal programlama yoluyla çözülen en basit problemlerden biridir. Deneyerek doğruyu bulma yöntemi kullanıldığı takdirde çözümü güçleştiren bir takım karışıklıklar —California salçasını doğu kıyısına sahil boyunca nakliyesini akla yatkın gösteren rekabetli su yolları ücretlerinin varlığı gibi— doğrusal programlamada hiçbir güçlük teşkil etmez. Tesis kapasitesi ve depo ihtiyaçları listeleri ve her tesisten bütün depolara kadar nakliye ücretlerini ihtiva eden bir tablo olduğu takdirde bir eleman bu problemi başka hiçbir alet kullanmadan on iki saatte çözmüştür. H. J. Heinz Şirketi bu yöntemi devamlı kullanmağa başladıktan ve memurlar rutin işlemleri iyice belledikten sonra bir nakliye programı hazırlamak için harcanan zaman oldukça azalmıştır. Bu problemin gerçek belgeleri ve rakamları şirket tarafından açıklanmamıştır. Fakat benzer rakamlarla 12 tesisten 20 depoya mal dağıtımını gösteren I. ve II. tablolar problemin gerçek boyutları hakkında fikir vermektedir.

Tablo I temel verileri göstermektedir. Tablonun ana kısmı nakliye ücretlerini, kenarlar ise günlük tesis kapasitelerini ve depo ihtiyaçlarını ihtiva etmektedir. Meselâ günlük kapasitesi 3000 cwt. olan Fabrika III, günlük ihtiyacı 940 cwt. olan G deposuna, cwt. başına 7 sentlik bir ücretle nakil yapmaktadır. Deneme yapmak isteyen herhangi bir okuyucu sistematik bir geniyöntem kullanmadığı takdirde ancak uzun ve yorucu bir çalışma sonucu, belirli kapasite

te ve ihtiyaçları karşılayarak nakil masraflarını minumuma indiren bir program düzenlemeye yaklaşmış olur. Bu problemin çözümü doğrusal programlama ile Heinz probleminde olduğundan daha kolaydır. Tablo II ise en düşük masraf dağılımı programını göstermektedir. Meselâ K deposu günlük ihtiyacının 700 cwt. si Fabrika I, 3000 cwt. si Fabrika III tarafından karşılanmalıdır. Diğer yandan, I. tabloda Fabrika III A deposu ihtiyaçlarını karşıladığı takdirde nakil masraflarının diğer depo ve tesisler arası masraflardan çok daha az olduğu gösterilmekte, fakat Tablo II'de bu fabrikanın A deposuna hiçbir dağıtım yapmadığı görülmektedir.

### **Doğrusal Programlamanın Sağladığı Faydalar**

H. J. Heinz Şirketinin doğrusal programlamayı kullanmasından edindiği en önemli kazanç, şirketin dağıtım şubesindeki kıdemli elemanların nakliye programlarını hazırlama yükünden kurtulmaları olmuştur. Evvelce programın üç aylık devreler için hazırlanması oldukça uzun bir zaman aldığı halde doğrusal programlamayı uygulamaya başladıktan sonra programın ayrıntılı işlemleri memurlar tarafından yürütülebilecek kolaylıkta olduğu anlaşılmıştır. Böylece kıdemli personel aritmetiksel işlemler üzerinde harcayacağı vakitte, daha çok tecrübe ve muhakemeye dayanan meseleler üzerinde çalışma imkânına sahip olmuştur. Diğer bir kazanç ta, bulunan programın en düşük masrafa malolacağına emin olmaktan doğan tatmin hissidir.

Şirketin yalnız nakliye masraflarından ettiği tasarruf bu tekniğin değerini göstermektedir. Doğrusal programlama ile hazırlanan ilk nakliye programının 6 aylık masraf tutarının, şirketin önceki yöntemleriyle vardığı masraflardan birkaç bin dolar daha az olduğu görülmüştür. Bu karşılaştırma ilerideki tasarrufun miktarı hakkında fikir vermekten çok uzaktır.

Nakliye programları devamlı ayarlamalara tâbi tahminlere dayanmaktadır. Tesis kapasitesine ait rakamlar kısmen tesislerdeki stok miktarını belirtmekte, kısmen de ilerideki satışlar ve domates miktarı üzerinde tahminlere dayanmaktadır. Programların çabuk ve hassas sonuçlar vermesi ve alt kademe memurları tarafından hazırlanabilmesi şirketin üç aylık yerine aylık program yapmasına imkân verir. Böylece ürün ve satışlar hakkında edinilen her malumat akabinde tatbikata konulabilir. Üretimin satıştan fazla olduğu

TABLE I. NAKLİYE ÜCRETLERİ, DEPO İHTİYAÇLARI VE FABRİKA KAPASİTELERİ TABLOSU

Fabrika	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Günlük ihtiyaçlar (cwt.)	
Nakliye ücretleri (sent/cwt.)														
Depo	A	16	16	6	13	24	13	6	31	37	34	37	40	1.820
	B	20	18	8	10	22	11	8	29	33	25	35	38	1.530
	C	30	23	8	9	14	7	9	22	29	20	38	35	2.360
	D	10	15	10	8	10	15	13	19	19	15	28	34	100
	E	31	23	16	10	10	16	20	14	17	17	25	28	280
	F	24	14	19	13	13	14	18	9	14	13	29	25	730
	G	27	23	7	11	23	8	16	6	10	11	16	28	940
	H	34	25	15	4	27	15	11	9	16	17	13	16	1.130
	J	38	29	17	11	16	27	17	19	8	18	19	11	4.150
	K	42	43	21	22	16	10	21	18	24	16	17	15	3.700
	L	44	49	25	23	18	6	13	19	15	12	10	13	2.560
	M	49	40	29	21	10	15	14	21	12	29	14	20	1.710
	N	56	58	36	37	6	25	8	19	9	21	15	26	580
	P	59	57	44	33	5	21	6	10	8	33	15	18	30
	Q	68	54	40	38	8	24	7	19	10	23	23	23	2.840
	R	66	71	47	43	16	33	12	26	19	20	25	31	1.510
	S	72	58	50	51	20	42	22	16	15	13	20	21	970
	T	74	54	57	55	26	53	26	19	14	7	15	6	5.110
	U	71	75	57	60	30	44	30	30	41	8	23	37	3.540
	Y	73	72	63	56	37	49	40	31	31	10	8	25	4.410
Günlük kapasite (cwt.)		10.000	9.000	3.000	2.700	500	1.200	700	300	500	1.200	2.000	8.900	40.000

**TABLO II. ASGARI MASRAF DAĞILIMI PROGRAMI (FABRİKALARIN DEPOLARA GÜNLÜK NAKİL MİKTARI  
CWT. OLARAK GÖSTERİLMİŞTİR)**

<b>Fabrika</b>		I	II	III	IV	V	VI	VIII	IX	X	XI	XII	Toplam	Satır değeri
<b>Depo</b>	A	1.820											1.820	16
	B	1.520											1.520	20
	C		2.360										2.360	18
	D	100											100	10
	E		280										280	28
	F		730										730	19
	G	940											940	27
	H				1.130								1.130	28
	J		4.150										4.150	34
	K	700		3.000									3.700	42
	L	1.360									1.2000		2.560	44
	M		140		1.570								1.710	45
	N	580										500	580	56
	P											500	30	51
	Q		1.340		500		500	180				880	2.840	59
	R	810					700	90				5.110	1.510	66
	S							30		1200			970	57
	T												5.110	42
	U	2.160											3.540	71
	Y												4.410	61
<b>toplamlar</b>		10.000	9.000	3.000	2.700	500	1.200	700	300	500		2.000	2.410	40.000
<b>Sütun değeri</b>		0	-5	-21	-24	-51	-38	-54	-41	-49	1.200	2.000	8.900	

bölgelerde, diğer bölgelere lüzumundan fazla dağıtım yapıldığı oluyordu. Satış tahminleri yeniden gözden geçirildiği zaman, dağıtılan malların bir kısmının tekrar fazla üretim bölgelerine alınması gerekiyordu. Şirket bu tehlikeyi önlemek için fazla üretim bölgelerinde stok yapma adetindeydi. Stoklar üretimin elden çıkarılmıyan kısmını teşkil ediyordu. Doğrusal programlama, şirketin her fabrikanın stok miktarını tesbit etmek ve üretim ve dağıtım programlarını bu rakamlara ayarlama imkânını vermiştir. Her ay yeni bilgiler sonucunda programda küçük değişiklikler yapılmakta ve yeni üretimin başlangıcında stoklar tamamen tükenmiş olmaktadır.

### **Benzer Problemler**

Bu çeşit problemlere iş hayatında çok rastlanır. Mesela Kanada'daki altı tesisten A.B.D.'nin çeşitli bölgelerindeki ikiyüz müşteriye satış yapan baskı kağıdı imalâtçısının durumu böyledir (2). Nakliye masraflarının para yerine zamanla ölçüldüğü durumlarda benzer problemler ortaya çıkar. Bu tip problemleri çözme alanında ilk çalışmalar İkinci Dünya Savaşı sırasında tankerlerin balastta geçirdikleri süreyi kısaltma amacıyla yapılmıştır (3). Her yükün götürüleceği liman kararlaştırılmış ve yük (cargo) artığı olmadığından problem yüklenmeyi bekleyen tankerin hangi limandan yükleneneğini tesbit etmek olmuştur. Yük vagonlarının yüklenmesi, memleket çapında iş yapan kamyon nakliyecisi için de boş kamyonların yüklenmesi aynı problemi doğurur.

### **Üretim Programları**

H.J. Heinz Şirketi nakliye programını hazırlamadan önce, fabrika kapasitelerini ve depo ihtiyaç miktarlarını tesbit etmişti. Böylece programlama yoluyla asgariye indirilecek tek masraf nakil masraflarıydı. İdareciler her tesisin üretim kapasitesini önceden tesbit ettiği için programlama ile ilgili bütün üretim masrafları sabitti.

Şirket başka bir ürünle ilgili bir problemle karşılaşmıştır. Bu ürün de birden fazla fabrikada imâl edilip çeşitli bölgelerdeki de-

---

(2) Dorfman, R., «Mathematical, or «Linear» Programming», *American Economic Review*. Aralık 1953, s. 797.

(3) *Railway Age*. Nisan 1953, s. 73-74.

polara gönderilmektedir. Yalnız, tesis kapasitesi depo ihtiyacından fazladır. Maliyet masrafları tesisten tesise değişmektedir. Böylece problem her deponun ihtiyacını asgari toplam masrafla karşılama yollarını tesbitten ibarettir. Bu alanda yapılacak tek şey, nakliye masraflarının indiriminde olduğu gibi, masrafları kısmak için üretimi programlı yapmaktır. Sevki idarecilerin bir yerine iki konuda karar almaları gerekmektedir: (a) Her fabrikanın üreteceği miktarı tesbit etmek. (b) Her fabrikanın hangi depoya mal temin edeceğini tesbit etmek.

Bu problemler ayrı ayrı çözümlenerek toplam masrafları asgariye indirecek bir program hazırlanamaz. Fakat üretim masraflarının fazla olduğu tesislerde, ek masraflar nakliye masraflarındaki kısımlarla kapatılamıyacak miktarda olduğu takdirde, önce üretimi plânlamak daha kârlı olabilir.

### **Problemi Ele Alış**

Bir tesiste üretim masraflarının, bir kısmı iş hacmi ile bağlı olmayan sabit, diğer bir kısmı da iş hacmi ile orantılı değişken masrafları (birim başı sabit) toplamı olduğunu kabul edersek, bu miktarlar verildiği takdirde, bu iki cepheli problemi doğrusal programlama yoluyla çözebiliriz. Değişken masrafların indirimi doğrusal programlama ile, sabit masrafların indirimi ise ileride açıklayacağımız bir yöntemle çözülebilir. Problem çok daha karışık olsa bile doğrusal programlama geniyöntemiyle çözüme elverişli olabilir. Mesele, fazla mesai yapma ihtimalini veya belirli fiatlarda alınacak hammadde miktarını tesbit etmekte probleme dahil olabilir. (Üretim ve değişken masraflar arasında artık sabit bir orantı bulunmamasına rağmen yazımızın sonunda verilen ekte tarif edilen bir usûle bu orantıyı temin edebiliriz).

Tablo III'de böyle hayali bir problemin çözülmesi için gereken veriler gösterilmektedir. Bu örnekte dört depo ve dört tesis kullanılmakla beraber bu rakamlar herhangi iki sayı olabilirler. Sonradan bir takım düzeltme yapacağımız ilk yaklaşık hesaplarda hiçbir tesisin kapanmayacağını ve sabit masrafların — gerçekten sabit olduğundan — göz önüne alınmayacağını kabul edeceğiz. I. ve II. tablolarında olduğu gibi Tablo III'te de her fabrikadan her depoya kadar olan nakliye ücretleri, fabrikaların günlük üretim kapasiteleri ve depoların günlük ihtiyaç miktarları gösterilmekte-

dir. Tablo III aynı zamanda her fabrikanın normal üretim miktarını ve birim başı fazla mesai masraflarını da ihtiva etmektedir.

Fabrikalar normal iş saatleri içinde çalışsalar bile üretim kapasitesi tutarı depo ihtiyaç miktarından fazladır. Bu bilgilerin ışığında Tablo IV'ün A bölümü asgari masrafları sağlayan çözümü vermektedir. Sabit masraflar gerçekten sabit kabul edildiği müddetçe I., II. ve III. fabrikaların bütün üretimini ve günlük kapasitesi 110 ton olan IV. fabrikanın üretiminin sadece 25 tonunu almak en doğru çözüm şeklidir. IV. fabrikanın normal kapasitesinden geri kalan 85 ton kullanılmamaktadır. Bu çözüme göre günlük toplam değişken masraf (nakliye ücreti + değişken üretim maliyeti) 19.720 dolardır.

**TABLO III. İKİLİ PROBLEMİN MASRAFLAR VERİLERİ TABLOSU**

A — Depo İhtiyaçları (ton/gün)					
Depo	A	B	C	D	Toplam
	90	140	75	100	405
B — Fabrika Kapasiteleri (ton/gün)					
Fabrika	I	II	III	VI	Toplam
Normal kapasite	70	130	180	110	490
Fazla mesai sonucu ek kapasite	25	40	60	30	155
C — Ton Başına Düşen Değişken Masraflar					
Fabrika	I	II	III	IV	
Normal üretim masrafları	30	36	24	30	
Fazla mesai ücreti	15	18	12	15	
Nakliye Ücretleri :					
Depo A	14	9	21	18	
B	20	14	27	24	
C	18	12	29	20	
D	19	15	27	23	

**TABLO IV. EN DÜŞÜK MASRAFLAR DAĞILIMI PROGRAMI  
(FABRİKADAN DEPOYA NAKLİYE MİKTARI TON  
OLARAK VERİLMİŞTİR)**

A — Bütün Fabrikaların Çalışması Halinde						
Fabrika		I	II	III	IV	Toplam
Depo	A			90		90
	B		80	60		140
	C		50		25	75
	D	70		30		100
					85	85
		70	130	180	110	490
B — Fabrika I Kapalı Olduğunda						
Fabrika			II	III	IV	Toplam
Depo	A			90		90
	B		130	10		140
	C				75	75
	D			80	20	100
					15	15
		130	180	110		420
C — Fabrika IV Kapalı Olduğunda						
Fabrika		I	II	III		Toplam
Depo	A			90		90
	B			55	85	140
	C			75		75
	D	70			30	100
Toplam		70	130	205		405

### **Sonuca Varma**

Bu sonuç karşısında sevki idareciler bir fabrika gücünün % 80'i kullanılmazken, dört fabrikayı birden çalıştırmanın doğru olup olmadığını düşüneceklerdir. Fazla mesai yapmaya lüzum kalmadan bile en küçük tesis olan Fabrika I kapatılıp, onun üretimi diğer üç fabrika arasında paylaştırılabilir. Bu yapıldığında II., III. ve IV. fabrikalar arasında asgari maliyet masrafları dağılımı Tablo IV'ün



B bölümünde gösterildiği gibidir. Bu programa göre toplam değişken maliyet masrafları günde 19.950 doları bulacaktır; başka bir deyişle, Tablo IV'ün A bölümündeki bütün fabrikaların çalışması esasına göre düzenlenen programın masrafından günde 230 dolar daha fazla olacaktır. Bu durumda, eğer Fabrika I'i kapatmakla sabit masraflardan günde 230 dolardan fazlası tasarruf edilebilirse ikinci şıkkı uygulamak yerinde olur; aksi halde iyi olmaz.

Mamafih, Fabrika I'den başka bir tesisi, belli bir miktar fazla mesai uygulama pahasına dahi olsa kapatmak belki daha da yararlı olabilir. Özellikle, çok az bir fazla mesai üretimi (günde 25 ton) Fabrika IV'ü kapatmamızı mümkün kılar. Bu ihtimalin bulunması şöyle muhakeme edilebilir: Tablo IV-A nakliye şemasında Fabrika IV'ün bütün fonksiyonu C deposuna günde 25 tonluk ürün sağlamaktır. Bu miktarın yerini dolduracak bir alternatif için Tablo III'e başvurulduğundan ton başına masraf hakkında şu malûmatla karşılaşılr:

Fabrika	Normal üretim masrafı	Fazla mesai ücreti	C deposuna nakliye ücreti	Toplam
I	\$ 30	\$ 15	\$ 18	\$ 63
II	36	18	12	66
III	24	12	29	65

Hemen görüldüğü üzere fazla mesaiyi en ucuza maletmenin yolu, ihtiyaç olunan günlük 25 tonu Fabrika I'de üreterek C deposuna top başına 63 dolarlık bir toplam değişken masrafla nakletmektir. Bütün fabrikaların çalışması esasına göre düzenlenen Tablo IV'ün A bölümü programında ise C deposunun ihtiyacı Fabrika IV tarafından günde 30 dolar değişken üretim masrafı ve 20 dolar nakliye masrafı olmak üzere ton başına toplam 50 dolarlık bir masrafla karşılanmaktadır. Programdaki değişiklik, bu miktarı günde 325 dolar daha fazlalaştırıyor gibi görünmektedir (25 ton X \$ 13/ton; \$ 13/ton, ton başına 63 dolar ile 50 dolar arasındaki farktır).

Fakat, Fabrika IV'ün kapatılması, gerçekte programın maliyetini bu kadar arttırmaması gerekmez. Fabrika IV'ü hiç gözönüne almadan, diğer tesislerin mümkün olan en iyi üretim dağılımını programlamaya çalıştığımız takdirde Tablo IV'ün C bölümü programının bütün ihtiyacı günde 19.995 dolarlık toplam değişken maliyet

masrafı karşılığında sağladığını görürüz. Bu, bütün tesisler çalıştırıldığı zamanki miktardan toplam olarak günde ancak 275 dolar fazladır. Fazla mesai, C deposuna hiç dağıtım yapmadığı halde, Fabrika III'te yapılmaktadır.

Bu son netice okuyucunun dikkatine muciptir. Programın bir tek bölümünde değişiklik yapıldığı zaman, en uygun ayarlama, bütün programı genel olarak yeniden ayarlamadır. Fakat bu baştan başa yeniden ayarlama işi, tam programların makûl fiatlarla ve çabucak düzenlenebildiği müddetçe pratik değildir. Zira işin kârlı olup olmadığı önceden belli olmayacağı gibi, yöneticiler de her küçük değişiklik üzerine bütün programın ayarlanması gibi ağır bir işi kıdemli personele yüklemek istemezler. Matematiksel programlama bu güçlükleri önler. Bütün programın ayarlanmasını gerektiren küçük değişiklikler matematiksel programlama sayesinde serbestçe yapılabilir, çünkü programdaki yeniden hesaplama işlerini bir memur veya makine çabuk ve doğru olarak yapabilir.

Geriye kalan diğer almaşıklara göre de, yani Fabrika II'nin veya Fabrika III'ün tamamen kapatılması halinde, en düşük masrafla depoların ihtiyaçlarını karşılama maliyetini hesaplayabiliriz. Bunu yaptığımızda bütün almaşıkların sonuçları şöyle olacaktır :

#### Toplam nakliye ve değişken üretim masrafları

Bütün fabrikalar çalıştırılıyor.	\$	19.720
Fabrika I kapalı; fazla mesai yok.	\$	19.950
Fabrika II kapalı; Fabrika III fazla mesai yapıyor	\$	20.515
Fabrika III kapalı; Fabrika I, II, IV, fazla mesai yapıyor.	\$	21.445
Fabrika IV kapalı; Fabrika III fazla mesai yapıyor.	\$	19.995

Şu durumda, sevki idarenin aşağıdaki üç almaşık arasından rasyonel bir seçim yapması için gerekli olan değişken üretim masrafları hakkında bilgiler vardır. Bu almaşıklar şunlardır : (1) Büyük miktar tutan kullanılmayan kapasiteye rağmen dört fabrikanın hepsini faaliyete koymak; (2) Fabrika I'i kapatmak ve az miktarda da olsa hâlâ kullanılmayan kapasite olması; (3) Fabrika II, III ve IV'ten birini kapatıp fazla mesai altına girmek.

Seçim kısmen belli bir tesis tamamen kapandığı vakit yok edilebilecek sabit masrafların miktarına bağlı olacaktır; kısmen de

sosyal ilişkiler veya başka paraya dayanmayan şeylerle ilgili şirketin politikalarına bağlı olabilir. Matematiksel programlama, anlaşıldığı gibi, muhakemenin yerini alamaz, fakat idarecilerin muhakeme etmeleri için gereken bilgiyi sağlar.

### **Benzer Problemler**

Yukarıda örnek verdiğimiz problemlere üretim ve satışta olduğu kadar satın alma işlerinde de rastlanır. Değişik bölgelerden standart hammadde satın alan ve bu maddeleri çeşitli bölgelerdeki tesislere işlenmek üzere nakleden bir şirket, satın alma ve nakliye toplam masraflarını asgariye indirmek istemektedir; bu problemin çözümü de aynı işlemleri gerektirmektedir. Bir çok kaynaklardan tedarik ettiği standart malları askeri tesislere nakleden Savunma Bakanlığının da doğrusal programlama yoluyla nereden alıp nereye göndereceğini plânlayarak büyük tasarruf yaptığı belirtilmektedir.

### **Satış Programları**

Birinci örnekte depolardaki satışlar ve fabrikaların üretim miktarları, nakliye programı hazırlanmadan önce sabit tutulmuştu. İkinci örnekte depolardaki satış miktarları önceden sabit olarak tesbit edilmiş fakat üretimin nerede ve ne kadar yapılacağına kararı programlamanın sonucuna bırakılmıştı. Bu örnekte ise, satışların önceden sabit olmadığı bir durumda idare mümkün olan en yüksek kârı elde etmek için nerelerde satış yapmak hangi fabrikalarda üretimde bulunmak ve ürünleri hangi fabrikadan hangi depoya nakletmek gerektiğini tesbit etmek istiyor.

Böyle bir problem genel olarak talep yüksek fiyatlarla düşürülmediği müddetçe, satışların üretim kapasitelerinden fazla olduğu anlarda olur. Normal olarak idare, uzun vadeli rekabet durumunu düşünerek, satışları azaltmak için fiyatları arttırma yoluna yanaşmaz. Bu şartlar altında üretimi değişik pazarlardaki depolara gönderecek bir düzen bulmak gerekecektir. Bunun bir yolu en büyük kısa vade kârlarının elde edilebildiği her yerde satış yapmaktır. Fakat sevki idare, çoğu zaman, kısa vade kârı peşinde olmayacaktır; her depo veya müşterinin ihtiyacını hiç olmazsa minimum bir şekilde karşıladıktan sonra artan ürünü maksimum kısa vade kârı getiren yerlere aktarma yoluna gidecektir.

Bu tip problemlerde her zaman ortaya çıkan bir güçlük daha vardır. Satış fiyatları memleketin her tarafında aynı olmayıp, bölgelere ve müşteriye göre değişebilir. Buna ek olarak, son örnekte bahsettiğimiz gibi bazı tesislere fazla mesai yaptırıp diğerlerine normal kapasitelerinin bir kısmını kullandırmak veya tamamen kapatmak uygun görülebilir.

Buna göre, üretim ve dağıtım programının en fazla kârı sağlamak üzere, aşağıdaki soruları her deponun ihtiyacını hiç değilse belirli bir minimum miktarla karşılayacak şekilde hazırlanması gerekir. Bu sorular şunlardır :

(1) Her tesiste ne kadar üretim yapılacaktır?

(2) Depolara önceden tesbit edilmiş bulunan miktardan, eğer gönderilecekse, ne kadar fazlası gönderilecektir?

(3) Yukarıdaki sorular cevaplandırıldığı takdirde hangi fabrika hangi deponun ihtiyacını karşılayacaktır?

Bir önceki örnekte de olduğu gibi bu soruları aynı zamanda cevaplandıracak bir program hazırlamak gerekmektedir; her soru üzerinde ayrı ayrı çalışmak mümkün değildir. Bu problem de doğrusal programlama ile çözülebilir ve ortaya çıkan yeni güçlükler rağmen çözümü önceki problemden daha zor değildir. Aradaki tek fark, bu problemde, masraflardan çok doğrudan doğruya belirli bir depo ihtiyacını belirli bir fabrika tarafından karşılamaktan doğan kârı göz önünde bulundurmamızdan ileri gelmektedir. Çözüm bir önceki örneğe ait Tablo IV'teki gibi, gerekli bilginin de her depodaki satış fiyatını eklemek şartıyla Tablo III'teki gibi olacağından bu problem için ayrı bir örnek vermek gerekli değildir.

### **Fiyat, Hacim ve Kâr**

Çözdüğümüz bütün örneklerde sevki idarenin satış fiyatlarını, üretim ve dağıtım programı hazırlanmadan önce tesbit ettiğini varsaymıştık. Bu problemlerde, üretilecek ve nakledilecek miktarlar önceden tesbit edilen satış fiyatlarına göre ayarlanmaktaydı. Bu çok rastlanılan bir durum olmakla beraber, fiyatın hacim üzerindeki etkilerini fiyatları tesbit etmeden önce gözönüne alma gerekliliğini duyduğu durumlarla da sık sık karşılaşılır. Buna göre, satış hacmini mümkün olan her fiyatta tahmini olarak tesbit etmek

gerekmektedir; bu tahminlerin önceki örneklerde her depo grubu için ayrı ayrı yapılmış olduğunu varsayıyoruz.

Bu şartlar altında problem doğrudan doğruya doğrusal programlama yoluyla ele alınamaz; çünkü marjin, yani belirli bir depodaki satış fiyatı ile belirli bir tesisteki değişken üretim maliyet masrafı ve o depoya nakledilme masrafı tutarı arasındaki fark, üretilen ve satılan miktarla artık sabit bir oran taşımaz. Miktar arttıkça fiyatlar düşer ve toplam marjinin satılan miktara oranı azalır. Durum böyle olsa bile, eğer bütün memlekette aynı fiyat uygulanıyorsa bu problemi ucuz, doğru ve çabuk çözmek için yine doğrusal programlamayı kullanabiliriz. Teklif edilen her fiyat için en iyi programı hesaplayarak her program için toplam kârları tesbit edip, buna göre aralarından en kârlı olanı seçeriz.

Fakat, fiyatlar her bölgede değişikse ve sevki idareci bölgesel fiyatları en fazla toplam kârı elde edecek şekilde tesbit etmek istiyorsa o zaman doğrusal programlama zımnen imkânsızlaşır. Sadece on tane fiyat ve miktar tahminleri yapılacak olan dağıtım noktası (depolar) olsa ve her depo grubu sevki idarecisi yalnız beş fiyat için tahmin yapsa bile, yaklaşık olarak on milyon ayrı program düzenlemek ve bunlardan en kârlısını seçmek gerekmektedir.

Uygulamada, normal miktarda hesaplama sonucu, en iyi veya en iyiye yakın bir program bulmak mümkündür. Diğer pekçokları gibi, bu matematiksel programlama probleminin çözümü, genel olarak, doğrusal olmayan problemleri çözme yöntemlerini geliştirme üzerine daha ileri araştırmalara bağlıdır. Daha önce de belirtildiği gibi, hâl-i hazırda bu yönde ilerlemeler vardır.

### **Üretilen Maddelerin ve Üretim Yollarının Tesbiti**

Şimdiye kadar ele aldığımız durumlar alım, satım, üretim ve dağıtım yapacağımız yerlerin (yerlerin olduğu kadar miktarlarının da) tesbiti ile ilgili problemlerdi. Hammadde, makine ve diğer verimli kaynaklar kısıtlamasına tâbi olarak kârı âzamileştirmeye veya masrafı asgariye indirmek amacıyla, üretilen malların ve üretim şeklinin tesbitinde matematiksel programlama aynı derecede faydalı olabilir. Bu çeşit problemlerden bazıları memurlar tarafından evvelce bahsettiğimiz geniyöntemler kullanılarak çözülebilir, fakat diğerlerinin çözümü yeni geniyöntemleri ve otomatik hesaplama makinelerini gerektirebilir.

Kısıtlı miktardaki hammaddelerin temkinli ve en iyi şekilde kullanılmasıyla ilgili aşağıdaki problemi birinci kategoriye örnek olarak gösterebiliriz :

Bir fabrikatör I, II ve III olmak üzere üç ayrı cinsi olan tek hammaddeden A, B, C ve D ürünlerini yapmaktadır. Bir ton mamül mal için gereken hammadde miktarı ve işlenme masrafları ürünün ve kullanılan hammaddenin cinsine göre Tablo V'te gösterilen şekilde değişmektedir.

**TABLO V. MASRAFLAR, HAMMADDE SINIRLAMALARI VE FİYATLAR**

A — Mahsullere göre İşlenme Masrafları				
Hammadde Cinsi	I	II	III	
Ürün	Bir ton ürüne sarfedilen hammadde (ton olarak)			
A	1,20	1,80	2,00	
B	1,50	2,25	2,50	
C	1,50	2,25	2,50	
D	1,80	2,70	3,00	
	Bir ton ürüne düşen işlenme masrafı			
A	\$ 18	\$ 30	\$ 42	
B	30	60	69	
C	57	63	66	
D	54	81	126	
B — Hammadde Maliyeti ve Bulunabilecek Miktarlar				
Hammadde Cinsi	I	II	III	
Bir tonun normal fiyatı	\$ 48	\$ 124	\$ 18	
Normal fiyatla bulunabilen miktarlar (ton)	100	150	250	
Bulunan miktardan fazlası için ton başına ödenen fiyat	\$ 72	\$ 36	\$ 24	
Fazla fiyatla bulunabilen miktar (ton)	100	150	400	
C — Ürün Fiyatları ve Satış Potansiyelleri				
Ürün	A	B	C	D
Bir tonun satış fiyatı	\$ 96	\$ 150	\$ 135	\$ 171
Satış Potansiyelleri (ton)	200	100	160	50

Her cins hammaddeyi sabit bir piyasa fiyatıyla sınırsız miktarda almak mümkün olsaydı, her ürün, satın alma ve işleme masrafları en düşük olan hammadde cinsinden yapılması gerekirdi; fakat ne yazık ki her cins hammaddenin normal fiyatlardaki miktarı yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi sınırlıdır. Herhangibir cins hammaddeden normal fiyatla bulunandan fazlası sadece tabloda gösterilen fazla fiyatlarla elde edilebilir.

Ürünler fabrikatörün münferit tesisinden f.o.b. satışla satılır; daha önceden tesbit olunan satış fiyatları, satış departmanının bu fiyatlarda satılabilecek miktarlar üzerindeki tahminleriyle birlikte tabloda gösterilmiştir.

Problem böylece hangi ürünlerin ne miktarlarda ve ne şekilde üretileceğini —başka bir deyimle, her ürün için hangi cins hammaddenin kullanılması gerektiğini— tesbit etmekten ibarettir. Çözüm Tablo VI'da gösterilmektedir.

**TABLO VI. EN KÂRLI ÜRETİM PROGRAMI**

Ürün	Ürün Miktarı (ton)		Kullanılan Hammadde miktarı (ton)		
	Satış Potansiyeli	Üretim	Cins I	Cins II	Cins III
A	200	200		210	167
B	100	100	100		83
C	160	160			400
D	50	0			
Toplam olarak kullanılan hammadde			100	210	650
Normal fiyatla satın alınan miktar			100	150	250
Fazla fiyatla satın alınan miktar			0	60	400

### **Elektronik Beyin Kullanmanın Faydaları**

Matematiksel programlamanın H.J. Heinz Şirketi tarafından kullanılışından bahsederken, nakliye programlarının bir memur ta-

rafından kalem kağıttan başka hiçbir araç kullanmadan mâkûl bir süre içinde hazırlanabileceğini belirtmiştik. Problemde 6 tesis ve 70 deponun var olması, ortaya çıkan kullanılabilir 420 mümkün rotadan asıl kullanılacak 75 rotayı seçerek tesbit etmeyi gerektirir bile, yukarıdaki ifade yine doğrudur. Sayıca çok fazla değişkenleri içeren durumlarda bile görülen, çözümdeki bu kolaylık, biraz önce incelediğimiz hammadde seçiminde olduğu kadar daha önceki kısımlarda da alınan diğer problemlerde de görülür. Bütün bunlar «nakliye problemi genyönetimi» olarak adlandırılan çözüm yolu ile çözülebilen problemlerdir.

Bunun aksine, diğer problemler genel olarak süratli hesaplama makinelerinin kullanılmasını gerektirir. Bunlar «genel genyöntem» («general procedure») olarak adlandırabileceğimiz çözüm yolunun kullanılmasını gerektiren problemlerdir. Buradaki matematik ilkökul seviyesi aritmetiğinden öte bir şey olmamakla beraber işlemlerde kullanılan gerekli aritmetik miktarı nakliye problemi genyöntemindekinden çok daha fazladır. Bu da, tecrübeli bir matematikçi problemi basitleştirecek bir yol bulmadıkça memurların normal bir sürede bu tip bir problemi elle çözmelerine imkân yok demektir.

Bir problemin nakliye problemi genyöntemi veya genel genyöntem ile çözülebilmesi problemin nakliye ile ilgili olup olmamasına değil, daha çok verilerin şekline bağlıdır. İncelediğimiz hammadde problemi taşıma problemi olarak çözülebilirdi çünkü I. cins yerine II. cins hammadde kullanılmış olsaydı her ürün için % 50 miktarında daha fazla hammadde kullanmak gerekiyordu; I. cins yerine III. cins kullanıldığı takdirde ise % 67 miktarında daha hammaddeye ihtiyaç gerekecekti. Fakat düşük kalite hammadde cinsinin sebep olduğu mahsul üzerindeki kalite düşüklüğü belirli mâ-mûl malın cinsine göre değişmiş olsaydı genel genyöntemi kullanmak gerekecekti.

Genel genyöntemin otomatik hesaplama makineleri kullanılmasını gerektirmesi bu genyöntemin yalnız hesaplama makinelerine sahip büyük şirketler tarafından uygulanacağı anlamına gelmez. Bu genyöntemle çözümü gerektiren bütün problemler ekonomik ve fiziksel anlamda tamamen değişik olsalar bile matematiksel olarak aynı yapıya sahiptir. Bu bakımdan bir merkez hizmet bürosundaki (central service bureau) bir otomatik hesaplama makinesi, be-



lirli büyüklüğe kadar olan bütün problemlerin genel genyöntemi bir defaya mahsus olmak üzere kodlanabilir. Böylece makine çeşitli şirketlerin değişik problemlerini çabuk ve ucuz olarak çözebilir. Bu işlemler herhangi bir merkez hizmet bürosunda saat başı ücretle yaptırılabilir; bir problemi çözmek için gereken zaman şaşırtıcı derecede kısadır.

### **En Çok Kâr Getirecek Karışımın Tesbiti (Most Profitable Blend)**

Aşağıdaki paragrafta genel genyöntemin kullanıldığı örnek olay verilmiştir :

Otomobil ve uçak yakıtı olarak kullanılan benzin tek bir tasfiye işleme ürünü olmayıp çeşitli rafineri ürünleri karışımına belirli miktarda tetraetil kurşun eklenmesinden meydana gelmiştir. Bir dereceye kadar bu çeşitli ara ürünlerin her biri belirli tasfiye işlemlerini gerektirir. Sonuç olarak bir rafineri sevki idaresi şöyle bir problemle karşılaşabilir: Günlük üretim miktarı kısıtlı olan bu ara ürünler âzamî kârı sağlamak için hangi mamûl mal için birden fazla üretim şeklinin olması problemi daha da karışık bir hale sokmaktadır. Genel olarak bir karışım, belirli şartlar yerine getirilme şartıyla çok çeşitli yollarla üretilebilir.

Bu kesinlikle bir programlama problemidir. Zira verilen bir ara ürünün bir mamûl madde karışımında kullanılması aynı ara ürünün başka bir mamûl madde karışımı için daha azının elde kalmasını gerektirir. Ayrıca bir ara ürünün belirli bir mamûl madde karışımında istenilen özellikteki performansı yerine getirmek üzere kullanılması, o karışımında aynı fonksiyonu gören diğer ara ürünlerin daha az miktarda kullanılmasını gerektirir. Bu problemin doğrusal olup olmadığı sorabiliriz kendi kendimize. Bunu anlamak için ara ürünlerin ve bunların meydana getirdiği mamûl mal karışımların özellikleri arasındaki ilişki daha dikkatle incelenmelidir. Aşağıda bu özellikler anlatılmıştır :

Bir benzin yakıtının performans özelliklerinin başlıca iki ölçüsü vardır. Bunlar oktan sayısının geliştirilmiş bir şekli olan ve vuruntu (antiknock) hususiyetlerini belirten performans sayısı (PN) ve yakıtın uçuculuğunu gösteren buharlaşma basıncıdır (RVP). Yüksek kaliteli uçak benzinlerinin zayıf karışımlara ait 1-c PN ve zengin karışımlara ait 3-c PN olmak üzere iki performans sayısı var-

dır. Karışımı meydana getiren ara ürünlerden her birinin kendine ait buharlaşma basıncı ve performans sayısı vardır.

Mamûl maddedeki, istenen buharlaşma basıncı ve performans sayısı ara ürünlerin birbirleriyle düzenli karışımı ile sağlanır, ayrıca, performans sayısını arttırmak amacı ile tetraetil kurşun (TEL) ilâve edilerek işlem tamamlanır. Herhangi bir yakıt için kullanılacak tetraetil kurşun miktarı çeşitli sebeplerden dolayı sınırlıdır ve tetraetil kurşun istenilen performans sayısını elde etmenin en ucuz yolu olduğundan bu maddeden kullanılabilecek en son sınırına kadar faydalanmak yaygın bir uygulama haline gelmiştir.

Yukarıdaki problemde görüldüğü gibi mamûl maddenin buharlaşma basıncı ve performans sayısının, karışımı teşkil eden çeşitli ara ürünlerin buharlaşma basınçlarının ve performans sayılarının basit tartılı aritmetik ortalamalarına eşit olması şartıyla problem doğrusal olacaktır. (Burada performans sayılarının herbiri, mamûl maddede kullanılacak olan önceden tesbit edilen tetraetil kurşun miktarına göre hesaplanır.) Bu nazariye, performans sayısı bakımından, tamamen doğru olmasa bile, bütün normal karışım hesaplamalarına temel teşkil edecek niteliktedir. Sonuç olarak bu problem muntazam bir şekilde doğrusal programlama ile çözülebilir.

A. Charnes, W.W. Cooper ve B. Mellon doğrusal programlamayı gerçek bir rafineride azamî kâr getirecek karışım seçiminde kullanmışlardır; hesaplamaları basit bir hesap makinesinden başka hiçbir araç kullanmadan yapabilmek amacıyla problemi oldukça sadeleştirmelerine rağmen, bu hesaplamaların sonuçları şirket sevki idarecilerinin dikatini çekecek önemde olmuştur (4). Bu gibi problemlerde modern hesap araçlarıyla, tabii ki, çok daha fazla veriler çok daha az zamanda işlenebilirdi; bu maksatla birçok petrol şirketleri modern araçlar kullanmaya başlamışlardır.

Charnes, Cooper ve Mellon'un işlemlerinin yapılışını göstermek üzere aşağıda verilen bilgiler pek tabii olarak gerçek değildir.

Bahis konusu rafineride alkilat (alkylate), katalitik yolla dehidrojene edilmiş benzin (catalytic-cracked gasoline), normal ben-

---

(4) Charnes, A., W. W. Cooper, B. Mellon, «Blending Aviation Gasolines : A Study in Programming Interdependent Activities in an Integrated Oil Company», *Econometrica*, Şubat 1952, s. 135.

zin (straightrun gasoline) ve izopentan (isopentane) adındaki ara ürünlerin birer cinsleri günlük sabit miktarlarda elde bulunmaktadır. Tablo VII'de bu miktarlar ve performans özellikleri gösterilmektedir. Bu ara ürünler, performans özellikleri ve satış fiyatları yine Tablo VII'de gösterilen A, B, C diyebileceğimiz üç ayrı uçak benzininin imalinde kullanılabilir.

**TABLO VII. ELDEKİ MİKTARLAR VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ TABLOSU**

A — Mamül Özellikleri						
Ürünler	Azami RVP	Asgari 1-cPN	Asgari 3-cPN	Azami TEL (cm <sup>3</sup> /gal).	Mamul Fiyatı (\$/varil)	TEL
						Maliyet Masrafı (\$/varil)
Uçak benzini A	7,0	80,0	—	0,5	\$ 4,960	\$ 0,051770
Uçak benzini B	7,0	91,0	96,0	4,0	5,846	0,409416
Uçak benzini C	7,0	100,0	130,0	4,0	6,451	0,409416
Otomobil Yakıtı	—	—	—	3,0	4,830	0,281862

B — Mürekkip Ürün Özellikleri					
Ara Ürünler	Günlük miktar (bbl.)	RVP	1 - cPN		
			0,5cm <sup>3</sup> TEL	4,0cm <sup>3</sup> TEL	4,0cm <sup>3</sup> TEL
Alkilat	3.800	5,0	94,0	107,5	148,0
Katalitic	2.652	8,0	83,0	93,0	106,0
Normal benzin	4.081	4,0	74,0	87,0	80,0
İzopentan	1.300	20,5	95,0	108,0	140,0

Bu üç uçak benzininden hiçbirinin yapımında kullanılmayan ara ürünler, satış fiyatı Tablo VII'de gösterilen otomobil yakıtında kullanılacaktır. Bu ürün, çalışmamızın kapsamadığı ara ürünlerden meydana geldiği için performans özellikleri tabloda gösterilmemiştir.

Şirketin sevki idaresi, şu veya bu sebepten, eldeki ara ürün miktarlarının tümünün kullanılmasına karar vermiş olduklarından, karışım programı seçilirken fiyatları göz önüne alınmayabilir. Zi-

ra hangi program seçilirse seçilsin, masraflar aynı olacaktır. Aynı şekilde karışım yapımından doğan masraflar da hangi mamül için olursa olsun aynı olacağından problem çözümünde göz önüne alınmayabilir.

Tek değişken masraf tetractil kurşun (TEL) masraflarıdır. Çünkü her ürün için kullanılan miktar değişiktir. Tablo VII'de varil başı ürün için tetractil masrafları gösterilmektedir.

Bu problemin çözümü Tablo VIII'de verilmektedir. Gerçekte ise, azami kâr getirecek karışımı tesbit eden program, sevki idaresinin dikkatini çekecek nitelikte bir sonuç olmamıştır. Bundan başka yeterince vakit verildiğinde şirketin program düzenleyicileri matematiksel programlama ile bulunan programa yakın veya aynı derecede başarılı bir program yapacak durumdaydılar. Bu karşılaştırmayı göstermek amacıyla yapılan testin sıhhat derecesi münakaşa götürür. Çünkü bu maksatla yapılan denemelerde şirketin program düzenleyicilerine matematiksel programlama ile tesbit edilen sonuçlar önceden verildiğinden kat'i sonuçları bilmeleri başarılı programa varmalarında yardımcı olmuştur.

Sevki idarecileri asıl etkileyen programın dolaylı sonuçları olmuştur. Her şeyden önce, Heinz Şirketinde olduğu gibi matematiksel programlama ile iş belirli rutin işlemler haline getirilince, tecrübeli personelin emek ve vaktinden tasarruf edilmektedir. Bu sonuç evvelce üzerinde durulmamış bir çok durumlar için program yapma imkânı vermiştir.

Tablo VIII'de gösterilen maksimum kâr getiren karışım, A Uçak benzinini ihtiva etmemektedir. Şirket itibarının sarsılmaması gibi sebeplerden dolayı şirket sevki idaresi bu ürünün günde 500 varil miktarında imal edilmesini gerekli görmüştür. Problem bu faktör gözönüne alınarak yeniden çözüldüğünde, 500 varil A uçak benzinini ihtiva eden karışımın, Tablo VIII'de gösterilen karışımdan yılda 80.000 dolar daha az kâr getireceği görülmüştür. Bu, sevki idarecilerin tahmin ettiğinden çok daha fazla bir masraftır. Şirketin programlarının bu masrafı kuruşu kuruşuna hesaplamaları mümkün olmakla beraber, böyle hesaplamalar personelin çok vaktini aldığından yapılmaktadır.

**TABLO VIII. EN KARLI KARIŞIM PROGRAMI**

Ürün	Üretilen		Ara maddeler		Straight-run	Isopentane
	toplam miktar	Alkilat	Katalitik			
Uçak petrolü A	0	0	0		0	0
Uçak petrolü B	5,513	0	2,625		2,555	333
Uçak petrolü C	6,207	3,800	1, 27		1,526	854
Otomobil yakıtı	113	0	0		0	113
<b>Toplam</b>	<b>11,833</b>	<b>3,800</b>	<b>2,652</b>		<b>4,081</b>	<b>1,300</b>

**«Konkav» Programlama**

Benzin tasfiye işi matematiksel programlamanın pratikte kullanılmasında pek çok çalışma yapılan bir alandır. Bu alanda gerçek veriler kullanılarak, ilginç bir doğrusal olmayan programlama türü denenmiş ve bu yönetime «konkav» programlama adı verilmiştir.

Benzin örneğindeki gibi, her ürünün performans sayısı ve buharlaşma basıncı, mamûlü meydana getiren ara ürünlerin buharlaşma basınçları ve performans sayılarının tartılı aritmetik ortalamalarına eşit olduğu varsayımından benzin problemi doğrusal programlama ile çözülebiliyordu. Fakat, evvelce de bahsedildiği gibi bu varsayım bazı durumlarda geçerli değildir. Problem yüksek kaliteli uçak yakıtları yerine diğer yakıtların karışımıyla ilgili olduğu takdirde ise doğrusal programlamayı uygulamak imkânsızdır. Böyle bir durumda kullanılacak azami TEL miktarının ekonomik olup olmadığı önceden belli değildir; böylece performans sayısı yakıttaki tetraetil kurşun miktarıyla bir orantı meydana getirmez.

Böyle durumları halletmek üzere geliştirilen genyöntemlerle gerçek problemler hiç değilse yaklaşık olarak çözülebilmiştir (5). Sonuçlar rafineri stoklarıyla azami kâr sağlayacak karışım yapma yollarını ve çeşitli mamûl maddelerde maximum kâr getirmek üzere kullanılacak tetraetil kurşun miktarını göstermektedir.

**Üretimde Kullanılacak İşlemlerin Tesbiti**

Sevki idarecilerin genel olarak sınırlı kaynaklar konusunda karşılaştıkları şaşırtıcı problemlerin en karışık olanları hammadde

(5) Bkz. Manne A. S., *Concave Programming for Gasoline Blends*, Report P-883 of the Rand Corporation, Santa Monica, 1953.

ile değil, tesislerin üretim kapasiteleriyle ilgilidir. Yapılacak ürünlerin ve kısıtlı makine kapasitesinin üretimi frenlediği durumlarda, üretilecek maddelerin ve yapımda kullanılacak yöntemlerin seçimi bu konuda iyi bir örnek teşkil eder. Problem, diğer makine kapasitelerinin normal fakat bir iki tip makinenin sayıca yetersiz olduğu durumlarda ortaya çıkabilir. Örneğin, SKF Şirketi, doğrusal programlamadan geliştirilen programlama tekniklerini (scheduling techniques) kullanarak yılda 100.000 dolar kâr ettiklerini bildirmiştir (6).

SKF firması uygulamasını anlatmak yerine, hayali bir örnek üzerinde, matematiksel programlama ile hazırlık masraflarının (setup cost) nasıl ele alındığını inceleyelim. Hazırlık masrafları iş hacmiyle orantılı olmadığından dolaysız olarak doğrusal programlama ile ele alınamazlar. Bununla beraber bir fabrikayı tamamen kapatarak sabit masrafların indiriminde kullanılan dolaylı yollarla ele alınabilirler. Aşağıda açıklayıcı bir örnek sunulmuştur :

Bir makine atölyesi I, II ve III olmak üzere üç tip makine dışında, yeterince makineye sahiptir. Bu makineler diğerleriyle birlikte A, B ve C ürünlerinin yapımında kullanılmaktadırlar. Her ürün bir çok yollarla yapılabilmektedir. Örneğin, törpüleme süresi makine ile daha ince işlemek suretiyle kısaltılabilir, fakat bu da makinede işleme süresini uzatır. Ayrıntıları iyice göz önüne alabilmek için, her ürün için 1, 2 ve 3 olmak üzere üç değişik işlem kâğıdı olduğunu kabul edelim.

Bütün makineler istenilen sürece çalıştırılabilseydi, her ürün için en ekonomik yapım şeklini seçmek mümkün olacak ve şirket o ürünün yapımını satılabilen miktarda artırma yoluna gidecekti. Fakat makine kapasitesi kısıtlı olduğundan bir ürün için yapılan işlemin diğer iki ürünün yapımında kullanılacak makine kapasitesi üzerindeki etkileri göz önüne alınarak seçilmesi gerekmektedir. Üretim miktarını ise bütün ürünler toplamı için azami kâr getirecek şekilde tesbit etmek gerekir.

Tablo IX'da her ürün için bu üç makine üzerinden yapılması gereken işlemlere talep zaman/birim cinsinden gösterilmektedir. Örneğin; B ürünü 3. işlem ile yapılıyorsa her birim için II. tip makinenin 0,2 saat III. tip makinenin ise 1,0 saat çalıştırılması gerekmektedir; I. tip makine hiç kullanılmamaktadır. Tamir ve bakım

---

(6) Bkz. *Factory Management and Maintenance*, Şubat 1954, s. 136-137.

da geçen tahminî süreler çıkarıldıktan sonraki elde bulunan haftalık makine çalışma süreleri tablo IX'da gösterilmektedir.

Tablo IX'da kabul edilen haftalık sipariş miktarlarını sağlamak için yapılması gereken üretim miktarıyla birlikte, üretilen ürünün dahilineki bütün ek birim miktarlar üzerinde tahakkuk edecek olan «marjın» de gösterilmektedir. Bu marjin, programda bulunan makineyi çalıştırma masrafları hariç, fiilen harcanan bütün üretim giderlerinin satış fiyatından farkına eşittir. Bu makineler «dar boğazı» teşkil ettiklerinden, zımnen de olsa her durumda ful-taym çalıştırılacaklardır; böylece makine çalıştırma masrafları her program için zımnen aynı olacaktır.

### **Problemin Çözümü**

Domates salçası üretimiyle ilgili örnekte nasıl ki başlangıçta sabit masraflar göz önüne alınmadıysa bu problemin çözümü için de makinelerin hazırlık süreleri göz önüne alınmayacaktır. Herhangi bir programın her tip makine hazırlığı için 6 saat gerekeceği varsayımına dayanarak, makinelerin haftalık kullanma sürelerinden 6 saat çıkarıldıktan sonra programın düzenlenmesine başlanmalıdır. Sonradan programın gerektirdiği rakamlar ve hazırlık sürelerine göre ayarlama yapılabilir.

Tablo X, makine hazırlık safhasıyla ilgili varsayım geçerli olduğu takdirde en çok kâr getirecek programı göstermektedir. Buna göre haftada talep edilen 100 birim A ürününün ve 300 birim B ürününün hepsi ve 300 birim talep edilen C ürününden de 394 birim üretilmesi gerekecektir. Başka bir deyimle, kontratla ısmarlanan üretim miktarı temin edildikten sonra, eldeki kapasitenin en çok kâr getirecek şekilde kullanılması C ürünü üretilmesi ile olacaktır. Bu programda belirtilen makine hazırlık süresi uzunluğunu görmek için kontrol edildiğinde, bu sürenin 3 makinede 6 saati aştığı görülür (Tablo X-B bölümü toplamları). Bu durumda normal çalışma süresi hazırlık süresine göre kısaltılıp program yeniden ayarlanabilir. Tablo X'da verilen program incelendiği zaman göz önüne alınması gereken başka bir gerçek daha ortaya çıkar. Buna göre 3. işlemle A ürününden haftada yalnız 8 birim imal edilmesi gerekmektedir.

Söz konusu makineler «dar boğaz» makineler olduğundan, hazırlık süresinin bu kadar az bir üretim miktarı için uzun oluşunun

zarara yol açtığını anlamak için masrafları hesaplamak gerekmez. Bundan dolayı normal makine çalıştırma süresi hazırlama süresine göre ayarlanmadan önce, A ürünün yapımında kullanılan 3. işlem ekarte edilebilir. İkinci safhada program yeniden ayarlanabilir. Doğrusal programlamanın bu alanda en faydalı özelliklerinden biri hesaplamaların bütünüyle mekanik olmayıp, mantık ve sağduyuyla anlaşılabilir ve kontrol edilebilir nitelikte olmalarıdır.

TABLO IX. ATÖLYE İHTİYAÇLARI

A — Birim Makine Zamanı Başına				
Makine cinsi		I	II	III
Ürün	İşlem	Makine saati/birim		
A	1	0,2	0,2	0,2
A	2	0,4	—	0,3
A	3	0,6	0,1	0,1
B	1	0,2	0,3	0,4
B	2	0,1	0,1	0,8
B	3	—	0,2	1,0
C	1	0,2	0,1	0,7
C	2	0,1	0,6	0,4
C	3	—	0,8	0,2

B — Haftalık Hazır Bulunan Toplam Makine Saatleri

Makine cinsi	I	II	III
Saat	118	230	306

C — Makine Hazırlık Süreleri

Makine cinsi		I	II	III
Ürün	İşlem	Makine saati/hazırlık (setup)		
A	1	2,4	0,6	1,2
A	2	1,8	—	1,8
A	3	1,2	1,8	1,2
B	1	3,0	1,2	2,4
B	2	0,6	3,0	1,2
B	3	—	3,6	1,2
C	1	2,4	1,8	3,0
C	2	1,2	1,2	1,2
C	3	—	2,4	2,4



Değişikliğe göre yeniden ayarlanan program Tablo XI'de gösterilmektedir. Bu tabloda salça problemlerinin «sıra değerleri» ve «sütun değerleri»ne karşıt olan bir takım masraf bilgileri de verilmiştir. Bu bilgiler makalenin III. bölümünde daha geniş çapta ele alınacaktır. Şimdilik bu bilgilerin, A ürünü yapımında 3. işlemin ekarte edilmesini doğrular nitelikte olduğunu belirtmekle yetineceğiz. İşlem 3'ün 8 birimlik üretim için kullanılması işletme süresinde 51,20 dolarlık ( $8 \times \$ 6,40$ ) tasarruf sağlamakta fakat makinenin hazırlığında aşağı yukarı 100 dolara malolmaktadır (Saati 27,80 dolardan II. tip makinede 1,8 saat + saati 38,80 dolardan III. tip makinede 1.2 saat olmak üzere).

Bu durumda C ürününün yapımında yalnız bir işlem kullanmanın kârlı olup olmayacağı da düşünülebilir. Fakat, mantığı olarak, C ürünün 2. işlemde üretim miktarının, makineyi hazırlama masraflarını önemsiz bir dereceye düşürecek kadar fazla olduğu görülmektedir.

Tablo XI'e ait çalışma kâğıtlarındaki yan ürünlerin masraf bilgileri analizleri bu düşünceyi doğrulamaktadır. Bu noktanın ispatı A ürünü ile 3. işlemin durumundan daha karışık olduğundan burada verilmemiştir.

### **Nihai Programın Özellikleri**

Sonuç olarak nihai program yine A ve B ürünlerinden ihtiyaç olunan (talep edilen) miktarın yapımını gerektirmektedir. Her ürünün yapımında en uygun işlem seçildiği takdirde C ürününün asgari ihtiyaçtan 88 birim fazlasının imâl edilebileceği görülmektedir. Bu 88 birim Tablo X programında yaklaşık olarak gösterilen 94 birimden pek fazla değildir. Tablo X'un programı, kabaca tahminlere dayanmasına rağmen, eldeki kapasitenin gereğince kullanılış yollarını tesbit etmekte çok faydalı olmuştur. Daha karışık bir problem, bu örnekte olduğu gibi bir yerine bir kaç seri yaklaşık hesaplamaları gerektirebilir.

Nihai programın diğer bir önemli özelliği de I. tip makinenin belirli bir sene için kullanılmasını gerektirmesidir; dolayısı ile kullanılmayan kapasitesi olmaktadır. Bu makinenin tam kapasite kullanılmasını öngören herhangi bir program Tablo XI programından çok daha az kâr getirecektir. Matematiksel programların bir makine atölyesinde uygulandığı gerçek bir örnekte, bu tip sonuçların

pratikte büyük önem taşıdıkları görülmüştür. Böyle durumlarda personelin makinelerin tüm kapasitesini kullanacak bir program hazırlama yoluna giderek, sağlanan kârı azaltmaları tehlikesi ortaya çıkar.

**TABLO X. MAKİNE BAŞINA ALTI SAATLİK HAZIRLIK SÜRESİ VARSAYIMINA GÖRE EN KÂRLI KAPASİTE KULLANIMI**

A — Makine Başına 6 Saatlik Hazırlık Süresine Göre Düzenlenmiş Program

Makine cinsi		I	II	III	Üretilen
Ürün	İşlem	Üretimde kullanılacak makine saatleri			miktar
A	1	18,4	18,4	18,4	92
A	3	4,8	0,8	0,8	8
B	1	40,0	60,0	80,0	200
C	1	48,8	24,4	170,8	244
C	3	—	120,0	30,0	150
Toplam		112,0	223,6	300,0	

B — Programın Gerektirdiği Gerçek Hazırlık Süreleri

Makine cinsi		I	II	III
Ürün	İşlem	Hazırlık süreleri (saat)		
A	1	2,4	0,6	1,2
A	3	1,2	1,8	1,2
B	1	3,0	1,2	2,4
C	1	2,4	1,8	3,0
C	3	—	2,4	2,4
Toplam		9,0	7,8	10,2

### En Düşük Üretim Masraflarının Sağlanması

Son verilen örnekler bir şirket satış kapasitesi altında üretim yaptığı zaman, maximum kâr getirecek üretim programının seçimiyle ilgilidir. Matematiksel programlama tesbit edilen miktarın asgari masraflarla imal edilmesi konusunda da faydalı olabilir. Aşağıda bu konuyla ilgili ilginç bir örnek verilmektedir :

TABLO XI. ELDEKİ KAPASİTENİN EN KÂRLI KULLANIMI

A — Asıl Hazırlık İhtiyaçlarına Göre Yeniden Düzenlenmiş Program

Makine			I	II	III	Üretilen miktar (adet)
Ürün	İşlem		Makine Saatleri			
A	1	hazırlık	2,4	0,6	1,2	100
		işleme	20,0	20,0	20,0	
B	1	hazırlık	3,0	1,2	2,4	200
		işleme	40,0	60,0	80,0	
C	1	hazırlık	2,4	1,8	3,0	238
		işleme	47,0	23,8	166,6	
C	3	hazırlık	—	2,4	2,4	150
		işleme	- -	120,2	30,0	
Kullanılmayan zaman			2,6	—	—	
Toplam			118,0	230,0	305,6	

B — Bir Makine Saati Arttırılmasıyla Elde Edilebilecek Ek Marjin

Makine cinsi	I	II	III
Marjin	—	\$ 27,80	\$ 38,80

C — Bir Birim Ürünü Tesbit Edilen İşlemden Başka Bir İşlemlle İmal Etmeden Doğan Marjin Kaybı

Ürün	İşlem		
	1	2	3
A	—	\$ 1,70	\$ 6,40
B	—	10,90	20,80
C	—	2,20	—

D — Fazladan Bir Birim Ek Ürünü Tesbit Edilen İşlemden Başka Bir İşlemlle İmal Etmeden Doğan Marjin Kaybı

Ürün	Zarar
A	\$ 3,30
B	3,00

Et satımıyla uğraşan bir iş adamı en ucuz yolla bütün besleyici özellikle sahip bir tavuk yemi imal etmekte doğrusal programlamayı kullanmaktadır. Böyle bir problemi çözmek için gerekenler: önemli besleyici maddeler listesi (madensel tuzlar, protein vs.), bu maddelerden bir libre yemde kullanılması gereken miktarlar, yemin imalatında kullanılabilecek ara ürünleri ve fiyatları listesi ve her besinin, yemin imalinde kullanılan ara ürünlerindeki miktarları listesidir (7).

Bu problemin uçak yakıtı problemleriyle benzerliği açık olmakla beraber, burada programın amacı geliri maksimuma çıkarılacak ürünün tesbiti olmayıp, belirli bir imalat miktarını asgarî masraflarla sağlamalı ki, birden fazla ürünün yapımı söz konusu olduğu zaman da aynı problem ortaya çıkar. Bir rafineri sevki idarecisi bu konuda şöyle bir problemle karşılaşabilir :

Rafinerinin satış potansiyeli kadar üretim yaptığını kabul edelim. Bilindiği gibi her ürün alkilat ve katalitik usülle hidrojeni azaltılmış benzinler gibi ara ürünlerinin çeşitli şekillerde karışımından meydana gelmiştir. Aynı şekilde her ara ürün bir çok hammadde nin değişik oranlarda karışımından meydana gelir. Rafineri sevki idarecisi masrafları asgariye indirmek için alınacak hammadde çeşitlerini ve bunların istenilen ürünü elde etmek üzere tâbi tutulacakları tasfiye işlemlerini tesbit etmek zorundadır.

Charnes, Cooper ve Mellow, yerli yanında ithal malı hammadde kullanma ihtimalini, vergileri, gümrük vergilerini, şirketin kendi tankerlerini veya özel olarak kiralanan tankerlerin kullanılmasından doğan masraf farkını da içine alan daha karışık problemlerinde doğrusal programlama yoluyla çözülebileceğini göstermişlerdir.

Doğrusal programlama bu ürünün en ekonomik yolla yapımını tesbit ederek, her ürünü satabildiği kadar imal etme kapasitesi olan bir makine atölyesinde masraf indirimini sağlamakta kullanılır. Bu çeşit problemde verilmesi gereken tek bilgi, tüm üretim ihtiyacını karşılayacak derecede olmasa bile firmanın sahip olduğu

---

(7) Matematiksel programlamanın tarım iktisadındaki çeşitli problemlerle ilişkin olarak kullanılması aşağıdaki dergide, değişik makalelerde anlatılmıştır. *Journal of Farm Economics*, 1951, s. 299; 1953, s. 471 ve s. 823; 1954, s. 74.

en iyi, başka bir deyimle en iktisadi makinelerin, örneğin en süratli matkabın kapasiteleridir.

Örnek :

Bir imalatçı matkapta işlenecek belirli miktarda 5 ayrı parça imal etmek istemektedir. Parçalar A, B, C, D ve E'dir. İmalatçının elinde I, II ve III olarak numaralandıracağımız üç ayrı matkap vardır. Tablo XII'de gösterildiği gibi her makine 5 parçayı da imal edebilir, fakat yapım hızı değişiktir.

TABLO XII. ÜRETİM HIZLARI, İHTİYAÇLARI VE MALİYETLERİ

Makine	I	II	III	Haftalık ortalama üretim (adet)
Parça	Makine Başına düşen zaman (dakika)			
A	0,2	0,4	0,5	4,000
B	0,1	0,1	0,5	9,000
C	0,2	0,2	0,4	7,000
D	0,1	0,3	0,3	9,000
E	0,2	0,3	0,5	4,000
Değişken İşletme Masrafı (saat başına)				
	\$ 12	\$ 9	\$ 9	

II. matkabın I. den hız farkı bütün parçaların imalinde aynı oranda az olsaydı ve aynı durum III. matkap için de geçerli olsaydı bu problemin çözümü fazla bir çalışmayı gerektirmeyecekti. Fakat bir matkabın randıman düşüklüğü imal edilen parçaya bağlıdır. Bu konuda doğrusal programlama yardımcı olacaktır. Makinelerin hepsi dar boğaz makineler olmadığından ve problemin maksadı mümkün olduğu kadar işlem masraflarından kaçınmak olduğundan, her makinenin bir saatlik değişken masrafı (direkt işçilik masrafı, güç, tamir, bakım v.b.) tabloda gösterilmiştir. Tablo aynı zamanda her parça için ihtiyaç olunan ortalama haftalık üretim miktarını da ihtiva etmektedir. Bununla beraber yöneticilerin her tip

parçanın yapımı için uzun seneler ayırarak makine hazırlık masraflarını (setup costs) program hazırlanmasında göze alınmayacak derecede azaltacağı düşünülebilir. Makine hazırlığı, bakım ve tamirlerin cumartesi günleri yapıldığını varsayarak her makinenin haftada 40 saatlik randımanı olacaktır.

XIII'te, istenilen üretim miktarını sağlayacak asgari masraf programı ile birlikte yan ürünlere ait masraf bilgileride gösterilmektedir. Evvelce belirtildiği gibi tabloda üretim haftalık ortalama olarak gösterilmiştir. Her makinenin gerçek çalışma saatleri (randıman) sonradan hesaplanabilir.

**TABLO XIII. EN DÜŞÜK MASRAF PROGRAMI VE YAN ÜRÜN MALİYETİ BİLGİLERİ**

**A — En Düşük Masrafa Göre Makinelerin Dağılımı**

Makine	Birinci Alternatif Program			İkinci Alternatif Program		
	I	II	III	I	II	III
Parça	Ortalama Haftalık Zaman			(dakika)		
A	600		500	467		833
B	900			900		
C		1,400			1,400	
D	900			900		
E		1,000	333	133	1,000	
Kullanılmayan zaman			1,567			1,567
Toplam	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400	2,400

**B — Üretimi Bir Birim Arttırmanın Maliyeti**

Parça	A	B	C	D	E
Maliyet	\$ 0,0750	\$ 0,0375	\$ 0,0500	\$ 0,0375	\$ 0,0750

**C — Makinenin Bir Saat Fazla Çalışmasının Değeri**

Makine	I	II	III
Değer	\$ 10,50	\$ 7,50	\$ 0,00

### KISIM III. KÂR VE MASRAFLAR HAKKINDA BİLGİLER

İyi bir matematiksel programlama uygulamasından sevki idarecilerin edindikleri tek avantaj, sadece belirli koşullar altında azamî kâr getirecek programın seçimi değildir. Bu teknik, uzun ve kısa vâdeli bir çok problemlerde tutarlı karar vermek için gereken bilgileri edinmenin en pratik yolu olmak bakımından da aynı önemi taşır.

#### **Programlamanın Gerekliliği**

Matematiksel programlama ne çeşit masraf bilgisi temin edecektir? II. bölümde verilen benzin karışımı problemi bu konuda iyi bir örnektir. Bu problemde sevki idareciler A cinsi uçakgazi üretiminin, yılda yaklaşık olarak 80.000 dolar kâr sağladığını görmüşlerdi ki, bu tahmin edilenden çok fazlaydı. Buradaki anlamıyla «maliyet masrafı» (cost) kavramı —bir işlem silsilesi sonucu elde edilen kâr ile başka bir işlem silsilesi sonucu elde edilen kâr arasındaki fark— muhasebedeki anlamından tamamen ayrıdır. Bu tür masraflara ait bilgi normal muhasebe gentötemleriyle elde edilemez. Çok sayıda faktörlerin değişik birçok kombinasyonlar meydana getirdiği konularda bu tür masraflar doğru ve çabuk olarak ancak matematiksel programlama yoluyla tesbit edilebilir.

#### **Karar vermek için gerekli masraf bilgisi**

Bazı durumlarda, yapılması düşünülen bir değişikliğin muhasebedeki maliyet veya kâra etkisi yerine başlıbaşına bütün kârlar üzerindeki etkilerine bakmak gereklii açıktır. Meselâ, benzin karışımı probleminde sevki idareciler hesapların kâr göstermesine rağmen A cinsi Uçakgazinin üretimiyle para kaybına uğradıklarını biliyorlardı. Bilinmeyen yalnız bu zararın miktarı idi. Başka durumlarda bunun aksi olarak, muhasebedeki maliyet masrafı tutarlı bir karara varmada yanıltıcı olabilir. Karar verilirken bu gerçek göz önüne alınmayabilir. Aşağıdaki örnek böyle bir durumu göstermektedir.

Bir depoya yapılan nakliyenin maliyeti mantıkî olarak nakil için ödenen bedeldir. Fakat sevki idareciler bu «mantıkî» düşünceye göre hareket etmeden önce bir kere daha düşünmeleri gerekir.

Nakliye programı Tablo II'de verilen firmanın satış müdürünün, E deposunda satışın güçleştiği ve masrafa yol açtığını, buna karşılık T deposunda satışların kolaylıkla artırabileceğini tesbit ettiğini varsayalım. Her iki bölgede de satış fiyatı aynı olup, rekabet yüzünden hemen değiştirilememektedir. Araştırma sonucu E deposu nakliye ücretlerinin beher cwt için 23 sent olduğunu öğrenen satış müdürü birtakım satışların E'den T'ye aktarılmasını gerekli görmektedir. Böylece nakliye ücretlerinden cwt. başı 17 sentlik bir tasarruf edilmesi, diğer satış ve reklâm masraflarının azalması firmaya kâr sağlayacaktır.

Buna karşılık nakil vasıtalarını işletme müdürü E ve T depolarının ihtiyacının aynı fabrika tarafından karşılanmadığını göz önüne alarak Fabrika II'den depo E'ye gönderilen ürünler T'ye gönderildiğinde, nakliye ücretlerinin 6 sente düşmeyeceğini, aksine 23 sentten 54 cent'e çıkararak cwt. başı 31 sentlik bir zarara sebep olacağını ileri sürmektedir. Aslına bakacak olursak ikisinin de tezi doğru değildir. Satışların E'den T'ye aktarılması taşıma masraflarında eksilme yerine artış meydana getirecektir. Fakat bu değişiklik esaslı şekilde programlanırsa (Fabrika II'den F'ye gönderilen ürün Q deposuna gönderilecek, Q deposu bu takdirde Fabrika XII'den daha az ürün alacak ve fabrika XII artan miktarı T deposuna gönderebilecektir), bu değişiklik sonucu nakliye masraflarındaki fazladan artış cwt. başı 14 sent olacaktır. Sevki idarecilerin E deposunda satış güçlüklerinden doğan fazla masraflarla karşılaştırıp ona göre karar vermeleri gereken masraf bu 14 sentlik masraftır.

Benzin problemi gibi yukarıdaki örnekte matematiksel programlamanın, sevki idarenin kararları sonucu ortaya çıkacak kâr ve masrafların hesaplanmasında kullanıldığı tipik bir durumdur. Genel olarak her program belirli sabit şartlar altında azamî kâr sağlamak amacıyla hazırlanır. Sevki idare bu şartların herhangi birinde yapılacak bir değişikliği gözönüne almak istediği takdirde, yeni bir program düzenlenebilir ve ondan sonra eski ve yeni şartlar altındaki kârlar karşılaştırılır. Bazı durumlarda yapılacak bu değişikliğin sebep olacağı masrafları hesaplamak için yeni program düzenlemek gerekmez. Yapılan değişiklik büyük çapta olmadığı takdirde eldeki program aynı zamanda yan ürün olarak koşullardaki değişikliğin kâr ve masraflarda sebep olacağı değişikliği de gösterir. İktisatçıların deyimiyle bu yan ürünler marjinal masraf ve marjinal kâr dağılımıdır.



## Üretim Masraflarının Tesbiti

Benzin karışımı problemi, matematiksel programlamanın bir ürünün gerçekten kâr getirip getiremeyeceğini göstermede en iyi bir örnek olmakla beraber, karışım tekniğinin kompleks oluşu doğru cevaba ulaşmak için yapılan işlemleri anlaşılabilir hale getirmektedir.

İşlem yolları bilinmeden bir tekniğin iyi bir şekilde uygulanması mümkün olmadığından, bunu sağlamak amacıyla aşağıdaki basit problem örnek olarak verilmiştir.

II. Bölümün kullanılacak makinelerin görev dağıtımının tesbitiyle ilgili birinci probleminde, ismarlanan miktarlar üretildikten sonra artakalan kullanılmayan kapasite artığı bulunmaktaydı (Bkz. Tablo XIII). Bu program hazırlandıktan sonra bir müşterinin D parçasından 1000 tane daha ısmarladığını varsayalım. Bu durumda, ismarlanan 1000 parçanın üretim masrafı ne olacaktır?

D parçaları bir kısım kapasitesi kullanılmayan III. makinede yapıldığı takdirde 75 dolara (saat başı 9 dolardan 500 dakika) mal olacaktı. Gerçekte ise en ekonomik yol 1000 birim D'yi I. makinede, 1000 dakika içinde imal etmek, bu 100 dakikayı elde etmek için de makine I'ın yapmakta olduğu 500 birim A parçasını alıp Makine III'e aktarmaktır. Bu yapıldığı takdirde 1000 birim D parçasının muhasebe anlamında maliyeti saati 12 dolardan 100 dakika olmak üzere 20 dolar olacaktır. Gerçek maliyet, 500 birim 4 parçasını III. makinede saati 9 dolardan 250 dakikada yapımı göz önüne alınırsa, 3750 dolar olacaktır. Buna göre de 1000 D parçasının her birinin maliyeti Tablo III'de gösterildiği gibi 0,0375 dolar olacaktır. Bu rakkam ve parçanın hammadde maliyeti toplamından büyük herhangi bir rakkam sabit umumi masraflarda artış meydana getirecektir.

## En Çok Kâr Getiren Alıcıların Tesbiti

Satışların E deposundan T'ye aktarılması problemi, programlamanın en çok kâr getiren alıcı ve pazarları tesbitinde kullanılmasına bir örnek teşkil etmektedir. Burada alıcılar arasındaki yegane fark maliye ücretlerinden doğmaktadır. Bazı alıcıların ihtiyacı, maliyet masrafları yüksek olan fabrikalar tarafından karşılandığı takdirde bile problemin çözümü daha güç olmayacaktır. Zira bir üre-

tinin veya bir alıcının kâr getirip getirmeyeceğini tesbit etmek karışık işlemleri gerektirmemektedir.

### **Pazarlama Politikası**

Matematiksel programlama yoluyla elde edilen kâr ve masraf bilgileri sevki idareye, yapılacak ürünlerin, satış fiyatlarının ve satışın yoğunlaştığı alanların tesbitinde faydalı olmaktadır. Bu hiçbir zaman sevki idarenin pazarlama programlarını kısa vadeli kârları göz önünde bulundurarak yapması gerektiği anlamına gelmez. Programlama yalnız bilgi verir, şirket politikasına ait sorunları cevaplandıramaz.

Mevcut şartlar altında bazı ürünlerin ve bazı pazarların kâr sağlamadığını gören sevki idareciler önce bu durumun geçici olup olmadığını karar vermek zorundadırlar. Buna göre sevki idareciler mantikî varsayımlara göre gelecekteki satış fiyatlarının ve satış potansiyelinin tahminlerini yaparak, bu varsayımlara dayanarak çeşitli pazar ve fiyat kombinasyonlarının kârlılık derecelerini birer birer hesaplamalıdır. Matematiksel programlama asıl katkısını burada gösterir. Zira sevki idareciler ancak bu hesaplar ucuz ve kolay olacak yapılabildiği takdirde çok sayıda almaşıkları araştırma yoluna gidebilirler. Sevki idare bu bilgilere göre fiyatları değiştirmeye, bir takım alıcı isteklerini red veya kısa vadede zarar sebep olacak şekilde kabul etmeye, veya çok kâr sağlayacak yerlerde yeni tesisler yapmaya karar verir.

### **Ürün veya Hizmetlerin Farklılaştırılmasından Doğan Masraflar**

Diğer bir tür masrafta bir ürünün kalitesinin veya bir hizmetin daha iyi yapılmasından doğan masraflardır. Yapımı daha fazla masrafa malolan farklılaştırılmış ürünlerin geliri arttırıp arttırmayacağı veya bu fazla masrafı kapatacak derecede diğer masrafları düşürüp düşürmeyeceği konusu matematiksel programlama ile çözülen diğer problemlere benzer bir sorun ortaya çıkarır.

Bu tür masraflara yol açan durumlardan bazıları şunlardır :

1. *Acele teslim.* Tablo II'deki nakliye programına göre M deposunun ihtiyacının bir kısmı cwt. başı 40 sente Fabrika II, cwt. başı 21 sente de Fabrika IV tarafından karşılanmaktadır. Bu depo da stokların az olduğunu ve sevki idarecinin en yakın tesis olan Fab-

rika V'ten çabucak mal almak istediğini varsayalım. Fabrika V en yakın tesis olduğundan cwt. başına 10 sent olan nakliye ücretleri depoya stok gönderen diğer fabrikaların nakliye ücretlerinden daha ucuzdur. Fakat bu kısa rotanın kullanılması beklenenin aksine toplam masraflarda bir artış meydana getirecektir; zira program —bu rota kullanılmadan önceki durumda— bilindiği gibi mümkün olan en düşük toplam masrafı sağlamaktaydı.

Programa bakıldığında, Fabrika V'ten Depo M'ye yollanan malların ilk 140 cwt. si için cwt. başı 16 sentlik ek masraf (extra cost) yapıldığı hemen görülür. 140 cwt.'den fazla miktarlar için yapılan fazla masraflar, gerektiğinde kolaylıkla hesaplanabilir.

2. *Makine atölyesinde işlem seçimi.* Tablo XI'e göre makine kapasitesi sınırlı olan bir atölyede en kârlı üretim, B ürünü İşlem 1 ile imâl etmektir. İşlem 1 ile yeterli vasıfta üretim yapıldığını, fakat işlem 3 kullanıldığı takdirde daha iyi kalitede ürün elde edileceğini varsayalım. Bu durumda, müşteriyi daha iyi tatmin bakımından İşlem 3'ü kullanmaya değer mi, değmez mi veya fiyatlar bu fazladan masrafların bir kısmını kapatacak şekilde arttırılabilir mi, arttırılmaz mı sorunları ortaya çıkar.

Tablo XI'den İşlem 3'ün B ürünü yapımında kullanılmasından doğan ek masrafın birim başı en az 20, 80 dolar olacağı kolaylıkla görülmektedir. Bu masraf, İşlem 3'te her birimi 30 dolar «marjın» (kâr marjı) sağlayan C ürünü için sarfedilen kapasitenin B ürünü yapımında kullanılmasından ortaya çıkmaktadır. (B ürünü daha önce İşlem 1 ile yapılmaktaydı). B ürünü, 128 birime kadar İşlem 1 yerine İşlem 3 ile birim başı 20, 80 dolar masrafla üretilebilir. 128 birim yapıldığı takdirde atölyenin bütün kapasitesi her üç ürün için kontratla bağlı olunan miktarların üretiminde sarfolunmuş olur ve işlem 3'ü B ürününden daha fazla imâl etmede kullanmak imkânsızlaşır.

3. *Vuruntu derecesini (antiknock rating) azaltma maliyeti.* Charnes, Cooper ve Mellon tarafından incelenen rafineride A ve B uçak benzinlerinin zayıf ve zengin karışımları için vuruntu dereceleri (PN'ler) tesbit edilmiştir. İncelemede zengin karışım oluşumunun sebep olduğu ek masraflar üzerinde durulmuş ve bu ek masrafların günde 1000 dolar olduğu görülmüştür. Diğer bir deyimle ürünlerde gerekli olan yalnız zayıf karışımların vuruntu dereceleri

olsaydı rafinerinin kârı günde 1000 dolar artmış olacaktı. Biraz daha hesaplama yapıldığı takdirde, bu iki yakıtın zayıf karışımları için gerekli şartların sağlanmasının hiçbir masrafa malolmadığı görülmüştür; zengin karışım için gerekli şartların temini otomatikman zayıf karışım şartlarını fazlasıyla temin etmektedir.

4. *Farklılaştırılan ürünün piyasa değeri.* Bahsedilen rafinerinin mühendisleri, karışımda kullanılan normal benzinin (straight-run gasoline) uçuculuğu azaltıldığı takdirde piyasa değeri yüksek olan bir mamûl elde etmenin mümkün olduğunu ileri sürmüşlerdir. Matematiksel programlama bu konuda da gerekli bilgileri bulmamızda yardımcı olmuştur. Bu mamûlün buharlaşma basıncı (RVP) 4,0'dan 3,0'a bir birim düşürüldüğü vakit piyasa değerinin günde 84 dolar arttırılabileceği gösterilmiştir. Buna göre, farklılaştırılmış bir malın üretimi 84 dolardan daha az bir ek masrafa malolursa, durum kârlı olacaktır.

### **Sermaye Yatırımları**

Sevki idarecilerin verdikleri en önemli kararlardan bir kısmı azamî kâr getirecek yatırım sahalarını seçmeyle ilgili olanlardır. Bu seçim, gencl olarak, düşünülen yatırımın maliyetinin, yatırım sonucu gelir artışı ile karşılaştırılması şeklinde yapılır. Yapılması düşünülen yatırımlar aynı üretim işlemi için kullanılacaksa ve bu işlem bir çok değişik ürün meydana getirecekse bu takdirde sistemli bir hesaplama tekniği olmadan bunlardan herhangi bir yatırımın veya herhangi bir yatırım kombinasyonunun sağlayacağı gelir artışı- nı tesbit etmek imkânsızdır.

*Makine Araçları.* Kısım II'de bahsedilen, satışların makine kapasitesi ile sınırlanmış olduğu makine atölyesi örneğini ele alalım. Tablo XI programında II. ve III. tip makineler bütün kapasiteleri kadar çalıştırılırken I. tip makinelerde kullanılmayan kapasite vardır; bu kullanılmayan kapasitenin miktarı çok küçüktür ve aslında haftada 8 birim A ürününü İşlem 3 ile imâl etmek için bu makineleri kurma ve hazırlamak kârsız bir iş olduğu için vardır. Bu şartlar altında bu üç tipten bir tane daha alındığı takdirde yatırımın karşılığı ne olacaktır. Sevki idarecilerin mevcut talep, masraf ve fiyat tahminlerinin ileride değişmeyeceği varsayımına göre burada sorunun cevabını bu üç tip makineden yalnız biri için bulmayı yeterli buluyoruz.

Atölyenin III. tipten bir makine daha aldığını ve bu makinenin kapasitesinin haftada 38 saat olduğunu varsayalım. Tablo IX'daki aynı şartlara göre yeni program kolaylıkla tesbit edilebilir; yalnız bu sefer III. tip makinelerin toplam kapasiteleri 300 saat yerine 338 saat olacaktır. Hazırlanan program sonucu haftada 960 dolarlık bir «marjin» artması göstermektedir (satış fiyatı ile dar boğaz makinelerinin masrafları hariç bütün üretim masrafları arasındaki fark). Yeni makine alınmasıyla elde edilen ek geliri bulmak için 960 dolardan makineyi işletmenin işçilik ve umumî masraflarını, amortisman masraflarını ve mülkiyetten doğan diğer masrafları düşmek gerekir.

Bu sonuç yeni makinenin C ürünü imalatını haftada 32 birim arttırmasından ileri gelmektedir. 38 saat randımanın meydana getirdiği 960 dolarlık marjin sadece 25,30 dolara malolmaktadır ki bu, Tablo XI'de verilen 38,80 dolardan oldukça azdır. III. tip makinelerin kapasiteleri arttırıldıkça bu tip makinelerdeki dar boğazlık durum nisbeten azalmaya ve diğer iki tip makineler üzerindeki dar boğazlık durum da nisbeten artmaya başlar.

*Hammaddeler.* Örnek yapmadan da benzin rafinerisi problemi veya hammadde seçimiyle ilgili hayalî örneği (her ikisini de kısım II'de görmüştük), matematiksel programlamayı kullanmadan yatırım kârlılığını tesbit etmenin güç olduğu iki ayrı durum olarak belirtebiliriz. Yukarıda incelediğimiz rafineri problemi eldeki hammadde stoklarının en kârlı karışımını sağlamakla ilgili idi. Matematiksel programlama, rafineride mamûl malların yapımında kullanıldığı maddelerden birinin arttırılması halinde elde edilecek ek satış gelirini derhal gösterecektir.

Hammadde seçimiyle ilgili örnekte ise hammaddelerin piyasa-  
dan satın alınması gerekmektedir ve Tablo VI'da gösterildiği gibi, normal fiyatlarda hammadde miktarı sınırlı olduğundan D ürünü-  
nü imâl etmenin kârlı olmadığı görülmüştü. Programlama, şirketin bu hammaddeleri daha makûl bir masraf karşılığında elde etmek için sarfedeceği miktarı kolaylıkla tesbit edebilir.

*Programlama ve Tahminler.* Yatırım kararları, diğer kararlardan farklı olarak, mevcut faktörlerden çok geleceğe ait tahminler göz önüne alınarak verilir. Gelecekteki pazar ve masraf durumları hakkında çeşitli varsayımlara göre kârlılık derecesini ortaya çıkar-

mak mümkün olmadığı müddetçe rasyonel bir yatırım kararı verilemez.

Gereken tahminleri yapmakta oldukça zordur; sistemli bir hesaplama tekniği kullanmadan kârlılık derecelerini araştırmak, zaman, masraf ve doğurduğu güçlük bakımından imkânsızdır. Bu sebepten matematiksel programlamanın sevki idareciler için plânlama alanında diğer alanlardan çok daha önem taşıdığı düşünülebilir.

Diğer uygulamalarında da olduğu gibi, matematiksel programlama her derde deva değildir. Sevki idare programlamadan, plânlama ve şirket politikasını tesbit etmede büyük miktarda yararlanabilir, fakat bu kararları yürütenler herşeyden önce onu çok iyi anlayıp, bilmeleri ve diğer plânlama ve tahmin araçlarıyla birlikte akıllıca kullanabilmelidirler. Matematiksel programlamanın kaderi sevki idarenin elindedir. İlim adamları, kâşifler, kendilerine düşeni yapmışlardır; gerisi onu kullanacak olanlara bağlıdır.

#### EK AÇIKLAMALAR : PROBLEMLERİ KULLANIŞLI, KISA GENYÖNTEMLE ÇÖZME DİREKTİFLERİ

Doğrusal programlama problemleri birçok genyöntemlerle çözülebilir. Bunlardan bu bölümün sonunda bahsedilen «genel genyöntem» her çeşit problem çözümünde kullanılabilir, fakat uygulaması çok vakit alır. Diğer genyöntemlerle çözüme daha çabuk varılır, fakat yalnız belirli problemlerde uygulanabilirler. «Kâr tercihi genyöntemi» ve «nakliye problemi genyöntemi» bunlardan birkaçıdır.

Kâr tercihi genyöntemiyle, çok sınırlı miktarda bir sınıf problemler büyük kolaylıkla hiçbir makine ve araca ihtiyaç göstermeden çözülebilirler. Bir şirkette dar boğazı teşkil eden iki çeşit makine araçlarının programlanması buna iyi bir örnektir. Bu örnek işlemin yapılışını gösteren direktiflerle birlikte yayınlanmıştır (8).

---

(8) Bkz. A. Charnes, W. W. Cooper, D. Farr, «Linear Programming and Profit Preference Scheduling for a Manufacturing», Journal of the Operations Research of America I, Mayıs 1953, s. 114-129.

«Nakliye problemi genyöntemi» en çok uygulanan kısa metodur (9). Daha önceden de belirtildiği gibi nakliye problemi genyöntemi adını almasının sebebi ilk defa asgari masrafa malolan taşıma programlarının hazırlanışı için geliştirilmiş olmasıdır. Bununla beraber bu genyöntem nakliyeyle hiç ilgisi olmayan problemlerin çözümünde kullanılabilir, hattâ bazı nakliye problemleri bu yolla çözülemez.

Nakliye problemi genyöntemi kolay olduğundan, önce basit bir problemde inceleyerek ve sonra da daha karışık problemleri bu basit hale indirgeyecek bazı ipuçları vererek bu genyöntemin kullanılış şekline ait tüm direktifler gösterilecektir.

### Nakliye Problemi Genyöntemi

Bu örnek üç fabrika üretiminin, dört deponun ihtiyacını toplam nakliye masraflarını asgariye indirecek şekilde ayarlanmasıyla ilgilidir. Problemin değişken verileri çok az olduğundan mantıkla çözümü, bilimsel bir genyöntem kullanılmasından daha çabuk ve kolaydır. Genyöntemi açıklamak için basit bir örnek verilmiştir. Bu genyöntem mantığın yeterli olmadığı kompleks problemlerin çözümünde de kullanılabilir. Diğer taraftan, iyice anlaşıldıktan sonra genyöntemin kendisi de kısaltılabilir. Kısaltma yolları ayrıca verilecektir.

TABLO A. NAKLİYE ÜCRETLERİ, İHTİYAÇLAR VE KAPASİTELER

Fabrika	I	II	III	Depo ihtiyaçları (ton)
	Nakliye Ücretleri (dolar/ton)			
Depo A	1,05	0,90	2,00	35
B	2,30	1,40	1,40	10
C	1,80	1,00	1,20	35
D	1,00	1,75	1,10	25
Fabrika kapasitesi (ton)	5	60	40	105

(9) Bu genyöntem G. B. Dantzig tarafından geliştirilmişti: Bkz. Koopmans, T.C., *Activity Analysis of Production and Allocation* (New York, John Wiley and Sons, Inc., 1951), s. 359-373.

Tablo A'da problemin ana hatlarını teşkil eden bilgiler verilmiştir. Bunlar, her fabrikadan depolara kadar olan nakliye ücretleri, depo stok ihtiyaçları ve her fabrikanın üretim kapasitesidir.

*Bir Başlangıç Programı Hazırlanması.* İlk olarak aşağıdaki genyöntemle sabit stok ihtiyaçlarını ve kapasiteleri, masraflar göz önüne alınmadan sağlayacak bir program hazırlanmalıdır. Buna göre Fabrika I'in 5 tonluk üretimi A deposuna gönderilecek, deponun geri kalan 30 tonluk ihtiyacı ise Fabrika II tarafından karşılanacaktır. Fabrika II'den 10 ton daha alıp B deposunun ihtiyacı tamamlanacak geri kalan 20 tonluk kapasite de C deposuna ihtiyacının bir kısmını karşılamak üzere tahsis edilecektir. C'nin ihtiyaçları Fabrika III'ten tamamlanacak ve III'ün geri kalan kapasitesi D deposu ihtiyaçlarını sağlamak üzere harcanacaktır. Böylece Tablo B'deki başlangıç programı elde edilir.

**TABLO B. BAŞLANGIÇ NAKLİYE PROGRAMI**

Fabrika	I	II	III	Toplam
Depo A	5	30		35
B		10		10
C		20	15	35
D			25	25
Toplam	5	60	40	105

Bir başlangıç programı, metinde anlatılan «körü körüne» genyöntem yerine en iyi çözüm üzerinde yapılan bir tahmine göre de hazırlanabilir. Tahmin iyi olduğu takdirde çözümü gerektiren işlemler büyük miktarda kısaltılmış olur. Bunun için herhangi bir fabrikadan başlayarak bu fabrikanın üretiminin en iktisadi gelen şekilde depolara tahsisi gerekir. Bu fabrikanın kapasitesi tükendiği zaman herhangi başka bir fabrikanın üretimi ile, önce birinci fabrika ile stok ihtiyaçları ancak kısmen karşılanıp yarıda kalan deponun ihtiyacı tamamlanır ve sonra da akla uygun gelen şekilde ikinci fabrika ile diğer depolar doldurulur.



Burada gözden kaçmaması gereken tek kural, bir deponun stokları tamamlanmadan, yeni bir depoya stok göndermeye başlamamaktır. Fabrika sayısı depo sayısından fazla olduğu takdirde bunun aksini yapmalıdır. Önce bir deponun ihtiyacı bir seri fabrikadan temin edilecek şekilde ayarlanır; sonraki depo daha önce kullanılan en son fabrikanın artan kapasitesini bitirir ve yeni fabrikalardan ihtiyacının kalan kısmını tamamlar.

Bu işlemleri yapmanın en kolay yolu kareli kâğıt kullanmaktır. Aşağıdaki açıklamada, tablolardaki belirli pozisyonlardan «kare» olarak bahsedilmektedir; örneğin, B sırası ve sütun III'deki rakkam B III karesindedir.

*Sıra ve Sütun Değerleri.* İkinci olarak aşağıdaki genyönteme göre bir «giderler tablosu» meydana getirilecektir :

(1) Tablo B'de kullanılan rotalar için A tablosunun gösterdiği nakliye ücretleri alınıp giderler tablosundaki aynı karelere konulur.

(2) Tablo C'de gösterilen sıra ve sütun değerleri yazılır. Bunu yapmak için A sırasına herhangi bir sıra değeri verilir. Örneğimizdeki bu keyfî değer için 0,00 verilmiştir. Sonra A sırasının nakliye ücretini ihtiva eden her karesi teker teker ele alınır ve karelerdeki değerlerin sıra ve sütun değerleri toplamına eşitliğinden giderek sütun değerleri (artı veya eksi) yazılır. Sütun I'in sütun değeri 1,05 dir; çünkü  $1,05 + 0,00$  A I karesinde bulunan 1,05'e eşittir. Sütun II 0,90 dir; çünkü  $0,90 + 0,00$  AI karesindeki 0,90'a eşittir.

(3) A sırasına göre yazılabilecek bütün sütun değerleri yazılmış olduğuna göre, şimdi de bu değerlere dayanarak birkaç tane daha sıra değerlerini yazmak gerekir. Bunun için, karelerindeki nakliye ücretleri altında sütun değerleri olan fakat sıra değerleri olmayan sıralara bakılır. Tabloya bakıldığında B ve C sıralarının her ikisinin de II. sütunda nakliye ücretlerinin bulunduğunu ve sütun II'deki sütun değerinin 0,90'a eşit olduğu görülür.  $0,90 + 0,50$  B II karesindeki değer olan 1,40 eşit olduğundan B sırasının sıra değeri 0,50 olarak yazılacaktır. C sırasının değeri de aynı şekilde elde edilir.

**TABLO C. TABLO B'DE KULLANILAN ROTALARIN NAKLİYE ÜCRETLERİ (DOLAR/TON)**

Fabrika	I	II	III	Satır değeri
Depo A	1,05	0,90		0,00
B		1,40		0,50
C		1,00	1,20	0,10
			1,10	0,00
Sütun değeri	1,05	0,90	1,10	

(4) Böylece bütün sıra değerleri tamamlanmış olduktan sonra, sıra değeri olan fakat sütun değeri olmayan ücretlerin (karelerin) sütun değerleri tesbit edilir. C III karesinde gösterilen ücret 1,20 ve sıra değeri 0,10 dur. O halde sütun değeri,  $1,10 + 0,10 = 1,20$  eşitliğini sağlaması için 1,10 olacaktır.

(5) Geriye bir tek sıra değerinin tesbiti kalıyor. D sırasında, sütun değeri 1,10 olan ve sıra değeri olmayan D III karesinin 1,10 değeri bulunmaktadır. Sıra ve sütun değerlerinin toplamları bu kare içindeki değere eşit olması için sıra değerinin 0,00 olması gerekir.

Bu sıra ve sütun değerlerini birbirini ardından tesbit etme yöntemi, rotalar tablosunda «dejenerasyon» (degeneration) olmadığı sürece, herhangi bir giderler tablosunun sıra ve sütun değerlerini tesbit edecek şekilde geniş tutulabilir. Daha ileride dejenerasyon açıklanacak ve dejenerasyon var olduğu hallerde kullanılacak olan yöntem anlatılacaktır. Dejenerasyon olmadığı halde sıra ve sütun değerlerinin tayin edilememe durumu olması veya bu sıra ve sütun değerlerinin birbirlerini doğrulamaması halleri, ya rota tablosu (Tablo B) çiziminde yahutta Tablo B'deki rotaların taşıma ücretlerini gösteren giderler tablosunda (Tablo C) hata yapıldığına delil teşkil eder. Diğer yandan sıra değerlerini A, B, C, D ve sütun değerlerini I, II, III sırasıyla türetmek gerekli değildir; mümkün olan herhangi bir sıra ile türetilebilirler.

*Giderler Tablosu.* Tablo C'nin boş kareleri uygun sütun ve sıra değerleri tutarlarıyla doldurularak komple bir giderler tablosu, Tablo D, meydana getirilir. Şöyle ki, B I karesindeki 1,55, B sıra-

sındaki sıra değeri (0,50) ile Sütun I'deki (1,05) toplamına eşit olacaktır. Bu şekilde bulunan rakamlar Tablo D'de ince baskıyla, Tablo C'den alınan rakamlar ise kalın baskıyla gösterilmiştir. (Pratikte giderler tablosu sıra ve sütun değerleri doldurulmadan doğrudan doğruya hazırlanabilir).

**TABLO D. GİDERLER TABLOSU (DOLAR/TON)**

Fabrika	I	II	III	Sıra değeri
Depo A	<b>1,05</b>	<b>0,90</b>	1,10	0,00
B	1,55	<b>1,40</b>	1,60	0,50
C	1,15	<b>1,00</b>	<b>1,20</b>	0,10
D	1,05	0,90	<b>1,10</b>	0,00
Sütun değeri	1,05	0,90	<b>1,10</b>	

*Programın Revizyonu.* Şimdi elimizde tam bir tablo dizisi vardır; Nakliye ücretleri tablosu, rota tablosu ve giderler tablosu. Bu noktadan itibaren, rota tablosu üzerinde nakliye masraflarını düşürecek en iyi değişikliği araştırmak gerekmektedir. Bu değişikliği bulmak için giderler tablosu, Tablo D, ile ücretler tablosu, Tablo A, birbirleriyle karşılaştırılır. Tablo D'de, değeri Tablo A'daki karşısından en fazla olan kare araştırılır. Bu farkı en büyük olan kare B III karesidir. Tablo A 1,40 gösterirken Tablo D'nin 1,60 göstermesinin anlamı (daha sonra açıklanacak olan sebeplerden dolayı) şudur: Eğer Fabrika III'ten B deposuna yükleme yapılırsa ve programın geri kalan kısmında gerekli ayarlamalar yapılırsa, bu yeni rotadan yapılabilecek her bir ton nakil için 20 sent tasarruf sağlanacaktır.

Bundan sonraki mesele bu yeni rotadan (fabrika III'ten B Deposuna) ne kadar mal gönderileceğini ve buna göre programda ne gibi düzeltmeler yapılması gerektiğini bulmaktır. Bunu yapmak için önce B tablosu aynen kopya edilerek ve sonra aşağıda sıralanan geniyöntem takip edilerek Tablo E hazırlanır:

(1) B III karesine yeni duruma göre Fabrika III'ten B deposuna gönderilecek henüz bilinmeyen miktarı göstermek üzere +X yazılır. Bu durumda Fabrika III'ün kapasitesi +X miktarında aşı-

miş olduğundan, Fabrika III'ün beslediği başka bir depodan X miktarı çıkartılmalıdır. Bu yapıldığında bu depoyu başka bir depodan beslemek icap edecek ve işlemlere bu şekilde devam edilecektir.

(2) Değişmeden etkilenmeyen fabrika ve depoları göstermek için Tablo E'yi inceleyip sırasında veya sütununda tek bulunan her rakamın yanına yıldız (\* işareti) konur; B III karesindeki +X'in bir rakam sayıldığı unutulmamalıdır. Buna göre A I'deki 5 ve D III'deki 25 rakamlarının yanına birer yıldız konacaktır. Yıldızlı rakamlar yokmuş gibi sayılarak diğer rakamlar arasında, yıldızlı rakamların safdışı edilmiş olmasından dolayı, sütun veya sırada tek başına olan rakamların yanlarına yıldız konur. Buna göre A II'deki 30'un yanına yıldız konulacaktır; çünkü A I'deki 5 yıldızlanmış olduğundan A II o sırada yalnızdır.

Bu safhadan sonra tablonun sütun ve sıralarında işaretlenecek tek rakam kalıp kalmadığı kontrol edilir. Bu örnekte başka hiçbir tane yıldız konacak rakam kalmamıştır; dolayısıyla bu işlem de tamamlanmıştır. Aksi halde, başka hiç yalnız başına bırakılmış sayı kalmayınca kadar safdışı etme işlemine (elimination) devam edilecektir.

**TABLO E. TABLO B'DEKİ ROTALARDA YAPILMASI GEREKEN DEĞİŞMELER**

Fabrika	I	II	III	Toplam
Depo A	5*	30*		35
B		10—X	+X	10
C		20+X	15—X	35
D			25*	25
Toplam	5	60	40	105

(3) Bir önceki işlem tamamlandıktan sonra yıldızla safdışı edilmemiş rotaların miktarları üzerinde oynayarak programda gereken bütün düzeltmeler yapılır. (Biraz tecrübe kazanıldıktan sonra, bir değişmeden etkilenen rotaları bulmak işi, önceden değişmeden etkilenmeyen rotaların tayinine lüzum kalmadan da kolayca

yapılabilir). B III'deki +X Fabrika III kapasitesinin dışına çıkar; bunu önlemek için C III'deki 15'in yanına —X yazılır. Şimdi de C deposunun ihtiyaçları X kadar eksildiğinden C III'deki 20'nin yanına +X konur. Bu durumda da Fabrika II, kapasitesinden fazla yüklenmiştir, dolayısıyla B II'deki 10'un yanına —X yazılır. Bu son —X Sıra B'deki +X'i dengeler ki, bu +X ilk başlama yeridir; böylelikle yeni rotayı kullanmanın etkisi tamamen programda, ayarlanmış olur.

(4) Yeni rotayı kullanarak Fabrika III'ten B deposuna taşıma yapmak her ton için 20 sent tasarruf sağlayacağından, yapılacak iş, mümkün olan en fazla miktarı bu rotadan gönderebilmektir. Buna göre —X bulunan bütün kareler incelenir, —X'li sayılardan en küçüğü bulunur. Yanında —X bulunan sayılar içerisinde B II'deki 10'un en küçük değer olduğu görülmektedir. Bu, yeni rotaya aktarılacak miktarın sınırını teşkil eder, yani X'in değerini verir. Buna göre Tablo E'de yanına —X yazılan değerlerden 10 çıkartılıp, yanına +X yazılan değerlere 10 ekleyerek Tablo F meydana getirilir. Böylece ilk düzeltilmiş program elde edilir. Her rotadaki taşınan miktarlar, o rotaların nakliye ücretleriyle çarpılarak elde edilen toplam nakliye giderlerinde bir azalma olduğu görülür. Nakliye giderlerindeki düşme 200 senttir. (10 ton X 20 sent/ton).

**TABLO F. BİRİNCİ DÜZELTİLMİŞ YÜKLEME PROGRAMI (TON)**

Fabrika	I	II	III	Toplam
Depo A	5	30		35
B			10	10
C		30	5	35
D			25	25
Toplam	5	60	40	105

*İşlemin Tekrarlanması.* Çözümün geri kalan kısmı bu ilk değişiklik sonucunda yapılan işlemin sadece tekrarlanmasıyla elde edilir. Tablo F'de kullanılan rotalar için Tablo A'dan nakliye ücretleri aynen kopye edilerek (bu ücretler Tablo G'de kalın baskı ile gösterilmiştir.), sonra sıra ve sütun değerleri tesbit edilerek ve bu-

**TABLO G. TABLO F'DE KULLANILAN ROTALAR İÇİN GİDERLER (DOLAR/TON)**

Fabrika	I	II	III	Sıra değeri
Depo A	1,05	0,90	1,10	0,00
B	1,35	1,20	1,40	0,30
C	1,15	1,00	1,20	0,10
D	1,05	0,90	1,10	0,00
Sütun değeri	1,05	0,90	1,10	

**TABLO H. TABLO F'DE YAPILMASI GEREKEN DEĞİŞİKLİKLER (TON)**

	I	II	III	Toplam
A	5—X	30+X		35
B			10*	10
C		30—X	5+X	35
D	+X		25—X	25
Toplam	5	60	40	

**TABLO J. İKİNCİ DÜZELTİLMİŞ YÜKLEME PROGRAMI**

Fabrika	I	II	III	Toplam
Depo A		35		35
B			10	10
C		25	10	35
D	5		20	25
Toplam	5	60	40	105

na göre de diğer boş kareler doldurularak (ince baskı) yeni bir giderler tablosu, Tablo G, hazırlanır. Peşinden Tablo G ile Tablo

A'nın kareleri karşılaştırılır ve G lehine farkı en büyük olan karenin D I olduğu görülür (1,05'e karşı 1,00). Böyle olunca hemen Tablo H'ta D I karesine +X konur, sıra veya sütununda tek olan rakamlar yıldız işaretiyle safdışı bırakılır, sonra da +X ve -X'lerle, gösterilen şekilde bir devre etrafında dönülür. Yanında -X bulunan sayılardan en küçük değere sahip olan, 5 değeriyle A I'dir. Buna göre tabloda X görülen yere 5 koyarak ve yerine göre toplama ve çıkarma yaparak Tablo J kurulur.

TABLO K. TABLO J'DE KULLANILAN ROTALARIN GİDERLERİ (DOLAR/TON)

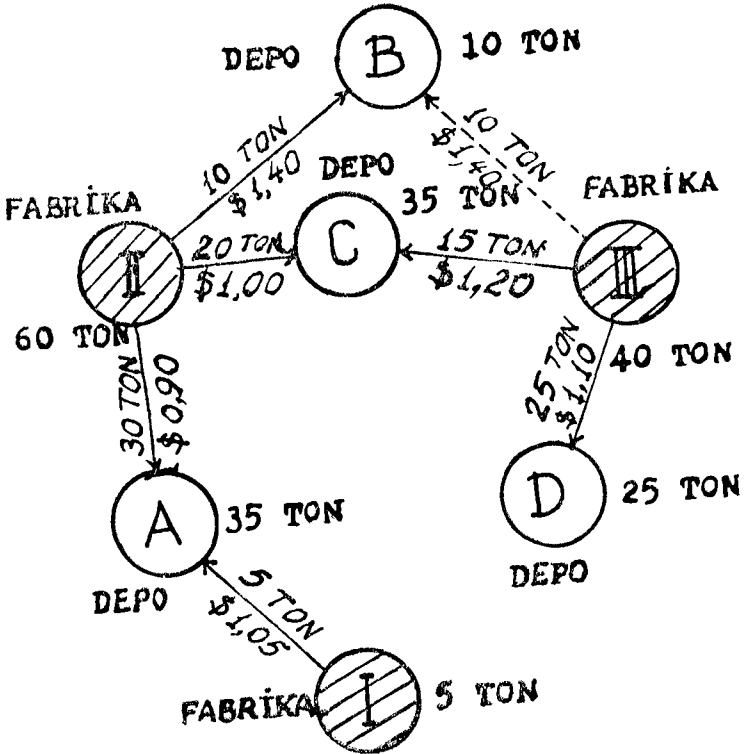
Fabrika	I	II	III	Sıra değeri
Depo A	1,00	<b>0,90</b>	1,10	0,00
B	1,30	1,20	<b>1,40</b>	0,30
C	1,10	<b>1,10</b>	<b>1,20</b>	0,10
D	<b>1,00</b>	0,90	<b>1,10</b>	0,00
Sütun değeri	1,00	0,90	1,10	

Tablo J'den yeni bir giderler tablosu, Tablo K, hazırlanır. Tablo K ve Tablo A karşılaştırıldığında K'da ince baskıyla gösterilen her değer A'daki karşıtında daha küçük olduğu görülür. Yapılacak başka bir değişiklik yoktur. Gerçekte J tablosu programında yapılacak herhangi bir değişiklik nakliye giderlerinde artmaya sebep olacaktır. Tablo K'da ince baskılı rakamlar bazı karelerde Tablo A'daki ücretlere eşit olsaydı, bu rotalar giderlerde bir artış veya indirimine yol açmadan kullanılabilirdi.

*Genyöntemin Yürümesinin Akıl Yolundan İspatı.* Bu yöntemin yürüme sebepleri Şema A üzerinde anlatılacaktır. Bu şema Tablo B'de gösterilen yükleme programına karşıt olarak çizilmiştir. Her fabrika ile ürünlerini gönderdiği depo arası düz bir çizgi ile birleştirilmiştir. Çizgilerin yanında Tablo A'ya göre her rotanın nakliye ücreti ve bu rotayla taşınacak miktar yazılmıştır. Ayrıca şemada Fabrika III ile B deposu arası, Tablo E'nin B III karesindeki X miktarını belirtmek üzere kesik çizgilerle birleştirilmiştir.

Fabrika III'ten B deposuna X ton taşıma yapıldığını varsayalım. Bu yolla taşınan her bir tonun taşıma masrafı 1,40 dolar olacaktır. Fakat B deposu Fabrika III'ten aldığı her ton karşılığında Fabrika II'den bir ton eksik alacaktır ve dolayısı ile 1,40 dolar tasarruf sağlanacaktır. Diğer yandan Fabrika III daha önceden olduğu gibi, C ve D depolarının ihtiyacını aynı zamanda karşılayamayacak, Fabrika II'nin ise üretim artışı olacaktır. En basit çözüm Fabrika III'ün C deposuna gönderdiği miktarı azaltarak her tondan 1,20 dolar tasarruf sağlamak ve Fabrika II'nin ürünlerini ton başına 1,00 dolarlık nakliye ücretiyle naklederek C'deki stok açığını kapatmaktır. Fabrika III'ten B'ye taşıma, Fabrika II'den B'ye yapılan taşımayla aynı masrafa malolmekle beraber sonuç olarak ton başından net 20 sent tasarruf edilecektir.

ŞEMA A. TABLO B'DE KULLANILAN ROTALARIN ŞEMASI





Bu 20 sentlik tasarruf Tablo D'nin B II karesindeki 1,60 dolar ile Tablo A'nın B II karesindeki 1,40 doların farkına eşittir. Genel olarak, bir «giderler tablosundaki» ince baskılı rakamlar, bahis konusu bir rotaya doğrudan doğruya yükleme yapıldığında, programın yeniden düzenlenmesiyle meydana gelen diğer rotalar üzerindeki net tasarruf miktarlarını gösterir. Başka bir deyimle, ince baskılı rakamlar bir rotayı «kullanmamanın» maliyetini gösterir; bir rotayı kullanmanın maliyeti de, tabiidir ki, Tablo A'daki nakliye ücretleridir.

Bir rotayı «kullanmanın» maliyeti, o rotayı «kullanmamamanın» maliyetinden az olan herhangi bir rota mevcut olduğu müddetçe, mümkün olan en iyi programa daha erişilememiş demektir. Çözümün safhalarında, kullanmanın maliyeti kullanmamamanın maliyetinden fazla olan bir veya daha fazla rotaların varlığı sonuca ulaşılmamış olduğuna delil teşkil eder. Maliyet masrafları arasında en büyük fark olan iki rota bulunduğu, yeni bir rotanın konması ile programda gereken değişikliklerin nasıl yapılacağını belirten kural verilmiştir. Bu kural gerekli olmamakla beraber, en iyi programı bulmak için gereken işlemi azalttığına genel olarak inanılmaktadır.

Kullanma maliyeti kullanmama maliyetinden az olup ta doku- nulmamış hiçbir rota kalmayan her program mümkün olan en iyi programdır. Bu, bir çözümün giderler tablosu meydana getirilerek kontrol edilebileceğini göstermesi bakımından önemlidir. Çözümü sağlayan işlemlerin ayrıca kontrol edilmesi gerekmez.

Bundan daha önemlisi, çözümde bir hata varsa, o hatayı bulmak için en başa dönmek çok zaman alacaktır; bu yüzden en iyi program elde edilinceye kadar değişiklikleri uygulamaya devam edilmelidir, sonunda her şey düzgün olarak çıkacaktır. Nakliye problemi genyönteminin elle çözüme elverişli olmasının, buna karşılık genel genyöntemin elverişli olmamasının diğer bir nedeni de budur. Genel genyöntem ile elde edilen sonucun doğruluğunu oldukça kolay bir şekilde kontrol edecek yollar vardır, fakat mevcut yanlışlıkların düzeltilmesi çok güçtür.

Şema, Tablo E'deki X değerinin niçin 10 olduğunu da göstermektedir. Fabrika III, doğrudan doğruya B deposuna yükleme yaptığı takdirde, Fabrika II'den B deposuna ve Fabrika III'ten C deposuna gönderilen ürün miktarlarının azaltılması gerekmektedir.

Bu ikisinden hiçbirisini sıfırın altına indiremeyiz. En düşük miktar Fabrika II'den B deposuna gönderilen 10 ton olduğuna göre bu 10 ton Fabrika III'ten B deposuna gönderilecek en fazla miktardır. Tablo E'de değişiklik sonucu miktarları azaltılacak her rota, yanına  $-X$  yazılarak, miktarları arttırılacak her rota ise  $+X$  yazılmak suretiyle belirtilmiştir. Tablo E'deki yıldız işareti konmuş rotalar III-B-II-C-III akış devresine (circuit) katılmayan rotalardır.

Bazı durumlarda, yukarıdaki kurallara uyulduğu zamankinden daha fazla miktarda ton başına tasarruf sağlayacak veya daha fazla miktarda ürün aktarılmasını temin edecek ayarlamalar yapılabilir. Başlangıç programı için verilen kurala uyulması şartıyla, programın herhangi bir safhasında daha genel değişiklikler yapılmasında hiç sakınca yoktur. Diğer yandan, en iyi programa yukarıda anlatılan safhaları teker teker izleme yoluyla kesin olarak ulaşılabildiğinden, bu genel ayarlamalar hiçbir zaman gerekli değildir.

*Dejenerasyon ve Önüne Geçilmesi.* Problem çözümünün herhangi safhasındaki bir nota tablosunda dejenerasyon görülmediği sürece, biraz önce açıklanan geniyöntem her büyükteki bütün «nakliye» problemlerinin çözümüne yarar.

Bir rota tablosu, iki veya daha fazla kısımlara ayrılabilir ve bu kısımlardan her biri, bileşik kapasiteleri kendilerine tahsis edilen depoların bileşik ihtiyaçlarını tamamen karşılayan fabrika gruplarını kapsıyorsa, bu rota tablosu dejeneredir (degenerate) denir. Tablo L, az önce çözülen örnekte de çıkması pekâlâ mümkün olan böyle bir duruma örnek teşkil etmektedir. A ve D depoları Fabrika II'nin kapasitelerini tamamen kullanırken, B ve C depoları da Fabrika I ve III'ün kapasitelerini tamamen tüketmektedirler. Böyle durumlarda işlemler çıkmaza girer; çünkü dejenere bir rota tablosunun, yani bu örnekte L tablosunun, giderler tablosunu çıkarmak imkânsızdır.

Aşağıda gösterilen basit bir usul bu güçlüğü ortadan kaldıracaktır :

Tesis sayısı depo sayısından daha az ise, bir birim yükleme miktarı tesis sayısının iki katına bölünür. (Meselâ, yükleme miktarları tonun onda biri ile ölçülüyorsa, 1 ton değil, 1/10 ton tesis sa-

yısının iki katına bölünür.) Elde edilen kesirden daha küçük herhangi uygun bir sayı her tesisin kapasitesine eklenir. Eklenen bu miktarların toplamı depo ihtiyaçlarından herhangi birine bir defada ilâve edilir. Depo sayısı tesis sayısından az ise bu kuralın tersi uygulanır.

**TABLO L. ÇÖZÜME ULAŞMADAN ÖNCE KARŞILAŞILABİLECEK YÜKLEME PROGRAMI**

Fabrika	I	II	III	Toplam
Depo A		35		35
B	5		5	10
C			35	35
D		25		25
Toplam	5	60	40	105

Her iki durumda da, ek miktarlar depo stoklarının ve tesis kapasitelerinin gerçek parçalarıymış gibi çözüm yapılır. Problem çözüldükten sonra da bütün kesirli rakamlar en yakın yükleme birimine tamlanır (yarım birimden daha az miktarda taşıma yapan bir rota sıfıra tamlanır). Bu yoldan elde edilen çözüm yaklaşık çözüm değil tam doğru çözümdür.

### **Nakliye Problemi Genyönetiminin Kullanılacağı Yerler**

Yukarıdaki örnekte görüldüğü gibi, nakliye problemi, belirli kaynakların belirli noktalara, bu kaynaklarla noktalar arası toplam nakliye masrafları minimum olacak şekilde tahsis edilmesini sağlamaktan ibarettir. Her bir kaynağın kapasitesi ve her bir deponun ihtiyacı önceden sabit tutulmuştur ve toplam kapasite, toplam stok ihtiyaçlarına eşittir. Bir birimlik stok ihtiyacı herhangi bir kaynaktan bir birimlik kapasite ile karşılanabilir. Yalnız taşıma masrafı kullanılan kaynağa göre değişir.

Bu, herhangi mahiyetteki birtakım girdilerin (inputs) herhangi mahiyetteki bir takım çıktılara (outputs) toplam dönüşme (conversion) giderleri minimum olacak şekilde tahsis edilmesi proble-

mi olarak genelleştirilebilir. Girdiler çeşitli fabrika kapasitelerinden çok, elde bulunan çeşitli hammadde stokları olabilirler; çıktılar da çeşitli depolara gönderilen münferit bir ürünün miktarından çok, çeşitli ürünlerin üretildiği miktarlar olabilirler.

Problemin kârı maksimuma çıkarma veya masrafları minimuma indirmeyle ilgili olması problemde esaslı bir değişiklik yaratmaz. Burada, bir birim girdinin bir birim çıktıya dönüştürülmesinin maliyetini gösteren «ücret tablosu» yerine, bu dönüşme olayıyla tahakkuk eden marjini gösteren bir «marjin tablosu» vardır; marjin bir birim çıktının satışından elde edilen gelir ile onun değişken üretim maliyeti arasındaki fark olarak alınmıştır. Program bir önceki örnekteki gibi meydana getirilmiştir. Yalnız yeni rotalar, rotayı kullanmama maliyeti kullanma maliyetinden büyük olduğu zaman değil, bir rotayı kullanmamadan doğan marjin kullanmaktan doğan marjinden küçük olduğu anlarda programa sokulmuştur.

Nakliye genyöntemi ile çözülebilmesi için bir problemin aşağıdaki özelliklere sahip olması gereklidir :

(1) Bir birimlik herhangi bir girdinin, bir birimlik herhangi bir çıktının yapımında kullanılabilmesi.

(2) Belli bir birim girdinin belli bir birim çıktıya dönüştürülmesinden doğan maliyet masrafı veya marjinin dönüştürülen miktara bağlı olmayarak tek rakamla ifade edilebilmesi, yani sabit birim maliyeti veya marjini olması.

(3) Her girdi ve çıktının miktarı önceden tesbit edilmiş olması ve toplam girdinin toplam çıktıya eşit olması.

Bir problem bu üç özellikle belirlenen şekle konamıyorsa nakliye genyöntemi ile çözülemez. Bununla beraber bunlar şekli özelliklerdir ve çoğu zaman bir problemi, ilk bakışta çok ayrı gibi gözüksede, bu genel çerçeveye oturmak için birtakım kaçamak yollar bulmak mümkündür. Bu yolların tüm listesini vermek imkânsızdır. Burada bu yollardan, Kısım II'nin başında tartışılan bütün problemlerin nakliye genyöntemi ile çözümlenmesini mümkün kılan, en yaygın olanları açıklanacaktır.

*Miktarları Önceden Tesbit Edilmemiş Girdi ve Çıktılar.* Bir çok çok problemlerde önceden bilinenlerin hepsi, verilen bir girdiden elde ne kadar bulunduğu veya verilen bir çıktıdan ne kadar satılabileceğidir. Programın, kullanılması veya yapılması kârlı olan girdi ve çıktı miktarlarını bulmasını isteyebiliriz. Bu, yukarıda belirlenen üçüncü şarta aykırı düşmektedir. Fakat güçlük, «kukla» (dummy) girdi ve çıktılarının programa sokulmasıyla kolayca ortadan kaldırılır.

Meselâ toplam fabrika kapasitesi, toplam depo ihtiyacını aşıyorsa kafadan bir kukla depo yaratılıp gerçekten varmış gibi işleme tâbi tutulur. Herhangi bir fabrikadan kukla depoya bir birim mal tedarikinden doğacak olan masraf, ücret tablosuna sıfır olarak geçirilir ve kukla deponun stok ihtiyacı da toplam kapasiteyle toplam gerçek ihtiyacın farkına eşit olacak şekilde yazılır. Nihai programda herhangi bir fabrika kapasitesinin kukla depoya tahsis edilen kısmı, gerçekte kullanılmayacak olan kapasitedir.

Toplam potansiyel çıktı, toplam elde bulunan girdiyi aşarsa, bu ikisinin farkına eşit bir kukla girdi yaratılır. Kukla girdiden bir birim çıktı tedarikinden doğan masraf veya marjin, giderler veya marjin tablosunda sıfır olarak gösterilir; nihai programa göre, bazı çıktılarının tümünün veya bir kısmının kukla girdiden üretilmesi öngörülen yerlerde, potansiyel çıktının o miktarı aslında hiç üretilmeyecektir.

Kısım II'nin «Satış Programları» başlığı altında verilen bir örnekte olduğu gibi, hem potansiyel girdilerin bir kısmının kullanılmaması, hem de potansiyel çıktılarının tamamlanmaması mümkündür. Bu durum kukla girdi ve kukla çıktının her ikisinin birden kullanılmasını öngörür. Ne kullanılacak gerçek girdi miktarının toplamı, ne de üretilecek gerçek çıktı miktarının toplamı program bitene kadar bilinmediğinden, kukla girdi miktarı potansiyel gerçek çıktıya eşit veya büyük tutulmalıdır ve kukla çıktı miktarı potansiyel gerçek girdiye eşit veya büyük tutulmalıdır. Bu ön şarta göre kukla girdi ve çıktı miktarlarının tayini serbest bırakılmıştır, yalnız gerçek ve kukla girdi miktarlarının toplamı, gerçek ve kukla miktarlarının toplamına eşit olmalıdır. Nihai program belli bir miktar kukla çıktının kukla girdiden tedarik edilmesini öngörecektir, fakat bu rakamın hiç önemi yoktur ve gözönüne alınmamalıdır.

*Değişen Fiyatlarda Girdi ve Çıktılar.* Bazan bir fabrika belli bir miktar ürünü aynı fiyattan, o miktardan ötesini de daha yüksek fiyatlardan maledebilir (meselâ fazla mesainin kullanılmasıyla) veya belli bir miktar hammadde aynı fiyattan, ek miktarlar da yüksek fiyatlarla elde edilebilir. Benzer olarak, belli bir miktar ürünü bir fiyatla, fazlasını daha düşük fiyatlarla satmakta mümkündür. Bütün bu durumlarda, her fiyattaki girdiler ayrı bir girdi ve her fiyattaki çıktılar ayrı bir çıktı olarak işleme konduğu takdirde güçlük doğurmazlar. Bu şekilde yine, herhangi bir girdinin herhangi bir çıktıya dönüştürülmesinin değişmeyen birim maliyetini veya marjini gösteren bir giderler veya marjin tablosu meydana getirilebilir.

Bir çıktının tamamının satış fiyatı satılan miktara bağlı olduğu durumlarda bu yöntemin işe yaramayacağını belirtmek yerinde olur. «Fiyat, İş Hacmi ve Kâr» başlığı altında belirtildiği gibi, bu bir doğrusal programlama problemi değildir.

*Yapılamaz İşlemler.* Bir problemin nakliye problemi genyöntemi ile çözülebilmesi için gerekli üç özellikten birincisi, herhangi bir fiyatla, fazlasını daha düşük fiyatlarla satmak ta mümkündür. Çıktıdan bir birim üretilebilmesi, herhangi girdiden bir birim kullanılmasını öngörmektedir. Bazı durumlarda belirli girdi-çıkıtı kombinasyonları tamamen veya pratikte imkânsız olabilir. Meselâ, belirli bir fabrikayı belirli bir depoya birleştiren nakliye servisi çok yetersiz olduğundan, idare kullanılmasını kesinlikle yasaklayabilir. Ayrıca, belirli bir ürünü belirli bir hammaddeden elde etmek imkânsız olabilir. Bu durumda yapılacak şey böyle bir girdinin istenilen çıktıya dönüştürülmesine, hayalî, ifrat derecede büyük bir maliyet değeri tayin etmektir. Bu şekilde nihaî çözümde istenmeyen işlem kesin olarak gözükmemiş olur.

*Sun'i Birimler.* Diğer problemlerde, bir birim girdiden elde edilen çıktı miktarı, söz konusu çıktı ve girdinin cinsine bağlıdır. Meselâ hammaddenin seçimli kullanılmasıyla ilgili problemlerde herhangi bir mahsulün miktarı ürünün cinsine ve belirli bir ürün için gerekli hammadde miktarı, hangi hammaddenin kullanıldığına bağlı olabilir. Genellikle bu gibi problemler nakliye problemi genyöntemiyle çözülemezler, fakat bazı durumlarda, veriler bu yolla çözümlü mümkün kılacak şekle sokulabilir.

Yukarıda örnek verilen ilk hammaddede problemi için de aynı durum geçerli idi, İşin püf noktası her çıktıyı ürün miktarı cinsin-

den değil onun üretiminde kullanılan I. kalite hammadde cinsinden ifade etmek, II. ve III. kalite hammaddeyi de yerini doldurabilecek-

**TABLO M. MARJİNLER, SATIŞ POTANSİYELLERİ VE ELDEKİ MİKTARLAR**

Ürün	Marjin/eşdeğer ton				Elde bulunan miktar (eşdeğer ton)
	A	B	C	D	
Hammadde					
I (\$48/ton)	\$ 17	\$ 32	\$ 4	\$ 17	100
I (\$72/ton)	(7)*	8	(20)*	(7)*	100
II (\$24/ton)	19	24	12	14	100
II (\$36/ton)	1	6	(6)*	(4)*	100
III (\$18/ton)	15	24	16+	(5)*	150
III (\$24/ton)	5	14	6	(15)*	250
Potansiyel satış miktarları (eşdeğer ton)	240	150	240	90	

\* Negatif miktar.

+ III. kalite hammadeden C ürünüünün normal fiyatıyla elde edilmesi : Tablo V'te gösterildiği gibi III'ten 2,5 ton, I'den 1,5 tonun yerine geçer, böylece III'ün 1 tonu 0,6 eşdeğer tona eşit olur. Yine aynı tabloda gösterildiği gibi, 1 ton C üretimi için 1,5 ton hammadde gerekmektedir, buna göre C'nin 1 tonu 1,5 eşdeğer tona eşit olacaktır.

*Elde bulunan hammadde* : 250 ton, yani  $0,6 \times 250 = 150$  eşdeğer ton.

*Satış Potansiyeli* : 160 ton, yani  $1,5 \times 160 = 240$  eşdeğer ton.

*Ürün fiyatı* : ton başı \$ 135, yani  $\$ 135/1,5 = \$ 90$ /eşdeğer ton.

*İşlenme masrafı* : Bir ton başına \$ 66, yani  $\$ 66/1,5 = \$ 44$ /eşdeğer ton.

*Hammadde maliyet masrafı* : ton başı \$ 18, yani  $\$ 18/0,6 = \$ 30$ /eşdeğer ton.

*Marjın* : \$ 90 (Satış fiyatı) - \$ 44 (işlenme masrafı) - \$ 30 (hammadde maliyeti) = \$ 16/eşdeğer ton.

leri I. kalite hammadde miktarlarıyla ifade etmektedir. Buna göre II. ve III. kalite maddelerin birim başı satın alma masraflarında ve bütün birim başı işleme (processing) masraflarında karşıt değişiklikler yapılması gerekmektedir. Tablo M, Tablo VI programı düzenlenmeden önce, Tablo V'in değiştirileceği şekli göstermektedir.

Yukarıda birbiri peşisıra verilen örneklerde nakliye problemi genyönteminin niçin uygulanamayacağı artık iyice açığa çıkmış olmalıdır. Hammadde probleminde, düşük kaliteli hammaddelerin, mahsuller üzerindeki verim düşüklüğü, üründen ürüne farklı olacak şekilde problemde bir değişiklik yapılsaydı, bu girdileri artık hiçbir şekilde bir birim girdiden bir birim çıktı olacak tarzda ifade etmenin imkânı kalmayacaktı. Makine atölyesi problemlerinde ise bir makinenin, diğer bir makinenin bir saatlik çalışma süresinin yerine geçebilecek çalışma süresi tutarı ürünün cinsine ve kullanılan işlem tipine bağlı olarak değişmekteydi. Uçak benzini problemi, bir birimlik herhangi bir çıktı birçok girdinin karışımını (blending) gerektirdiğinden çok daha karışıktır. Bu problemler genel genyöntemin kullanılmasını gerektirir.

### Genel Genyöntem

«Simpleks yöntemi» (simplex method) genel genyöntem için kullanılan teknik terimdir. Gerçekte birbirinden çok az farklı iki uygulaması vardır. İlk uygulama sayılan birincisi, sayıların yaklaşık değerlerinin kullanılmasından doğan yanlışlıkların her safha sonucu birikerek büyük farklara sebep olmasından dolayı yalnız küçük problemlerde kullanılır<sup>(10)</sup>. Charnes ve Lemke tarafından değiştirilmiş uygulama ile büyük problemlerin makine kullanılmasını gerektiren hesaplamaları daha başarılı yapılmaktadır<sup>(11)</sup>.

Genel genyöntem, problemin değişkenleri sayıca az olduğu takdirde, metinde çözülen örneklerde olduğu gibi herhangi basit bir hesap makinesi yardımıyla elle çözülebilir. Fakat birçok pratik alandaki uygulamalarda otomatik hesaplama makinelerinin kullanılması gerekmektedir; bunun sebebi problemin güçlüğü değil, kap-

---

(10) Bkz. Charnes, A., W. W. Cooper, A. Henderson, *An Introduction to Linear Programming* (New York, John Wiley and Sons, Inc., 1953)

(11) Bkz. *Proceedings of the Association for Computing Machinery* (Pittsburgh, Richard Rimbach Associates, 1952), s. 97-98.



sadığı aritmetik işlemlerin çok fazla miktarda olmasıdır. II. kısımda verilen basitleştirilmiş benzin problemi, genel genyöntem kullanılarak elle çözümü günlerce çalışmayı gerektirirken bunun iki misli bir problem iyi bir elektronik hesaplama makinesi ile 1 saat veya daha az bir süre içerisinde çözülebilmektedir.

Mevcut elektronik beyinlerde mevcut talimat veren kodlama sistemleriyle çözülebilecek problemlerin büyüklüğü hâlâ sınırlıdır. Çözülebilen bazı problemler çok para ve zaman kaybına sebep olduğundan çözülmeye değmez. Bununla beraber birçok durumlarda iyi bir matematiksel analiz, büyük bir problemin çözümünü kolaylaştıracak bölümlere ayrılabilceğini göstermektedir.

Bazı problemler kesinlikle bölünemezler, fakat birçok pratik uygulamalar yapılmadan bu bölünmezliğin sık rastlanan bir engel olup olmadığı gerçekten bilinemez. Matematiksel araştırma üzerinde ve elektronik beyin ve kodlama sistemlerindeki çalışmalarda süratli ilerlemeler yapıldığı hatırdâ tutulmalıdır.