

ÜRETİM YÖNETİMİNDE KONTROL MODELLERİ KESTİRME VE GERİBİLDİRİM

Ass. Mehmet ŞAHİN

I. GİRİŞ

Bilindiği gibi, üretim yönetiminin çalışma alanını iki alt sistem oluşturur. Bunlar, «Üretim Planlaması» ile «üretim Kontrolü»dür. Başka bir deyişle, üretim yöneticisinin, olabilecekleri planlaması ve şu anda olanları da kontrol etmesi gerekir. Kontrol planlamaya, planlama da güvenilir bir kestirme yapmaya dayanır. Bu nedenle, «üretim yönetiminde kontrol modelleri» hem «kestirme süreci»ni; hem de şu anda olanları, devre başındaki kestirmelerle karşılaştırmayı sağlayan «geri bildirim süreci»ni içerir. Bu duruma göre, kontrol modellerini «üretim sistemlerinin işlemlerini sağlayan ussal süreçlerdir» biçiminde tanımlayabiliriz.

Yukarıdaki tanımın en önemli elemanı, kontrol modelinin ussal bir süreç olmasıdır. Hangi süreçler ussaldır? Tanıma göre, üretim sistemlerinin işlemlerini sağlayabilmesi için, üzerinde kontrol kurulan üretim sisteminin de ussal olması gerekir. Başka bir deyişle, üzerinde kontrol kurulan sistemin bir taraftan kısıtlı kaynakları boşa harcamayacak biçimde düzenlenmesi, diğer taraftan da amaçlara erişmede etkinlik sağlayacak biçimde işlemesi gerekir. Böyle

sistemlerin kurulmasında ve işleminde çağdaş karar kuramının modelleri temel alınır.

II. TEMEL KONTROL SINIFLARI

Her işletmede, kontrol edilecek envanter düzeyi, sipariş sıralaması, iş programlaması, kalite kontrolü vb. konular vardır. Söz konusu durumlar, bu alandaki tüm yöneticiler için ortak uğraşı alanlarıdır. Bu ortak konunun temel nitelikleri, tüm kontrol durumlarına uygulanabilecek biçimde ortaya konulabilir.

Öteden beri üretim yöneticisi, üretim sisteminin temel elemanları olan üretim sürecini, hammadde akımını ve enerjiyi kontrol eder. Bu tür kontrol üretim yöneticisine özgü temel bir sorumluluktur.

Üretim yöneticisi, devre başlarında, çağdaş yöntemlerle en usul üretim sürecini kurar. Başka bir deyişle, üretim sistemini belirli bir amacı gerçekleştirecek biçimde planlar. Planlanan üretim sürecini yürürlüğe koyar. Eğer, eylemler planlandığı gibi gerçekleşirse, devre başında standart başarı düzeyine göre ayarlanmış süreç, bu başarı düzeyini gerçekleştirecektir. Başka bir deyişle, devre başında planlanan başarı düzeyi ile devre sonunda gerçekleşen başarı düzeyi aynı olacaktır. Bu durumda herhangi bir sapma söz konusu değildir.

Yukarıdaki durumun gerçekleşmesi-hiçbir sapma olmaması-kurumsal olarak dahi mümkün değildir. Çünkü, üretim yöneticisi, ne mutlak bir erk sahibi ne de her şeyi bilen bir falcıdır. Eğer, üretim yöneticisi mutlak bir erk sahibi olsaydı, arzu edilmeyen sapsamalara yol açan tüm «görünmez faktörler (disturbances)»in sebebini ortadan kaldırayabilirdi. Diğer taraftan, eğer üretim yöneticisi her şeyi bilseydi, hangi görünmez faktörlerin ne zaman ortaya çıkacağını bilir ve buna göre gerekli önlemleri alırdı.

Üretim yöneticisi, mutlak erk sahibi ve her şeyi bilen kişi olmadığına göre, yapabileceği en iyi çözüm, kontrol sistemlerine baş vurmadır. Başka bir deyişle, üretim yöneticisinin başarısı, kestirme olanaklarına ve kurulan kontrolün derecesine bağlıdır.

Kontrol denildiğinde, geliştirilen bir stratejiyle görünmez faktörlere adapte olabilme durumu belirtilmek istenir. Başka bir deyiş-

le görünmez faktörler tıpkı bir doğum, ölüm, rüzgar olayı gibi kontrol edilemeyen doğal durumlar olarak kabul edilir. Bu doğal durumlar varsayımı altında hangi stratejilerin uygulanacağı belirlenir.

Doğal durumların değişik niteliklerine göre kontrol modelleri üç temel sınıfta toplanır:

1. Çevresel Kontrol - Tür 1,
2. Kestirme Kontrolü - Tür - 2,
3. Düzeltici Kontrol - Tür 3.

II.1. Çevresel Kontrol - Tür 1

Aslında tüm doğal durumlar, belirli bir maliyetle kontrol edilebilir. Ancak, bazı doğal durumları kontrol altına almanın maliyeti sonsuza yaklaşabilir, hatta sonsuz olur (1). Örneğin, havanın önemli bir doğal durum olduğu varsayılın. Bu doğal durumu kontrol altına almak için tüm şehri örtecek plastik bir kubbenin yapılması düşünülebilir. Bu durumda hava doğal durum olmaktan çıkar. Ancak, bunun yerine maliyet, teknoloji, zaman gibi sorunlar gelir. Başka bir deyişle, böyle bir kontrolden elde edilecek faydayı, kontrolü gerçekleştirmek için yapılacak fedakârlıklar ortadan kaldırılabılır. İşte, bu olumsuz farkı düşünerek havanın kontrolünden vaz geçilmektedir. Bunun yerine, bugün için, yalnızca ev içindeki havayı kontrol etmeyi yeğlemekteyiz.

Benzer bir duruma üretim yönetiminde rastlanmaktadır. Bazı doğal durumların sebep olduğu görünmez faktörler, üretim sistemindeki çıktıkların kalitesine olumsuz yönde etki etmektedir. Üretim yönetimi, tüm dış etkenlerden arınmış bir üretim sistemi kurarak, tıpa tıp birbirinin aynısı olan çıktıklar elde etmek yerine, çıktıkların belirli bir oranda birbirinden farklı olmasına göz yuman kısmî bir kontrol sistemini yeğleyebilir. «İstatistik kalite kontrolü» bunun en güzel örneğidir. Bu durumda, çıktıkların kalitesini etkileyen doğal durumlar uzun süre gözlem altında bulundurulur. «Belirlenebilen sapma sebepleri» olarak adlandırılan durumlar saptanır. Bu durumların varlığı keşfedildikçe, ortadan kaldırılması durumuna gidilir.

(1) Bu da o doğal durumun kontrol edilemeyeceği anlamına gelir.

Belirlenebilen sapma sebeplerinin sisteme girdiği, istatistik yöntemlerle anlaşıldıkça, bunların ortadan kaldırılmasına çalışılır. Amaç, belirli sınırlar içindeki üretim kalitesini tutturmaaktır.

Üretim yönetiminde sistem analizi yaklaşımı, çağdaş bir kontrol anlayışı getirmiştir. Bu yaklaşım, engelleyici doğal durumları keşfetmek ve bunların sebep olduğu görünmez faktörleri ortadan kaldırma yollarını bulmak veya sistemi bunlardan soyutlamak için kullanılır.

Bu açıklamalardan sonra, birinci tür kontrol modeli olan çevresel kontrol, **üretim yöneticisinin elindeki olanaklarla çevresel koşulları ayarlaması ve istenmeyen doğal durumları ortadan kaldırması biçiminde tanımlanabilir.**

II.2. Kestirme Kontrolü - Tür 2

«Yeğleme (prediction)» ve «kestirme (Forecast)» temel kontrol modellerinin ikinci türüdür. Yeğleme terimi ile büyük bir olasılıkla olması beklenen bir doğal durumun seçimi kastedilir. Buna karşın kestirme terimiyle değişik doğal durumların nisbi olasılıkları belirtilir (2). Diğer taraftan tam yeğleyici bir yetenek, her şeyi bilmeye eşittir. Ancak herşeyi bilen bir kimse %100 doğru bir seçim yapabilir.

Kestirme kontrolü iki ayrı biçimde ortaya konabilir. Bunlardan birincisinde maksimum veya minimum bir beklenen değer elde etmeye dayanan strateji seçimi söz konusudur. Burada kestirme aletsel bir rol oynar. İkincisinde ise, meydana gelecek özel bir doğal durumu seçmek için, yeğleyici bir yeteneğe dayanan strateji seçimi vardır. Dikkat edilirse her iki durumda da bir strateji seçimi vardır. Ancak, birinci durumda, seçilen stratejinin beklenen değeri en azlaması veya ençoklaması esastır. İkinci durumda ise, seçilen stratejinin meydana gelecek özel bir doğal durumu ortaya koyması gerekir. Örneğin, aşağıdaki matrisi göz önüne getirelim:

(2) Yeğleme ile kestirme arasındaki farkı şu örnekle ayırmak yararlı olabilir. Havanın 0,40 yağmurlu 0,60 güneşli olacağını ileri sürülmesi bir kestirmedir. İyimser bir kimse isek havanın iyi olacağını yeyler ve davranışlarımızı buna göre ayarlarız. Buna karşın kötümser bir kimse isek havanın yağmurlu olacağını yeyleriz. Ayrıca, yeyleme yapmak için bir kestirme yapmak zorunda da değiliz.

	N_1	N_2	N_3	N_4
S_1		$0x$		
S_2	$0x$			
S_3				$0x$
S_4			$0x$	

Matrisin ilk satırında görülen N_1, N_2, N_3 ve N_4 sembollerinin her biri ayrı bir doğal durumu belirtmektedir. S_1, S_2, S_3 ve S_4 sembolleri ise, kontrol edilebilir değişkenleri değişik biçimlerde düzenleyerek meydana getirilen stratejilerdir.

Sistemin, yıldızlı 0 (0^*) sembolü ile gösterilen sonucu elde etmek için, S_1 stratejisi içinde işleyecek biçimde ayarlandığını varsayalım. Bu ilk varsayıma göre, doğal durum N_2 , sistemin kendisine ayarlandığı standard çevre koşuludur. Şimdi de, N_2 durumunu N_1 durumuna değiştiren bir görünmez faktör, söz konusu rolünü oynamış olsun. Bu değişimin olabileceğini daha önceden göz önüne alan ikinci tür bir kestirme kontrol sistemi, hemen S_1 yerine S_2 yi ikame ederek stratejiyi değiştirecektir. Bu durumda, hangi doğal durum olursa olsun, tam bir yeğleme ile tam bir uyarlanmanın (adaptation) her zaman mümkün olduğu görülür. Kestirme kontrolünün sözü edilen ikinci durumunun ortaya koyduğu en önemli gerçek sistemin tüm olasılıklara göre planlanabileceği, başka bir değişle, kontrol edilebilir değişkenleri ($S_1, S_2, S_3, S_4 \dots S_n$) ayarlayarak bir 0^* sonucunun her durumda elde edilebileceğidir.

Kestirme kontrolünün, biri beklenen değere, öteki yeğlemeye dayanan iki değişik durumunu, (ŞEKİL—1) deki özel kâr matrisi ile karşılaştırmak mümkündür.

P_j	0,3	0,1	0,2	0,4	Beklenen Değer
N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	BD
S_1	6	8	5	9	7,2
S_2	4	3	10	12	8,3
S_3	11	5	14	3	7,8

(ŞEKİL—1) Kâr Matrisi

Yönetici, yukarıdaki alternatiflere bir göz gezdirir ve (tam kontrolle) en iyi kârın 14 olduğunu görür. Bu durumda, bütün olanakları N_3 doğal durumuna ayarlayacak biçimde S_3 stratejisinin kurulmasını emreder. Ancak, N_3 durumunun gerçekleşmesini ve aynen korunmasını araştırmak için bir maliyete ve bir ara zamana ihtiyaç vardır. Yöneticinin aldığı böyle bir kararın, beklenen değere dayanmadığına dikkat edilmelidir.

Eğer yönetici beklenen değer ölçütüne dayanan bir karar alma yoluna gitseydi 8,3lük (3) bir beklenen değer ile S_2 stratejisini seçecekti. Bu yaklaşım, $14 - 8,3 = 5,7$ lik bir fırsat maliyeti oluşturur. İyi bir yönetici 14 sonucunu sağlayacak tam bir kontrol elde etmek için 5,7 den daha fazla bir harcamaya istekli olmayacaktır. Eğer yöneticinin kontrolü mutlak bir erk sahibi olmaya dayanan tam bir kontrol olsaydı, yeğlemeye dayanan ikinci sınıf kestirme türü gerçekleştirdi. Böyle bir durumda, belirli bir doğal durumun ortaya çıkacağını işaret edebilecek bir önceden haber verme aracına ihtiyaç duyulur. Eğer önceden haber verme aracı N_1 in olacağını bildirirse, yönetici hemen stratejisini S_3 le değiştirecek ve 11 lik bir kâr elde edecektir; eğer işaret N_2 olursa S_1 stratejisini uygular ve 8 değerini kabul eder; eğer işaret N_4 ise S_2 yi kullanır ve 12 değerini seçer. Böyle bir yeğleme olanağı çok büyük bir değere sahiptir. Böyle bir olanağı elde etmenin bir maliyeti vardır. Başka bir deyişle, böyle bir olanak, bir kontrol yatırımı gerektirir. Eğer, yöneticinin olanakları yeğlemeye dayanan kestirme kontrolüne izin vermiyorsa, beklenen değere dayanan kestirme yöntemine baş vuracaktır.

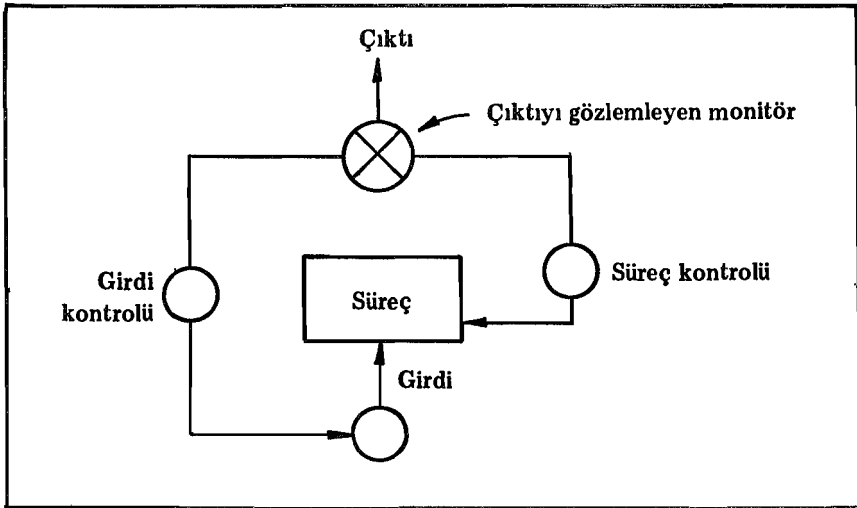
Bu tartışmadan sonra, «kontrol» kelimesinin birçok değişik durumu kapsadığını kabul edebiliriz. Burada varılan sonuç bir iki tümce ile özetlenebilir. Eğer özel bir doğal durum, son derece yüksek bir meydana gelme olasılığına sahipse, yönetici, durum belirlilik altında karar almaymış gibi davranıp karar vermelidir. Belirlilik varsayımı, aşağı yukarı bir her şeyi bilme anlamına gelir. Eğer yeğleme iyi ise- özellikle ardaşık doğal durumlar için- yöneticinin olayları sezme yeteneği sağlam bir kontrol sistemi planlamasına olanak sağlar.

(3) Beklenen değer, uygulanan strateji satırındaki sonuçlar ile bunlara tekabül eden olasılıkların (P_j değerleri) çarpılması ve tüm çarpımların toplanmasıyla bulunur. Örneğin 8,3 lük beklenen değer şöyle bulunmuştur:
 $4(0,3) + 3(0,1) + 10(0,2) + 12(0,4) = 8,3$

II.3. Düzeltici Kontrol - Tür 3

Kestirmeye her zaman şüphe ile bakılır. Önceden haber verme sistemlerinden olan yeğlemeyi gerçekleştirmek mümkün olsa bile, çok pahalıdır. Çevresel kontrol ise hemen hemen olanaksızdır. Bu durumda geri bildirim (Feedback), elverişli bir kontrol biçimi olarak önem kazanmaktadır. Geri bildirim, sistemin başarı düzeyini ilgilendiren bir uyarı temeline dayanır. Örneğin, bir uçağın otomatik kontrol sistemini düşünelim. Uçağın rotası rüzgar ve değişen hava yoğunluğu tarafından devamlı bozulmak istenir. Rüzgar ve hava yoğunluğu ne kontrol edilebilir, ne de yeğlenebilir. Ayrıca, yapılabilir bile kestirmelerin kullanılması son derece sınırlı olur. Bütün bunlara rağmen uçağın kendi belirli rotasını izlediği görülür. Çünkü, uçakta sapmaları gözlemleyen ve bu sapmaları devamlı olarak düzeltten bir kontrol sistemi vardır.

Kontrol sistemi, (ŞEKİL—2) de gösterilen bir monitör fonksiyonu, üretim yöneticisi veya kendisine bu görev verilmiş bir grup tarafından yerine getirilir. Bazen de bu fonksiyonu görececek bir mekanizma kurulur.



(ŞEKİL—2) Kontrollü bir girdi-çıkıti sistemi.

Bir monitör çok şey yapabilir. Örneğin, üretim sisteminin çıkıtilarına karşı talebi inceleyebilir; ya da talep düzeyi, mamul mal

envanteri ve üretim oranını karşılaştırabilir. Ancak, monitör hangi eylemin yapılacağı konusunda hiçbir karar alamaz. Monitör, yalnızca, standardtan sapmaları gösteren bir ölçü birimiyle ne olup bittiğini rapor eder. Monitör, ihtiyaca göre planlanarak meydana getirilir. Böylece, monitörün başarı düzeyini ölçen geniş bir ölçü dizisini algılama ve rapor etme yeteneği olur. Monitör, devamlı olarak algıladığı bilgileri kontrol fonksiyonunu görene ya da başka bir deyişle kontrolöre aktarır.

Monitörden gelen bilgilere göre gerekli düzeltmeyi yapmak için kontrolör şu iki şıktan birini seçebilir: (i) sistem girdileri üzerinde işlem yapılabilir. Örneğin, işgücü planlaması ve envanter kontrolü gibi, (ii) üretim sürecini ve süreçlenen birimlerin üretim kapasitesini değiştirebilir. En sık tekrarlanan kontrol, girdiler üzerine uygulanandır. Aslında, girdiler üzerindeki kontrol, talepteki normal dalgalanmaları karşılamak ve işgören eksikliği veya makine bozulması gibi sistemi etkileyen görünmez faktörlerle başa çıkabilmek için gereklidir de.

Bilindiği gibi, kontrol sistemi, ümit edilen sistem çıktıları ile sistem girdilerini dengede tutmak için kullanılır. Bu bakımdan süreç kontrolü, girdi kontrolünden daha büyük bir duyarlılığa sahiptir. Bu nedenle de daha az kullanılır. Süreç kontrolü kullanıldığında, genellikle, çok önemli bir değişme olduğuna ve bu değişik durumu halletmek için önemli bir eylem gerektiğine dair bir işaret alınmıştır.

Düzeltilici kontrol modelinin yapısı, üretim sisteminin türüne göre değişir. Bilindiği gibi, temelde üretim sistemleri ikiye ayrılır: (i) akıcı üretim sistemi ve (ii) işyeri (atelye) sistemi. Akıcı üretim sistemi, aynı eylemlerin sürekli olarak aynı aralarla tekrarlanması durumunda söz konusudur. Buna karşın işyeri sistemi, değişik eylemlerin zamana göre birbirine uydurulmasına ihtiyaç göstermez; buradaki araç-gereç, küçük iş yerlerinde değişik tür işleri yapabilecek niteliktedir. Başka bir deyişle, akıcı üretim sisteminde, kitle üretimi için yerleştirilmiş özel amaçlı araç-gereç bulunmasına karşın; işyeri sisteminde değişik tür işleri yapabilecek nitelikte genel amaçlı araç-gereç bulunur.

İşte, değinilen girdi kontrolü, genellikle işyeri sistemi ile ilgilidir. Buna karşın, süreç kontrolü de, akıcı üretim sistemi yeniden düzenlenmek istendiğinde kullanılır.

III. GENEL KONTROL MATRİSİ

Bilindiği gibi, genel olarak sistem, «belirli bir amacı gerçekleştirmek için, değişik nitelikteki parçaların belirli bir plana göre oluşturduğu karmaşık bütündür» biçiminde tanımlanır. Sistemin ulaşmak istediği amacı O_{ij} sembolü ile gösterelim. Sistemin değişik nitelikteki parçalarını da iki ana grupta toplayalım. S_i grubuna giren parçalar, üretim yöneticisinin rahatça kontrol edebileceği nitelikte olsunlar. Buna karşın, N_j grubuna giren parçalar üzerinde üretim yöneticisinin hiç bir söz hakkı olmasın. Bu durumda, sistemin başarısı (O_{ij}), kontrol edilebilir değişkenler (S_i) ile kontrol edilemez değişkenlere (N_j) bağlıdır. Bunu matematiksel olarak şu eşitlikle gösterebiliriz :

$$O_{ij} = f(S_i, N_j)$$

Eşitliğin matematiksel ifadesine göre, bağımlı değişken O_{ij} , bağımsız S_i ve N_j değişkenlerinin fonksiyonudur. Ancak, sistem yaklaşımı açısından S_i ve N_j , çok karmaşık alt sistemlerden oluştuğu için, belirlenmeleride karmaşık süreçleri gerektirir. (ŞEKİL—3) deki matris biraz olsun bu karmaşıklığı gidermek amacı ile düzenlenmiştir. Bu matris incelenirken sık sık yukarıdaki eşitlik anımsanırsa karıştırmalar bir ölçüye kadar azalacaktır.

Sözü edilen $O_{ij} = f(S_i, N_j)$ eşitliği bir tablo durumuna getirilirse, genel kontrol matrisi kurulmuş olur. Daha önce verilen (ŞEKİL—1), aşağıdaki (ŞEKİL—3) de gösterildiği gibi söz konusu sembollerle yazılabilir.

N_j	N_1	N_2	N_3	N_4	Beklenen değerler (BD_i)
P_j	P_1	P_2	P_3	P_4	
S_1	O_{11}	O_{12}	O_{13}	O_{14}	BD_1
S_2	O_{21}	O_{22}	O_{23}	O_{24}	BD_2
S_3	O_{31}	O_{32}	O_{33}	O_{34}	BD_3

(ŞEKİL—3) Genel Kontrol Matrisi

Yukarıdaki sistemin elemanlarını kısaca açıklamakta, ilerideki açıklamaların anlaşılması bakımından büyük yarar vardır.

N_j - Doğal Durumlar : Üretim sisteminin sonuçlarını (0_{ij}) etkilemesine karşın, üretim yöneticisinin kontrol edemediği, değişkenler, doğal durumlar olarak nitelendirilir. Bu tür kontrol edilemez değişkenlere üretim yönetiminde «doğal durumlar» denilmesinin nedeni, ölüm, deprem, rüzgar, yağmur, hava sıcaklığı gibi doğa olaylarına benzemeleridir. Bu tür doğa olaylarının kontrol altına alınması daha önce incelenen birinci tür kontrol (çevresel kontrol) sınırları içine girer. O zaman da belirtildiği gibi, bu tür kontrol hemen hemen olanaksızdır. Benzer bir sorun üretim yönetimi alanında söz konusu olmaktadır. Girdi fiyatlarının değişmesi, teknolojik yeni buluşlar, milli gelir gibi ekonomik değişkenler, üretim yöneticisi tarafından kontrol edilemez. Bu nedenle, üretim yöneticisi, bu tür değişkenleri, doğa olaylarında olduğu gibi, doğal durumlar olarak kabul eder.

P_j - Doğal Durumlara İlişkin Olasılıklar : Doğal olayların insanlar tarafından kontrol altına alınması zordur. Ancak, ilgili bilim adamlarının geliştirdikleri yeğleme ve kestirme yöntemleri ile bunlara ilişkin olasılıklar bulunabilir. Örneğin, bu yöntemlerden biri olan görgül (Empirical) dağılım ile geçmiş on yılın ölüm kayıtları incelenerek sakarin kullanan 1000 hastadan 50'sinin kanserden öldüğü saptanabilir. Bu durumda, sakarin üreten bir işletme için, devletçe sakarin üretiminin yasaklanma olasılığı % 5 olarak hesaplanır ve bu %5, işletmenin sakarin üretimine ilişkin kararlarında veri olarak işlem görür.

S_i - Stratejiler : Üretim yönetiminin kontrolü altında olan birçok değişken vardır. Örneğin, para, hammadde, işgücü vb... Bu kontrol edilebilir değişkenler değişik zaman, biçim ve miktarlarda bir araya getirilerek, istenildiği kadar strateji oluşturulabilir. Stratejiler kontrol edilebilir değişkenlerin değişik kombinezonlarıdır. Bu kombinezonların meydana getirilmesi, teknolojik bilgi ile metodolojik analizin en uc noktasını teşkil eder. Stratejilerin amacı, belirli doğal durumlar altında belirli sonuçların elde edilmesini sağlamak olduğu için, bir bakıma, «üretim yönetimi» diye bir fonksiyonun var olma nedenidir de.

Belirtildiği gibi, stratejiler olanaklarla meydana getirilir. Ancak konunun ilginç yanı, bu olanakların da devamlı bir kontrol altında olmadığıdır. Örneğin, bir otomobil sürücüsü, arabasını istediği gibi kontrol edebilir. Ancak onun kontrolüne tam bir kontrol demek zordur. Gerçekten de, ani bir lastik patlaması bile ona kont-

rolünü kaybettirebilir. Benzer biçimde, makinalar üretim yöneticisinin kontrolü altındadır. Ancak, bu makinalarda beklenmedik bir arıza her zaman olabilir. Bu nedenle stratejik kaynaklar üzerindeki kontrole her zaman tam bir kontrol olarak bakılmamalıdır. Hele üretim yöneticisinin kontrolü altında varsayılan insan kaynağı göz önüne getirilirse konu daha da karmaşıklaşır. Örneğin, önemli bir nitelik olan önderliği ele alalım. Önderliği ölçemediğimiz gibi, ne varlığını ne de etkilerini belirleyebiliriz. İşte bu tür stratejik kontrol sorunlarına «taktiksel belirsizlik» adı verilir. Konunun yalınlığını bozacağı için, burada taktiksel belirsizlik kavramına daha fazla değinmekte yarar yoktur.

0 ij - Sonuçlar : «Belirli bir doğal durum meydana geldiğinde, belirli bir strateji uygulanırsa ne olacaktır?» sorusunun cevabını sonuçlar verir. Başka bir deyişle, belirli bir strateji (örneğin S₂) ile belirli bir doğal durum (örneğin N₃), belirli bir sonuç (örneğin 0²³) meydana getirir.

Başta da belirtildiği gibi, üretim yöneticisinin olabilecekleri planlaması ve şu anda olanları da kontrol etmesi gerekir. Kontrol planlamaya, planlama da güvenilir bir kestirme yapmaya dayanır. Bu nedenle, üretim yönetimindeki kontrol modellerinin yapısı hem kestirme sürecini, hem de şu anda olanları devre başındaki kestirmelerle karşılaştıran geri bildirim sürecini içerir. (ŞEKİL—2) de elemanları belirtilen genel kontrol matrisi, üretim yönetimindeki kontrol modellerinin yalnızca kestirme süreci kısmı ile ilgilidir. Başka bir deyişle, söz konusu matris, devre başında yapılması gereken eylemleri yalın bir biçimde göstermektedir. Devre başında söz konusu matris, kontrol, yeğleme, kestirme ilke, yöntem ve politikalarına göre bir kere düzenledikten sonra, sürekli veya belirli aralarla geribildirim işaretleri alınır. Alınan bu işaretlere karşı ne tür bir politika izlenebileceği de yine söz konusu kontrol matrisi içinde bulunur. Ancak, kontrol matrisinin daha önce değinilen temel kontrol sınıflarından (Tür-1, Tür-2, Tür-3) birinin sınırları içinde kurulabileceğine de dikkat edilmelidir. Yazının bundan sonraki kısmında kestirme süreci ile geribildirim süreci incelenecektir.

IV. KESTİRME SÜRECİ

Üretim yöneticisi, optimal bir strateji seçmeden önce, bir doğal durum setindeki durumların hangi olasılıkla meydana gelece-

ğini saptamalıdır. Başka bir deyişle, (ŞEKİL—2) deki matrisin ilk satırında yer alan N_j durumlarının hangi olasılıkla meydana geleceğini gösteren P_j olasılık değerlerini hesaplamalıdır. P_j değerleri, toplamları bir olan bir olasılık dağılımıdır. Değişik sınıflar içinde toplanan durumlar, değişik dağılım türleri ile temsil edilirler. Aşağıda üretim yönetimi alanında ortaya çıkabilecek durumlar 7 sınıfta toplanmıştır. Bu durumları, değişik kestirme türlerinin temelinde yatan sistemler olarak tanımlamak mümkündür.

- A. **Yalnızca Bir Doğal Duruma Sahip Olan Sistemler (4).**
- B. **Dağılımları değişmeyen Çok Koşullu Sistemler (5).** Bu sistemlerde, doğal duruma ilişkin olasılıklar zamana göre değişmez niteliktedir.
- C. **Sistemde Shewhart (6) Türü Bir Kararlılık Vardır.** Bu durumda,, doğal duruma ilişkin olasılıklar bazı kurallar içinde değişebilir. Herhangi bir durumdaki doğal durum, daha önceki tüm doğal durumlardan bağımsızdır.
- D. **Sistemde Markovsal Bir Kararlılık Vardır.** Bu durumda, doğal durumlara ilişkin olasılıklar denge değerleri içinde hareket edebilir. Ancak, herhangi bir zamandaki doğal durum, kendinden önceki yalnız bir doğal duruma bağlıdır.
- E. **Sistemte Markovsal Olmayan Bir Geçmişe Dayalı Kararlılık Vardır.** Burada, doğal durumlara ilişkin olasılıkların belirli kurallar içinde değişmesi gerekir. Ancak herhangi bir zamandaki doğal durum kendinden önceki birkaç doğal duruma birden bağlıdır.
- F. **Sistemde Bir Kararsızlık Vardır.** Burada, doğal duruma ilişkin hiçbir bilgi olmamakla birlikte, doğal durumların olasılık grafiğine göre bazı bilgiler geliştirilebilir (7).

-
- (4) Bu tür sistemlerde her türlü kararlar belirlilik ortamında alındığı için kontrolü oldukça kolaydır.
 - (5) Bu tür sistemlerde alınan kararlara «Risk Ortamında Karar Alma» denir. Bu sistemlerin kontrolü oldukça zordur.
 - (6) Walter A. Shewhart, olasılık ilkelerini kalite kontrolüne ilk kez uygulayan bilim adamıdır. Bkz.: Walter A. Shewhart, **Statistical Method From Viewpoint of Quality Control**, (The Department of Agriculture, Washington, 1939), s. 310-327.
 - (7) Bu tür sistemlerde karar almaya, «belirsizlik ortamında karar alma» denir. Dolayısıyla kontrolü de son derece zordur.

G. Sistemde Doğal Durumlara İlişkin Hiçbir Bilgi Yoktur. Bu tür sistemlerde ilgili doğal durumları belirleme olanağı bulunamaz.

Kestirme ve sistem davranışları konusundaki teknik bilgilerin pek çoğu, A durumu ile G durumu arasında herhangi bir durumla karşılaşıldığında yapılacak eylemin ne olduğu konusuna dayanır. Söz konusu durumlar, değişik dağılım türleri ile temsil edilir. Başka bir deyişle, söz konusu durumlara uygun kuramsal olasılık dağılımları geliştirilmiştir. Aşağıda başlıca olasılık dağılımlarının yalnızca bir sıralaması yapılacak, bu dağılımların incelenmesi ayrı bir yazının konusu olacaktır. Üretim yönetimi alanında karşılaşılabilecek durumları temsil eden başlıca olasılık dağılımları şunlardır :

1. Binom Dağılımı,
2. Normal Dağılım,
3. Poisson Dağılımı,
4. Üssel (exponential) Dağılım,
5. Görgül (empirical) Dağılım.

İleride olması beklenen olaylar, yukarıdaki dağılım kanunları çerçevesinde olup biter. Hangi sınıf olayların hangi sınıf bir dağılım gösterdiği, uzun gözlemler sonucu ortaya konulmuştur. Bu bakımdan yöneticinin işi bir ölçüde kolaylaşmıştır. Eğer yönetici bir olayın olacağını kestirebilirse, olayın nasıl olup biteceğini dağılım kanunları ile daha önceden bildiği için, önlemlerini zamanında alabilecektir. İşte bu noktada karşımıza yeğleme ve kestirmenin önemi çıkmaktadır. Ancak, üretim yöneticisi, önce, kestirme yapmak için olanaklarını değerlemeli, daha sonra da, kuracağı kontrol temel sınıfını (8) seçmelidir. Başka bir deyişle, yönetici, kuracağı kontrol sistemini, kontrol temel sınıflarından birinin sınırları içinde kuracaktır. Kurulan kontrol sistemine «tesadüfilik», doğal durumu karakterize eden kontrol edilemez değişkenler vasıtasıyla girer. Bilindiği gibi, bir doğal durumu temsil eden kontrol edilemez

(8) Yani, daha önce incelenen Tür—1 (çevresel); Tür—2a (kestirme); Tür—2b (yeğleme); veya Tür—3 (geri bildirim) kontrollerinden hangisini uygulayacağına karar vermelidir.

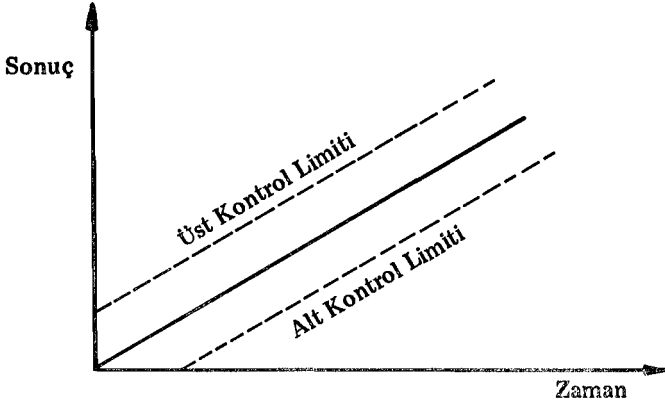
değişkenler, tesadüfi seçimle alınacak bir örnek esasına göre yeğlenir veya kestirilir. Değişik kestirme ve yeğleme türleri vardır. Bunlar da başka bir yazının konusu olacağı için, yalnızca isimleri aşağıya sıralanmıştır:

1. Markovsal Kestirmeler,
2. Trend Yeğlemeleri,
3. Mevsimlik Yeğlemeler,
4. En Küçük Kareler Yeğlemesi,
5. Personel Yeğlemesi,
6. Ötekiler.

V. GERİBİLDİRİM (FEEDBACK) SÜRECİ

Daha önce, üretim yönetimindeki kontrol modellerinin, bir taraftan kestirme süreci, diğer taraftan da, şu anda olanları devre başındaki kestirmelerle karşılaştıran geri bildirim sürecini içerdiği belirtilmişti. Yukarıda kestirme sürecine değinildi. Şimdi de geri bildirim sürecinin yalın bir biçimde ortaya konulmasına çalışılacaktır.

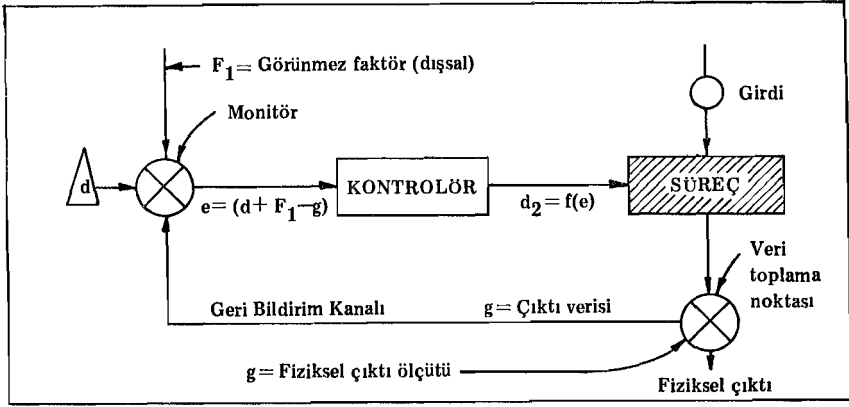
Sefer durumundak bir uçağın kontrolü, sürekli olarak gönderilen hız ve durum raporlarına dayanılarak yapılır. Uçağın kontrol altında olup olmadığı, devingen (dinamik) bir seyir isteyen sistemin, hızını ve durumunu gösteren değişkenlerle ölçülür. Diğer taraftan kontrol, «üretim süreci kontrol altındadır» gibi hiçbir değişikliğin olmadığı bir durumu belirtmek için de zaman zaman kullanılan bir deyimdir. Şu halde, değişken ve dural sistem kontrolleri arasında belirgin bir fark olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu fark, bir standarddan-söz konusu standard belirli bir zaman sınırı içinde değişebilir-sapmaları kontrol etmeyi başka türlü anlatamamaktan çıkmaktadır. Aslında, sapmalara belirli limitler içinde izin verilmektedir. (ŞEKL—4) de gösterilen durumun kontrol altında olduğu söylenebilir. Oysa, durum zaman süresince değişmektedir. Aynı tür kontrol, üretim programlaması elemanları üzerinde öteden beri uygulanagelmektedir.



(ŞEKİL—4) Bir trend doğrusunun Alt ve Üst Kontrol Limitleri.

(ŞEKİL—4) de, gözlemlenmiş sonuçlar üst ve alt limitlerin arasında kalan alana düşerse, sistemin dengede olduğu kabul edilir. Tamamen farklı bir kontrol durumu, sistem dengesiz olduğu zaman ortaya çıkar. Dengesiz sistemlerde görünmez faktörleri ortadan kaldıramadığımız gibi, ne zaman meydana geleceklerini de bilemeyiz. Bu durumda, daha önce değinilen düzeltici (Tür-3) kontrol modelleri kullanılır. Bazen, sisteme bir monitör koyarak, insan medahalesini isteyen bir tehlikenin ortaya çıktığını gösteren bir işaret sağlamak yeterli olabilir. Bu, insan-makine arabağlılığını sağlayan ilginç bir durumdur. İnsan müdahalesi gerekmediği zamanlarda önceden düzenlenen kontrol mekanizması, görünmez faktörlerle tek başına mücadele eder. Örneğin, eğer oda sıcaklığı düşerse, standarddan sapmayı düzeltmek için, termostat fırını uyarır ve onu harekete geçirir. Uçakların iç kontrol sistemleri de aynı biçimde çalışır. Ancak bu tür sistemler geliştirilirken, tüm olasılıklar göz önünde bulundurulmalı ve tüm bu olasılıklara karşı uygulanacak stratejiler aygıtın içine yerleştirilmelidir.

Sisteme zaman zaman giren görünmez faktörlerin (disturbançes) etkilerinin bilindiği, ancak, bu görünmez faktörler için hiçbir kestirmenin uygun düşmediği; bunların dağılımlarının bilinmediği durumları kontrol etmek için geliştirilen modeller vardır. Bu tür modeller, geribildirim (feedback) kontrolü esaslarına göre kurulur. (ŞEKİL—5), genel bir geribildirim modelini göstermektedir.



(ŞEKİL—5) Genel Geribildirim Kontrolü Modeli

KAYNAK : Martin K. Star, Production Management: Systems (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972), s. 113.

Geribildirim kavramı, geçerli görünmez faktörlere (9) karşı işletmenin amaçlarını koruması gereken yöneticinin ne gibi özel modeller kurabileceği fikrinden doğmuştur. (ŞEKİL—5) e göre, monitör, sistemde g sembolü ile gösterilen gerçek çıktı ile, $(d \pm F_1)$ ile ifade edilen toplam talebi karşılaştırır. Burada d , beklenen talep veya standarddır. F_1 ise, talebin standarddan fazla veya az olmasıdır. Böylece, $e = d + F_1 - g$, talep edilen mal ile üretilen mal arasındaki hatadır. Örneğin, d gemilerin dümen başlığı olsun. F_1 , akıntı nedeniyle başlığın yerinden oynamasıdır. g , başlığın belirli bir andaki gerçek durumudur. Geminin dümenini yöneten makina düzeltici bir politika izler. Bu politika şekilde $d_2 = f(e)$ eşitliği ile gösterilmektedir.

- (9) Bir durumda geçerli olan görünmez faktör, bir başka durumda geçerli olmayabilir. Örneğin, bir uçağın yapımında, makinanın içine kuşların düşmesi gibi ender rastlanan bir durumu planlamak geçerlidir. Bu durumun olması olasılığı çok düşüktür, ama, eğer olursa sonucu çok üzücü olacağından iç kontrol bu durum için de planlanır. Benzer bir olay, talebin azalma olasılığı çok düşük olsa bile, gerekli önlemleri önceden almak için envanter kontrol sistemlerinde görülür.

Eğer, karşılaştırmalar, belirli zaman araları ile yapılmaktaysa, kontrol sistemi bir «veri örnekleme sistemi» olarak tanımlanır. Buna karşın bazı sistemler için devamlı çalışan bir monitör gereklidir. Bu durumdaki sistemlerde karşılaştırma sürekli bir biçimde devam eder. Her iki durumu örneklerle açıklamak istersek, sipariş miktarını dönemsel olarak kontrol etme veya envanter düzeyini dönemsel olarak kontrol etme birer veri örnekleme sistemi olarak düşünülebilir. Bu durumda, çeşitli kalemler için toplam talep her sabah, her öğle, her akşam, hafta sonları vb. saptanır. Buna karşılık devamlı kontrol sistemleri, örneğin, depo düzeylerini akaryakıt tankerlerini, petrol boru hatlarındaki akım oranlarını monitörlemek için kullanılır.

Geribildirim kontrol sistemindeki monitör şu üç tür bilgiyi kabul edebilecek biçimde düzenlenmiştir:

1. Sistemin çıktısı (g), bir geribildirim kanalı ile monitöre aktarılır.
2. Sistemin amacı veya standard başarı düzeyi (d_1), ya üretim yöneticisinin amacı olarak veya sistemin başarı düzeyinin bir beklenen değeri olarak belirlenebilir. Bu belirleme sistem geliştirmenin temelidir.
3. Monitör, F_1 i kabul eder ve ölçer. Bu bir dışsal görünmez faktördür (örneğin, artan talep, $+ F_1$ veya azalan talep, $- F_1$ gibi).

Çıktı (g), toplam talep ($d_1 \pm F_1$) ile uyduğunda hiçbir eylem istenmez. $e = (d_1 \pm F_1) - g$ miktarını monitörle işaret edebilmesi (devamlı veya veri örnekleme temeline göre) için sisteme bazı aygıtlar yerleştirilmelidir. e bir hata işaretidir. Genel olarak sistem $d_1 = g$ olacak biçimde düzenlenir $F_1 = 0$ olduğunda, $e = 0$ dır ve hiçbir düzeltici eylem gerekmez. $F_1 \neq 0$ olduğunda monitör bir farkı işaret eder ve uygun bir doğrultucu eylem (d_2) talep eden bir hata işareti verir. Hata sinyali şu zamanlarda verilir:

1. Sisteme dışsal bir görünmez faktör girerse, yani $F_1 \neq 0$;
2. Üretim yöneticisi amaçlarını değiştirir ve d_1 değeri değişirse

3. Çıktı (g), bir süreç başarısızlığı nedeniyle azalır, örneğin makinalardan biri bozulmuşsa (10).

(ŞEKİL—5), insan, makina veya bunların karışımı olan bir kontrolörü de içermektedir. Kontrolör, temel alınan politikaya göre eylem düzeltici bir birimdir. Kontrolör, hata sinyalinin uygun bir kontrol eylemi ($d_2 = f(e)$) içine transfer etmek için tesis edilir. Kontrol eylemi, süreçteki gerekli değişmeyi sağlar. Bunun için sistemdeki kontrolör birimi, olması gereken çeşitli e sinyallerini kabul edecek ve yorumlayacak biçimde planlanır ve yapılır. Eğer kontrol şebekesini gösteren teknik resimler incelenirse, kontrolörün çıktısının (d_2), e nin özel bir fonksiyonu olarak planlandığı görülür. Gerçekten de, bu fonksiyonlar önceden planlanmış politikalardır.

Hata sinyali, sistemin standardının (d_1) ve dışsal görünmez faktör (F_1) düzeyinin bir fonksiyonudur. F_1 in sıfır değerini alması, sistemin standard göstergelere göre başarı göstermekte olduğunu gösterir. Bu durumda $d_1 = g$ ve $e = 0$ dır. F_1 , sıfırdan farklı bir değer aldığı anda sistem $e = (d_1 \pm F_1 - g) \neq 0$ ve $d_2 = f(e) \neq 0$ değerlerine sahip olacaktır. Kontrolör, görünmez faktörleri d_2 ile önler. Bu yeni bir g değeri oluşturur ve e sıfıra doğru yönelmeye başlar.

VI. KONTROL POLİTİKALARI

Yukarıda tartışılan model, elektronik kontrollü aygıtlarda yaygın olarak bulunan bir kendi kendini kontrol sistemidir. Otomatikleştirilmiş sistemler, böyle modeller olmaksızın kurulamaz. Bununla birlikte, bu tür kontrol kuramına yalnız makina sistemleri duyarlı değildir. Eğer bir dizi kontrol kural ve politikası sistemdeki bireyler için konulmuşsa, bu durumlarda bireye ilişkin hata sinyalleri elde edilir. Tıpkı makine sistemlerindeki gibi bir görünmez faktörün olasılığı, ister bilinsin ister bilinmesin, bu modeller bireysel sistemler için de etkinlikle kullanılabilir. Aynı şekilde, söz konusu modeller, özellikle talep dağılımı saptanamadığında envanter ve üretim kontrolü sistemlerine uygulanabilir. Görüldüğü gibi, hangi durumda olursa olsun incelenen kontrol modelleri herhangi bir sistemde uygulandığında sonuç değişmemektedir.

(10) Böyle içsel görünmez faktörler (F_2) modelimizi daha da karmaşık bir duruma getireceği düşüncesi ile yok varsayılmıştır.

Bilindiği gibi kontrol modellerinin temel amacı önceden planlanmış belirli bir sonucu korumaktır. Karar kuramı terimleriyle göstermek istendiğinde, belirli bir sonucu korumak için, bir kontrol emirleri matrisi düzenlenir. Böyle bir matris (ŞEKİL—6) da verilmiştir.

		t ₂ ZAMANINDAKİ DOĞAL DURUM			
		N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
t ₁ ZAMANINDAKİ STRATEJİ	S ₁	S ₂ ye git	S ₁ de kal	S ₄ e git	S ₄ e git
	S ₂	S ₃ e git	S ₂ de kal	S ₂ de kal	S ₃ e git
	S ₃	S ₃ de kal	S ₂ ye git	S ₂ ye git	S ₁ e git
	S ₄	S ₁ e git	S ₄ de kal	S ₂ ye git	S ₂ de kal

(ŞEKİL—6) Kontrol Emirleri Matrisi

Sistem $t = 0$ zamanında, $S_1 N_2$ durumuyla dengedeysen bir görünmez faktör dizisinin meydana geldiği ve doğal durumları şu sıra ile değiştirdiği varsayalım:

$$N_2, N_3, N_2, N_3, N_1, N_4, N_3, N_2, N_1, N_4, N_1$$

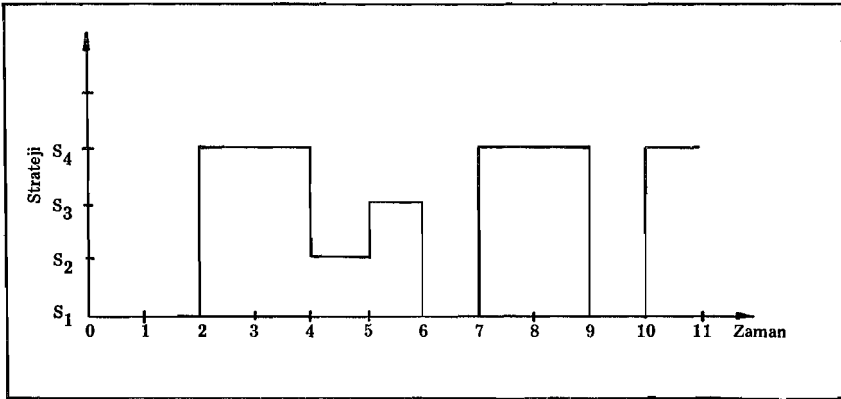
Yukarıdaki doğal durumlar meydana geldiği zaman, üretim yöneticisi hangi stratejiyi uygulayacağını artık daha önceden bilmektedir. (ŞEKİL—7), yöneticinin ilgili doğal durumlar meydana geldikçe, astlarına, uygulanacak strateji konusunda vereceği emirleri, daha açık biçimde göstermektedir.

Zaman t	Strateji S _i	Doğal durum N _j	Yöneticinin astlarına vereceği emirler
0	S ₁	N ₂	S ₁ Stratejisinde kal
1	S ₁	N ₃	S ₄ e git ve uygula
2	S ₄	N ₂	S ₄ Stratejisinde kal
3	S ₄	N ₃	S ₂ ye git ve uygula
4	S ₂	N ₁	S ₃ e git ve uygula
5	S ₃	N ₄	S ₁ e git ve uygula
6	S ₁	N ₃	S ₄ e git ve uygula
7	S ₄	N ₂	S ₄ Stratejisinde kal

8	S_4	N_1	S_1	e git ve uygula
9	S_1	N_4	S_4	e git ve uygula
10	S_4	N_1	S_1	e git ve uygula

(ŞEKİL—7) Belirli Bir Doğal Durum Dizisinin Elemanlarına Karşı Uygulanacak Stratejiler.

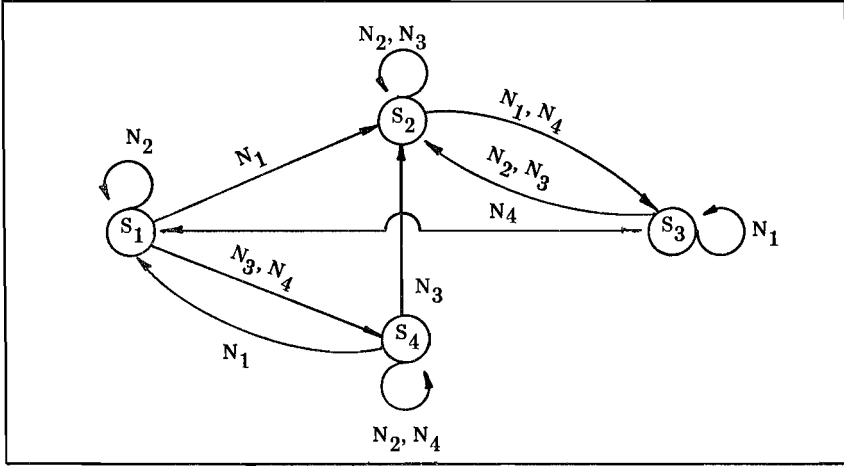
Yukarıdaki tablodan, yöneticinin işinin oldukça kolaylaşmış olacağını görmekteyiz. Gerçekten de t_0 zamanında N_2 doğal durumuna karşı, şu anda S_1 stratejisi uygulanmaktadır. Bir süre sonra t_1 zammında N_3 doğal durumu vuku bulunca (ŞEKİL—6) daki S_1 ile N_3 ün kesişme yerinde S_4 e git emrini görürüz ve S_4 stratejisini uygulamakta iken t_2 zamanında N_2 doğal durumu meydana gelir. (ŞEKİL—6) da S_4 ile N_2 nin kesişme noktasında S_4 de kal emri vardır. Bu durumda S_4 stratejisinin uygulanmasına devam edilir. Daha sonra t_3 zammında N_3 doğal durumu meydana gelecektir. S_4 ile N_3 ün kesişme noktasında S_2 ye git yazıldığına göre, artık S_4 ün uygulanmasına son verilerek S_2 nin uygulanmasına başlanacaktır. (ŞEKİL—7), t_0 dan t_{10} a kadar ,ilgili doğal durumlar meydana geldikçe hangi stratejinin uygulanmasına geçileceğini göstermektedir. (ŞEKİL—8) ise, hangi zamanda hangi stratejinin uygulanacağını grafikte göstermektedir.



(ŞEKİL—8) Belirli bir sonucu elde etme amacıyla kontrol stratejilerinin değişmesi.

(ŞEKİL—8) e göre, 0 ve 1 zamanlarında S_1 ; 2 ve 3 zamanlarında S_4 ; 4 zamanında S_2 vb... uygulanacaktır.

(ŞEKİL—9) da, koşulları ve bu koşullar altındaki stratejik geçişleri bir hareket diagramı ile göstermektedir.



(ŞEKİL—9) Tüm mümkün görünmez faktörlere karşı kontrol sistemindeki geçişleri gösteren hareket grafiği.

(ŞEKİL—9)a göre, stratejik durum ne olursa olsun, eğer belirli görünmez faktörlerden herhangi birisi meydana gelirse, sistem değişmeyecektir. Ancak, her strateji için farklı özel şartlar söz konusu olacaktır. Aynı zamanda, şekilde açık olarak görüldüğü gibi, stratejik durumlar arasında kolayca ve kesintisiz bir bağlantı kurulabilmektedir. Bu tür bir diagram, sistemin etki ve tepkilerini araştırmak ve sistemi karakterize eden ilginç olayları açığa çıkarmak için çok faydalı bir kontrol aracı olmaktadır.

(ŞEKİL—6,7,8 ve 9)un yardımı ile açıklanmaya çalışılan kontrol emirleri matrisini hazırlayabilmek için, önceki stratejilere ilişkin tarihi bilgilere ve sistemce algılanmakta olan görünmez faktörlerin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla, ihtiyaç duyuldukça baş vurulabilecek bir strateji kaynağı yaratmak düşünülebilir. Ancak, böyle bir strateji deposu kurmak çok pahalıya mal olur. Yine de değişik koşullara kolayca uyarlanabilecek bir kontrol politikası geliştirmek istenirse, kontrol sisteminin maliyeti ile stratejik bir

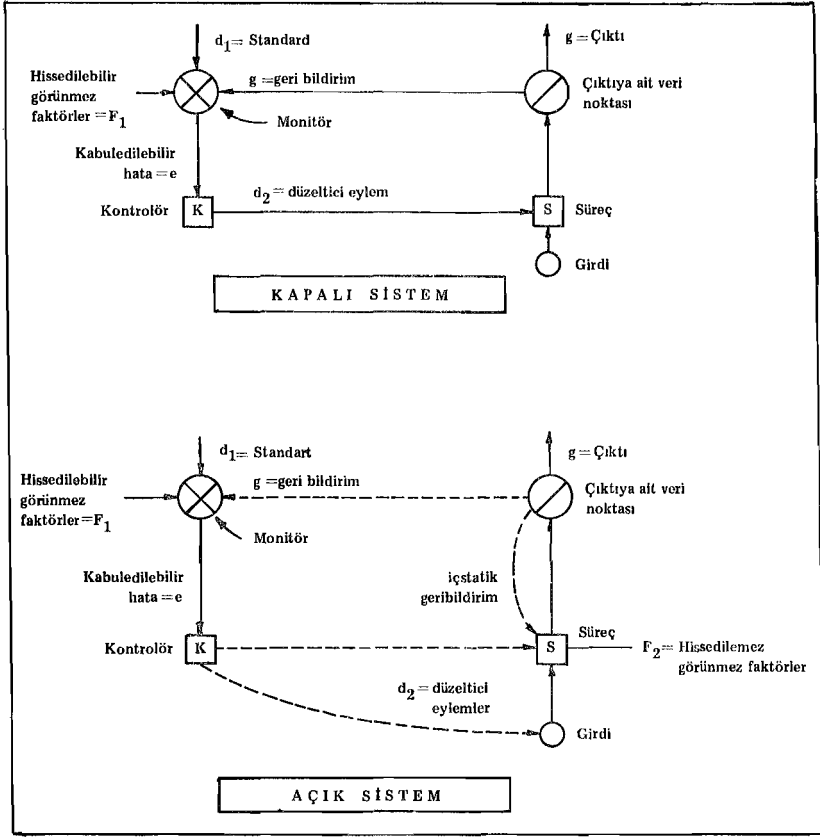
esneklik sağlayacak teknolojik aygıtların maliyeti, böyle önemli bir kontrol kurmamanın yaratacağı kayıplarla karşılaştırılmalıdır.

Kontrol sistemlerinin geliştirilmesi, kurulması ve analizi, kendi kendine kontrol mekanizmalarının çok karmaşık matematiksel tanımlarını gerektirir. Ancak, simulasyon yöntemleri, en düşük maliyetle ve bazen matematiksel yöntemlerden çok daha sağlıklı olarak, bu tür kontrol düzenlemelerini analiz ve test edebilir.

VII. AÇIK VE KAPALI SİSTEMLERDE KONTROL

Biraz önce kontrol emirleri matrisini açıklarken kullanılan sistem, kapalı bir sistemdi. Kontrol kuramı genellikle böyle sistemlerin kuramsal bir kontrol modelini verebilir. Kapalı sistemlerin «bilgi sızdırmaz» oldukları kabul edilir. Bilgi sızdırmaz nitelikteki kontrol sistemleri, uygun tüm bilgileri kabul eder ve amacına uygun olarak doğrudan doğruya sürece müdahale edebilir. Kapalı kontrol sistemlerinin bilgi döngülerinin (aşağıdan yukarıya, yukarıdan aşağıya, sağdan sola ve soldan sağa bilgi akımları) de kapalı olacağı açıktır. Diğer taraftan, üretim sistemi, açık girdi-çıkıtı sürecinin bir parçası olarak kabul edilebilir. Açık ve kapalı sistemleri en yalın biçimde (ŞEKİL—10) ile göstermek mümkündür.

(ŞEKİL—10) da görülüşü gibi, açık sistemlerde bir hissedilemez görünmez faktör (F_2) olabilir. Çıktıyı etkilemesine rağmen, kontrol sistemi bu F_2 faktörünü algılayıp kabul edememektedir. Aynı şekilde, kontrol birimi (kontrolör) bazı düzeltici eylemlerde bulunabilmesine rağmen, bu eylemin çıktıyı ya da üretim sürecini nasıl etkileyeceği belirsizdir. Böyle bir birimin bilgi sızdırmaz niteliği yoktur. Açık nitelikte pek çok önemli sistem vardır. Örneğin, bir ülkenin ekonomisi, müşteri pazarları, bireylerin davranışları gibi... Açık sistemlerde, pek çok bilinmeyen ilişki vardır. Sistem değişmelerinin nedenleri kolayca bulunamaz. Hatta, bazen, herhangi bir değişimin yer aldığı olay bile farkedilemez. Bununla beraber, açık sistemlerin de bir içsel kontrol sistemi kurmaya çalıştıkları görülür. Konuya bireyler açısından bakarsak, bu genellikle bir iç dural (iç statik) mekanizma olarak adlandırılabilir. Gerçekten de (ŞEKİL—10) da, bir takım ölçü ve düzeltici eylemler sürece üzerinde bir geri bildirim etkisi yapmaktadır. Ancak, şekilde bunlar, kapalı sistemlerin aksine olarak noktalı doğru ya da eğri-



(ŞEKİL—10) Açık ve Kapalı Sistemlerin Karşılaştırılması

lerle gösterilmiştir. Eğer bunlar, kapalı sistemlerdeki gibi çok kesin olsalardı kesik çizgilerle değil, devamlı çizgilerle gösterileceklerdi. Çünkü yalnız kapalı sistemlerin kontrolü açık ve kesin bir biçimde kurulup analiz edilebilir. Açık sistemlerin içsel düzenleyici mekanizmaları, sistemi dinamik bir dengede tutmaya yöneliktir. Dinamik denge durumunda sistemin bir elemanının değişme tür ve oranı, öteki elemanları için hesaplanan uygun bir değişme oranı ile dengelenir. Başka bir deyişle, dinamik denge durumunda sistemin herhangi bir elemanında yapılacak değişikliğin oranı, sistemin öteki elemanlarının durumuna bağlıdır. Sistemin öteki elemanları bu tür bir değişikliği kaldırabilecek bir durumda değilse sistemin

dengesi bozulacaktır. İşte açık sistemler için geliştirilen içsel kontrol mekanizmaları böyle bir dinamik dengeyi koruyup gözetir ve gerektiğinde bozulan dengeyi düzeltici eylemlerde bulunur.

Açık sistem durumundaki bir sürecin içsel çalışmaları konusunda pek az şey bilinir. Elektrik mühendisleri ayrıntılı olarak açıklanamadığı için üzerinde işlem yapılamayan bu tür süreç için «kara kutu» deyimini kullanırlar. Kara kutu niteliğindeki süreçler bazen hiç bilinmez, bazen de kısmen bilinir. Örneğin bir insan beyni çağdaş bilime rağmen hala tam bir kara kutu niteliği taşımaktadır. Buna karşın, açık bir sistem olarak değişik tür pazarlara kısmî bir kara kutu olarak bakılabilir. Böyle durumlarda, girdi-çıkıtı arasındaki ilişkileri inceleyerek meçhul sürecin bazı özelliklerini zımnen çıkarmak mümkündür. Psikologların, beyinsel davranışları anlamak için kullandıkları etki-cevap analizleri bir zımni yaklaşımdan başka bir şey değildir.

Bu durumda yapılacak en iyi davranış açık sistemleri ufak olmakla beraber önemli bir ilkeyi göz önünde bulundurarak, yönetmek, ayarlamak ya da değiştirmektir. Söz konusu ilke şudur: özel bir eylem özel bir sonuç doğurur. Görüldüğü gibi, açık sistemlerin kontrolünde, uzun süre gözlemlenmiş çok özel bir eylemin doğurduğu çok özel sonuçlardan başka önemli bir güvencemiz yoktur. İyi ki, üretim yönetiminin girdi-çıkıtı sistemi, çok belirgin bir eleman dışında, açık bir sistem değildir. İnsan elemanı görmezden gelinirse, üretim sistemi kapalı bir sistemdir ve büyük bir etkinlikle kontrol edilebilir. Üretim sistemindeki insan elemanı açık bir sistemdir. Bu duruma, kapalı üretim sistemi kavramının bir uzantısı olarak bakmak da mümkündür. Eğer üretim sistemindeki insan faktörü azaltılarak aşırı otomatik bir üretim süreci kurma yoluna gidilirse, sistemin kapalılık düzeyi ve dolayısıyla kurulacak kontrolün etkinliği son derece arttırılmış olacaktır. Aslında bu durum çağımızda otomasyona gitmenin ve her geçen gün otomasyonun büyümesinin en önemli nedenlerinden birisidir. Bununla beraber, ne düzeyde bir otomasyona gidilirse gidilsin, tamamen kapalı bir üretim sistemi kurulması mümkün değildir. Başka bir deyişle, üretim sisteminin iki uc noktasının bulunması, onu tamamen kapatmayı engeller. Bu uc noktalardan biri aslında üretim sisteminin var olma nedeni olan tüketicidir. İnsanlardan meydana geldiği için açık bir sistem olan tüketici, üretim sistemini açılmaya zorlar. Diğer taraftan, söz ko-

nusu ikinci uc, yönetim fonksiyonudur. Kapalı var saymaya çalıştığımız üretim sitemleri, yine insanların oluşturması nedeniyle açık bir sistem olan yönetim fonksiyonu olmadan işleyemez. Bu nedenlerle, tamamen kapalı ve otomatik bir üretim sistemi kurma, bu gün için ümit edilemeyecek bir hayaldir.

VIII. SHEWHART KONTROL MODELİ

Daha önce adı geçen Walter Shewhart, üretim yönetimi alanında en verimli uygulamasını bulan, son derece önemli bir kontrol modeli geliştirmiştir. Aslında, bu kontrol modeli, yalnızca üretim yönetimindeki uygulamaları ile sınırlı değildir. Bu model çok doğal olarak, makina sistemlerinin analizine de uygundur. Shewhart kontrol modeli, çıktıkların başarı düzeyini inceler. Bunun için, kontrolü altındaki stratejilere ve kontrolü altında olmayan doğal durumlara ilişkin değişkenleri belirlemeye çalışır. Böylece, kontrol edilebilir değişkenlerin kontrollü biçimde kullanılmakta olup olmadıklarını ayırt eder. Bu, shewhart türü kontrol modeli kurmanın en büyük uğraşı alanıdır. Sırf bu açıdan, Shewhart modelinin geliştirilmesi bile önemli bir kontrol fonksiyonunu yerine getireceği düşüncesi ile çok geniş bir kabul görmüştür.

Shewhart kontrol modelinin değişik görünüşleri vardır. Bu yazıda yalnızca bir kalite kontrolü tekniği olarak görünümü tartışılacaktır. Ancak, bu da çok sınırlı bir açıdan ele alınacaktır. Başka bir deyişle, amacımız burada genel kalite kontrolünü anlatmak değil, genel bir üretim yönetimi kontrol yöntemi olarak modelin uygulamasını incelemektir.

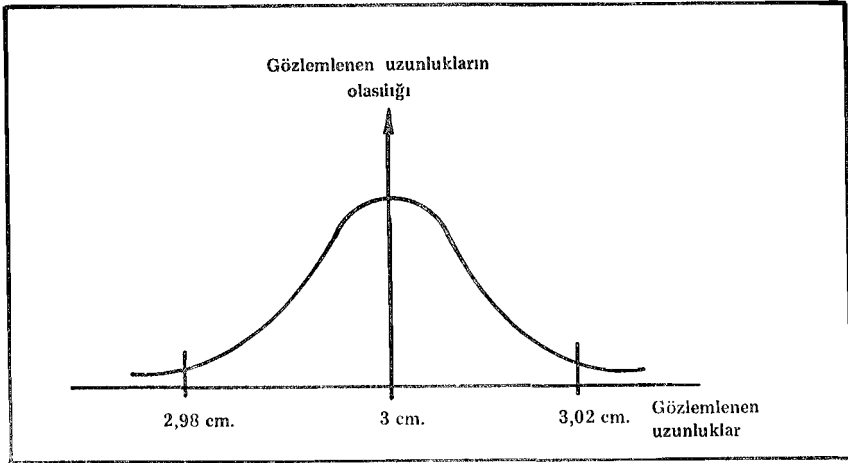
Bu modeli kullanmanın en büyük yararı, kararlı bir kestirme yapılmış olup olmadığını saptamaktır. Söz konusu modelin amacı ise, sistemin beklenenleri karşılayıp karşılayamadığını, belirli bir sonucu elde edip etmediğini ve üretim yöneticisinin hedeflerine ulaşmış olup olmadığını saptamak için süreci monitörmektir. Bu çerçevede içinde kullanıldığında kontrol teriminin özel anlamlarına dikkat edilmelidir. Eğer, üretim aygıtlarını etkileyen görünmez faktörler (bunlar, «saptanması mümkün sapma nedenleri» olarak adlandırılır) ortaya çıkarak sistemin işleyişini değiştirirse bunlar hakkında bazı eylemlerin yapılması gerekir. Örneğin, herhangi bir görünmez faktör, kum eleğinde geniş bir delik açtığı için üretim

çıktısı artık standartlara uymuyordur. Bu durumda, eleğin onarımı ya da değiştirilmesi yoluna gidilmelidir. Buna karşın, eğer, doğal durumlara ilişkin görünmez faktörler oldukça önemli ise (Bunlar da «tesadüfi sapma nedenleri» olarak adlandırılır), bunlar hakkında bir tek ayırık durum dışında hiç bir eylemde bulunulmaz. Bu ayırık durum, tesadüfi sapma nedenlerinin değişkenliğinin, daha işin başında sürecin başarı düzeyi saptanırken göz önünde bulundurulması gerektiğidir. Shewhart kontrol modeli saptanması mümkün nedenler konusunda ne zaman ve nerede neler yapılacağını söylemez. Başka bir deyişle, Shewhart kontrol modelinin uyguladığı kontrol, bu anlamda bir kontrol değıldir.

Shewhart kontrol modelinin uygulandığı sistem türünün amacı açık ve kesin bir biçimde tanımlanmalıdır. Örneğın, «parça x 100, 3 cm \pm 0,05 cm uzunluğunda kesilecektir» gibi amaç tanımları olmalıdır. Saptanması mümkün sapmaların nedenleri, insan gücü, ham madde ve öteki olanaklar nedeniyle vuku bulan görünmez faktörlerdir. Shewhart kontrol modeli böyle görünmez faktörler olduğunu var sayarak kurulur.

Shewhart kontrol modelinin bu kadar temel bir öneme sahip olmasının nedeni, üretim yöneticisine çok önemli bir olanak sağlamasıdır. Bu tür bir modelle üretim yöneticisi iki tür sapma nedenini birbirinden ayırabilir, onları karıştırmaz ve onları birlikte bir araya getirebilir. Biraz önce de değinildiği gibi, söz konusu iki sapma sebebi, saptanabilir sapma nedenleri ve tesadüfi sapma nedenleridir. Tesadüfi sapma nedenleri, sistemi etkileyen görünmez faktörlerdir. Ancak bu görünmez faktörleri ortadan kaldırmak olanaksızdır. Milyonlarca tesadüfi sapma nedeni vardır. Bu tür sapma nedenleri yalnız üst düzeylerdeki parçaları değil, çok daha alt düzeylerdeki çok ufak parçaların işleyişini de etkiler. Söz konusu tesadüfi nedenlerin kümülatif etkisi nedeniyle makina tamamı 3 cm boyunda olan parçaları üretemez. Bunun yerine (ŞEKİL—11) de olasılık dağılımları gösterilen bir uzunluk dağılımı elde edilir.

Shewhart modelinde, gözlemlenen sapmaların olabileceği kadar küçük olup olmadığını belirlemek için bir genyöntem geliştirilir. En azlanması gereken sapmalar, ya yalnızca tesadüfi nedenlerin etkilerinin bir sonucudur veya sistemde halledilmesi gereken bir problem vardır. İşte, Shewhart türü kontrol her iki durumu da ortaya koyan çok kullanışlı bir modeldir.



(ŞEKİL—11) Gerekirlik mekanizması, tesadüfi değişkenler nedeniyle bir değer dağılımı meydana getirir.

IX. DOĞAL DURUM BİLİNMEDİĞİNDE KONTROL MATRİSİ

Yukarıda incelenen Shewhart kontrol modeli genel karar matrisinin başka bir biçimi olarak gösterilebilir. Daha açık söylemek gerekirse, genel karar matrisindeki doğal durum satırındaki değerler yerine aynı matrisin sonuçlarını ikame ederek bir kontrol matrisi kurma olanağı vardır. Shewhart kontrol modelinden genel karar matrisine geçişi sağlamak için S_i stratejileri uygulandığı zaman meydana gelecek sonuçların olasılıklarını yeni sonuçlar P_{ij} olarak değerlendiririz. Böylece, beş sonuç düzeyine göre üç stratejiden oluşturulan matris aşağıdaki gibi olacaktır.

		SONUÇLAR				
		0_{11}	0_{12}	0_{13}	0_{14}	0_{15}
STRATEJİLER	S_1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}
	S_2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}
	S_3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}

Pek çok durumda, doğal durumlar belirsizdir. Böyle durumlarda, sistemde yalnız tesadüfi nedenler kalmıştır ve yalnız onlar sapmaya yol açmaktadır. Örneğin, herhangi bir kesme makinasında yaygın olarak görülen bir olayı göz önüne getirelim. Makinada, her defasında tıpa tıp aynı boyda parçaları kesmeye imkân yoktur. Bunun yerine belirli bir uzunluğun (ortalama uzunluk) biraz altında ve biraz üstünde olmak üzere iki alt ve üst uzunluk sınırının arasında bir dağılım gösteren parçalar kesilir. Parçaların tıpa tıp birbirinin aynı olmamasına yol açan ilgili doğal durumu açık ve seçik bir biçimde belirleyemeyiz.

İşte, ilgili tüm doğal durumları bir bir sıralayamadığımız için, söz konusu karar matrisi, doğal durumlar yerine sonuçları ikame eder. Matrisin hücrelerine belirli bir stratejinin belirli bir sonucu yaratması olasılığını yerleştiririz. Eğer sistem Shewhart türü bir dengeye sahipse, bu olasılıklar zamana göre değişmeden kalır. Herhangi bir strateji satırında yer alan olasılıklar, normal bir dağılım özelliği gösterir. (Bu arada, sonuçların da zamanın bir fonksiyonu olabileceğine dikkat edilmelidir. Bkz.: Şekil—5).

Durumu, özel bir örnekle daha somut bir biçimde göstermek yararlı olacaktır. Örneğin, dış çapı (DÇ) çok duyarlı bir özen gerektiren Eskişehir Piposu üretileceğini var sayalım. Bu iş üç değişik makinanın her hangi birinde yapılabilmektedir. Üç tür makina olanı S₁, S₂ S₃ stratejileri olarak belirtmek mümkündür. Sonuçlar, her bir makina türünün üretmesi gereken çap dizisidir. Ancak, bunun için üretim sisteminin 5,04 lük bir DÇ üretecek biçimde kurulması vaz geçilmez bir varsayımdır (11). S₁ in bir el torna tezgahı, S₂ nin revalver torna tezgahı ve S₃ ün de otomatik bir vida makinası olduğu varsayılırsa aşağıdaki karar matrisini kurabiliriz :

(11) Ancak, araçların, sabit kıymetlerin, iş sıralarının vb. olanakların, iki farklı tür kurgusunun iki farklı strateji sayılacağına dikkat edilmelidir.

		DIŞ ÇAP ÖLÇÜLERİ (Cm. olarak)						Beklenen çap değeri	
		5,01	5,02	5,03	5,04	5,05	5,06	5,07	BD
El torna tezgahı	S_1	0,03	0,07	0,10	0,60	0,10	0,07	0,03	5,04
Revolver torna tezgahı	S_2	0,02	0,05	0,08	0,70	0,08	0,05	0,02	5,04
Otomatik vida makinası	S_3	0,01	0,03	0,06	0,80	0,06	0,03	0,01	5,04

Bu örnekte tüm makinalar, DÇ için aynı beklenen değeri meydana getirir. Ancak, kontrolü en kolay starteji ler sıra ile SS_3 , S_2 ve S_1 dir. Bunun nedeni açıktır. Kontrol olanağı, değişkenlik en az olduğu zaman daha büyüktür. Hiçbir hesaplama yapmadan yukarıdaki örneğin olasılık dağılımı grafik biçiminde kolayca çizilebilir. Eğer, çizilen bu grafik ya da tablodaki değerler incelenecek olursa, S_1 dağılımının yayılması (0,03, 0,07,.....0,03), S_2 dağılımının yayılmasından (0,02, 0,05, 0,02), S_2 dağılımının yayılması da S_3 ünkünden (0,01, 0,03, 0,01) daha büyüktür. Strateji satırlarının sonunda yer alan beklenen çap değeri, sonuç olasılıklarını sonuç değerleri ile çarpıp, bu çarpımları toplayarak elde edilir. Örneğin, birinci satırdaki beklenen değer BD_1 , şu işlem sonucu bulunmuştur:

$$BD_1 = 0,03 (5,01) + 0,07 (5,02) + 0,10 (5,03) + 0,60 (5,04) + 0,10 (5,05) + 0,07 (5,06) + 0,03 (5,07) = 5,04$$

Olasılık dağılımlarının kararlı ve olasılık kestirmelerinin inandırıcı olduğunu kabul edersek, risk ortamında karara varmanın tek ölçütü olan beklenen değeri kullanmamız gerekecektir. Bu durumda, katıksız beklenen değer temeline göre yönetici farksızlık eğrisi üzerinde bulunacaktır. Ancak, sağ duyusuna dayanan kontrolü nedeniyle yine de S_3 ü seçecektir.

Durumun daha bazı ilginç yönlerini göstermiş olmak için farklı bir örnek olan aşağıdaki tabloyu inceleyelim :

	(pH)	S	O	N	U	Ç	L	A	R	I
	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	Beklenen değer BD				
S ₁	0,0	0,2	0,6	0,2	0,0	6,00				
S ₂	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	6,00				
S ₃	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	6,00				
S ₄	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	6,2				

S₁, S₂, S₃ ve S₄ stratejileri ile gösterilen dört farklı süreç, alkolsüz içkilerden birini üretmeye elverişlidir. pH (12) nin mümkün olduğu kadar 6,0 a yakın olmasına çalışılacaktır. Uzun deney ve testler sonunda elde edilen sonuçlar bir matris biçiminde yukarıda düzenlenmiştir. Bu matriste, strateji 1, 2 ve 3 ün aynı beklenen değere sahip oldukları, görülmektedir. Oysa, bunların dağılımları oldukça farklıdır. Buna karşın, strateji 4, arzu edilenden daha fazla bir beklenen değere sahiptir. Dikkat edilirse, strateji 3 ün Binom dağılım (13) özelliği gösterdiği anlaşılır. Bu, en az bir saptanabilir sapma nedeninin var olduğunu gösterir. Bu tür bir neden, iki tür olup bitti ve iki biçin yükseliş verecek biçimde zaman zaman sisteme girer ve çıkar. Genel olarak bu, S₃ ün kararlı bir sistem özelliği göstermediğini ve bu nedenle de bir Shewhart ölçütü olamayacağını kanıtlar.

Görüldüğü gibi, yalnızca en büyük veya en küçük sonucun istenmediği, bunun yanında başka özelliklerin de arandığı durumlarda, beklenen değer ölçütü yeterli bir gösterge olmamaktadır. Amaç, belirli sınırlar içinde bir ara değer elde etmektir. Matristeki sonuç değerlerinden elde edilecek fayda, 6,0 lık amaç değerinden -her iki yönde- uzaklaştıkça azalır. İşte bu nedenle sapmanın en az olacağı süreçleri her zaman tercih etmeliyiz.

Daha az bir sapma ile, aynı beklenen değeri veren öteki iki stratejinin (S₁ ve S₃) var olması nedeniyle, ikinci strateji (S₂) hiç bir zaman tercih edilip kullanılmayacaktır. Strateji 1, ilk üç

(12) p H, hidrojen iyon yoğunluğunu açıklamak için kimyada kullanılan bir semboldür. Nötr nokta p H7 dir. Bu noktadan yukarıya doğru alkali 7 artar, aşağıya doğru ise asit 7 artar.

(13) Normal veya Poisson Dağılımlarına çok benzeyen bir dağılım modelidir. Bu dağılımda, maksimum olasılıklı iki zirve noktası vardır. Ancak ilginç, yalnız iki durumun olabileceğinde toplanmıştır.

stratejinin en düşük maliyete sahip olanı olarak gösterilebilir. Bu durumda, artık strateji 2 ve strateji 3 kolayca elimine edilebilir. Şimdi elimizde strateji 1 ile strateji 4 kalmıştır. Acaba hangisinin kullanılması daha iyi sonuç verecektir?

Dikkat edilirse, strateji 4 ün de elimine edilebileceği kolayca görülebilir. Çünkü, % 100 tam bir belirlilikle 6,0 sonucunu veren bir strateji olsaydı, hiç tereddütsüz o strateji seçilecekti. Bu durumda, %100 bir belirliliğe strateji 1, strateji 4 den daha yakın görüldüğü için onun tercih edilmesi daha akla uygundur. İlk bakışta strateji 4, 6,2 lik bir beklenen değer verdiği için seçilmesinin doğru olacağı kanısına kapılabilir. Ancak, strateji 4, daha büyük bir sapma özelliği göstermektedir.

İşte, bütün bu durumları düşünerek üretim yöneticisinin neyi, ne zaman nasıl yapacağına, bizzat kendisinin karar vermesi gerekir. Bunun için getirilen önerileri aşağıdaki gibi bir tabloya koyup üzerinde düşünmelidir.

	Sonuç	Sapma Ölçüsü
S_1	5,03	Düşük
S_2	6,00	Yüksek

Yukarıdaki tabloya göre, amaç 6,0 lık bir değere ulaşmaktır. Eldeki olanaklara göre iki strateji geliştirilmiştir. Bunlardan S_1 5,03 lük bir sonuç vermesine karşın, S_1 , 6,00 lık bir sonuç vererek amacı gerçekleştirmektedir. Ancak, S_2 bu 6,00 lık sonucu yüksek bir sapma düzeyinde vermektedir. Oysa, S_1 daha az bir sapma düzeyi ile 5,03 lük bir sonuç vermektedir. Burada tercih yöneticinin sağ duyusuna kalmaktadır.

X. SONUÇ

Üretim sistemini oluşturan üretim planlaması ve üretim kontrolü, kestirme ve geribildirim süreçleri ile yerine getirilir. Üretim planlamasının temelinde kestirme süreci yatar. Buna karşın, üretim kontrolü de kestirmenin doğru yapıp yapılmadığını test eder. Bu görevini geribildirim süreci ile yerine getirir.

Her türlü üretim alanında geçerli olan üç temel kontrol sınıfı vardır. Bunlar, çevresel kontrol, kestirme kontrolü ve düzeltici kontrol olarak adlandırılır. Üretim alanında uygulanacak kontrol her ne adı taşırsa taşınsın, adı geçen üç kontrolden birinin özelliklerini taşır. Çevresel kontrol, doğal durumların doğal durum niteliklerini ortadan kaldırmaya çalışır. Kestirme kontrolü, doğal durumların hangi koşullarda, ne zaman, nerede meydana geleceğini saptar ve buna göre önlemler alır. Düzeltici kontrol ise, belirli bir standardan sapmaları gözetler ve bu sapmalar belirli bir sınırı aşarsa, düzeltici eylemler talep eder.

Kestirme ve geribildirim süreçleri en iyi ve yalın biçimde genel karar matrisi yardımı ile açıklanabilir. Bu nedenle de üretim yöneticilerinin genel karar kuramını bilmeleri gerekir. Ancak, genel karar kuramının bulgularından yararlanarak çağdaş anlamda bir kontrol sistemi kurulup uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- BEER, Stafford : **Decision and Control**, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1967).
- BUFFA, Ellwood S. : **Modern Production Management**, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1973).
- MESAROVIC, M.D. : **Views on General Control Systems Theory**, (John Wiley and Sons, Inc., New York, 1965).
- MILLER, David W./ : **Executive Decisions and Operation Research**, (Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1969).
- STARR, Martin K. : **Production Management: Systems and Synthesis**, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1972).
- STARR, Martin K. : **Management: A Modern Approach**, (Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1971).
- STRONG, E.P./ : **Management Control Models**, (Holt, Rinehart and Winston, New York, 1968).
- SMITH, R.D.