

28860

YILDIZ UNİVERSİTESİ \* FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

M A R İ N A G İ R İ Ő İ M İ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

END.MUH. M. TİMÜÇİN ERDOĞU

ANA BİLİM DALI : ENDÜSTRİ

BİLİM DALI : ENDÜSTRİ

T.C. YÜKSEKÖRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÖNETEN : DOÇ.DR. HÜSEYİN BAŞLIGİL

ŞUBAT 1993

İÇİNDEKİLER

ÖZET

SUMMARY

BÖLÜM 1	GİRİŞ.....	1
1.1	TANIMI.....	3
1.2	ÇOK MAKİNA TAHSİSİ PROBLEMİ.....	5
1.2.1	MAKİNA ÇEVİRİMİNİN UYGUN BİR SEMBOLE İLE GÖSTERİMİ.....	6
1.3	SERVİS TİPLERİ.....	13
1.3.1	SENKRONİZE SERVİS.....	13
1.3.2	TESADUFİ SERVİS.....	15
1.3.3	KARMA SERVİS.....	16
1.4	MAKİNA GİRİŞİMİNİN KARŞILASILDIĞI ALANLAR.....	16
1.5	MAKİNA GİRİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER.....	17
1.5.1	MAKİNA ADEBİ.....	17
1.5.2	İŞ YÜKÜ.....	18
1.5.3	OPERATÖRÜN VERİMİ.....	18
1.5.4	İNSAN FAKTÖRÜ.....	18
1.5.5	İŞ ÖNCELİĞİ.....	19
1.5.6	MAKİNA GİRİŞİMİNİ ETKİLEYEN DİĞER FAKTÖRLER.....	18
1.6	MAKİNA GİRİŞİMİNİN YARATTIĞI PROBLEMLER.....	19
1.7	MAKİNA GİRİŞİMİ UYGULAMALARI .....	20
BÖLÜM 2	ÇOK MAKİNA TAHSİSİ PROBLEMİ ÇÖZÜMLERİ.....	22
2.1	GİRİŞ.....	22

2.2 MAKINA GİRİŞİMİ PROBLEMİ ÇÖZÜMLERİ.....	23
2.2.1 TAHMİN ETME.....	24
2.2.2 DİREKT GÖZLEM METODLARI.....	24
2.2.3 MATEMATİKSEL MODELLER.....	25
2.3 SENKRONİZE SERVİSE SAHİP MAKİNALARDA OPTİMAL TAHSİS.....	26
2.3.1 İDEAL OTOMATİK MAKİNALAR.....	26
2.3.1.1 TEMEL ÇEVİRİM KAVRAMI.....	40
2.3.1.2 HER BİR MAKİNANIN BİR TEMEL ÇEVİRİM İÇİNDE BİR KEZ SERVİS GÖRDÜĞÜ DURUM.....	41
2.3.1.3 HER BİR MAKİNANIN BİR TEMEL ÇEVİRİM İÇİNDE BİRDEN FAZLA SERVİS GÖRDÜĞÜ DURUM.....	45
2.3.1.4 GİRİŞİM MİKTARININ BELİRLENMESİ.....	47
2.3.1.5 OPERATÖR BOŞ ZAMANININ BELİRLENMESİ.....	47
2.3.1.6 İS ÖNCELİĞİNİN GİRİŞİME ETKİSİ.....	49
2.3.2 SENKRONİZE TAHSİSLERDE MAKİNA VERİMİ.....	52
2.3.3 SENKRONİZE TAHSİSLERDE İS YÜKÜ PLANLAMA.....	53
BÖLÜM 3. TESADUFİ GİRİŞİMİN BELİRLENMESİ.....	56
3.1 GİRİŞ.....	56
3.2 TESADUFİ SERVİS TALEBİNE SAHİP YARI OTOMATİK MAKİNALARDA SERVİSİN DÜZENLİ OLMASI.....	57

3.3	TESADUFİ SERVİS TALEBİNE SAHİP	
	YARI OTOMATİK MAKİNALARDA SERVİSİN	
	TESADUFİ OLMASI.....	65
3.3.1	ASHCROFT'UN ÇÖZÜMÜ .....	67
3.3.2	BİNMİAL ÇÖZÜM.....	74
3.3.3	DALE JONES ÇÖZÜMÜ.....	80
	3.3.3.1 TESADUFİ GİRİŞİM TABLOSUNUN	
	UYGULANMASI.....	82
	3.3.3.2 TESADUFİ GİRİŞİMİN MATEMATİKSEL	
	İFADESİ .....	84
	3.3.3.3 TESADUFİ MAKİNA GİRİŞİMİ	
	DENKLEMİ.....	85
	3.3.3.4 TESADUFİ SERVİS DURUMUNDA	
	OPERATOR BÖS ZAMANI.....	85
	3.3.3.5 İŞ YÜKLERİNİN FARKLI OLDUĞU	
	DURUMDAKİ TESADUFİ	
	TAHSİSLER.....	87
3.3.4	MAKİNA VERİMİ.....	89
BÖLÜM 4.	UYGULAMA.....	90
4.1	GİRİŞ.....	90
4.2	BÜKÜM SİSTEMİ .....	90
	4.2.1 HAMMADDELER.....	91
	4.2.2 ÜRÜNLER.....	91
	4.2.3 BÜKÜM MAKİNALARI.....	93
	4.2.4 BÜKÜM OPERATÖRÜ.....	96

4.3	SIMAN BENZETİM DİLİ.....	96
4.4	SIMULASYON SİSTEMİ.....	97
4.4.1	SİSTEMİN BİRDİLERİ.....	97
4.5	ANALİZ.....	98
4.5.1	KAYNAKLAR.....	98
4.5.2	TAŞIMA.....	98
4.5.3	VARSAYIMLAR.....	98
4.5.4	DEĞİŞKENLER.....	99
4.5.5	PARAMETRELER.....	99
4.6	SONUÇLAR VE PROGRAM.....	100

EKLER

KAYNAKLAR

## ÖNSÖZ

Bazı endüstri mühendisleri makina girişimi kavramına yabancı olabilirler, ancak tekstil sektörü gibi bir işçinin aynı anda birden fazla makinaya baktığı endüstrilerde görev alan bir endüstri mühendisi için bu iki sözcük çok şey ifade eder.

Makina girişimi ne demektir? Neden çok önemlidir? Hangi problemlere yol açar? Makina girişimi miktarı nasıl belirlenir ?

Endüstrinin her dalında verimliliği ve üretkenliği etkileyen olayları inceleyen , malzeme ve enerji tasarrufu, makina ve teçhizat kullanımının geliştirilmesi, insan gücünün azaltılması gibi organizasyonun sahip olduğu kaynakların en verimli bir şekilde kullanılmaları ile ilgilenen endüstri mühendislerinin bu sorulara cevap verebilmesi gerekir.

Bu çalışmada makina girişimi kavramı endüstriden bazı örnekler gösterilerek incelenmiş ve makina girişimi miktarının belirlenmesi ile ilgili problemlerin çözümleri verilmiştir. Konu ile ilgilenen tüm endüstri mühendisleri için açıklayıcı bir kaynak teşkil etmesini umarım.

Bu çalışmada bana değerli katkıları ile yardımcı olan Sayın Hocam Doç. Dr. Hüseyin BAŞLIGİL'e ve bu çalışmayı gerçekleştirmemi sağlayan KORDSA A.Ş.'ye teşekkürü bir borç bilirim.

## **SUMMARY**

A multi-machine assignment is one where more than one machine is operated by a single operator. In the case of multi-machine assignment, the phenomenon of machine interference sets in. Demands for service may overlap and result in losses productivity while waiting for the operator. The time loss representing waiting time imposed by the overlap of machine stoppages is called "**machine interference**".

A primary advantage of knowing machine interference lies in the assignment of optimum number of machines per operator.

Machine interference has been responsible for a great quantity of managerial problems such as increased union activities, misplanned facilities, inefficient operations, poor machine utilization, improper crew sizes .. and other situations externally troublesome to the organization.

There are basically two types of interference :

- a) Cyclic (synchronized)
- b) Random.

These are due to two different types of stoppages. The machines have some regular stops and some random stops. For the few machines which have only scheduled stops (ideal automatic machines), it is easy to determine the interference time. Cyclic interference occurs when two or more machines stop together because of synchronization of cycle time. However, it is possible to arrange for no interference by staggering the running time of the ideal automatic machines. The problem faced by this type of interference is not of great importance in the industries as it does not hamper production schedule.

The determination of random and variable waiting time is more elusive. The material defects or machine breakdowns may occur at any time during the process. This is of great importance and effects due to this were studied by the researchers.

Under normal conditions the degree of the interference can be accurately estimated by experienced engineers in the organization. But as the styles change more often and more rapidly, he must do expensive and time consuming work sampling or work measurement studies. However, methods of work study are limited to conditions that actually exist in the factory. One can not test the assignment for the styles that are not yet running.

Much work has been done to provide a mathematical basis for predicting the degree of the interference. Some of these efforts were given in Chapter 2 and Chapter 3. (In Chapter 3, probabilistic analysis of the problem were discussed). But mathematical techniques could be incorrect for a specific factory since there are too many variables not covered in the current mathematical approaches. Mathematics may not perfectly fitting many real-life industrial situations. It is not surprising then that methods of computer simulation are being perfected to solve the problem.

In the last Chapter regular and random machine stoppages of direct cabling machines (in the factory of KORDSA) were simulated. The input data and the other information for the simulation were obtained by the direct observation methods. The simulation outputs provides some useful information about the determination of optimal operator assignments and the standard direct cabling machine efficiency.



## ÖZET

Çok makina tahsisi bir işçinin birden fazla makinaya aynı anda bakmasıdır. Çok makina tahsisi durumunda, makina girişimi olayı meydana gelir. İşçi servisine olan talepler üst üste gelir ve işçi, makinalar tarafından beklenirken üretkenlikte kayıplar meydana gelir. Makina duruşlarının üst üste olmasından dolayı meydana gelen işçi (operatör) bekleme zamanını temsil eden zaman kaybına "makina girişimi" denir

Makina girişimi miktarını bilmenin en önemli avantajı bir operatöre tahsis edilecek optimum makina sayısını belirlemektir.

Makina girişimi pek çok sayıda yönetimsel problemin sorumlusudur. Bunlardan bazıları, sendikal faaliyetlerin artması (grev), yanlış planlama, işçinin verimsiz kullanımı, makinaların verimsiz kullanımı, doğru olmayan ekip sayıları ve tahsisleri .. vb gibi bir organizasyon için oldukça önemli problemlerdir.

Temelde iki tip makina girişimi vardır:

- a) Düzenli (senkronize)
- b) Tesadüfi

Bu ayırım iki tip makina duruşuna göre oluşturulmuştur. Makinalar hem tesadüfi hem de düzenli duruşlara sahiptir. Diğerine göre daha az sayıda olan düzenli duruşlara sahip makinalar (ideal otomatik makinalar) için girişim zamanını hesap etmek kolaydır. İki veya daha fazla sayıdaki makina ,makina çevrim zamanlarındaki senkronizasyondan ötürü aynı zamanda durduklarında düzenli (çevrimsel) girişim meydana gelir. İdeal otomatik makinalarda makina çalışma zamanlarını kaydırarak, ayarlama yolu ile girişimi sıfır yapabilmek mümkündür. Endüstride bu tip bir girişim sonucunda karşılaşılan problemler üretim planında önemli bir hasar yaratmadıkları için fazla önemli değildir.

Değişken ve tesadüfi olan bekleme zamanını belirlemek daha zordur. Malzeme bozuklukları veya makina arızaları prosesin herhangi bir zamanında meydana gelebilir. Bu girişim miktarı çok önemlidir ve bu nedenle tesadüfi girişimin etkileri bir çok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Normal şartlar altında girişimin derecesi doğru bir şekilde organizasyonda çalışan tecrübeli mühendisler tarafından belirlenebilir. Ancak üretilen stiller çok hızlı ve sık bir şekilde değiştiklerinde pahalı ve zaman harcayıcı iş örnekleme veya iş ölçümü yapmak gerekir. Bununla beraber, iş etüdü yöntemleri fabrikada mevcut şartlar ile sınırlıdır. Daha çalışmamış stillerin makinalara tahsisleri sonucunda meydana gelebilecek girişim miktarı belirlenemez.

Girişim miktarının tahminine yönelik bir matematiksel temel oluşturma yönünde pek çok çalışma yapılmıştır. Bu yöndeki çabaların bir kısmı Bölüm 2 ve Bölüm 3 te verilmiştir. (Bölüm 3 te problemin olasılık teorisi açısından çözümü tartışılmıştır). Bu güne kadar bulunan mevcut matematiksel yaklaşımlar çok fazla değişkeni içermedikleri için sözkonusu matematik teknikleri spesifik bir fabrika ortamı için doğru sonuçları vermezler. Matematik gerçek endüstriyel olayları tam olarak çözemez. Bu nedenle problemi çözmek için en iyi yolun bilgisayar benzetimi olduğunu kabul etmek şartı olmaz.

Çalışmanın son Bölüm'ünde düzenli ve tesadüfi direkt büküm makinaları duruşları (KORDSA fabrikasında) simüle edilmiştir. Simülasyon için gerekli bilgiler iş etüdü ile belirlenmiştir. Simülasyon çıktıları optimal büküm operatörü tahsislerinin ve büküm makinalarının standart randımanlarının belirlenmesi yönünde faydalı bilgiler vermektedir.

# B Ö L Ü M 1

## 1. GİRİŞ

Tarihsel olarak insan, kendi çalışma zamanının, makina çalışma zamanına olan oranını azaltmaya çalışmıştır. Çünkü azalan bu oran işçi zamanı başına üretkenliği artırır. Bunun doğal sonucu olarak insanın teknik bilgisi arttıkça, endüstride mekanizasyon artmıştır. Bu durum, büyük miktarda makina ve teçhizatın tek bir operatöre veya operatör grubuna tahsisini doğurmuştur.

Makinaların yükleme, boşaltma, bakım, ayar... vs gibi periyodik ve periyodik olmayan bir takım servislere ihtiyaçları vardır. Onlara bu servisleri makina operatörü verir. Son yıllarda servisçi olarak endüstriyel robotlar da kullanılmaya başlanmıştır. Makinaların otomatik üretim zamanları boyunca servis ihtiyaçları yoktur. Eğer makina üretim zamanı, servis zamanına göre daha uzun ise, bir operatöre birden fazla makina tahsis etmek pratik bir yoldur. Bu durum, makina ve operatörlerin doğru olarak dengelenmesi problemini beraberinde getirmiştir.

Eğer herbir operatöre gerektiğinden çok fazla sayıda makina tahsis edilirse makina parkı ve teçhizat yeterli derecede servis göremez ve bunun sonucunda da makina boş zamanı oluşur. Üretkenlikte pahalı kayıplar meydana gelir.

Eğer gerektiğinden az sayıda makina bir operatöre tahsis edilirse rekabetçi bir pazarda birim işçilik maliyetleri işletme için önemli bir engel oluşturur.

Her iki halde de işletmenin karlılığı düşer. Yönetim ile çalışanlar arasında bir güvensizlik ortamı meydana gelir. Bu durum, teşvikli ücret sistemlerinin uygulandığı bir işletmede çok daha büyük problemler doğurur, çünkü yanlış tahsisler, operatörün alacağı prim miktarını azaltabilir veya aşırı derecede arttırabilir.

Makina tahsislerinde optimal denge, toplam makina ve toplam işçilik maliyetlerini minimize eden denge olacaktır. Bu prensip, endüstride birçok yönetici ve mühendis tarafından çok iyi anlaşılan bir durum olmasına rağmen, ulaşılması güç bir hedeftir. Bu problemi çözmek için ana değişkenlerden bir tanesi "girişim" faktörüdür. Makina girişimi bir servis gecikmesi olayıdır. Yarı otomasyon ve tam otomasyona sahip endüstrilerde, özellikle tekstil sektöründe çalışan bir endüstri veya üretim mühendisinin, makina girişimi olayına ve getirdiği problemlere yabancı olması düşünülemez.

## 1.1 TANIM

Bir operatör, iki makinaya birden tahsis edildiğinde, işçilik zamanının makina zamanına oranına bağlı, bazı hallerde çok küçük olabilen bir olasılık vardır. Operatör makinalardan bir tanesi ile meşgul iken, diğer makinanında aynı anda operatörün sevisine (hizmetine) ihtiyaç duyma olasılığı. Servise olan talepler üstüste gelir ve bu da operatörün beklenmesinden dolayı üretkenlikte düşüşe yol açar.

Eğer operatörün bakmakla yükümlü olduğu makina sayısı artarsa, bir makinanın diğerinin normal çevrimine müdahale olasılığı da benzer şekilde artar. Makina sayısındaki veya işçilik zamanının makina zamanına oranındaki herhangi bir değişiklik söz konusu müdahalenin meydana geliş sıklığını ve miktarını da etkileyecektir. Bu olaya "Makina Girişimi" denir.

Verilen bu tanımdan sonra, karmaşıklıktan uzak basit bir örnek ile makina girişimi kavramını anlamaya çalışalım.

## ÖRNEK 1.1

Aşağıda, girişim problemi üzerinde uzun yıllar çalışılan geleneksel bir endüstri olan tekstil endüstrisinden bir örnek verilecektir.

Bir dokumacı, bir grup dokuma tezgahından sorumludur. Görevi, tezgahların tesadüfi olarak durdukları bir ortamda onları mümkün olduğunca çalışır ve üretken tutmaktır. (Söz konusu görevler, tezgah üzerindeki besleme bobinlerini değiştirmek ve kopan ipleri birbirine bağlamak olabilir). Grup içinde tezgahlardan bir tanesi durduğunda, eğer dokumacı o an "boş" ise hemen duran tezgaha müdahale ederek tekrar çalışır duruma getirmektedir. Diyelim ki, duran bu tezgahın üretimi belirli bir süre, mesela 1 dk. aksamıştır. Eğer grup benzer tezgahlardan oluşuyorsa, duruşlar nedeniyle her bir tezgahın ortalama olarak aynı miktarda zamanı (1 dk.) kaybetmiş oldukları kabul edilebilir.

Burada sözü edilen "kayıp zaman" makina girişimi değildir. Üretilen malzemenin veya kullanılan tezgahın bir karakteristiğidir ve gruptaki tezgah sayısından bağımsızdır. (Bu süre işçilik zamanıdır).

Bir sonraki duruş gerçekleştiğinde, dokumacının bir önceki kadar şanslı olmadığını farz edelim. Bu sefer dokumacı duran tezgahı yeniden çalışır duruma getirirmeden önce başka bir tezgah daha durmuştur. İkinci tezgah müdahale için dokumacının boş kalmasını beklemek zorundadır. Ne kadar süre bekleyeceği, dokumacının birinci tezgah üzerindeki işinde ulaştığı aşamaya bağlıdır. Grup içindeki tüm tezgahlar ancak, dokumacı birinci tezgahtaki işini bitirip, ikinci tezgaha müdahale edip onu da tekrar çalışır duruma getirdikten sonra yeniden üretimde olabileceklerdir.

İşte, üst üste gerçekleşen tezgah duruşlarının yol açtığı bekleme zamanını temsil eden bu kayıp zaman makina girişimidir.

Yukarıda sözü edilen, makinanın üretimini aksatan iki kayıp zamandan kaçınılmaz, ancak nispeten sabit olan operatörün müdahale zamanı (işçilik zamanı) zaman etüdü ile kolaylıkla bulunabilir. Fakat şansa bağlı ve değişken olan makina bekleme zamanının (makina girişimi) belirlenmesi daha zordur. Örneğin, dokumacı meşgul iken üçüncü bir tezgah daha durabilir. Üçüncü tezgah dokumacı birinci tezgah işine başladığında veya ikinci tezgahtaki işinin sonuna geldiğinde veya ikisinin arasında herhangi bir zamanda da durabilir. İkinci durumda, üçüncü tezgahın muhtemel bekleme zamanı hemen hemen sıfırdır. Ancak ilk durumda tezgah kendisinden önceki iki tezgahın aşağı yukarı bütün işçilik zamanlarını bekleyecektir. Bu arada daha fazla tezgahın durmayacağına dair bir garanti yoktur ve duruş olasılıkları bileşiktir.

Örnekten de anlaşılacağı üzere, birden fazla makinadan sorumlu bir operatör, çalışma zamanının çoğunluğunda boş kalabilir veya devamlı olarak meşgul olabilir. Belirlenecek standardın adil olabilmesi için ortalama değerlere dayanması gerekir. Ortalama girişim miktarı, endüstride klasik bir "çok makina tahsisi" problemidir.

## **1.2 ÇOK MAKİNA TAHSİS PROBLEMİ**

Çok makina tahsisi, birden fazla makinanın tek bir operatöre veya aynı işi yapan bir operatör grubuna verilmesidir. Bu konunun ana amacı, bir operatöre kaç tane makinanın tahsis edilmesinin belirlenmesi ve çok makina tahsisinde eşit miktarlarda üretim standartlarının nasıl oluşturulacağını belirlemesidir. Çok makina tahsisi probleminin çözümü birden fazla makinanın tek bir operatöre tahsis edilmesi ile meydana gelen makina girişiminin ve operatör boş zamanının hesap edilmesi ile bulunabilir.

Makina girişimi, operatörün sorumlu olduğu makina grubu içindeki bir makinaya servis vermesinden dolayı, aynı anda servis ihtiyacı gösteren diğer makinaların "boş" kalmasıdır.

Operatörün boş kalması grup içindeki makinaların tümünün otomatik olarak çalışmasından dolayı operatörün çalışmadığı zamandır.

Bir operatöre sonsuz sayıda makina atanamayağı açıktır. İşletmenin karlılığını ve üretkenliğini maksimum yapacak optimum bir çözüm bulmak gerekir. Eğer çok makina tahsisi problemi çözülebilirse, üretilen ürün tipi için ortalama çevrim zamanını hesap edebilmek mümkün olur. Çevrim zamanı, makina çalışma zamanı ve makina boş zamanını kapsayan, belli bir miktar üretimin tamamlanması için gerekli zamandır.

**Çevrim Zamanı = Makina otomatik çalışma zamanı + Makina boş zamanı**

Makina çalışma zamanı, operatörün boş kaldığı, ancak makinanın otomatik olarak çalıştığı zamandır.

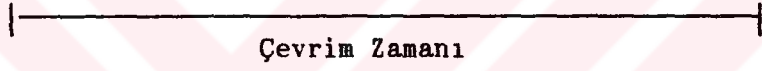
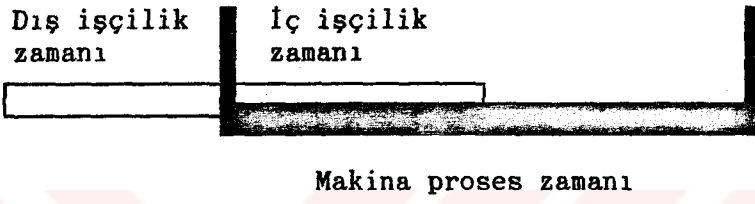
### 1.2.1 MAKİNA ÇEVİRİMİNİN UYGUN BİR SEMBOL İLE GÖSTERİMİ

Şekil 1.1 endüstride kullanılan bir "makina çevrimi" sembolünü temsil etmektedir. Şekildeki içi boş olan bölge operatör çalışma (işçilik) zamanını göstermektedir. Koyu çizgilerle belirtilen yer de makina otomatik proses zamanını (otomasyon zamanı) temsil etmektedir. Genelde bu zaman makina hızı, beslemesi vs..... gibi sabit ve makina operatörü tarafından genellikle kontrol edilemeyen zamandır./ 1 /.

İçi boş olan bölgenin koyu çizginin sol tarafında bulunan kesimi, makina operatörünün, makina üretken değilken (çoğu durumda makina duruken, ancak makina çalışıyor fakat üretim yapamıyor da olabilir) gerçekleştirdiği çalışma zamanını (işçilik zamanını) göstermektedir. Bu tip bir çalışma zamanına, makina otomasyon zamanının dışında gerçekleştirildiği için adına uygun bir şekilde "dış işçilik zamanı" denir. İçi boş olan bölgenin koyu çizginin sağ tarafında kalan kesimi, operatörün makinanın otomatik üretim zamanı dahilinde yaptığı işlerin zamanını temsil eder. Bu tip bir çalışma zamanına, makina otomasyon zamanı içinde yapıldığı için adına uygun olarak "iç işçilik zamanı" denir. Tüm bu zamanlarda "çevrim zamanını" meydana getirir./ 1 /.

Makina boş zamanı, bekleme zamanından (girişim) ve makinanın boş kaldığı ancak operatörün o makina üzerinde çalıştığı zamandan (işçilik zamanı) meydana





— Zaman

— Şekil 1.1 —

Makina Çevriminin Sembolik Gösterimi.

gelir.

**Makina Boş Zamanı = Girişim miktarı + İşçilik zamanı**

Klasik bir çok makina tahsisi problemi nasıl olur? Anlamak için basit bir örnek inceleyelim.

## ÖRNEK 1.2

Aşağıda, kimya endüstrisinden basit bir örnek verilmiştir./ 2 /.

Büyük bir kimya işletmesinin, parti-tipi üretim yapan bir departmanının yöneticisi, işletmenin ürettiği ürünlerden birinden 50 tonluk bir sipariş almıştır. Söz konusu ürünün basit bir prosesi vardır ve çevrim zamanı da önceden tahmin edilebilmektedir.

Geçmiş verilere dayanan kaba hesaplamalar, departmandaki ekibin bir reaktöre ortalama servis zamanının 3 saat (yükleme boşaltma, temizlik) ve ortalama reaksiyon zamanını da 6 saat olduğunu göstermektedir. Bunun anlamı bir partinin çevrim zamanının yaklaşık 9 saat olduğudur.

Departman yöneticisi, bu siparişi zamanında tamamlamak için 2,3 veya 4 reaktör birden açabilme yetkisine sahiptir, ancak ürünün kâr payı çok düşük olduğundan, yanlış bir karar alındığında, firma söz konusu sipariştten zarar etme riskine sahiptir. Departman yöneticisi sağlıklı bir karar verebilmek için konu ile ilgili tüm bilgileri toplar. Bu bilgiler şunlardır:

İşçi maaşları ve yan ödemeleri kapsayan saatlik işçilik maliyeti ortalama 25.000 TL ve reaktörün saatlik maliyeti de 65.000 TL civarındadır. Şekil 1.2 bir reaktörün ortalama çevrim zamanını gösteren bir çubuk diyagramıdır. Bu çeşit Gantt şemaları üretim kontrol prosesinde sıkça kullanılmaktadır.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

zaman

EKİP	Yükleme	Boş	Tmz
REAKTÖR	Boş	Reaksiyon	Boş

- Şekil 1.2 -

- \* Ekip kullanımı =  $TDT/TCT = 3/9 = 33.3 \%$   
(Ekip toplam çevrimin % 33.3'ünü işgal etmektedir).  
Reaktör kullanımı =  $TRT/TCT = 6/9 = 66.7 \%$   
(Reaktör, toplam çevrimin %66.7'ni kullanmaktadır).  
TDT: Toplam duruş zamanı = Reaktörün ekip servis verirken boş zamanı  
TCT: Toplam çevrim zamanı  
TRT: Toplam reaksiyon (Makina) zamanı

Departman yöneticisi, asları ve üstleri ile bir toplantı yapar ve toplantıda üretilen fikirler şunlardır:

Ekip - " 2 taneden fazla reaktöre, ekonomik olarak servis veremeyiz".

Dpt. Yöneticisi - "Ekibim tarafından 3 tane reaktör çalıştırılabilir ve bu da verilen teslim tarihi terminini karşılamaya yeter".

Yönetim - "Bizce en ekonomik olanı 4 reaktörün birden devreye alınması. Böylece hem tüm kapasiteden faydalanmış oluruz, hem de bütün ekibi tamamen meşgul tutarız".

Şekil 1.3 üç fikrin tümünü bir arada gösteren çubuk diyagramıdır. Burada, tüm verilerin geçmiş kayıtlardan ve yapılan zaman etüdlerinden elde edildiğini hatırlamakta fayda vardır. Bunun anlamı, girişimin ekip işçilik zamanına dahil olduğudur.

Departman yöneticisi, bir " çok makina tahsisi problemi " ile karşı karşıyadır. Tüm bilgiler elde edildikten sonra bile hangi tercihin daha karlı olduğu konusunda hala bir kararsızlık olabilir. Örnekte verilen problem, yukarıdaki diyagramlar bir daha değerlendirilip, çalışma prosedüründe yapılacak küçük bir değişiklik ile çözülebilir. Hem ekipten, hem de reaktörden maksimum faydalanmak için "çubukları kaydırmak" yani başlangıç zamanlarını kaydırmak sorunu çözer. şekil 1.4 bu durumu göstermektedir.

Burada ekip ve reaktör kullanımlarını maksimuma yaklaştıran 3 reaktör kullanımı tercih edilmiştir. Ancak, saatte 65.000 TL. maliyeti olan 4. reaktör boşta kalmıştır (Firma atıl kalan bu kapasiteyi, başka bir ürün için kullanabilir fakat bu da çok kolay bir şey değildir).

- SEKIL 1.3 -

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30



EKIP KULLANIMI = 12/22 = %54.5  
 REAKTOR KULLA. = 12/22 = %54.5

EKIP KULLANIMI = 18/26 = %69.2  
 REAKTOR KULLA. = 12/26 = %46.2

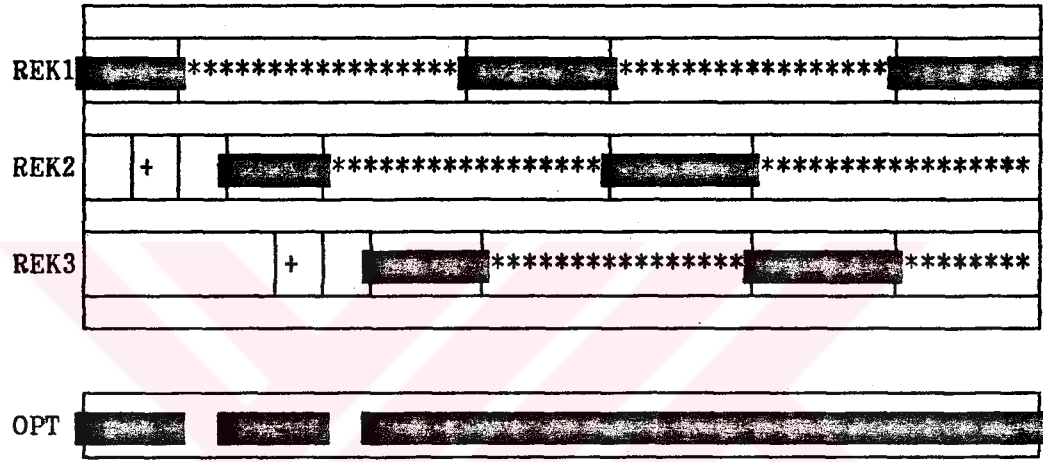
EKIP KULLANIMI = 24/30 = %80.0  
 REAKTOR KULLA. = 12/30 = %40.0

\* YENI BIR CEVRIME BASLARKEN REAKTOR GECIKMISTIR. CUNKU YUKLEME ISLEMI PARCA PARCA YAPILAMAZ; AYNI ZAMANDA BOSALTIMA (VE TEMIZLIK) ISLEMI HEMEN REAKSIYONDAN SONRA YAPILMALIDIR. AKSI TAKDIRDE URUN BAZI KARAKTERISTIKLERINI KAYBEDER.

\*\* EKIP HER IKI REAKTOREDE AYNI ANDA SERVIS VEREMEZ. 2. REAKTOR BEKLEMEK ZORUNDA.

\*\*\* TEK BIR REAKTORUN EKIP KULLANIMINA (VERIMI) GORE BU DURUM DAHA IYIDIR. BIR BIR REAKTORUN CEVRIM ZAMANI 11 DK ARTMISTIR, CUNKU BASKA BIR REAKTOR ILAVE EDILMISTIR. ANCAK EKIP KULLANIMI IYILESMISTIR.

\*\*\*\* EKIP KULLANIMI ARTARKEN REAKTOR KULLANIMI AZALMISTIR. BURADA YONETIM BIR DAHA IYI REAKTOR KULLANIMINI MI YOKSA DAHA IYI EKIP KULLANIMINI MI TERCIH EDECEGI YONUNDE BIR KARAR VERMEK DURUMUNDADIR.



- Şekil 1.4 -

+ Başlangıç zamanlarını kaydırmak, gelecekteki çevrimleri sürekli yapar. Öteki kombinasyonlarda benzer şekilde "ayarlama" yolu ile geliştirilebilir.

Örnekte bir çok makina tahsisi probleminin nasıl olduğunu gördük. Görünen odur ki, zamanları düzenlemek, bu problemin çözüm yöntemlerinden bir tanesi olabilir. Bununla birlikte, bulunan çözüm, sadece ideal durumlar için geçerlidir. Çünkü makina girişimi ile ilgili problemi içermez. Zamanları düzenleme yoluyla çözümün açıklayıcı bir örnek teşkil etmesi dışında pek bir değeri yoktur. Çünkü çevrimdeki herhangi bir tesadüfilik tüm teorik hesapları ve faydaları bir anda yok eder.

Bu yüzden, karar verme aşamasında en önemli değişken girişim faktörüdür. Makina girişimi problemini de çözmek için "girişimin tipini" bilmek zorundayız. Makina girişimi, makinadan duruş taleplerine ve dolayısı ile operatörün servis verme tipine göre gruplandırılır.

### **1.3 SERVİS TİPLERİ**

#### **1.3.1 SENKRONİZE SERVİS**

Yükleme boşaltma gibi genellikle düzenli bir zaman aralığı içinde cereyan eden duruşlar nedeni ile meydana gelen servis talepleri "senkronize servis" olarak adlandırılır. İki veya daha fazla sayıdaki makinanın çevrim zamanının senkronizasyonundan dolayı durması ile oluşan girişime de "senkronize girişim" denir.

Plastik kalıp presleri, otomobil lastiğinin piştiği fırınlar ve benzeri makinalar düzenli servis taleplerine sahiptir. Duruşların tesadüfi olmayıp, belli bir zaman aralığında meydana geldiği bu tip otomatik makinalarda senkronize girişim olayı gözlenir.

Bu tür bir girişimin yol açtığı problemler endüstride büyük bir önem taşımazlar ve dolayısı ile üretim programında herhangi bir hasar yaratmazlar. Operasyon ve servis için gerekli toplam zamana ve olayın meydana geliş düzenine göre bu tür servis talebine sahip makinaların yüklem boşaltma ve otomatik proses zamanları bir çevrim süresi için önceden tahmin edilebilir.

Örnek 1.2 de olduğu gibi makinaların çalışma zamanları ayarlanarak bu tür makinalarda sıfır girişim yaratılabilir. Bu durum en "ideal" haldir.

Bir çevrim zamanında, işçilik zamanının tümü herhangi bir makinada gecikme yaratmadan kullanılıyorsa söz konusu "ideal hal" gerçekleşir.

Bir operatör veya operatör grubuna tahsis edilecek makina sayısı toplam çevrim zamanını, makina başına toplam işçilik zamanına bölerek bulunur.

$N$  = Bir operatöre veya ekibe tahsis edilecek en az makina adedi

TCT = Toplam çevrim zamanı

TDT = Toplam makina boş zamanı (Toplam duruş zamanı)

TMT = Toplam makina üretim (İşleme) zamanı

TWT = Toplam işçilik zamanı

$N = TCT / TWT$

(Örnek 1.2'deki kimya işletmesi için  $N$  sayısı  $N = 9 / 3 = 3$  reaktör)

Eğer TCT/TWT oranı, örnek 1.2'deki gibi tam bölüm ise, ideal durum vardır. Bunun anlamı, eğer bir operatöre veya ekibe  $N=3$  makina tahsis edilirse, teorik olarak sistemdeki herhangi bir makina, çalışmaya başladıktan sonra diğer makinalar yüzünden çevrim zamanının değişmeyeceği; yani girişim ve operatör boş zamanının sıfır olduğudur.

$N=3$ 'ten daha büyük sayılardaki makina tahsislerinde, sistemdeki bir makina diğer makinanın işlerini beklemek zorunda kalacaktır; yani girişim meydana gelecektir.

Eğer örnekte  $N = 2^{3/4}$  gibi tam olmayan bir değer çıksaydı, teorik olarak sisteme iki makina atanacaktı. Bu da sistemde bir boşluğa neden olacaktı. Bu halde operatör boş zamanı sıfırdan büyük bir değer olacaktır. Ancak normal tempo yerine teşvikli ücret sisteminin gerektirdiği hızlı bir tempoda çalışılan bir sistemde  $2^{3/4}$  değeri teorik olarak "3 adet makina tahsisi" şeklinde değerlendirilebilir.

Gerçek hayatta en ideal durumlarda dahi girişim olayı gözlenmektedir.



### 1.3.2 TESADÜFİ SERVİS

Makinalarda, sadece düzenli servis talepleri olmaz. Kullanılan malzemenin ve makinanın hatalarından dolayı beklenmedik duruşlar gerçekleşebilir. Bu tür hatalar prosesin herhangi bir anında oluşabilir. Bazen beklenmedik ve istenmeyen teknik sebeplerden dolayı sistem aksar. İki veya daha fazla sayıdaki makina, önceden tahmin edilemeyen bir şekilde aynı anda durduklarında ortaya çıkan girişime "tesadüfi girişim" denir.

Bu tip bir girişim, endüstride çok önemlidir ve etkilerini önlemek için pek çok çalışma yapılmaktadır.

Dokuma tezgahları ve büküm makinaları tesadüfi servis talebine sahip makinalara örnek olarak verilebilir. Dokumada ve bükümde iplik kopuğunun olması ve bu nedenle de tezgahın durması tamamıyla tesadüfidir. Bu tür tahsislerde, çözümler olasılık kanunlarına dayanır.

Tesadüfi servise sahip problemler, kolay bir şekilde grafik olarak gösterilemezler, çünkü tasviri yapılan tesadüfi durum sayısız olasılıklardan sadece özel bir tanesinin gösterimi olabilir. Kimya işletmesi örneğinde (örnek 1.2), işçilik ve reaksiyon zamanlarının ortalama değerlere dayandıkları daha önce belirtilmişti. Örnekte verilen grafikler ekibin ve reaktörün ayrı ayrı ideal durumlarının gösterildiği ortalama değerleri sembolize eder. Gerçekte, tüm değerlerin ortalaması matematiksel olarak ifade edildiğinde elde edilen sonuç, sadece yeterli sayıdaki denemeden üretilen beklenen değerlerin tasviridir.

### 1.3.3 KARMA SERVİS

Çevrim zamanının bir bölümü sabit, diğer bölümü de tesadüfi ise "karma" durum vardır. Bir operatörün 2 yarıotomatik tezgaha birden baktığı durumu gözönüne alalım; Burada operatörün işçilik zamanı tesadüfi olurken, makinanın işlem (proses) zamanı sabittir. Eğer kimya işletmesi örneğinde (örnek 1.2) servis karma olsaydı, ekibin yükleme-boşaltma zamanı değişken, reaktörün reaksiyon zamanı da sabit olacaktı.

Gerçekte birçok makina hem düzenli hem de tesadüfi duruşlara sahiptir. Ancak, bu durum hepsinin tesadüfi olarak durması ile pratikte aynıdır. Bu nedenle, konu ile ilgili birçok literatürde olduğu gibi, makina girişiminden söz ederken, ben sadece "tesadüfi makina girişimi" ve "senkronize makina girişimi" kavramları üzerinde durup, sadece bu ikisi için üretilen çözümlerle ilgileneceğim.

### 1.4 MAKİNA GİRİŞİMİNİN KARŞILAŞILDIĞI ALANLAR

Makina girişimi problemi, çok sayıda makinanın, daha az sayıdaki operatöre tahsis edildiğinde ortaya çıkar. Bu şartı sağlayan tüm yarıotomasyon ve otomasyon endüstrilerinde makina girişimi olayı yaşanır.

Makina girişiminin en sık rastlandığı endüstri tekstil endüstrisidir. Çok sayıda ki büküm ve dokuma makinasının az sayıdaki kalifiye operatör tarafından kontrolünü gerektiren "Sanayi Devrimi" nden beri makina ve operatörlerin doğru olarak dengelenmesi tekstil imalatçılarının problemi olmuştur. Tekstil endüstrisinin yanında, kimya endüstrisi, tel çekme, plastik döküm, otomobil lastiği ve benzeri endüstriler, takım tezgahları gibi yarı otomatik ve otomatik makinalara sahip endüstrilerde de makina girişimi olayına rastlanır.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ve endüstride bilgisayar kullanımının artması ile ortaya çıkan esnek üretim sistemlerinde (FMS) de girişim olayı ile karşılaşmak muhtemeldir. Otomatik taşıyıcı araçlardan oluşan malzeme taşıma sistemlerinden ve numerik kontrollü tezgahlardan meydana gelen bu sistemlerde yaşanan girişim ilk yatırımın aliyetin çok fazla olması nedeni ile daha büyük önem taşıyan bir konudur.

Aslında son zamanlarda makina girişimi kavramı yerine sadece "girişim" kavramından söz edilir olmuştur. Bunun nedeni girişimin makinalardan başka alanlarda örneğin kamyon, tır, yükleme-boşaltma sistemleri, fork-lift, trolley gibi taşıma ve depolama sistemlerinde hatta iki veya daha fazla sayıda bağımsız dosya ile ilgilenen ofis yöneticilerinde de girişimin tecrübe edilmektedir.

## **1.5 MAKİNA GİRİŞİMİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

Girişim miktarı, sistemin çıktısını da etkileyen çeşitli tipteki faktörlere bağlıdır. Bu faktörlerden bazıları, daha çok girişimin meydana geliş sıklığını, bazıları da daha çok miktarını ve etki derecesini etkiler.

•Girişimi etkileyen ana faktörler şunlardır:

1.5.1 : Operatöre tahsis edilen makina adedi.

1.5.2 : İş yükünün paylaşımı.

1.5.3 : Operatörün verimi.

1.5.4 : İnsan faktörü.

1.5.5 : Sistemde işlem göreceğ bir sonraki işi tayin eden öncelik kuralı.

### **1.5.1 MAKİNA ADEDİ**

Eşit şartlar altında, daha fazla makinadan sorumlu bir operatör, daha az sayıdaki makinadan sorumlu bir operatörden daha fazla girişim tecrübesi yaşar. Eğer sistem benzer makinalardan oluşuyorsa ve her biri aynı tipteki ürünü üretiyorsa, herbir makinanın talep ettiği işçilik zamanları aşağı yukarı aynıdır. Böyle şartlara sahip bir işletmede 3 makinadan sorumlu bir operatör, 2 makinadan sorumlu olandan teorik olarak daha fazla miktarda girişim yaşar. Makina adedi artarsa, girişim de artar. Ayrıca, gereğinden fazla sayıda tahsis edilmiş makinada girişim yaratır.

## 1.5.2 İŞ YÜKÜ

Her bir makinadaki işçilik zamanına bağlı olarak 2 makinaya bakan bir operatör, 3 makinaya bakan bir operatör kadar girişim olayını yaşayabilir. Eğer bir işletmede bazı makinaların işçilik zamanları diğerlerine oranla daha fazla ise, o makinaların yarattığı girişimlerde aynı şekilde daha fazla olur. Burada girişimi etkileyen karar faktörü makina sayısı değil, iş yüküdür.

## 1.5.3 OPERATÖRÜN VERİMİ

Girişim, operatörün çalışma hızına ve kabiliyetine bağlıdır. Baktıkları makina sayısı aynı olsa bile hızlı çalışan bir operatör, yavaş çalışana nazaran daha az girişim yaşar. Çalışma verimi, kişiden kişiye değiştiği gibi, aynı kişinin çalışma veriminde de değişkendir. Bu nedenle operatörün verimi makina girişiminde büyük rol oynar. Bu rol, teşvikli ücret sistemlerinin uygulandığı bir işletmede daha da büyüktür.

## 1.5.4 İNSAN FAKTÖRÜ

Belli bir performans düzeyinde iş yapmak için gerekli insan gücü ve verimi sınırlı olduğundan, bir operatörün teorik olarak uygun olsa bile, yukardaki nedenle kapasitesinin üzerinde yüklenirse aşırı yorgunluk ve bunun sonucunda da girişim kaybı meydana gelir. Bunun yanında bir takım kişisel ihtiyaçlar ve hatta psikolojik faktörler de girişimi etkilerler.

## 1.5.5 İŞ ÖNCELİĞİ

Servis önceliğinin de girişim miktarı üzerinde etkisi vardır. Bir grup makinadan bir tanesi, daha önce arızalanan bir makina daha onarıma alınmadan bozulursa, bir servis kuyruğu oluşmasından dolayı, operatör girişim etkisi ile karşılaşır. Minimum üretim kaybı ve sonuçta maksimum karı sağlamak için kuyrukta bekleyen hangi makinanın daha önce servis görmesi gerektiği ile ilgili bir problem doğar. Bunu belirleyen bir çok öncelik kuralı vardır. Örneğin en kısa işlem (servis) zamanına sahip olan makinaya öncelikle servis vermek veya "ilk gelen ilk servis görür" gibi. Servis önceliği kuralı ne şekilde olursa girişimin derecesinde o şekilde etkilenir. İş önceliği ortalama girişim miktarını doğrudan etkiler.

Makina girişimini belirleyen bu ana faktörler yanında genel olarak başka bir takım faktörlerden de söz etmek mümkündür.

#### 1.5.6 MAKİNA GİRİŞİMİNİ ETKİLEYEN DİĞER FAKTÖRLER

- a) İşletmede çok çeşitli ürün üretilmesi
- b) Makina parkı teçhizatının çeşitliliği.
- c) Operatörler arasındaki farklı çalışma yöntemleri.
- d) Siparişin geliş aralığı ve çeşitliliği.
- e) Çalışan acemi ve kalifiye işçi sayıları.
- f) Beklenmedik enerji kesintileri.
- g) İş kazaları.
- h) Sendikal faaliyetler, grevler... vs.
- ı) Moral
- i) Periyodik ve periyodik olmayan bakım.

#### 1.6 MAKİNA GİRİŞİMİNİN YARATTIĞI PROBLEMLER

Neden makina girişimi önemlidir ? Bu sorunun cevaplarından bir tanesi, yeni bir işletmeyi dizayn ederken, makina ve teçhizatın kullanımında en iyiyi bulmak için mühendislerin uygun matematiksel metodlara sahip olmak zorunda oluşlarıdır. İnsan- makina sistemlerinin çalışma şartlarının kuramsal olarak yaratılmalarında kullanılan metodların gerçek sisteme uygun olmaları önemlidir. Eğer, kullanılan teknik, mevcut şartlara uygun değilse orjinal ekip makina tahsislerinde önemli oranda yanlışlıklar olması muhtemeldir. Daha öncede belirttiğim gibi, eğer başlangıçta gereğinden az veya çok sayıda makina bir operatöre veya operatör takımına tahsis edilirse, yönetim doğru sayıyı bulana kadar, oldukça büyük zorluklarla karşılaşır. Bu nedenle, özellikle yeni bir organizasyon oluşturulurken makina girişimini önceden doğru olarak tahmin edebilmek büyük bir avantaj sağlar.

Makina girişimi, oldukça büyük sayıdaki yönetimsel problemlerin sorumlusudur. Eğer makina girişimi gözardı edilir veya yanlış olarak tahmin edilirse işletmenin operasyonlarında büyük sorunlara yol açabilir. Bu problemlerin önemli olanlarını şöyle özetleyebiliriz:

- a) Yanlış kapasite kullanımı.
- b) Uygunsuz makina tahsisleri ve bunun sonucunda yanlış ekip ve makina sayıları.
- c) Verimsiz operasyonlar.
- d) Üretimde kayıplar.
- e) İşçilik, makina ve enerji maliyetlerinde artışlar.
- f) Yanlış planlama faaliyetleri (Çevrim zamanının yanlış hesap edilmesi ve bunun yol açtığı sorunlar).
- g) Makina ve işçi randımanlarının yanlış değerlendirilmesi.
- h) Aşırı yorgunluk veya boş zaman.
- ı) Genel moral düşüklüğü ve güvensizlik. (Sendika ile sorunlar)
- i) Teşvikli ücret sistemlerinin uygulandığı bir ortamda adaletsiz primler ve ücretler.

## 1.7 MAKİNA GİRİŞİMİ UYGULAMALARI

Makina girişimi miktarını doğru olarak belirlemenin temel avantajı bir operatöre optimum sayıdaki makinanın tahsis edilebilmesidir. Ayrıca, makina operasyonlarında yapılan herhangi bir yatırım "çevrim zamanının" doğru olarak bilinmesi ile ilgilidir. Çevrim zamanını doğru olarak tahmin etmenin tek yolu makina girişimini bilmektir. Çok makinalı durumlarda, iş yükü planlama ve ücret politikaları makina girişiminin önceden tahminine dayanır. Aynı şeyler, iş sıralama ve maliyet tahminleri için de geçerlidir.

Makina girişimi problemi çözümlerinin kullanıldığı yerler şunlardır:

- a) Çevrim zamanını saptamada ve böylelikle beklenen üretimi belirlemede .Üretim planlama ve kontrolüne yardımcı olmada
- b) Makina ve işçi randımanlarını doğru bir şekilde hesaplamada. Tek bir operatörün baktığı bir makinanın randımanı bu türden (makina üretim zamanı + işçilik zamanı) makinanın yükleme-boşaltma gibi üretken olmadığı zaman dilimini çıkararak bulunur. Çok makinalı durumda ise grup içindeki bir makinanın randımanı, bütünden, yükleme boşaltma... vs. için ihtiyaç duyulan makinanın üretken olmadığı zamanı ve buna ilaveten makina girişiminin olduğu zamanı çıkararak bulunur.

c) Operatöre optimum sayıda makina tahsis etmede. Bu, yüksek derecede makina kullanımına ihtiyaç duyulup duyulmadığı ile ilgili bir yönetim politikasıdır. Operatör başına makina sayısının artması, operatörün veriminin artmasına (eğer operatör yetersiz yüklendiye) ve operatör boş zamanının azalmasına (bu sürele işçilik maliyetinden tasarruf edilir) rağmen, üretkenliğe belli bir seviyenin ötesinde bir fayda sağlamaz, çünkü girişim makina sayısını artırır. Eğer ürünün değeri ve makinanın maliyeti yüksek ise daha çok verimlilik için makina tahsisini azaltmak daha iyidir.

d) Ürün maliyetlerini doğru olarak tahmin etmede.

e) İlave servis zamanı ihtiyacını değerlendirmede.

f) Ücretler çıktı oranına bağlı olduğunda, daha çok üretim için teşvikleri değerlendirmede.



# B Ö L Ü M 2

## 2 . ÇOK MAKİNA TAHSİSİ PROBLEMİ ÇÖZÜMLERİ

### 2.1 GİRİŞ

İki veya daha fazla sayıda yarı otomatik makinanın tek bir operatöre veya aynı işi yapan bir ekibe optimum tahsisi ile ilgili problemlerin endüstriyel uygulamaları üzerinde uzun yıllar çalışılmıştır. Bu problem, araştırmaları ile gerçek değerlere bir hayli yaklaşabilen pek çok matematikçinin hayal gücünü meşgul etmiş ve bunun paralelinde de bir çok çözüm üretilmiştir. Konu ile ilgili araştırmalar halen devam etmektedir. Ancak genelde bulunan formülasyonlar pratik olmaktan uzak ve sadece gerçek duruma yakın sonuçlardır.

Daha önce de belirttiğim gibi en önemli değişken "girişim" faktörüdür. Bununla beraber, problemin çözümü ile ilgili nihai karar verilirken maksimum makina ve operatör kullanımı yanında başka birtakım faktörlerde sonucu etkiler. Örneğin; eğer üretim planı müşteri taleplerini karşılayabiliyorsa, bir takım verimsiz makina ve operatör gruplarına bir dereceye kadar tolerans gösterilebilir. Maliyetler, envanter seviyeleri, satış tahminleri, endüstrinin güncel durumu ... vb. gözönüne alınacak diğer faktörler olabilir. Bu değişkenler karar verme prosesini daha da karmaşık hale getirerek mükemmel bir çözüm bulma olasılığını da azaltırlar.

Bugün, endüstride "çok makina tahsisi problemi" ile karşılaşılacak mühendisler ve yöneticiler, pratik, anlaşılması kolay karmaşık matematik formülasyonlarından uzak, basit form ve grafiklerle ifade edilebilen çözüm yöntemlerini tercih etmektedirler. Gerçek hayatta yaşanan çalışma verimleri, formüllerle ifade edilenlere nispeten oldukça fazla değişkenlik gösterirler.



Bu durum normal ve fazla mesai içindeki işçilik zamanlarını etkiler. Değişken verimin birçok nedeni vardır. Bunlardan çok önemli bir tanesi yorgunluğun kümülatif etkisidir. Yapılan araştırmalar çalışma veriminin her hafta, her gün, her vardiya ve her saat değiştiğini göstermektedir. İşçilik zamanındaki bu belirsizlik değişken makina zamanı ile ikiye katlanır ve çok makina tahsisi problemi ile ilgili herhangi bir mükemmel çözümü imkansız hale getirir. Tamamen doğru olarak tahmin edilebilen bir girişim miktarı ve dolayısı ile bir "çevrim zamanı" bulabilmek olağan dışıdır. Çünkü makina arızaları, kazalar, moral, hastalıklar, yorgunluk, koruyucu bakım ve hatta sendikal faaliyetler gibi bir çok faktör işçilik ve makina zamanlarını doğrudan etkilerler. Bu nedenle, özellikle son yıllarda, beklenen durumu tahmin etmeye yönelik genel bir olasılık çizgisindeki "stokastik" çözümler ile ilgili araştırmalar yoğunlaşmıştır.

## 2.2 MAKİNA GİRİŞİMİ PROBLEMİ ÇÖZÜMLERİ

Endüstride karşılaşılan "makina girişimi miktarı" genelde aşağıda belirtilen çözüm teknikleri kullanılarak belirlenir .

2.2.1. Girişim miktarı, işletmede çalışan tecrübeli mühendisler tarafından, bu amaç için geliştirilen veriler ve geçmişte yaşanan deneyimler gözönüne alınarak tahmin edilir.

2.2.2. Girişim miktarı, iş örnekleme, kronometraj yöntemleri gibi direkt gözleme dayanan birtakım zaman etüdü metodları kullanılarak belirlenir.

2.2.3. Girişim miktarı, konu ile ilgili geliştirilen matematiksel formülasyonlar kullanılarak belirlenir. Söz konusu matematiksel modeller :

a) Deterministik modeller

b) Olasılık modelleri şeklinde iki ana grupta toplanabilir.

2.2.4. Girişim miktarı, son yıllarda bilgisayar kullanımının yaygınlaşması sonucunda nispeten daha pratik bir hal alan simülasyon teknikleri kullanılarak belirlenir.

### 2.2.1 TAHMİN ETME

Normal şartlar altında girişim miktarının derecesi, tecrübeli mühendisler tarafından, bu amaç için geliştirilen veri tabloları kullanılarak tahmin edilebilir. Ancak yapılan tahmin her zaman doğru olmayabilir. Ülkemizde bu yöntem çok sık kullanılmaktadır. Genellikle ilk tahmin doğru olmaz. Girişim miktarı ve optimum tahsis bulunana kadar "deneme yanılma" yolu pratik olması bakımından tercih edilebilir. Fakat bu durumun doğuracağı problemlere de katlanılmak zorunda kalınır.

İşletmede üretilen stiller çok sık ve hızlı değiştiklerinde mühendislere kolay bir tahmin etme ortamı veren "normal şartlara" daha az rastlanılmaya başlanır. Bu gibi durumlarda sorumlu mühendis kendi tahminleri ile başbaşa kalır ve geniş çaplı ve zaman harcayıcı direkt gözlem metodlarını kullanmak zorunda kalır.

### 2.2.2 DİREKT GÖZLEM METODLARI

Girişim miktarını doğrudan ölçmek de mühendislerin başvurdukları bir yoldur. Genelde bu yöndeki çabalar kronometraj ve iş örnekleme etüdlerinde yoğunlaşmıştır. Bununla beraber aynı anda meydana gelen olayları ölçmedeki zorluklar, operatörü değerlendirme güçlükleri ve farklı sayıdaki makina ve iş yüklerinin gerektirdiği muhtemel tahsislerin hepsini birden kapsayabilen girişim tablo ve grafiklerinin geliştirilmesi ihtiyacı nedenleriyle sözkonusu çabalar meyve vermemiştir.

Direkt gözlem metodları fabrikadaki mevcut şartlar içinde sınırlıdır. Bunun anlamı, değerlendirme anına kadar fabrikanın ürettiği ürünlerin ve fabrikada mevcut makinaların geçmişe ait değişkenlere dayanmasıdır. Bir kişi, henüz devreye girmemiş ürün stillerini veya yeni alınan makinalar ile ilgili tahsisleri test edemez.

Örneğin, bir tekstil fabrikasında, direkt gözlem metodu ile optimum tahsisi bulmak isteyen bir mühendis ne henüz devreye girmemiş iplik veya kumaş tahsislerini ne de operatör kümesindeki farklı ürün kombinasyonlarını test edebilir. Üstelik işlet-

menin, yapılacak olan etraflı direkt gözlem etüdlerine parasal açıdan gücü yetmeyebilir. Bu nedenle zaman harcayıcı, zahmetli ve pahalı lan bu tür çalışmalar, günümüzde artık tercih edilmemektedir.

### 2.2.3 MATEMATİKSEL MODELLER

Geleneksel olarak, girişim ile ilgili matematiksel modeller daha öncede belirttiğim gibi, makina duruşunun ve operatör servisinin tipine göre iki ayrı sınıfa ayrılırlar:

A) Deterministik modeller

B) Tesadüfi girişim modelleri

Deterministik modeller makina duruşları ve servis zamanları arasındaki zamanın bilindiği kabul edildiği durumlardaki çözümleri içerir.

Tesadüfi girişim modelleri servis stokastik olduğunda yaşanan problemlerin çözümlerini içerir.

(1)\* Deterministik yükleme boşaltma ve proses zamanlarına sahip bir sistemde "senkronize makina girişimi" yaşanır. Senkronize durumda, operatöre tahsis edilen optimal makina adedini bulan metodlar ile ilgili birçok araştırma vardır. Fetter (1955), Killingback (1964), Miller ve Berry (1974)

(2)\* Tesadüfi girişim problemi ile ilgili kuyruk modeli yaklaşımı Palm (1947), Ashcroft (1950), Fetter, Khintchine (1933), Haines ve Rose, Watters ve Riley (1957) tarafından araştırılmıştır. Dube ve Elsayed stokastik servis zamanlarına sahip bir çizelgeleme problemine yönelmişlerdir. Benson ve Cox (1951) eksponansiyel dağılımı baz alarak bir çözüm yöntemi üretmişlerdir, Tesadüfi girişim problemi ile ilgili en önemli çalışmalardan bir tanesi de daha sonra ayrıntılı olarak anla-

tacađım) Dale Jones'a aittir.

Bölüm 2'de sadece deterministik modeller üzerinde durulacaktır. Tesadüfi girişime sahip makinalardaki optimal tahsis çözümlerine de Bölüm 3'te yer verilecektir.

### **2.3 SENKRONİZE SERVİSE SAHİP MAKİNALARDA OPTİMAL TAHSİS**

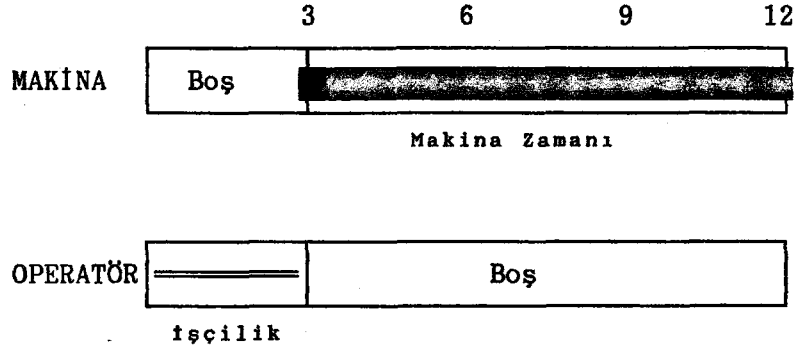
Eğer makina duruşları düzenli ise operatörün bunlara servis vermesi de düzenlidir. Bu gibi durumlarda, makinalar önceden belirlenmiş periyotlarda üretim yaparlar ve kolaylıkla sıralanabilirler. Deterministik matematiksel modeller, servisin senkronize olduğu durumda girişim miktarını ve operatör boş zamanını belirlemeye yönelik metodlardır. Senkronize halde girişim olayından makina çevrim sırası ayarlanarak (çizelgeleme) kaçınılabılır.

Bu başlık altında, öncelikle "ideal otomatik" makinalardaki girişimden söz edeceğim.

#### **2.3.1 İDEAL OTOMATİK MAKİNALAR**

İdeal otomatik makinalarda meydana gelen girişim miktarı yarı otomatik makinalardakine nispeten daha kolay bir şekilde belirlenir. İdeal otomatik makina durumunda, operatörün hep aynı tempoda çalıştığı kabul edilir. Operatör hiçbir zaman işi geciktirmez veya aceleci davranmaz. Her zaman önceden bilinen sabit bir zamanda işini yapar. Bu operatöre "standart operatör" de diyebiliriz. ( Söz konusu standart operatörün zamanları, endüstri mühendisliği mantığı çerçevesinde, bir işletmede zaman standartlarını belirlemede kullanılan "ortalama zaman" kavramının aynıdır). Kısaca, operatör zamanı tıpkı makina üretim zamanı (proses zamanı) gibi sabit kabul edilir. Daha öncede belirttiğim gibi böyle bir "ideal durumda" makina duruşları (yükleme boşaltma) önceden bilinir ve çizelgelenebilir ./3/

Şimdi ideal otomatik makinalardaki girişimin cebirsel bir analizini yapalım.



- Şekil 2.1 -

Şekil tek bir makinanın çubuk diyagramıdır. koyu çizgiler makine işlem zamanının , çift çizgi de işçilik zamanını temsil etmektedir.

Bir ideal otomatik makina düşünelim. Bu makinanın işlem (proses) zamanı  $T = 90$  dk. olsun. Makina durduğunda, operatör makinanın yanına gitmekte, boşaltma işlemini yapmakta, yeni parçayı yüklemekte ve onu yeniden çalıştırmaktadır. Tüm bu işlemler  $t = 30$  dk. sürmektedir. Bu durumda, makina çevrim zamanı  $H = 120$  ,(90+30) dk.'dır. Makina bekleme zamanı yoktur. Operatör uzun bir süre "boş" kalmaktadır.(Bu durum şekil 2.1'de gösterilmiştir).

Tabii bu durum normal değildir. Operatörün boş zamanını azaltarak onu daha verimli bir hale getirmek için, operatörün sorumluluğuna daha fazla makina tahsis edilmesi gerekir. Benzer kavramındaki "ortak" birim, aynı metre karede kumaş, aynı uzunlukta tel, dolan bobin adedi... vs. olabilir. Genellikle ortak birim olarak makina üretim saati alınır.

Ortak birim = Makina üretim saati (MRH).  
Makina saati kısaca "mrh" olarak gösterilir./3/

Bu şekilde problem daha basit bir hal alır. Sözkonusu makinalar "ideal makina" olarak kabul edilir. Bunlar, durduklarında hiçbir şey üretmez veya çalıştıklarında sabit bir zaman süresinde, belli bir miktar (birim) üretirler.

İdeal makinanın verimi, şu şekilde bulunur.:

$$\text{Makina verimi (E)} = T / H = T / (t + T)$$

Makinanın üretkenliği ise şu şekilde bulunur:

$$\text{Üretkenlik (A)} = (n * T) / H = (n * T) / (t + T)$$

yani  $A = n * E$ 'dir.

Burada  $n$  = Bir operatöre tahsis edilen makina adedidir. E ve A değerleri bir oran olduklarından boyutsuzdurlar. Yani saniyeler/saniye, dakikalar/dakika, saatler/saat

olmaları birşey değiştirmez. Farz edelim bu örnekte biz "saatler/saat" i kullanalım. Eğer operatör 4 makinaya birden bakıyorsa

$$E = 90 / 120 = 0.75 \text{ ve } A = 4 * 0.75 = 3 \text{ mrh/saat (makina saat/saat) olur.}$$

$$\text{Operatörün iş yükü ise } n * t / H = 4 * 30 / 120 = 1.0 \text{ olur.}$$

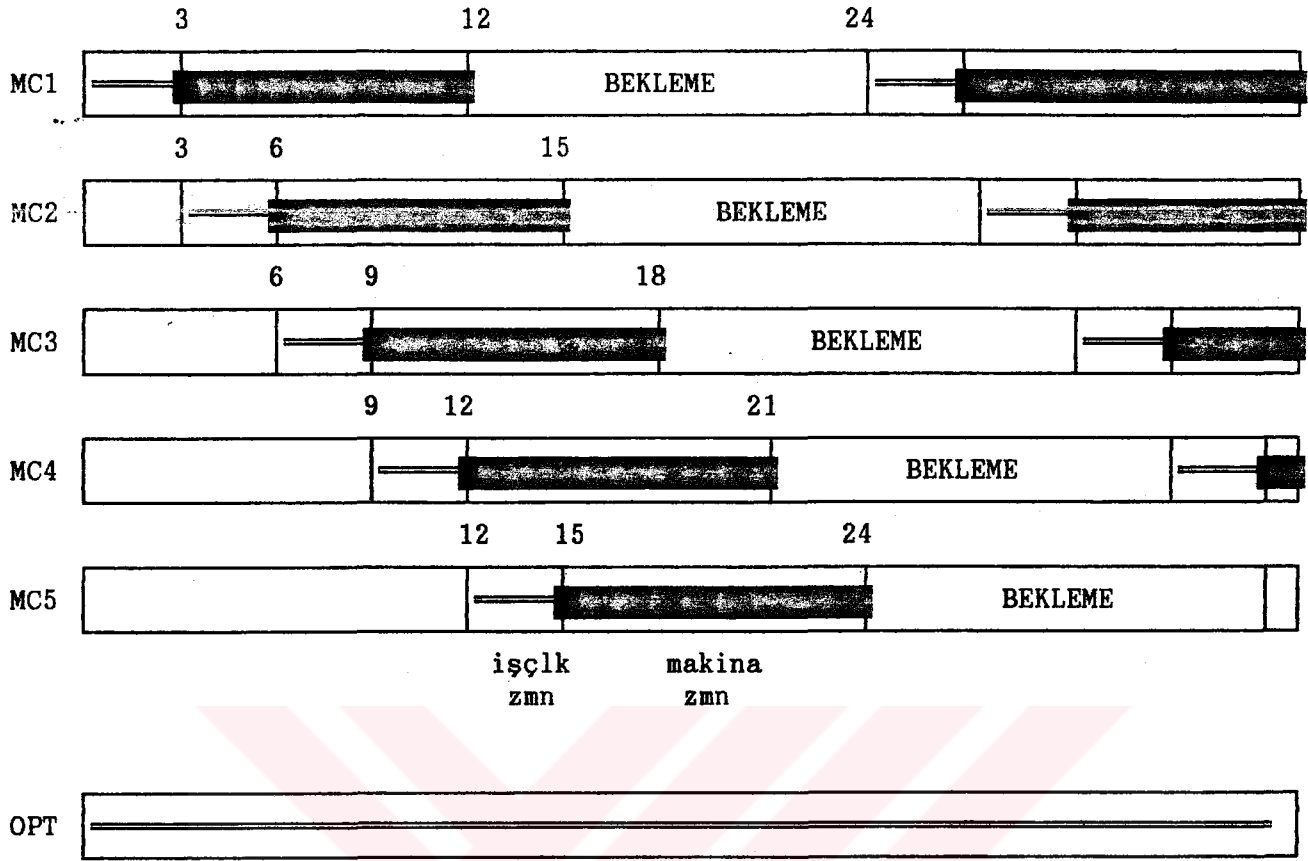
Bu operatörün 1 saatte 60 dk " dolu " olduğunu, yani çalıştığını gösterir. Operatör 4 makinadan fazla makinaya bakamaz ve 3 mrh/saat onun maksimum üretkenliğidir. Bu sayı operatöre 5.inci bir makinanın tahsis edilmesi ile değişmez. 5 makinalı sistemi düşünelim. Operatör 1 nolu makinadan başlayarak 4. nolu makinaya kadar sıra ile işlemlerini gerçekleştirerek ulaşır. 4. nolu makinadaki işini bitirdikten sonra 1 nolu makina yerine sıradaki 5. nolu makinanın yanına gider. Bu halde 1 nolu makina 30 dk. operatörü bekleyecektir. Operatör 5.nolu makinadaki işini bitirip 1.nolu makinaya geldiğinde bir çevrim tamamlanmış olur. 1. nolu makina durduktan sonra 12 dk. beklemiştir. Bu 12 dk. bekleme zamanı sırası ile tüm makinalarda olur. Bu durum şekil 2.2'de gösterilmiştir.

30 dk. bekleme zamanı artık çevrimin bir parçası olmuştur. Böylece çevrim zamanı  $H = 150 \text{ dk. } (30 * 5 = 150)$  olur. [  $120 ( H = T + t )$  nın yerine ] Her ne kadar bir çevrim zamanında operatör daha fazla üretiyorsa da, "saat" bazında üretim 3'ü geçmez. (Bu da 4 makinalı üretim ile aynıdır).

Bu açıklamalardan iki çeşit durumun (alanın) olduğu görülür.

Birincisi operatörün bakabileceği makina sınırının altındaki, "az iş yükü alanıdır". Bu durumdaki çevrim zamanı  $H = T + t$  (Makina zamanı + işçilik zamanı) eşittir.


İkinci alan, operatörün aşırı yükseldiği maksimum sınırı üstündeki "çok iş yükü



- Şekil 2.2 -

\* 5 makinalı halin şematik gösterimi. 12 dk. bekleme zamanı sıra ile tüm makinalarda olur.

\* MC X : X. MAKİNA

\*\*  : MAKİNA ZAMANI

OPT : OPERATÖR

 : OPERATÖR ZAMANI



alanıdır". Bu durumdaki çevrim zamanı  $H = T + t$ 'ye eşit olmayıp  $n * t =$  eşit olduğu görülür.

**Az iş yükü  $H = T + t$**

**Çok iş yükü  $H = n * t$**

Optimal hal bu iki alanın eşit olduğu haldir.

$n * t = T + t$  eşitliği bize optimal hali verir.

Buradan;

$$n = (T + t) / t \text{ veya } (T / t) + 1 \text{ eşitliği bulunur.} \quad (1)$$

$n = n_c$  bize bir operatöre, maksimum üretkenliği sağlamak için tahsis edilecek olan optimum makina adedini verir. Yukarıdaki örnekteki optimum makina adedi

$$n_c = (T + t) / t = 120 / 30 = 4 \text{ makinadır.}$$

Burada çok kullanışlı olan ikinci bir parametre daha vardır. Bu operatörün çalıştığı ancak makinanın boş kaldığı süreci temsil eden çevrim oranıdır ( $p$ ).

**Çevrim oranı ( $p$ ) =  $t / T$ 'dir.**

Buradan (1) nolu denklem şu hali alır:

$$n_c = (1 + p) / p \quad (2)$$

Maksimum üretkenliği temsil eden  $A_{max}$  ise şöyle bulunur:

$$A_{\max} = 1 / P \quad (3)$$

$A_{\max}$  'ın,  $(n_c - 1)$ 'e eşit olduğuna dikkat edin. Bunun yorumu, bir operatöre  $n_c$  tane makina tahsis edilirse, bir tanesi servis görürken diğer  $(n_c - 1)$  tanesi çalışmaktadır ve sistemde hiçbir bekleme olmamaktadır.

Makina verimi (E) =  $T / H$  ' tır.

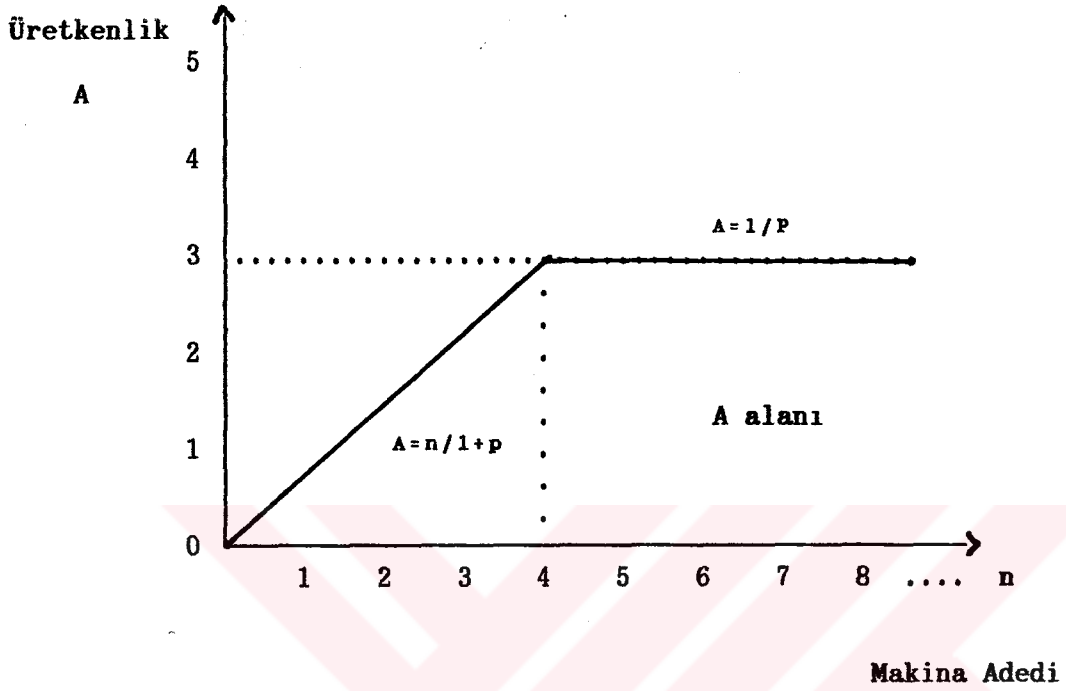
Optimumu makina adedi ( $n_c$  'ye) kadar sabit kalır, çünkü bu sınırlar içinde H sabittir. n sayısı  $n_c$  sayısını geçerse (tahsis edilen makina adedi, optimum makina adedini geçerse) H değeri büyümeye, dolayısı ile E (verimlilik) azalmaya başlar.

H, bekleme zamanı veya girişim ile artar ve bu değeri hesaplamak, yukarıda gösterildiği gibi basit durumlarda çok kolaydır.

Şekil 2.3'te makina adedinin, üretkenliğe olan etkisini gösteren bir inceleme yapılmıştır. Örnekteki hal  $T = 90$  dk,  $t = 30$  dk. durumu, şekilde gösterilmiştir.

Tablo 2.1 bir operatöre 1 den 8'e kadar makina tahsis edildiğinde, her bir durumdaki istatistiksel değerleri sistematik bir biçimde göstermektedir.

Tablo 2.1' deki 6,7 ve 8. sıralarda her bir tahsiste bir makinanın 1 saatlik öyküsü vardır. Örneğin  $n = 5$  iken her bir makina, zamanın % 60'ında çalışmakta, % 40'ında ise boş kalmaktadır. Boş zamanın yarısı da girişim (bekleme) zamanıdır. 10. ve 11. sırada ise operatörün ortalama çalışma saatinin bir değerlendirmesini göstermektedir.  $n = 3$  olduğunda örneğin, operatör zamanı % 75'ini çalışarak, % 25'ini boş kalarak geçirmektedir.



- Şekil 2.3 -

- makina adedi & operatör adedi VS üretkenlik -

$n = 4$

,

$A = 3$

## TABLO 2.1

**Senkronize Makinalarda İşçiyeye Birden Fazla Makina Verilmesi Durumunda İstatistikler (T=90, t=30)**

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. n	30	60	90	120	150	180	210	240
2. nt	120	120	120	120	150	180	210	240
3. H	0.75	1.50	2.25	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4. $A = (nT) / H$	0	0	0	0	30	60	90	120
5. $W_m = H - (T + t)$	0.75	0.75	0.75	0.75	0.60	0.50	0.43	0.375
6. $E = T / H$	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.17	0.14	0.125
7. $Z = t / H$	0	0	0	0	0.20	0.33	0.43	0.50
8. $l_m = (W_m) / H$	90	60	30	0	0	0	0	0
9. $W_o = H - nt$	0.75	0.50	0.25	0	0	0	0	0
10. $l_o = W_o / H$	0.25	0.50	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11. B = (nt / H)								

$W_m$  : Makina bekleme zamanı / devir

$l_m$  : Makina bekleme zamanı / saat

$W_o$  : Operatör bekleme zamanı / devir

$W_m$  : Operatör bekleme zamanı / saat

t : Operatörün duran bir makinede çalışma zamanı / devir

Z : Operatörün duran bir makinede çalışma zamanı / saat

**Tablo 2.1 deki sembollerin tarifi :**

$w_m$  = Bir çevrimdeki makina bekleme zamanı

$I_m$  = Bir saatteki makina bekleme zamanı

$I_o$  = Bir saatteki operatör bekleme zamanı

$t$  = (Makina duruş) Operatörün o makina üzerinde çalıştığı saat başına zaman

$z$  = (Makina duruş zamanı) Operatörün o makina üzerinde çalıştığı saat başına zaman.

Zamanlar, herbir çevrim için dk. cinsinden, herbir saat için desimal saat cinsinden verilmiştir.

Bu değerlendirmelerden sonra, akla şu soru gelebilir. "Eğer  $T$ ,  $t$ 'ye tam olarak bölünmez ise ne olacak" ? Gerçekte bu durum en sık karşılaşılan durumdur. Yeni bir örnek ile böyle durumlarda karşımıza ne gibi sonuçlar çıkacağını görelim . Örneğin  $T = 80$  ve  $t = 30$  olsun.

Böylece  $p = 30 / 80 = 0.375$  ve

$A = 1 / p = 2.67$  ve

$$n_c = (1 + p) / p = 3.67 \text{ olur.}$$

Tablo 2.2'de bir operatöre 1'den 7'ye kadar makina atandığında karşılaşılan tüm sonuçlar özetlenmiştir.

Bazı durumlarda operatör, makina çalışırken de iş yapmak zorunda kalır. Örneğin bir büküm makinasında makina çalışırken, yedekleme işlemi yapar veya ürün kontrolü yapabilir veya makina çalışırken bir ürünü indirip etiketleme işlemi yapabilir. Bu işlemler için, harcanan işçilik zamanına  $t_1$  diyelim ve  $t_1$ 'in  $T$ 'den küçük olduğunu kabul edelim. ( $t_1 =$  iç işçilik zamanı )

$n_c < n$  olduğu sürece  $t_1$  çevrim zamanına etki edemeyecektir ve çevrim zamanı  $H = T + t$  toplamına eşit olarak kalacaktır.

$n_c > n$  olduğunda ise  $H = n * (t_1 + t)$  olur.

$n_c = (T + t) / (t_1 + t)$   $I = n * (t_1 + t)$  olur.

$A_{max} = T / (t_1 + t)$   $B = n * (t + t_1)$ ,  $B \rightarrow n_c = n$  olduğunda  $B = 1$

Böylece 1 mrh üretimin maliyeti,  $n_l$  tahsisi için

$(1 + U_{nL}) / A_L = U_{cL}$  şeklinde olur.

Daha çok makina tahsisi, dolayısı ile daha fazla iş yükü durumunda ise, ( $n_h$  durumu), benzer şekilde üretim maliyeti

$(1 + U_{nh}) / A_h = U_{ch}$  olur.

Seçilecek olan tahsis bu ikisinin değerlendirilip, karşılaştırılması neticesinde,

## TABLO 2.2

**Senkronize Makinalarda İşçiyi Birden Fazla Makina Verilmesil Durumunda İstatistikler**

	( T = 80, t = 30 ),						
	1	2	3	4	5	6	7
1.n	30	60	90	120	150	180	210
2.nt	110	110	110	120	150	180	210
3.H	0.73	1.45	2.18	3.00	2.67	2.67	2.67
4.A = (nT)/H	0	0	0	10	40	70	100
5.Wm = H-(T + t)	0.73	0.73	0.73	0.67	0.53	0.44	0.38
6.E = T/H	0.27	0.27	0.27	0.25	0.20	0.17	0.14
7.Z = t/H	0	0	0	0.08	0.27	0.39	0.48
8.Im = (Wm)/H	80	50	20	0	0	0	0
9.Wo = H - nt	0.73	0.45	0.18	0	0	0	0
10.Io = Wo/H	0.27	0.55	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00
11.B = [nt]/H							

maliyeti daha az olan tahsistir.

Örnek olarak Tablo 2.3'teki değerleri kullanalım ve bu değerlere şu bilgileri ilave edelim.

$$u = 0.6 , u_{cL} = 1.145 , u_{ch} = 1.133$$

$$T = 90 , t_1 = 10$$

$$t = 20 , n_L = 3 , n_c = 3.66 , n_h = 4$$

$$n_c = T + t / t + t_1 = 90 + 20 / 20 + 10 = 3.66$$

$n_L = 3$  tahsisinde maliyet, 1.145,

$n_h = 4$  tahsisinde maliyet, 1.133'tür.

Bu durumda 4 makinayı servis verilmesi durumu, 3 makinanın proses maliyetinden daha küçük olduğu için tercih edilir. Ancak şunu da hatırlamak gerekir ki, bu tahsis eğer maliyet faktörü diğer değişkenlere nispeten daha önemli ise tercih edilir. Bununla beraber, üretkenlik ( müşteri talebinin vaktinde teslimi ile birlikte ) önemli bir değişkense 3 makinalı tahsis daha fazla üretkenlik sağladığından, daha iyidir.

Hem alt, hem de üst tahsisin maliyetlerinin eşitlendiği bir  $U_0$  kritik değeri olmalıdır. Bu değer  $U_{cL}$  ve  $U_{ch}$  değerleri eşitlenerek bulunur.



## TABLO 2.3

**Senkronize Makinalarda İşçiye Birden Fazla Makina Verilmesi Durumunda İstatistikler**  
( $T = 90, t = 20, t_1 = 10$ )

	1	2	3	4	5	6	7	8
1.n	30	60	90	120	150	180	210	240
2.n(t+t <sub>1</sub> )	110	110	110	120	150	180	210	240
3.H	0.82	1.64	2.45	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
4.A = (nT)/H	0	0	0	10	40	70	100	130
5.W <sub>m</sub> = H-(T+t)	0.82	0.82	0.82	0.75	0.60	0.50	0.430	0.375
6.E = T/H	0.18	0.18	0.18	0.17	0.13	0.11	0.095	0.083
7.Z = t/H	0	0	0	0.08	0.27	0.39	0.475	0.542
8.Im = (W <sub>m</sub> )/H	80	50	20	0	0	0	0	0
9.W <sub>o</sub> = H-[n(t+t <sub>1</sub> )]	0.73	0.45	0.18	0	0	0	0	0
10.I <sub>o</sub> = W <sub>o</sub> /H	0.27	0.55	0.82	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
11.B = [n(t+t <sub>1</sub> )]/H								

$$U_o = \frac{(T + t) - n_l * (t + t_1)}{n_l * n_h * (t_1 + t) - n_l * (T + t)} = 0.667$$

EĞER,

$u < u_o$  ise üst tahsis (  $n_h$  )

$u > u_o$  ise alt tahsis (  $n_L$  ) tercih edilir.

Örnekte  $u = 0.6$ 'dır ve 0.667 değerinden küçük olduğu için 4 makinalı tahsis, 3 makinalı tercihten, maliyet açısından daha iyidir.

### 2.3.1.1 TEMEL ÇEVİRİM KAVRAMI

Şimdiyedikadar ideal otomatik makinaların bireysel makina çevrimlerinden söz ettik. Tek bir çevrim zamanı kavramı üzerinde durduk. Bir grup ideal otomatik makinanın bireysel makina çevrimlerini birbirine eşit kabul ettik. Aslında gerçek hayatta makinalardaki ve üretilen stillerdeki birtakım farklılıklar, karşımıza farklı bireysel makina çevrim zamanlarını çıkartır. Ancak bu farklılıklara rağmen bir grup ideal otomatik makinadan sorumlu bir operatör hep aynı düzen içerisinde servis verir. Operatörün bu servis düzenini belirleyebilmek için farklı bir kavramdan yararlanmak durumundayız. İşte bireysel makina çevrimlerinin bir araya gelmesi ile oluşan çevrim ve işçilik zamanları dizisine "TEMEL ÇEVİRİM" veya "ÇEVİRİM DİZİSİ" denir.

Bir Temel Çevrim aynı veya farklı bireysel çevrimlerin işçilik zamanlarının belli bir düzen içerisinde birbirlerini takip etmeleri sonucu ortaya çıkan periyottur. Temel çevrim içindeki makinalara hep aynı sırada servis verilir. Operatör hep aynı düzen içerisinde makinalar arasında dolaşır ve görevlerini yerine getirir.

Şimdi aşağıda örneklerle Temel Çevrim kavramını ve karşılaşılan durumları inceleyelim.

### **2.3.1.2 HER BİR MAKİNANIN BİR TEMEL ÇEVİRİM İÇİNDE, BİR KEZ SERVİS GÖRDÜĞÜ DURUM**

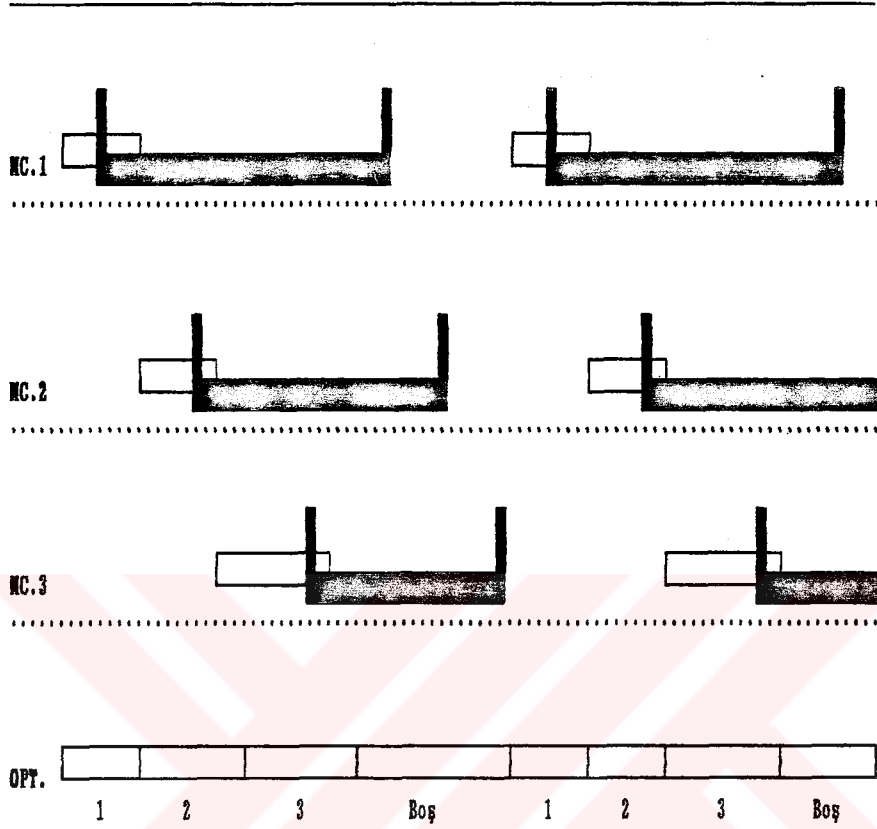
Burada, Bölüm 1'de verilen tekstil sektöründe dokuma tezgahları örneğini yeniden ele alalım. 3 dokuma tezgahına bir operatörün baktığı durum grafik olarak şekil 2.4 gösterilmiştir.

Dokuma operatörü, "dış işçilik zamanı" süresince dokunan hambez rulosunu çıkarmakta, tezgaha yeni bir "göbek" yüklemekte ve gerekli ayarları yapmaktadır. Sayacı, istenen uzunluk metrajına set ettikten sonra da tezgahı çalıştırmaktadır. Tezgahın otomatik olarak çalıştığı süre içinde de tezgah üzerinde bulunan atkı bobinlerini beslemekte ve gerekli kontrolleri yaparak, "dokuma proses takip formunu" doldurmaktadır.

Şekilde dokuma operatörü önce 1 nolu tezgaha servis vermektedir. Daha sonra 2 ve 3 nolu tezgahlara servis vermekte ve son olarakta 1 nolu dokuma tezgahının çalışma devrini beklemektedir. Bu halde, temel çevrim, 1-2-3-boş, 1-2-3-boş şeklinde tekrarlanmaktadır. Operatör bir temel çevrim içinde sıra ile grup içindeki tüm makinalara servis vermektedir.

Bu gibi durumlarda "çevrim dizisi zamanı" (Temel çevrim zamanı) makina çevrim zamanı en yüksek olan dokuma tezgahına eşit olur. Örnekte 1 nolu tezgahın çevrim zamanına eşittir. Örnekte 1 nolu tezgahın çevrim zamanına eşittir. Örnek ile ilgili değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. (Değerler dakika cinsindedir).

TEZGAHLAR	1	2	3
MAKİNA ZAMANI	150	30	100
DIŞ İÇİLİK ZAMANI	20	25	50
İÇ İÇİLİK ZAMANI	20	10	10
TOPLAM SERVİS ZAM.	40	35	60
ÇEVİRİM ZAMANI	170	155	150



- Şekil 2.4 -

Temel Çevrim 1-2-3-Boş , 1-2-3-Boş Şeklinde

**Temel Çevrim başına servis zamanı = 40 + 35 + 60 = 135 dk.**

**Temel Çevrim zamanı = 170 dk.**

Şimdi, işletmenin yeni bir sipariş aldığını varsayalım. Dokunacak yeni bezin 3 nolu tezgahta dokunacağını kabul edelim. Bu yeni bezi dokumak için makina üzerinde bir takım ek ayarlar gerekmektedir. Bu durumda, işçilik zamanlarında bir değişiklik söz konusu olacaktır. Yeni değerler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

TEZGAHLAR	1	2	3
MAKINA ZAMANI	150	130	100
DIŞ İÇİLİK ZAMANI	20	25	75
İÇ İÇİLİK ZAMANI	20	10	40
TOPLAM SERVİS ZAM.	40	35	115
ÇEVİRİM ZAMANI	170	155	175

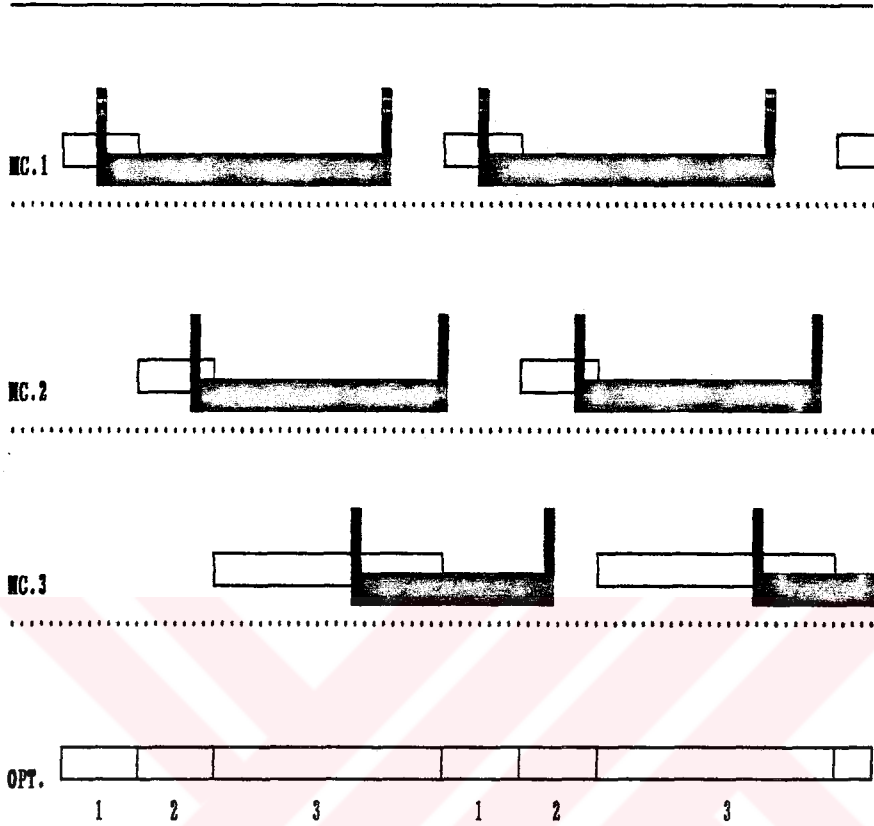
**Temel Çevrim başına toplam servis zamanı = 40 + 25 + 115 = 180 dk.**

Bu örnekte 3 nolu makinanın çevrim zamanı 175 dk. olur. Yeni durum şekil 2.5'de gösterilmiştir.

Operatör önceki durumda olduğu gibi 1-2-3 , 1-2-3 düzeni içinde servis yapmaktadır. Ancak bu sefer 1. tezgahın çevrimini bitirmesini beklemektedir. Bu gibi durumlarda temel çevrim zamanı en uzun makina çevrim zamanı değil, operatöre tahsis edilen makinaların toplam servis zamanına eşit olur. Örneğimizde bu zaman 3 makinanın toplam servis zamanına eşittir.

**40 + 25 + 115 = 180 dk.**

Yukarıdaki iki örnekten de görüldüğü gibi çevrim dizisi başına sadece bir servis gerektiren senkronize tahsislerde temel çevrim zamanı veya "temel çevrim zamanı" ya grup içindeki makinalar arsından en uzun çevrim zamanına sahip olanın zama-



- Şekil 2.5 -

Femal Çevrim 1-2-3 , 1-2-3 Şeklinde

nına ya da grup içindeki makinaların toplam servis zamanlarına eşit olmalıdır.

### 2.3.1.3. HER BİR MAKİNANIN BİR TEMEL ÇEVİRİM İÇİNDE, BİRDEN FAZLA SERVİS GÖRDÜĞÜ DURUM .

Şekil 2.6'da bir dokuma tezgahının (2 nolu tezgah) bir çevrim dizisi içinde 2 defa servis gördüğü makina tahsisinin grafik şeklinde gösterimidir.

TEZGAH	ÇEVİRİM ZAMAN	SERVİS ZAMANI
1	90	45
2	70	25
3	80	30
2	70	25

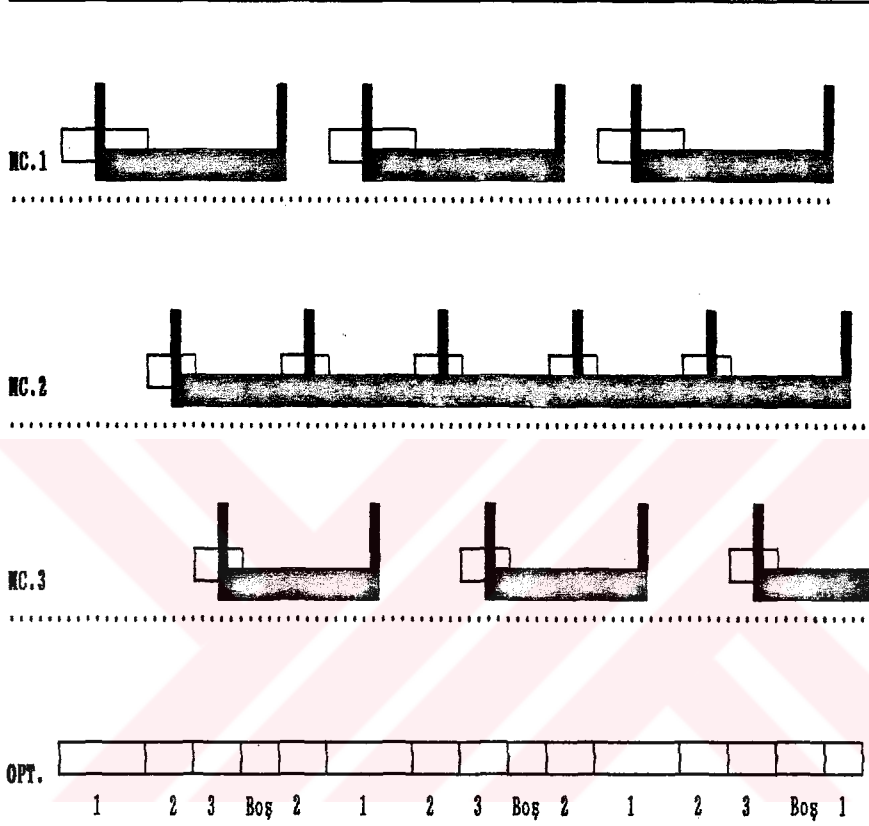
**Toplam Servis Zamanı / Temel Çevrim = 120 dk.**

Bu durumda çevrim dizisi zamanı, operatör servis zamanı toplamından (120 dk) ve en büyük makina çevrim zamanından 90 dk. daha büyük bir değerdir.

Bir ya da daha fazla sayıdaki makinanın bir temel çevrim içinde birden fazla servis görmesi durumunda, temel çevrim zamanı, toplam operatör servis zamanına toplam boş zamanının (çevrim başına) ilave edilmesi ile bulunur.

Operatör servis zamanları toplamını bulmak kolaydır. Bu sayı çevrim başına her makinanın servis zamanının birbirine toplanması ile bulunur.

Toplam operatör boş zamanını belirlemek daha zordur ve aşağıdaki şekilde bulunabilir:



- Şekil 2.6 -

Temel Çevrim 1-2-3-Boş-2 , 1-2-3-Boş-2 şeklinde



Eğer bu adımda tek bir operatör boş kalma zamanı bulunursa , bulunan değer toplam operatör boş kalma zamanıdır.

Eğer bu adımda birden fazla "boş zaman" bulunursa "Adım 4" uygulanır.

**Adım 4 :** Adım 3'de belirlenen operatör boş zamanlarının nasıl birleştirilebileceği değerlendirilir. Boş zamanların aynı anda meydana gelip gelmeme durumu değerlendirilir. Aynı anda 2 boş kalma olayına toplam operatör boş zamanını belirlerken sadece 1 kez izin verilebilir.

#### **2.3.1.4. GİRİŞİM MİKTARININ BELİRLENMESİ**

Herhangi bir tahsiste meydana gelen makina girişimi kaybını bulmak, sözkonusu tesisin çevrim dizisi zamanının belirlenmesinden sonra çok kolay bir hal alır. Bir makinanın girişim kaybı, temel çevrim zamanından, o makinanın toplam çevrim zamanı çıkartılarak bulunur. Daha sonra sözkonusu tahsis için "girişim oranı" bulunan girişim miktarını temel çevrim zamanına bölerek bulabiliriz. Bu işlemleri bir örnekle açıklayalım.

Örneğin şekil 2.4 (örnek 1)'de 2 nolu tezgah için girişim miktarı şöyle hesaplanır.

Temel çevrim zamanı = 170 dk

2. tezgahın çevrim zamanı = 155 dk.

Girişim miktarı =  $170 - 155 = 15$  dk. (1)

Girişim oranı =  $(15 / 170) * 100 = \% 8.82$  (2)

#### **2.3.1.5. OPERATÖR BOŞ ZAMANININ BELİRLENMESİ**

Makina girişimi miktarında olduğu gibi, herhangi bir tahsisteki operatör boş zamanını belirlemek çevrim dizisi zamanının bulunmasından sonra çok kolaydır. Operatör boş zamanı, temel çevrim zamanından, toplam operatör servis zamanının çıkartılması ile hesaplanır. Daha sonra, operatörün kaçınılmaz olarak boş kaldığı sürenin oranı, operatör boş zamanının, temel çevrim zamanına bölerek bulabiliriz.

**Adım 1 :** Temel çevrimde yer alan makinaların beklenen zamanları ve beklenen servis zamanlarını gösteren bir liste yapılır.

**Adım 2 :** Temel çevrim içinde bir kez servis gören makinaların çevrim-zamanlarının üzeri çizilir. Çünkü bu makinalar operatörün boş kalmasına neden olamazlar.

TEZGAH	ÇEVİRİM ZAMANI	SERVİS ZAMANI	OPERATÖR BOŞ ZAMANI	HESAPLANAN BOŞ ZAMAN
1	90	45		
2	70	25	15	$70 - (25 + 30) = 15$
3	80	30		
2	70	25		$70 - (25 + 45) = 0$
TOPLAM		120	15	

**Temel Çevrim Zamanı = 120 + 15 = 135 dk.**

**Adım 3 :** Geriye kalan her makina çevrimi için operatör boş zamanları belirlenir.

Bir makina için makina çevrim zamanı, tüm makinaların servis zamanları toplamından daha büyükse, "Operatör boş zamanı"na kayıt edilen değer ikisinin farkıdır.

( Makina çevrim zamanı - Toplam servis zamanı )

Geri kalan makina çevrimleri için (bir temel çevrim içinde birden fazla servis gören makinalar) operatör boş zamanı spesifik bir makina için çevrim zamanından, aynı makinaya ait servis zamanı ve servis sırasında sözkonusu makinayı takip eden (bir sonraki) makinanın servis toplamının çıkarılması ile bulunur.

**Boş Zaman = [ x. Mc çevrim zamanı - ( x. servis zamanı + x+1. Servis zamanı ) ]**

Bunu yine bir örnek ile açıklarsak örnek 1'de

$$\text{Temel çevrim zamanı} = 170 \text{ dk.} \quad (1)$$

$$\text{Toplam servis zamanı} = 135 \text{ dk.} \quad (2)$$

$$\text{Operatör boş zamanı : } 170 - 135 = 35 \text{ dk.} \quad (3)$$

$$\text{Operatör boş zamanı oranı : } (35/170)*100 = \% 20.58 \quad (4)$$

### 2.3.1.6. İŞ ÖNCELİĞİNİN GİRİŞİME ETKİSİ

İki makinalı tahsisi gözönüne alalım. Eğer herhangi bir zamanda her iki makina birden aynı anda durursa hangisine daha önce servis verileceği problemi sorusu karşımıza çıkar. Şekil 2.7'de A ve B makinaları aynı anda durmuştur. A'yı yeniden üretken hale getirmek için gerekli süre 0.5 saat, B için aynı süre 1.5 saattir./4/.

(a) Eğer makina A'ya öncelik verilirse Bu durumda;

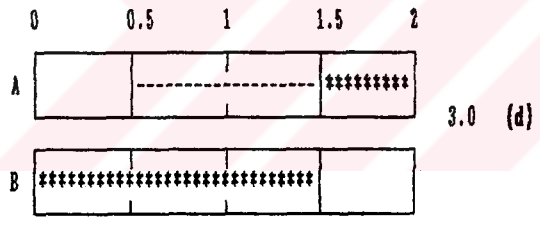
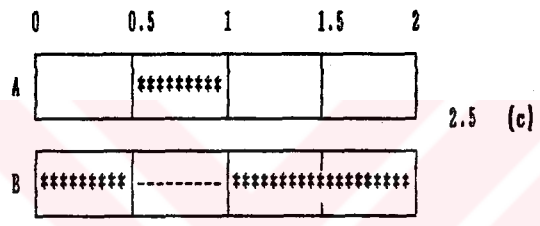
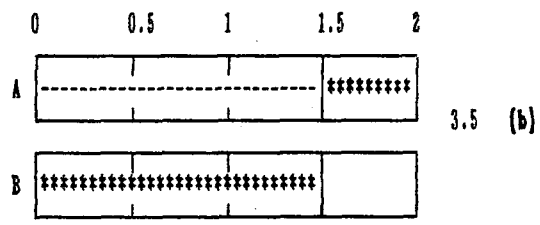
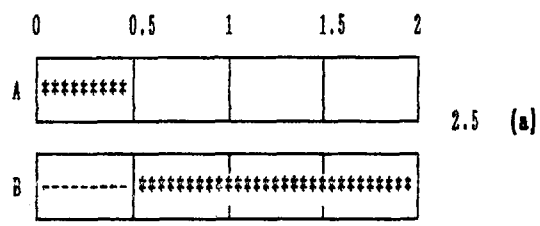
$$\text{Üretkenlik zamanı kaybı} = 0.5 \text{ saat (A için harcanan zaman)} + 0.5 \text{ saat (B'yi bekleme)} + 1.5 \text{ saat (B için zaman)} = 2.5 \text{ saat}$$

(b) Eğer makina B'ye öncelik verilirse, bu durumda,

$$\text{Üretkenlik zamanı kaybı} = 1.5 \text{ (B için zaman)} + 1.5 \text{ (A'yı bekleme zamanı)} + 0.5 \text{ (A için zaman)} = 3.5 \text{ saat}$$

(c) Bu şekilde B makinası daha önce durmuştur. B makinasını yeniden çalıştırmak için gereken sürenin (1.5 saat), 0.5 saatinde A makinası durmuştur. Bu durumda B tamir edilirken A normal olarak çalışmaktadır ve hiçbir girişim etkisi yoktur. 0.5 saat sonra A durduğunda karşımıza yine bir öncelik kuralı çıkar.

Operatör ya B makinasındaki işini tamamladıktan sonra A makinası ile ilgilenecek ya da B'deki işini yarım bırakıp A makinasını tamir ettikten sonra, B'deki işini bitirecektir. Bu ikinci durum, bazen fiziksel olmayabilir. Bir makinadaki işin yarım bırakılması teknolojik olarak mümkün de olmayabilir. Eğer operatör B'deki işini yarım bırakırsa, karşımıza çıkan durum şekil 1 (c)'de gösterilmiştir. Bu durumda; Üretkenlikteki zaman kaybı = 0.5 (A için zaman) + 0.5 ( B'yi bekleme ) + [ 0.5 + 1.0 ] (B için zaman) = 2.5 saat



- Şekil 2.7 -

Üretkenlikteki zaman kaybı = [ 0.5 + 1.0 ] ( B için zaman ) + 1.0 (A'yı bekleme)  
+ 0.5 (A için zaman) = 3.0 saat

Şekil 2.7'teki minimum zaman kaybı (a) ve (c)'dir.

Üç makineli tahsisli bir başka örnekte şekil 2.8'de gösterilmiştir. Bu problemde 3 makina bir operatöre tahsis edilmiştir. Her üç makina aynı anda arızalanabilmektedir. Arıza giderme zamanları şöyledir:

1 makina = 0.5 saat  
2 makina = 1.0 saat  
3 makina = 1.5 saat

Onarılmayı bekleyen bu üç makina  $3! = 6$  farklı şekilde arızalanabilir. (Bu durum şekil 2.8 de gösterilmiştir)

Şekilde sağ kolon, onarım kuyruğu sırasını vermektedir. Taralı alanlar, makina onarım zamanını göstermektedir. Üretkenlik kayıpları sol kolonda gösterilmiştir.

Şekilden minimum üretkenlik kaybı olan sıralama, durum (a)'dadır. Maksimum kayıp ise, minimum kaybın tam tersi sıralamaya (3-2-1) sahip olan (f) durumunda gerçekleşmektedir.

Yukarıdaki 2 örnekten, şu sonuçlar çıkmaktadır:

\* Minimum üretkenlik kaybı, makineler işçilik zamanları küçükken büyüğe doğru artan sırada servis gördüklerinde olmaktadır.

\* Maksimum üretkenlik kaybı, makineler işçilik zamanları büyükten küçüğe doğru azalan sırada servis gördüklerinde olmaktadır.

0            0.5            1            1.5

Kuyruk Sırası



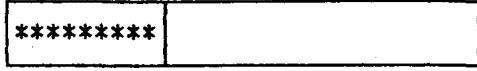
(a)



1 - 2 - 3



(b)



2 - 1 - 3



(c)



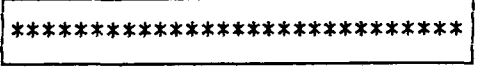
1 - 3 - 2



(d)



2 - 3 - 1



(e)



3 - 1 - 2



(f)



3 - 2 - 1



### 2.3.2. SENKRONİZE TAHSİSLERDE MAKİNA VERİMLİLİĞİ

Klasik olarak makina verimliliği, bütünden, makinanın üretken olmadığı zaman zarfının çıkartılmasıdır. Çok makinalı tahsislerinde çizelgeleme ve üretim planlama işlemleri % 100 verimliliği makinaların otomasyon zamanının tümü alınarak, 8 saatlik beklenen mesai süresince makina verimlerini tahmin etmeyi gerektirir. Daha öncede belirtildiği gibi makina verimi pekçok şekilde ifade edilebilir. ( İdeal haldeki gibi ) Ancak hatırlanırsa, bazı tahsislerde makina, bir temel çevrim içinde birden fazla çevrim yaşayabilmekteydi. Bu durumu ve makina girişimini hesaba katan bir ifade şekli şöyle olabilir.

$$\% E = 100 * (T / H)$$

Burada

E = Verimlilik yüzdesidir.

H = Temel çevrim zamanı

T = Bir temel çevrim zamanı içindeki toplam makina otomasyon zamanıdır.

### 2.3.3. SENKROZNİZE TAHSİSLERDE İŞ YÜKÜ PLANLAMA

Hem tesadüfi tahsislerde, hem de senkronize tahsislerde iş yükü planlamanın hedefi makina girişimini ve operatör boş kalma maliyetlerini minimize etmektedir. Bununla beraber, senkronize tahsislerde ideal koşullar altında daha önce de belirtildiği gibi sıfır girişim ve sıfır boş zaman mümkündür. Bu iş yükü planlamacısının ana amacıdır.

Senkronize tahsislerde herbir ürün bir temel çevrim içinde aynı makina çevrim zamanına sahip olduğunda (bazı makinalar bir temel çevrim zamanı içinde birden fazla servis görebilirler) ve bir temel çevrim içindeki toplam operatör servis (işçilik zamanı), bu ortak çevrim zamanına eşit olduğunda, sıfır makina girişimi ve sıfır operatör boş zamanı sağlanabilir. Örneğin; A,B ve C ürünlerinin bir temel çe-

vrım içindeki makına zamanları 4 dk. ve temel çevrim zamanı başına toplam işçilik zamanı da yine 4 dk. olsun. Bu durumda, bir temel çevrim zamanı içinde herbir makinanın bir kez servis gördüğünü kabul edersek ne operatör boş kalır ne de makına girişimi meydana gelir.

Bir veya birden fazla makinanın, bir temel çevrimde birden fazla servis gördüğü tahsisler için de yine makına girişimi veya operatör boş kalma durumunun sıfır olması mümkündür.

Pratikte bir senkronize çok makına tahsisi planlayıcısının problemi, bir veya daha fazla makinada, önceden planlanmış ancak üretimi tamamlanan (veya tamamlanacak olan) tahsislerin yerine hangi ürünlerin ekleneceğinin belirlenmesidir. Bu durumu bir örnek ile açıklayalım. 3 makinalı bir tahsis düşünelim. Bu tahsis ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

<i>Makına No</i>	<i>Çevrim Zamanı</i>	<i>Servis Zamanı</i>
1	40	15
2	25	5
3	30	10

Toplam Servis Zamanı : 30 dk.

Temel Çevrim Zamanı : 40 dk.

Örnekte 1. makinadaki ürünün siparişinin bittiği ve sistemi terk ettiğini düşünelim. Geriye çevrim zamanları sırası ile 15 ve 30 dk. olan 2 ve 3 nolu makinalar kalmıştır. Bu makinaların bir temel çevrim zamanı başına toplam beklenen servis (işçilik) zamanı da  $5 + 10 = 15$  dk.'dır. Burada, boşalan 1. makinaya tahsis edilmesi gerekli ideal ürünün özellikleri öyle olmalıdır ki, minimum girişim ve boş zaman maliyeti kriterini sağlasın. Bu ürünün çevrim zamanı 30 dk. olmalı ve servis zamanı da  $30 - 15 = 15$  dk. olmalıdır.

Bu değerlere sahip bir ürün sıfır operatör boş zamanını sağlar, çünkü bir temel çevrim başına toplam beklenen servis zamanı 1. nolu makına çevrim zamanına



eşit yani 30 dk. olur.

Yeni tahsiste 1 nolu ve 3 nolu makinalarda girişim sıfır gerçekleşir. Sadece 2 nolu makinada 5 dk.'lık bir girişim olur. Tabii ki, böyle bir tahsisi yapabilmek, her seferinde ideal ürünler bulmak çok ordur. Bununla beraber makinaların yerleşimleri, ürünlerin otomasyon zamanlarının farklılık göstermeleri, teslim tarihi kriteri ve benzeri nedenler, bu teorik ideale ulaşmada karşımıza çıkan sınırlamalardır. Bu nedenle, senkronize çok makinalı tahsis planlayıcısı, hem teorik olarak makina girişimi ve operatör boş kalma maliyetlerinin minimizasyonunu hem de bu teorik hedefe karşı pratikte birçok sıralamaları gözönüne almalıdır.



# B Ö L Ü M 3

## 3. TESADÜFİ GİRİŞİMİN BELİRLENMESİ

### 3.1 GİRİŞ

Daha öncede belirttiğim gibi, bugün endüstride kullanılan lan makinalar hem tesadüfi hem de düzenli servis talebi gösterirler ve bu durumun etkisi tüm makinaların tesadüfi servis talebi göstermesi ile aynıdır. Bu nedenle tesadüfi duruşların yarattığı girişim miktarının belirlenmesi çok daha önemlidir.

Sadece çizelgelenmiş duruşlara sahip bu makina grubu ile ilgilenirken, daha önceki bölümde görüldüğü gibi makina girişimi basit bir şekilde belirleniyordu. Duruşlarında bir senkronizasyonluk gösteren makinalara, düzenli bir şekilde servis verilebiliyordu. Ancak, duruşların düzenli olmadığı, yani tesadüfi olduğu bir makina grubunda oluşacak girişimin belirlenmesi çok daha zordur. Peki böyle bir stokastik yapı gösteren bir grupta yaşanacak muhtemel girişim miktarı nasıl belirlenir ? Böyle tesadüfilik gösteren bir ortamda operatörün veya operatör grubunun servis verme metodu nasıl olacak ? Bu bölümde bu sorulara yanıtlar aranacaktır. Öncelikle, operatörün servis verme metodunu incelersek, 2 alternatif sözkonusudur:

- 1) Duruşlar tesadüfi iken, rastgele servis vermek
- 2) Duruşlar tesadüfi iken, belli bir düzen içinde servis vermek.

Tabii ki ikinci durum, birincisine göre tercih edilen durumdur. Ben burada, öncelikle tesadüfi duruşlara sahip yarı otomatik makinalara düzenli servis verilen durumda ortaya çıkan girişimi, daha sonrada servisin tesadüfi olduğu durumda meydana gelen girişimin belirlenmesi ile ilgileneceğim.

### **3.2. TESADÜFİ SERVİS TALEBİNE SAHİP YARI-OTOMATİK MAKİNALARDA SERVİSİN DÜZENLİ OLMASI**

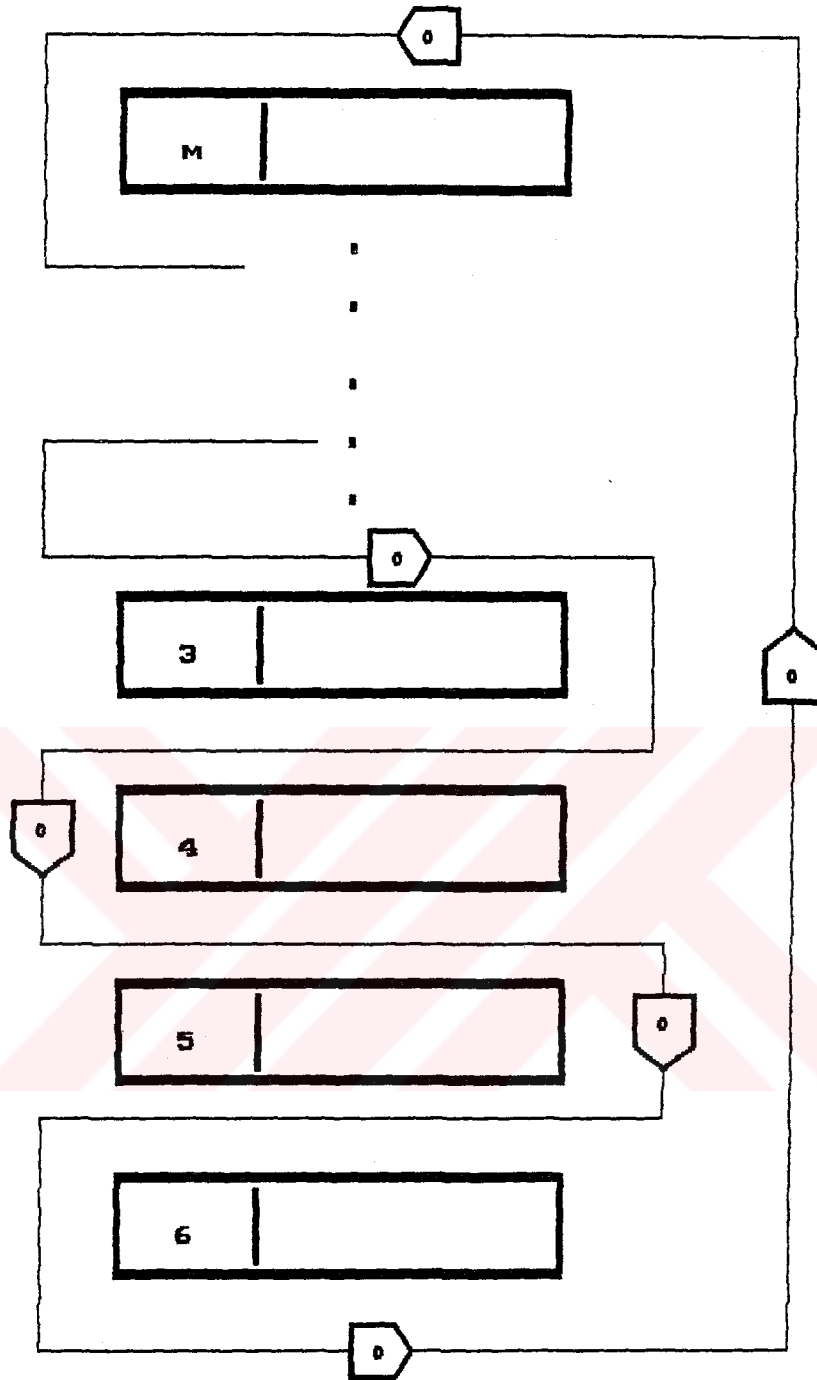
Tesadüfi olarak servis verilen bir makina grubunda, duruşlara yapılan müdahale yine tesadüfi olarak yapılır. Ancak, periyodik servis verilen bir makina grubunda, operatör müdahale edilecek olan makinayı tesadüfi olarak değil, belli bir düzen içerisinde, sıra ile seçer.


Genellikle, düzenli bir servis, makinalar arasında tek bir yönde devriye gezerek gerçekleştirilir. Bu tip servise ve makina grubuna verilebilecek en iyi örnek tekstil endüstrisindeki "büküm makinalarıdır." Bu makinalarda yaşanan "kopuk" olayları tesadüfilik gösterirler. Kopuklara yapılan müdahaleler belli bir düzen içerisinde yapılır. Operatör sorumlu olduğu makinalar arasında devriye gezer ve yolunun üzerinde karşılaştığı "kopuklara" müdahale eder. Böyle bir devriye de operatörün geri dönüşü yoktur. Henüz geçtiği, ancak kopuk olayının yaşandığı bir makinaya, daha sonraki turunda müdahale eder. Periyodik servisi sembolize eden bu durumu şekil 3.1'de görebiliriz.

Bu çeşit bir düzenli servisi açık ve kapalı çevrim şeklinde ikiye ayırabiliriz. Kapalı çevrimde operatör, kendisine tahsis edilen makinalar arasındaki turunu tamamladıktan sonra başlangıç noktasına geri döner. Öte yandan, açık çevrimde, operatör makinalar arasındaki turunu tamamladığında başladığı noktanın en uzağındaki noktadır.

Operatör temposunun çalışırken veya yürürken değişmediğini varsayarsak, operatör turunda geçen zaman (ortalama duruş giderme zamanları da kabaca eşit alındığında) oluşan makina duruş sayılarına bağlıdır. Halbuki duruş sayısı da bir dereceye kadar devriye zamanına bağlıdır. Tur ne kadar kısa ise, duruş olma şansı da o kadar azdır. Tur ne kadar uzun ise, duruş şansı da o kadar fazladır.

Operatörün dinlenme ihtiyacı da başka bir faktör olarak alınabilir. Her bir devriye turundan sonra, standart operatörümüze bir "nefes alma" molasını şart koşturmak makul bir uygulama olacaktır. Operatörler arasındaki bu dinlenme zamanları farklılık gösterse dahi, sonucu çok önemli bir şekilde etkilemeyecektir.



\*  operator

- SENIL 3.1 -

OPERATORUN MAKINALAR ARASINDAKI TURU

Dinlenme periyodunca kaçırılan bu çok kısa süre yerine, tüm makinaları birden durdurmak sonuçta farklılık yaratır. Hesaplanması kolaydır, ancak genellikle bu durum ihmal edilir.

Yukarıda tanımlanan periyodik servis koşulları altında bir makina durduğunda, ortalama devriye zamanının yarısı kadar bir süre beklemede kalacaktır. Bu etkiyi başlangıç noktası olarak alırsak, makina verimliliği şöyle bulunabilir:

$$\begin{array}{l} n \text{ makinayı devriye gezmek} \\ \text{için harcanan ortalama zaman (dk)} \end{array} \quad y \quad (3.1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Bir devriye zamanı boyunca} \\ \text{muhtemel "ideal" makina çalışma} \\ \text{zamanı (dk)} \end{array} \quad ny \quad (3.2)$$

$$\begin{array}{l} \text{Bir devriye zamanında gerçekleşen} \\ \text{ortalama duruş sayısı} \end{array} \quad s \quad (3.3)$$

$$\begin{array}{l} \text{Bir devriyedeki ortalama} \\ \text{kayıp zaman (dk)} \end{array} \quad (sy)/2 \quad (3.4)$$

$$\begin{array}{l} \text{Bir devriyede ortalama} \\ \text{makina zamanı (dk)} \end{array} \quad (ny-sy)/2 \quad (3.5)$$

$$\text{Makina verimi (E) , } (3.5) / (3.2) \quad 1/2 - (s/2n) \quad (3.6)$$

(3.6) denklemi, verilen bir standart operatör tahsisinde bir devriyede meydana gelen ortalama duruş adedi cinsinden makina verimi formülünü verir. Problem incelendiğinde, y'nin iki farklı şekilde tanımlanabileceğini görürüz. İki tanım da s'yi içerebilir. y'yi elimine eden bu iki denklemi eşitlersek s için yeni bir gösterim buluruz.

$$\text{Saatte ortalama devriye adedi} \quad 60/y \quad (3.7)$$

$$\text{n makinada saatte ortalama toplam duruş adedi} \quad 60s / y \quad (3.8)$$

$$\text{Bir makinada saatte ortalama duruş adedi} \quad 60s/ny \quad (3.9)$$

$$\text{Bir makina saat (MRH) boyunca ortalama duruş adedi (q)} \quad 60s/Eny \quad (3.10)$$

$$\text{(3.6) nolu formülü E + yi elimine etmek için kullanırsak} \quad q^* = 120s/y (2n-s) \quad (3.11)$$

$$\text{(3.11) nolu formülü düzenlersek} \quad y = (120 s)/g (2n-s) \quad (3.12)$$

(3.12) eşitliği y için bulunan ilk denklemdir.

† saat = 1/E makina saat (MRH)

Duruş başına ortalama  
operatör işçilik zamanı (dk)  $t$  (3.13)

Komşu makinalar arasında  
operatör yürüme zamanı (dk)  $w$  (3.14)

Ortalama devriyede operatör  
yürüme ve çalışma zamanı (dk)  $2nw + st$  (3.15)

Standart paylar (Dinlenme) (saat/saat)  $k$  (3.16)

Buradan da ihtiyacımız olan ikinci  
y denklemini elde ederiz.  $y = (2nw + st)/k$  (3.17)

(3.12) ve (3.17)'yi birbirine eşitlediğimizde;

$$(120s) / q(2n-s) = (2nw + st) / k \quad (3.18)$$

$$qts^2 - [2qn(t-w) - 120k]s - (4qwn^2) = 0 \quad (3.19)$$

(3.18) nolu formülü 2. dereceden denklem şeklinde düzenlersek;

$$as^2 - bs - c = 0 \quad (3.20)$$

Burada

$$a = qt$$

$$b = 2qn(t - w) - 120k$$

$$c = 4qwn^2 \quad \text{'dir.}$$

$$s = [ b + (b^2 + 4ac)^{1/2} ] / 2a \quad (3.21)$$

q ve t değerleri zaman etüdüleri yolu ile bulunabilirler ve n'de problem verisi olarak verilmemiş ise, deneme yolu ile belirlenebilir. Böylece ;

( 3.21 ) formülü  $s$ 'yi belirlemek için

( 3.6 ) formülü  $E$ 'yi belirlemek için

kullanılabilir.

Yürüme zaman  $w$ ,  $0.005L$  dk. olarak hesaplanabilir. Burada  $L$  komşu makinalar arasınd, bir merkezden diğerine "FEET" cinsinden uzaklıktır. (1 m = 3.281 feet).

(3.15) formülünde, bir devriyedeki yürüme zamanı  $2nw$  olarak alınmıştır. Çünkü açık bir çevrim söz konusudur. Eğer kapalı çevrim olsa idi bu değer  $nw$  şeklinde olacaktı. Böylece  $a = qt$ ,  $b = qn(2t - w) - 120k$  ve  $c = 2qn^2w$  olacaktır.

$k$  desimal olarak standart bir paydır. Örneğin ; operatör toplam zamanının % 10'unda dinlenme ihtiyacı gösteriyor ise  $k = 1 - 0.1 = 0.9$  olur. %15 bir pay demek,  $k = 0.85$  demektir.

Formülasyonların kullanımını göstermek için bir örnek ele alalım.

### ÖRNEK 3.1

Veriler;

Bir makina saatteki ortalama duruş adedi  $q = 10$

Bir duruşu ortalama giderme süresi (dk)  $t = 0.3$  dk.

Yorulma ve dinlenme payı toplam zamanın %15'i  $k = 0.85$

Komşu makinaların merkezlerinden birbirlerine olan uzaklık  $L = 6$  feet

Buradan yürüme zamanı  $w = 0.03$  dk.

Makina saati başına genel imalat gideri, saatlik ödemenin %20'si  $a = 0.20$

Açık çevrimli bir sistem

Minimum üretim maliyet için, bir operatöre kaç adet makina tahsis edilmelidir ve bu durumda standart makina verimi ne olur?



Önce sabitler bulunur :

$$a = qt = 3$$

$$b = [2qn(t - w)] - 120k = (5.4n) - 102$$

$$c = 4qwn^2 = 1.2 n^2$$

Sonra, Tablo 3.1'deki gibi bir şema oluşturulur.

12 makinalı bir tahsis minimum maliyeti sağlamaktadır. Makina verimi  $A / n = 1021 / 12 = \% 85$  olur.

### Girişim Miktarının Hesabı :

Girişim miktarını hesaplamadan önce, ortalama devriye zamanı  $y$ 'yi belirlemek gerekir.

$$\text{Yürüme zamanı} = 2nw = 0.720\text{dk.}$$

$$\text{Net çalışma zamanı (duruş giderme zamanı)} = st = (0.3 + 3.58) = 1.074 \text{ dk.}$$

Buradan  $y = (0.720 + 1.074) / 0.85 = 2.11$  dk olarak bulunur. Bölümün başında belirttiğim gibi bir devriyede harcanan ortalama kayıp zaman  $2.11 / 2 = 1.055$  dakikadır. Bir duruşu gidermenin ortalama zamanı  $0.3$  dk olduğuna göre girişim;  $1.055 - 0.3 = 0.755$  dk. olarak hesap edilir. Bu değerde duran makinada operatör çalışma süresinin tam  $2.5$  katıdır.

Bu değerlere bir makinanın ortalama çalışma zamanında karşılaşılabilecek muhtemel duruşların dökümü şöyle olur:

Çalışan makina zamanı	0.8500
Operatör çalışma zamanı	0.0425
Girişim zamanı	0.1075
<b>TOPLAM</b>	<b>1.0000</b>

**TABLO 3.1 TESADÜFİ DURUŞLARDA PERİYODİK SERVİS**

1	n	10	11	12	13	14
2	5.4n	54	59.4	64.8	70.2	75.6
3	b=(2)-102	-48	-42.6	-37.2	-31.8	-26.4
4	b <sup>2</sup>	2304	1812	1383	1010	696
5	n <sup>2</sup>	100	121	144	169	196
6	c=1.2n <sup>2</sup>	120	145.2	172.8	202.8	235.2
7	4ac=2*(6)	1440	1742.4	2073.6	2433.6	2822.4
8	d=(4)+(7)	3744	3554	3457	3444	3518
9	d <sup>1/2</sup>	61	59.6	58.7	58.6	59.3
10	f=(3)+(9)	13	17	21.5	26.8	32.9
11	s=f/2a	2.167	2.83	3.58	4.47	5.48
12	s/2	1.083	1.415	1.790	2.235	2.740
13	a=n-s/2	8.917	9.585	10.21	10.765	11.26
14	Makima Maliyeti U <sub>n</sub>	2	2.2	2.4	2.6	2.8
15	Toplam Maliyet	3	3.2	3.4	3.6	3.8
16	Birim maliyet	0.3365	0.334	0.333	0.3345	0.338

### 3.3 TESADÜFİ SERVİS TALEBİNE SAHİP YARI-OTOMATİK MAKİNALARDA OPERATÖR SERVİSİNİN TESADÜFİ OLMASI

Hem operatör servisinin, hem de makina duruşlarının tesadüfi olduğu bir ortamda girişim kaybının belirlenmesi değer durumlara nispeten oldukça zor ve karmaşıktır. Olasılık konumlarının geçerli olduğu çözüm yöntemleri pek çok matematikçiyi bir süre meşgul etmiş ve konu ile ilgili farklı teorik yaklaşımların doğmasına neden olmuştur.

Oluşan bu matematikçiler kuyruğu ile ilgili bilgiyi ilk olarak Nisan 1957'de Johns Hopkins Üniversitesi Yöneylem Araştırması Kürsü Başkanı Mrs. Vera Riley tarafından derlenen 200 araştırmacının 270 adet çalışmasından elde ediyoruz./3/. Elbetteki bu çalışmaların hemen hepsi probleme bir ışık tutmuştur, ancak hepsinin doğru sonuçları verdiği söylenemez.

İlk olarak 1928'de Fry, olasılık teorisinin endüstriye uygulanması ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Fry, telefon hatlarını örnek alarak bir formül geliştirmiş ve bu formül 1936'da Wright tarafından baz alınarak makina girişimi problemine uygulanmıştır. Yanlız, Wright'ın bu çalışması girişimi olduğundan fazla miktarda tahmin etmektedir. (Hatta, operatörün sadece tek bir makinadan sorumlu olduğu durumda bile girişim bulmaktadır) Wright'ın baz aldığı Fry'ın formülü çeşitli sayıda ki telefon abonelerinin telefon çağrılarının bireysel ve kollektif olarak tesadüfi olmaları varsayımına dayanıyordu.

İlk bakışta, bu durum makina duruşlarının telefon görüşmelerini temsil ettiği düşünülerek makina girişimi problemi ile benzerlik gösterdiği görüşüne varılabilir, ancak bu yaklaşım yanlıştır. Varsayım doğru olabilir, örneğin; halka açık bir yerdeki 6 adet telefon kulübesini ele alalım. Telefon çağrısı alacak bir kişi tüm kulübeler boş iken, 5 tanesinin dolduğu herhangi bir anda bu yere geldiğini düşünelim. Bu şartlarda (5 kulübe dolu iken) çağrının 6. kulübeden yapılma olasılığı, tüm kulübelerin boş olduğu durumdakinden 6 kat daha fazladır. Halbuki bir operatörün 6 makinaya birden baktığı bir ortamda, herhangi bir makinanın duruş olasılığı diğerlerinden bağımsızdır. Dolayısı ile böyle bir benzetme doğru değildir ve formülün neden yanlız cevaplar ürettiğini açıklar.

Pek çok yazar ise girişim miktarını hesaplayabilmek için " binom teorimini" kullanmıştır. Ancak bu defa da girişim miktarı olduğundan "az" olarak tahmin edilmiştir. Bu da üretkenliğin olduğundan fazla olarak tahmin edilmesini beraberinde getirmiştir.

Bununla beraber, binom dağılımını baz alan çözümler, talebin bağımsız olması üzerinde yapılmışlardır, tıpkı her bir operatörün ayrı birer makinaya bakması gibi. Bu nedenle teorem tamamen doğru sonuçlar vermemiştir.

Makina girişimi ile ilgili ilk temel ve doğru çözüm Ashcroft tarafından 1948'de ortaya atılmıştır. Ashcroft'tan önce de en az üç doğru sonuç veren çözüm üretilmiştir. Ancak bunlar Ashcroft'un çözümü kadar basit ve tam değildir. Bu çözümler kronolojik olarak şöyle sıralanabilir. Khintchine (1939), Kronig ve Mandrra (1943) ve Palm (1947). Bu çözümleri içinden sadece Palm'ın çözümü bugün daha yaygın olarak bilinir ve çözüm eksponansiyel dağılıma dayanır. 1955 yılında Malcolm Palm'ın izinde bir çalışma yapmış, takım çalışmaları için birtakım tablolar yayınlamıştır. 1951'deki Benson ve Cox'un çalışmaları da yine eksponansiyel dağılıma dayanıyordu.

İlk doğru çözümün sahibi Ashcroft'un teorik problemi pek çok durumu içeriyordu ve bu durumların çoğunluğu, çözüm bulunmadan önce toplanan birçok verinin matematiksel yorumunu gerektiriyordu. Bu bazen zorluklar yaratıyordu.

1941 yılında Dale Jones adında bir Amerikalı, binomial teoriyi baz alarak kendi geliştirmiş olduğu simülasyon programı ile 100 adet deneme yapmış ve bir tablo geliştirmiştir. Pratikte bu tablo daha önceki çözümlere göre daha yaygın bir hale gelmiştir. Daha sonraları 1962'de Conway proses zamanlarının stokastik olduğu durumları simüle ederek bulan bir simülasyon tekniği geliştirmiştir. 1975'te Eden, birçok öncelik kuralını karşılaştırmış ve makina performanslarını incelemiştir. Tüm bu çalışmalar 1985 yılında Stecke ve Aronson tarafından "International Journal of Production Research" te özetlenmiştir./5/.

Ben bu bölümde öncelikle bulunan ilk temel çözüm olan Ashcroft'un çözümünü inceleyeceğim. Daha sonra da makina girişimi konusunda bir çığır açan Dale Jones'un çözümü üzerinde duracağım.

### 3.3.1 ASHCROFT'UN ÇÖZÜMÜ

Bölüm 2'de n adet ideal otomatik makinanın bir operatöre tahsis edildiği durumda geçerli olan iki kural verilmişti. Bunları hatırlarsak;

$$(1) A (\text{üretkenlik}) = n / (1 + p) ; 0 < n < (1 + p) / p$$

$$(2) A = 1 / p \text{ (sbt)} ; n \geq (1 + p) / p$$

Böyle bir yaklaşım tesadüfi duruş ve tesadüfi servisler için de türetilebilir :

(1)  $n = 1$ 'e eşit iken; makina girişimi olamaz. Böylece yarı-otomatik makinalar için A tıpkı ideal otomatik makinalarda olduğu gibi  $1 / (1 + p)$ 'ye eşit olur.

(2) n'nin birden büyük herhangi bir değeri için, yarı- otomatik makinanın A'sı, ideal makinanın A'sından her zaman daha az olacaktır.

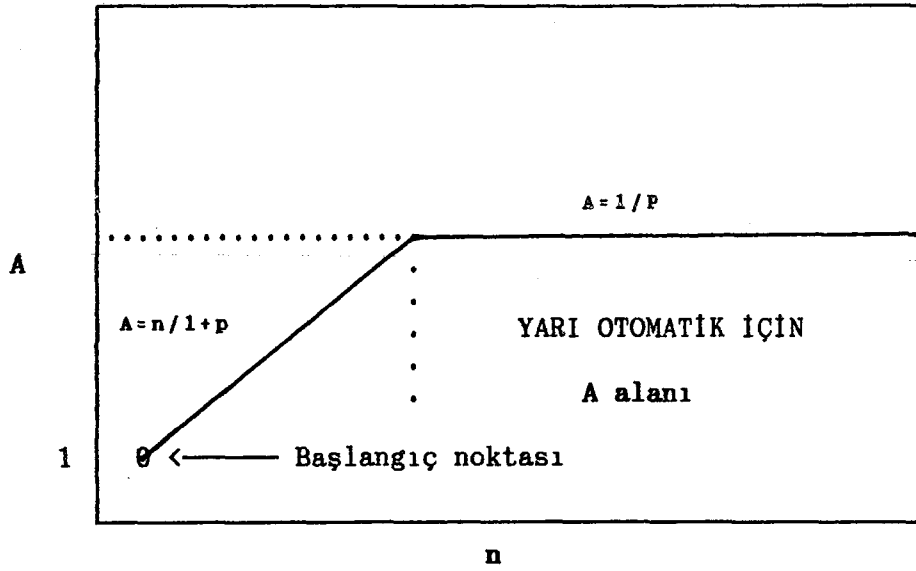
(3) Şekil 3.2 .

Girişim problemi için Ashcroft'ın çözümü şu şekildedir:

$$A = (nY_n) / (1 + pnY_n)$$

Burada,  $Y_n =$  Bir duruş periyodundaki ortalama duruş adedidir. Bu kavramı biraz açıklayalım: Bir makinanın çalışmasında iki tip dönem vardır. Çalışma dönemi ve duruş dönemi. Birincisinde istisnasız tüm makinalar çalışmaktadır. İkinci dönemde en az bir tanesi durmaktadır. İki çalışma dönemi arasındaki ortalama duruş adedi  $Y_n$ 'dir.

$Y_n$ 'nin belirlenmesi, duruş zamanları eşit olduğunda zordur. Buna rağmen Ashcroft,  $n = 1$ 'den  $n = 30$ 'a kadar  $Y_n$  ve  $A_n$  değerlerini hesaplamıştır. Duruş za-



- Şekil 3.2 -

- \*  $n = 1$ ,den büyük herhangi bir değer için,yarı otomomatik makinanın üretkenliği ( $A$ ),ideal otomatik makinanın  $A$ 'sından her zaman büyük olur.

TABLO 3.2

FARKLI ÇEVİRİM ORANLARI İÇİN (P) ÜRETKENLİK FAKTÖRÜ, A,  
VE TAHSİS EDİLEN MAKİNA ADEDİ

n	0.073	0.074	0.075	0.076	0.077	0.078	0.079
1	0.932	0.931	0.930	0.929	0.929	0.928	0.927
2	1.855	1.853	1.851	1.850	1.848	1.846	1.844
3	2.769	2.765	2.762	2.759	2.756	2.752	2.749
4	3.670	3.665	3.660	3.655	3.650	3.645	3.640
5	4.558	4.551	4.543	4.536	4.529	4.522	4.515
6	5.428	5.419	5.409	5.399	5.390	5.380	5.370
7	6.280	6.267	6.254	6.241	6.228	6.215	6.201
8	7.107	7.091	7.074	7.057	7.039	7.022	7.005
9	7.907	7.886	7.864	7.842	7.820	7.797	7.775
10	8.675	8.647	8.619	8.591	8.562	8.534	8.505
11	9.404	9.369	9.333	9.298	9.262	9.225	9.189
12	10.088	10.044	10.000	9.955	9.910	9.865	9.819
13	10.721	10.667	10.612	10.557	10.502	10.446	10.389
14	11.296	11.230	11.164	11.097	11.029	10.961	10.893
15	11.807	11.728	11.648	11.568	11.488	11.407	11.325
16	12.251	12.157	12.063	11.969	11.874	11.780	11.685
17	12.623	12.515	12.406	12.298	12.189	12.081	11.973
18	12.926	12.803	12.680	12.558	12.436	12.314	12.194
19	13.164	13.026	12.890	12.755	12.621	12.488	12.356
20	13.342	13.192	13.044	12.898	12.754	12.611	12.740
1/p	13.698	13.513	13.333	13.158	12.987	12.820	12.658

manları negatif eksponansiyel dağılıma uyduklarında hesaplamadaki zorluklar bir miktar azalır. Bu durum için Ashcroft  $n = 350$ 'ye kadar tüm  $A_n$  değerlerini hesap etmiştir. Bu çalışmanın bir kısmı Tablo 3.2 de gösterilmiştir.

Şekil 3.3.  $p = 0.075$  değeri için, Tablo 3.2'den  $A$  değerleri kullanılarak çizilmiştir. ( $p = \text{Çevrim Oranı } t / T$ ) Ortaya çıkan eğri,  $A = 1 / p$  ve  $A = n * (1 + p)$  arasında uzanır.

Eğri  $A = 1 / p$  doğrusuna asimptottur. Bu durum bir varsayım değil, formülasyonun bir sonucudur. Eğer;

$$A = (nY_n) / (1 + pnY_n) \text{ ise,}$$

$$pA = (pnY_n) / (1 + pnY_n)$$

formülün sağ tarafı  $X/(1+X)$ 'dir ve  $X$ 'in büyüklüğü ne olursa olsun hiçbir zaman 1'e eşit olamaz. Asimptotik olarak 1'e yaklaşır, tıpkı burada  $A = 1 / p$ 'ye yaklaştığı gibi.

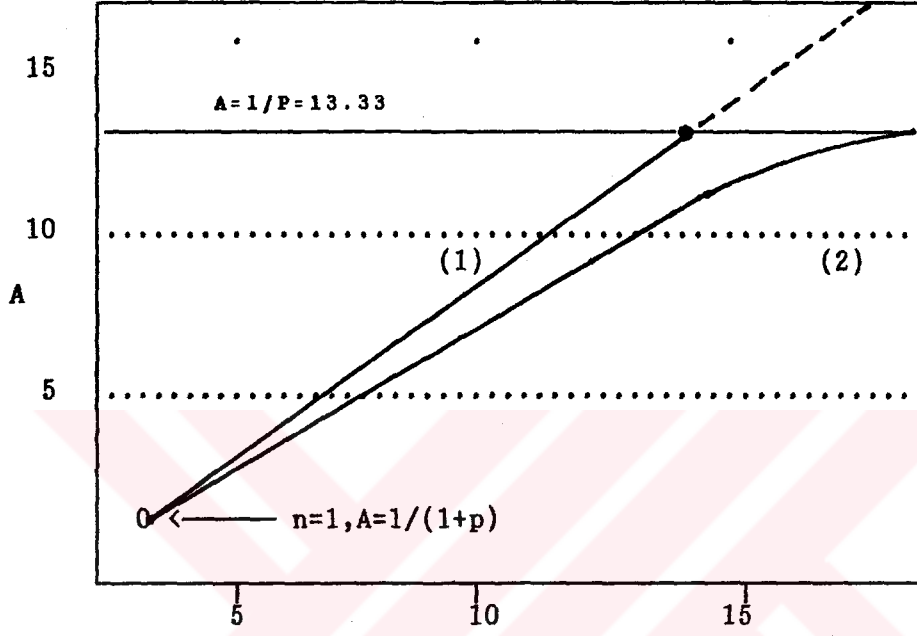
Gerçek durumda,  $n$ 'in büyümesi,  $p$ 'de bir artış sebebiyet verir. Çünkü denklemin yürüme zamanı ile ilgili bileşeni artırır. Bu durum ihmal edilemez, ancak sonuçta mantığı değiştirmez. Ashcroft'un formülü her türlü testten geçmiş güvenilir bir formüldür.

Bölüm 2'de düzenli servis için birtakım zaman etüdü değerleri kullanılmış ve bu değerlere göre optimal tahsis bulunmuştu ( Örnek 3.1 ). Zaman etüdü verilerine dayanan Tablo 3.3 servisin tesadüfi olduğundaki  $A$  değerlerini göstermektedir ve en iyi tahsis için maliyet bilgilerini içermektedir. Her duruş için yığırma zamanı  $n$ 'in 0.006 katı şeklinde alınmıştır ve bu zaman operatör çalışma zamanına  $p$  değeri bulunmadan eklenmiştir.  $P$  değeri bulunduğunda, Tablo 3.2'den  $A_n$  değeri okunur. Örnek 3.1'deki değerler :

$$q = 10$$

$$t = 0.3 \text{ dk.}$$





- Şekil 3.3 -

\*  $p = 0.075$  degeri için,  $A$  degerleri kullanılarak çizilmiştir. (çevrim oranı= $t/T$ ).

(1). doğru  $A=n/(1+p)=n/1.075$

(2)ç eğri  $A$  nın  $n$  karşısında  $p=0.075$  için degerleri

**TABLO 3.3 (TABLO 3.1 deki DATA kullanılmıştır)**

**YARI OTOMATİK - TESADÜFİ DURUŞLARDA TESADÜFİ SERVİS**

1 n	10	11	12	13	14
2 duruş başına yürüme	0.060	0.066	0.072	0.078	0.084
3 (2) + t	0.036	0.366	0.372	0.378	0.384
4 (3) * q	3.60	3.66	3.72	3.78	3.84
5 $p=(4)/60k$	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075
6 A (Tablo 3.2 den )	8.730	9.439	10.088	10.667	11.164
7 GIG/saat	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8
8 Maliyet/saat	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
9 Birim maliyet (8) / (6)	0.343	0.339	0.337	0.337	0.340

$$k = 0.85$$

$$u = 0.20$$

Tıpkı örnek 3.1'deki gibi cevap  $n = 12$  makinadır. Bu spesifik durum için, düzenli servis için maliyet, tesadüfi servisten daha azdır. Bunun nedeni tesadüfi durumdaki verimin  $E = 0.84$  ( $10.088/12$ ), düzenli serviste ise;  $0.85$  olmasıdır.

### Makinanın Çalışma Durumu

Makina çalışması      0.84

Makinanın durması    0.16

-----  
TOPLAM                    1.00

Operatör, 0.735 saat ( $p \cdot A$ ) meşgul ve geri kalan 0.265 saat boştur.  $B = 0.735$  ve  $B / n$  (Herbir makinada harcanan ortalama zaman) =  $0.735 / 12 = 0.061$ 'tir. Buradan;

Makina boş zamanı (Operatörün çalışma zamanı) = 0.061

Girişim                    (Makinanın bekleme zamanı) = 0.099

olarak bulunur.

### 3.3.2. BİNOMİAL ÇÖZÜM

Bu çözüm metodu, birbirinden tamamen bağımsız duruşların olduğu stokastik proseslerde yaygın bir şekilde kullanılır. Ancak gerçekte olaylar birbirlerinden tam olarak bağımsız tutulamazlar. Bu nedenle daha önce de belirtildiği gibi, binomial çözümler, makina girişimi miktarını olduğundan daha az olarak tahmin ederler. Bu da üretkenliğin (A) gerçek değerinden fazla olarak hesap edilmesini doğurur ve A vs n grafiğinde A değerinin üst limiti olan  $1/p$  değeri aşılabılır.

Bununla beraber binomial çözüm, pekçok çözüm yöntemine bir temel teşkil eder. Bu metodu açıklamak için geleneksel bir örnek olan "zar örneğini" ele alalım. 3 zar aynı anda atıldığında 2 veya 5 gelme olasılığı nedir ? [ $P_r(2 \text{ veya } 5) = P_r(2v5)$  ]

$p = \text{başarı}$

$q = \text{başarısızlık} = (1 - p)$  şeklinde gösterirsek;

$$P_r(2 \text{ v } 5) = 2/6 = 1/3$$

$$P_r(2 \text{ v } 5) = 4/6 = 2/3$$

Aşağıda 8 olasılığın tümü gösterilmiştir.

$$ppp = 1/27$$

$$ppq = 2/27$$

$$pqp = 2/27$$

$$pqq = 4/27$$

$$qpp = 2/27$$

$$qpq = 4/27$$

$$qqp = 4/27$$

$$qqq = 8/27$$

Bununla beraber, permütasyonlar yerine kombinasyonlar alındığında pqp, ppq ve qpp olaylarından sadece bir tanesi alınarak aşağıdaki olasılıklar oluşturulur.

$$\begin{array}{rcl}
3 & \text{ppp} & = 1/27 \\
2 & \text{ppq, pqp, qpp} & = 2/27 + 2/27 + 2/27 = 6/27 \\
1 & \text{pqq, qpq, qqp} & = 3 * (4/27) = 12/27 \\
0 & \text{qqq} & = 8/27
\end{array}$$

Yukarıdaki değerler binomial dağılımın açılımından da bulunabilir.

$$(p + q)^n = (1/3 + 2/3)^3 = 1/27 + 6/27 + 12/27 + 8/27$$

Şimdi, binomial dağılımın, makina girişimi hesabında nasıl kullanıldığını inceleyelim.

### ÖRNEK 3.2

Aşağıda sıralanan şu 3 olasılığı göz önüne alalım:

- 1) Bir operatör 2 makinadan sorumlu
- 2) Bir operatör 3 makinadan sorumlu
- 3) Bir operatör 4 makinadan sorumlu

Herbir makinanın birbirinin aynı olduğunu ve aynı ürünü ürettiklerini varsayalım. Sistemdeki değerler zaman etüdü neticesinde bulunan değerler olsun.

**Makina çalışma zamanı = 6 saat**

**Makina duruş zamanı = 3 saat (Girişim dahil)**

**Çevrim zamanı = 9 saat**

Makina çevrim zamanının % 66.67 'sinde çalışmakta , % 33.37 'sinde durmaktadır.

Buradan ;

$p = \text{Makinanın çalışma olasılığı} = 2/3$  ve

$q = \text{Makinanın duruş olasılığı} = 1/3$  değerlerini bulabiliriz.

## 1) 2 MAKİNALI DURUM İÇİN HESAPLAMALAR

$$(p + q)^n = (2/3 + 1/3)^2$$

Karşınıza 3 hal çıkabilir.

### OLASILIK

1. Hal - 2 makina birden çalışıyor. = 4/9
2. Hal - 1 makina çalışıyor, diğeri duruyor = 4/9
3. Hal - 2 makina birden duruyor. = 1/9

Makina duruş zamanı içinde girişim kaybı da vardır, çünkü etüd çaışmaları sırasında "girişim miktarı" ayrı olarak belirlenememektedir. Esas işçilik zamanını bulmak için, makina duruş zamanları hesaplanan girişim değerini çıkarmak gerekir. Bu durumu incelersek ortaya şöyle bir tablo çıkar:

Duran Makina Adedi	Olasılığı	Kuyruk Uzunluğu	Yorum	Girişim /çevrim
0	4/9	0	Operatöre ihtiyaç yok	0
1	2/9 + 2/9 = 4/9	0	Duran makinanın birine operatör tahsis edildi, bekleyen makina yok	0
2	1/9	1	Duran bir makinaya operatör atandı. diğeri bekliyor.	(1) *(1/9)
TOPLAM				1/9

$$\text{Ortalama girişim oranı} = (1/9) / 2 = 1 / 18 = \% 5.55 / \text{makina}$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---

zaman (saat)

Makina Zamanı	işçilik	**
% 66.67	% 27.78	

% 5.55  
\*\* girişim

- Şekil 3.4 -

\* Girişim olmasaydı makina daha fazla üretim yapabilecekti.  
Gerçek çevrim zamanı 9 saat değil, 8.5002 saattir.

Makina girişimi haricindeki makina duruş zamanı yüzdesi :  
(1 / 3) - (1 / 18) = 5 / 18 = % 27.76 veya % 33.33 - % 5.55 = % 27.78

veya;

Makina çalışma zamanı yüzdesi (üretim zamanı) = Makina Zamanı\*(Çevrim Zamanı-girişim%) = (% 66.67) \* (% 100 -% 5.55) = % 62.97

Burada dikkat edilmesi gerekli çok önemli bir husus vardır. Makina girişimi, "çevrim zamanını" arttırmaktadır, ancak bu artış yalnız işçilik zamanını (servis zamanını) etkilemektedir. Makina çalışma zamanı, girişimden bağımsız olarak, genelde sabit kalacaktır. Girişim makina çalışma zamanını arttırmaz.

Orjinal çevrim zamanı % 100 olarak kabul edilmiştir. Böylece esas(gerçek) çevrim zamanı girişimi içermediği için daha küçük olur. Gerçek çevrim zamanı % girişim miktarı hesabı ile belirlenir.

Başlangıçta makinanın, çevrim zamanının % 66.67'de çalıştığı (üretim yaptığı) belirtilmişti ve girişim miktarı da makina duruş zamanı içinde idi. Girişim olmasaydı, makina daha fazla üretim yapabilecekti. Bu duruma aşağıdaki Gantt diyagramı ile göstereyim.

Gerçek çevrim zamanı, 9 saat değil 8.5002 saattir. Bu durumda makina randımanı = 6/8.5002 = % 70.59 olur. (Makina girişimi yok iken) Bu değerlerden de açıkça görüleceği gibi girişim toplam üretkenliği azaltılmıştır. Eğer başlangıçtaki çevrimi %100 olarak alırsak, yeni çevrim, 8.5002/9 = % 94.45 şeklinde de bulunabilir. Bunun anlamı şudur, herbir makina aslında toplam çevrim zamanının % 66.67'de çalışıp üretim yapabilecekken, girişim nedeni ile, kapasitenin sadece % 94.45'ni kullanarak çevrimin (66.67) \* (94.45) = % 62.97 'de üretken durumda olmaktadır. Daha öncede belirtildiği gibi % 62.97 değeri, makina çalışma zamanında bir azalmayı göstermemektedir. [Makina çalışma zamanı = % 62.97, çevrim zamanı = % 94.45 , alınırsa Makina Randımanı = 62.97 / 94.45 = % 66.67 bulunur).



Üretkenliği sayısal bir örnekle açıklayalım. Belli bir zamanda üretilen ürün adedi = Makina adedi \* [Bir makinanın çalışma zamanı yüzdesi] = 2 \* ( % 62.97 ) = 1.2594 birim ürün

### 2) 3 MAKİNALI DURUM İÇİN HESAPLAMALARI

$$\text{Binomial Dağılım} = ( 2/3 + 1/3 )^3$$

Duran Makina Adedi	Olasılık	Kuyruk Uzunluğu	Girişim/Çevrim
0	8 / 27	0	0
1	12 / 27	0	0
2	6 / 27	1	1 * (6/27) = 6 / 27
3	1 / 27	2	2 * (1/27) = 2 / 27
TOPLAM			8 / 27

$$\text{Girişim/Makinalar} = (8/27) / 3 = 8 / 81 = \% 9.88 / \text{makina}$$

$$\text{Makina Duruş Zamanı/Makina} = (1/3) (8/81) \text{ veya } \% 33.33 - \% 9.88 = \% 23.46$$

$$\text{Üretim (Çalışma) Zamanı} = 66.67 (100 - 9.88) = \% 60.09$$

$$\text{Belli bir zaman içinde üretilen ürün miktarı} = 3 * (\% 60.09) = 1.803 \text{ ürün}$$

### 3) 4 MAKİNALI DURUM İÇİN HESAPLAMALAR

$$\text{Binomial Dağılım} = ( 2/3 + 1/3 )^4$$

$$= 16/81 + 32/81 + 24/81 + 8/81 + 1/81$$

Duran Makina Adedi	Olasılık	Kuyruk Uzunluğu	Girişim/Çevrim
0	16 / 81	0	0
1	32 / 81	0	0
2	24 / 81	1	1 * (24/81) = 24 / 81
3	8 / 81	2	2 * (8/81) = 16 / 81
4	1 / 81	3	3 * (1/81) = 3 / 81
		<b>TOPLAM</b>	<b>43 / 81</b>

$$\text{Girişim /Makina} = (43/81) / (4) = \% 13.24 \text{ /Makina}$$

$$\text{Makina Duruş Zamanı} = 1 / 3 - 43 / 324 \text{ veya; } \% 33.33 - \% 13.24 = \% 20.09$$

$$\% \text{Üretim (çalışma) Zamanı} = 66.67 (100-13.24) = \% 57.84$$

$$\text{Üretilen Ürün} = 4 * ( \% 57.84 ) = 2.314 \text{ ürün.}$$

Tablo 3.4 de tüm durumların bir özeti verilmiştir ve bir maliyet analizi yapılmıştır.

### 3.3.3 DALE JONES ÇÖZÜMÜ

Şimdi de binomial çözümü temel alan, Dale Jones çözümünü inceleyelim. 1949 yılında Dale Jones adında bir Amerikalı araştırmacı, "Makina girişimi zamanının matematiksel ve deneysel hesaplamaları" adlı bir kitap yayınlamıştır. Georgia Tech.Inc. de çalışırken bu konu ile ilgili çok çaba sarf etmiş ve kendi geliştirdiği girişimi simülasyonlarını bilgisayarda defalarca denedikten sonra, tesadüfi girişim miktarını gösteren bir "girişim tablosu" çıkarmıştır./1/. Bu tablo ile girişim miktarını belirlemek bizi karmaşık ve zaman akıcı hesaplamalardan uzak tutar. İmdi bu tabloyu ve arkasındaki matematiksel ifadeleri inceleyelim.

**TABLO 3.4 MALİYET ANALİZİ**

**İŞÇİLİK MALİYETİ = 25 \$ /saat , MAKİNA MALİYETİ = 65 \$ /saat**

Makina Adedi (1)	Çevrim Zamanı Yüzdesi (2)	Toplam Üretkenlik (3)	İşçilik Maliyeti (4)	Makina Maliyeti (5)	Maliyet Karşılığı (6)
1	% 66.67	0.667	25 \$	1( 65 \$)	$(4)+(5)/(3)= 134.9 \$$
2	% 62.97	1.259	25 \$	2( 65 \$)	$(4)+(5)/(3)= 123.9 \$$
3	% 60.09	1.803	25 \$	3( 65 \$)	$(4)+(5)/(3)= 122.0 \$$
4	% 57.84	2.314	25 \$	4( 65 \$)	$(4)+(5)/(3)= 123.2 \$$

### 3.3.3.1 TESADÜFİ MAKİNA GİRİŞİMİ TABLOSUNUN UYGULANMASI

Tesadüfi makina girişimi tablosu ve bunun dayandığı matematiği anlayabilmek için 4 dokuma tezgahının 1 operatöre tahsis edildiği durumu göz önüne alalım. Örneğimizde, herbir dokuma tezgahının aynı tipte ve boyuttaki kumaşı dokuduğunu kabul edelim.

Zaman etüdüleri, sözkonusu ürün için, ortalama yürüme mesafesini de gözönüne alarak, operatörün 1 makinada, geçen her 6 makinanın 1 dakikasını "servis zamanı" olarak harcadığını göstermektedir. Böylece 4 dokuma tezgahının herbiri için operatörün iş yükü  $1 / 6$  veya % 16.67 olacaktır ve operatörün toplam iş yükü de buna göre  $4 * 1 / 6$  veya % 66.67 olur.

4 dokuma tezgahının tümünün veya 3 tanesinin aynı anda boş kalması çok düşük bir olasılıktır. 2, 1 veya hiçbir tezgahın durmaması durumu daha sık rastlanılan bir olaydır. 2 veya daha fazla tezgah aynı anda durduğunda, servis verilen bir tanesi hariç tüm tezgahlarda makina girişimi meydana gelir ve operatör bu tezgahlara sırası ile servis verirken, hala diğerleri servis talebi gösterme şansına sahiptir.

Örneğimizdeki makina girişim oranını bulabilmek için Tablo 3.5 de 4 makina için % 65 ve % 70 iş yükü kolonlarındaki değerler işaretlenir. % 66.67 iş yükü için makina girişim oranını bulabilmek için bu 2 değer arasında direkt enterpolasyon yapılır. % 5.8 ve % 6.9 değerleri kullanılarak makina başına ortalama girişim oranını gösteren % 6.2 değeri bulunur. Bunun anlamı, 100 dakikalık bir zaman zarfında, 4 makina tezgahının herbiri, makina girişimi yüzünden ortalama 6.2 dk. boş kalacaktır demektir.

Benzer şekilde operatör boş kalma oranı, yine Tablo 3.5 den % 39 ve % 35 değeri arasında direkt enterpolasyon yapılarak % 37.5 olarak bulunur. Başka bir deyişle, 4 dokuma tezgahının herbiri aynı anda çalıştığında, 100 dk.'lık bir zaman zarfında, operatör 37.5 dk. boş kalacaktır.

Tablo 3.5. DALE JONES Girişim Tablosu

Mak No	İş Yüklerine Göre Operatör Girişim Oranları															
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	
2	3.9	4.9	5.9	7.0	8.2	9.5	10.7	12.4	13.9	15.5	17.3	18.8	20.8	22.6	24.4	
3	5.7	4.7	5.7	6.7	7.8	9.2	10.5	12.2	13.8	16.4	17.2	18.8	20.8	22.6	24.4	
4	3.2	3.9	4.9	5.8	6.9	8.2	9.4	10.9	12.6	14.2	15.9	17.7	19.6	21.6	23.5	
5	2.7	3.5	4.3	5.2	6.2	7.3	8.6	9.9	11.4	13.0	14.7	16.5	18.5	20.6	22.6	
6	2.3	3.1	3.7	4.5	5.5	6.6	7.8	9.1	10.6	12.2	13.8	15.7	17.6	19.6	21.7	
7	2.1	2.7	3.3	4.0	5.0	6.0	7.1	8.4	9.8	11.3	13.0	14.9	16.8	18.8	20.9	
8	1.9	2.4	3.0	3.7	4.6	5.4	6.6	7.7	9.0	10.6	12.3	14.1	16.0	18.2	20.2	
9	1.7	2.2	2.8	3.3	4.3	5.0	6.0	7.1	8.5	9.9	11.6	13.4	15.4	17.5	19.6	
10	1.5	2.0	2.6	3.1	4.0	4.6	5.6	6.6	8.0	9.4	11.0	12.8	14.8	17.0	19.0	
11	1.4	1.9	2.4	2.9	3.7	4.3	5.3	6.2	7.5	8.9	10.6	12.4	14.4	16.5	18.5	
12	1.3	1.8	2.2	2.7	3.4	4.1	5.0	5.9	7.1	8.6	10.1	12.0	14.0	16.1	18.2	
13	1.3	1.7	2.1	2.5	3.2	3.9	4.7	5.6	6.8	8.1	9.7	11.6	13.6	15.7	18.0	
14	1.2	1.6	2.0	2.4	3.0	3.7	4.4	5.3	6.4	7.7	9.3	11.2	13.3	15.4	17.8	
15	1.1	1.5	1.9	2.2	2.8	3.5	4.2	5.1	6.1	7.4	8.9	10.8	13.0	15.1	17.6	
16	1.1	1.4	1.8	2.1	2.6	3.2	4.0	4.8	5.9	7.0	8.5	10.5	12.6	14.8	17.4	
17	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.1	3.8	4.6	5.6	6.7	8.2	10.2	12.3	14.5	17.2	
18	1.0	1.2	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4	5.4	6.5	7.9	9.9	12.0	14.4	17.1	
19	1.0	1.1	1.5	1.8	2.3	2.9	3.5	4.2	5.2	6.2	7.7	9.6	11.8	14.3	17.0	
20	0.9	1.1	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4	4.1	5.0	6.0	7.5	9.3	11.5	14.1	16.9	
25	0.8	0.9	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.4	4.2	5.2	6.6	8.4	10.8	13.7	16.8	
30	0.7	0.8	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	2.9	3.7	4.6	6.0	7.7	10.2	13.4	16.7	
40	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.3	2.9	3.7	5.0	6.8	9.4	13.2	16.6	
50	0.3	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	2.0	2.6	3.2	4.3	6.1	8.9	13.1	16.6	
75	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	3.3	5.2	8.1	13.0	16.5	
100	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.8	1.0	1.3	1.6	2.8	5.1	8.0	13.0	16.5	
	50	45	40	35	30	26	21	16	11	7	3	—	—	—	—	

### 3.3.3.2 TESADÜFİ MAKİNA GİRİŞİMİNİN MATEMATİKSEL DEĞERLENMESİ

Aşağıdaki örnekte de göreceğimiz gibi, hesaplanan değer, ilgili tahmin değerine eşitleninceye kadar, girişim oranının başarılı bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Tesadüfi makina girişim tablosunun (Tablo 3.5) en önemli avantajı, bu gibi birçok zahmetli hesaplamayı elimine etmesidir.

Tahsis edilen makinaların üretim ve servis zamanları birbirlerinden bağımsız olduğunda ve her bir makina birbirinin aynı tesadüfi servis talebine (A) sahip olduğunda, A taleplerinin çeşitli kombinasyonlarının olasılıkları, binomial dağılım teoremi yardımıyla hesaplanabilir ve aynı anda gerçekleşen A taleplerinin olasılıklarını, ilgili girişim beklentileri ile çarpıp, bulunan değerlerin hepsini toplayıp, tahsis edilen makina sayısına (n) bölerek, makina başına ortalama girişim değeri, (i) (desimal olarak ifade edilen), öngörülen A değeri için bulunur.

Şimdi, buna göre, herbiri 1 / 6 iş yüküne (s) sahip 4 makina tahsisi durumunda, makina başına ortalama girişim yüzdesini hesap edelim. Grup içindeki makinalar için, servis talebi A desimal olarak şöyle ifade edilir:

$$A = s (1 - i) + i \quad (1)$$

Burada i için bir değer verilir ve o değer hesaplanan i'ye eşit olana kadar işlem tekrar edilir. Ancak, örneğimizde i değeri Tablo 3.5'den alındığı için, bu çözüm yolunu uygulamayacağız. A'yı çözmek için kullanılan değeri  $i = 0.062$  dir.

**A :** Verilen herhangi bir andaki, bir makinanın servis gerektirme olasılığı.

**B :** Verilen herhangi bir anda, bir makinanın servis gerektirmeme olasılığı.

$$B = 1 - A$$

$$B = 0.7816 \text{ çıkar.}$$

$(A + B)^n$  veya  $(0.2184 + 0.7816)^4$  bağıntısı kullanılarak makina başına ortalama girişim Tablo 3.6 da gösterildiği gibi hesaplanabilir.

Tablo 3.5'de bulunan girişim oranı ile hesaplanan girişim oranı aynıdır. A'nın hesaplanmasında i'nin başka hiçbir değeri, farz edilen durum için (örnek için) aynı değeri veremez.

### 3.3.3.3 TESADÜFİ MAKİNA GİRİŞİMİ DENKLEMİ

Yukarıda, hesap edilen % 6.2 makina başına ortalama girişim değeri, aşağıdaki gibi daha kısa bir yoldan hesap edilebilir.

1) Verilen herhangi bir anda, bütün makinaların aynı anda çalışma olasılığı, dolayısı ile makinaların operatörün servisine ihtiyaç duymama olasılığı.

$(1 - A)^n$  'dir.

2) Verilen herhangi bir anda, bir veya daha fazla makinanın servis gerektirme olasılığı, dolayısı ile operatörün verilen bir andaki çalışma olasılığı.

$1 - (1 - A)^n$  'dir.

3) Bu taktirde n tane makinaya birden bakan bir operatörün, makinaların herbirinde çalışması, geçen zamanın yüzdesi olarak  $[1 - (1 - A)^n] / n$  değeri olacaktır. Daha önceden açıklandığı gibi bu değer de  $s(1 - i)$  değerine eşittir.

### 3.3.3.4 TESADÜFİ SERVİS DURUMUNDA OPERATÖR BOŞ KALMA ZAMANI

Toplam iş yükü ve makina başına ortalama girişim değeri bilinirse, tesadüfi servis durumundaki operatör boş kalma zamanı hesap edilebilir.

Operatör boş kalma zamanı :  $100 - s(1 - i)$

- TABLO 3.6 -

SERVİS İHTİYACI GÖSTEREN MAKİNA ADEDİ	OLASILIK	GİRİŞİM KUYRUĞU	GİRİŞİM MİKTARI
4	$1(0.2184)^4$	3	0.0068
3	$4(0.2184)^3 (0.7816)$	2	0.0652
2	$6(0.2184)^2 (0.7816)^2$	1	0.1750
1	$4(0.2184) (0.7816)^3$	0	-----
0	$1 (0.7816)^4$	0	-----
		<b>TOPLAM</b>	<b>0.247</b>

Makina Başına Ortalama Girişim :  $0.247 / 4 = 0.062$



Yukarıda verilen örnekte, operatör boş kalma zamanı şöyle hesaplanır.

$100 - 4 ( 16.67 ) * ( 100 - 0.062 ) = \% 37.5$  ki bu değerde Tablo 3,5'de enterpolasyon sonucunda bulunan değere eşittir.

Şuna dikkat edilmelidir ki, makina girişiminin olmadığı bir operatörün tek bir makineye baktığı durumda makinanın iş yükü (operatör tarafından servis gerektirme yüzdesi) s değeridir. Ancak makina girişiminin meydana geldiği, birden fazla makineye tek bir operatörün baktığı durumda aynı değer  $s ( 1 - i )$  değeridir. Tabii ki bu durumda operatörün toplam iş yükü de  $s ( 1 - i )$  olacaktır.

### 3.3.3.5 İŞ YÜKLERİNİN FARKLI OLDUĞU DURUMDAKİ TESADÜFİ TAHSİSLER

Tablo 3.5'deki değerler, gözönüne alınan herhangi bir tahsiste, bir makinanın aynı iş yüküne (s değerleri) sahip olduğunu varsayarak oluşturulmuştur. Bununla beraber, gerçekte iş yükleri birbirlerinden önemli oranda farklılık gösterirler. Dale Jones Georgia Tech.'te çalışırken, tek bir operatöre 2 ile 10 arasında değişen sayıdaki makina atanması durumlarında, simülasyon yapabilen bir "makina girişi" bilgisayarını geliştirmiştir ve bu şekilde gerçekleşen makina girişimlerini ve operatör boş zamanlarını değerlendirmiştir.

Çeşitli derecelerde, uniform olmayan makina servis taleplerini kapsayan, simüle edilmiş 100 tahsisin (deneyin) sonuçları şunu ortaya çıkarmıştır; Verilen herhangi bir sayıdaki makineye atanan toplam bir iş yükü için, atanan makinaların bireysel iş yükleri farklılıklarının derecesi artarken, makina başına ortalama girişim düşer. Araştırmanın sonucunda, birbirlerinden çok farklı iş yüklerine sahip makinalarda, girişimi doğruya yakın bir şekilde tahmin edebilmek için Tablo 3.5'den bulunan değere uygulanan bir düzeltme faktörü ortaya çıkmıştır. Tesadüfi sayılar tablosundan faydalanılarak yapılan 100 adet deney sonucunda, aşağıdaki eşitlik geliştirilmiştir.

$$F = 1 - G / G_m$$

Bu denklemde ondalık olarak ifade edilen  $F$  değeri, Tablo 3.5'den elde edilen girişim değerine uygulanan düzeltme faktörüdür.  $G$  gözönüne alınan tahsisteki iş yüklerinin ( $s$  değerleri standart sapmadır ve  $G_m$ , gözönüne alınan, toplam iş yükü ve makina sayısı ile ilgili herhangi bir tahsisteki makinanın std. sapmasıdır.

Sözkonusu denklemin geçerliliğini, ekstrem (uç) atama' baz olarak araştıralım.

Daha önceki örnekte olduğu gibi, toplam % 66.7 iş yüküne sahip bir operatörün, tesadüfi olarak servis verilen 4 makinaya atandığını varsayalım. Yalnız bu defa,  $s$  değerlerinin 3 makinanın herbiri için % 0.1 ve 4. makina için % 66.4 olduğunu kabul edelim. Açık olarak, % 66.7 toplam iş yüküne sahip 4 makina için muhtemel olan maksimum std. sapmayı sağlayan bu atamada, hiçbir makina girişimi olamaz. Böylece kabul edilen değerler için,  $G$  değeri  $G_m$  değeri ile aynıdır ve bu değerler de denklemde  $[ F = 1 - ( G / G_m ) ]$  yerine konulduğunda  $F = 0$  çıkar, bu da şu demektir: Çıkan  $F = 0$  değeri Tablo 3,5'den bulunan değer ile çarpıldığında makina girişimi 0 çıkacaktır. Şimdi bir önceki örnekte, herbir 4 makinanın da aynı iş yükün, % 16.67 değerine sahip olduğunu varsayalım. Bu durumda da tahsis edilen iş yüklerinin  $G$ 'sı 0 (sıfır) olur. Bu değer  $F = 1$  bulunur ve bu da Tablo 3,5'den bulunan değerde hiçbir düzeltme yapılmaması anlamına gelir.

### 3.3.4 MAKİNA VERİMİ

Çok makinalı tahsislerin üretim planlaması ve çizelgelemesi, beklenen sekiz saatlik vardiya zamanı süresince makina verimlerinin (randımanlarının) önceden tahmin edilmesini gerektirir. Bu yapılırken 100 % verimlilik bir makinanın toplam çalışma (otomatik üretim) zamanını temsil eder. Bu kriter kullanılarak tesadüfi servise sahip bir makinanın verimi (E) aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\% E = 100 - \frac{t}{t + T} [ (100 - i) / 100 ] - i$$

Burada,

t = DIŞ İŞÇİLİK ZAMANI

T = MAKİNA OTOMASYON (ÇALIŞMA) ZAMANI

i = MAKİNA BAŞINA ORTALAMA GİRİŞİM DEĞERİ.

E = VERİM.

# B Ö L Ü M 4

## 4. UYGULAMA

### 4.1 GİRİŞ

Daha önce de belirtildiği gibi , direkt gözlem metodlarının zaman alıcı ve pahalı olmaları ve gelecekteki durumları gözardı etmeleri; her endüstri dalında ve işletmede geçerli olabilen matematiksel yöntemlerin olmaması simülasyon tekniklerini popüler hale getirmiştir.

Önceki bölümlerde açıklanan matematiksel ve istatistiksel yöntemler her ortamda doğru sonucu veremez. Bu yöntemler işletmedeki yöneticiler tarafından kolaylıkla anlaşılabilir ve adapte edilemezler. Bu nedenle, bir üretim organizasyonunda prosesin şartlarını en iyi şekilde temsil ederek girişim miktarının tahmin edilmesini kolaylaştıran simülasyon teknikleri en pratik ve güvenilir yöntemlerdir.

Bu bölümde bir bilgisayar simülasyon paketi (SIMAN) kullanılarak bir tekstil işletmesi olan KORDSA Kord Bezi Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de bir uygulama yapılmıştır. İşletmede daha çok araç lastiklerinde kullanılan kord bezi ve chafer bezi üretimi yapılmaktadır. Ayrıca işletmede konveyör bezleri de üretmektedir.

Kord bezi üretimin prosesinde üç safha vardır. Bunlar:

- a) Büküm safhası
- b) Dokuma safhası
- c) Terbiye safhası.

Yapılan uygulamanın amacı büküm makinalarında yaşanan girişim miktarını belirlemektir. Simülasyonun sonuçları optimal operatör tahsisi ve makina randımanları hakkında bir fikir vermektedir.

## 4.2 BÜKÜM SİSTEMİ

Burada belirtilen sistem, uygulamanın yapıldığı işletmedeki "büküm prosesidir". Söz konusu sistemde tek katlı ve bükümsüz olan nylon 6.6 ve nylon 6 iplikleri büküm makinasında "iki katlı" olarak büküldükten sonra dokuma prosesinde kullanılmak üzere dokuma stok sahasına bırakılmaktadır.

•Sistemdeki elemanlar:

### 4.2.1 HAMMADDELER

Büküm prosesinde hammadde olarak % 50 si yurt dışından, %50 si yurt içinden temin edilen farklı ambalaj, bobin ağırlığı ve Dtex <sup>1★</sup>lerde nylon (daha çok Nylon 6.6) iplikleri kullanılmaktadır. Bu iplikler genelde 12 kg ağırlığındaki bobin şeklindedir ve palet ve kutu şeklindeki birbirinden farklı ambajlarda işletmeye gelirler . Ön bükümsüz ve tek katlı olarak aşağıdaki dtexlere sahip 4 tip iplik, büküm prosesinin hammadesidir.

- 1) 940 x 1 <sup>2★</sup>dtex Nylon 6.6 ipliği.
- 2) 1400 x 1 dtex Nylon 6.6. ipliği.
- 3) 1880 x 1 dtex Nylon 6.6 ipliği.
- 4) 2100 x 1 dtex Nylon 6.6 ipliği.

### 4.2.2 ÜRÜNLER

Sistemde üretilen ürünler aynı hammadeler gibi 4 ana kategoride toplanır. Bu sınıflandırma iplik dtexleri baz alınarak yapılmıştır. Üretilen ürünler hammadelerden farklı olarak yaklaşık 8 kg lık bobinler şeklinde ve 2 katlı olmalarıdır. Üretilen ürünler aşağıda verilmiştir :

1\* DTEX ( desi tex ) : 10000 m ipliği gr cinsinden ağırlığıdır

2\*\* 940 x 1 gösteriminde 1 ipliğin kat adedini göstermektedir. Bundan sonra kolaylık olması açısından bu gösterim tarzına yer verilecektir

TABLO 4.1

ÇALIŞAN AĞIRLIKLARA GÖRE  
BÜKÜLECEK UZUNLUKLAR

ÇALIŞILAN AĞIRLIK KG/İĞ	STILLERİN UZUNLUKLARI (m)			
	940 x 2	1400 x 2	1880 x 2	2100 x 2
7.8	41500	28000	20750	18620
7.9	42000	28400	21000	18680
8.0	42500	28800	21250	19100
8.1	43000	29200	21500	19340

TABLO 4.2

4 ANA ÜRÜNÜN ÇALIŞMA SIKLIKLARI

DTEX	6 AYLIK İPLİK TÜKETİMİ (TON)	ÇALIŞMA ORANI	DÜZELTİL MİŞ ORAN
940	1143	0,1390	% 14
1400	2371	0,2882	% 30
1880	3210	0,3903	% 39
2100	1501	0,1825	% 17
TOPLAM	8225	1.0000	% 100

	DTEX	KAT ADEDİ	
ÜRÜN TİPİ 1	940	X	2
ÜRÜN TİPİ 2	1400	X	2
ÜRÜN TİPİ 3	1880	X	2
ÜRÜN TİPİ 4	2100	X	2

Yukardaki 4 ana ürün müşterilerin istekleri ve dokuma makinalarının kapasitelerine göre 7.8 ila 8.1 kg arasında değişen bobinler şeklinde üretilmektedirler.(aşlında büküm makinelerinin üretebileceği maksimum bobin ağırlığı 8 kg dır). Doğal olarak farklı dtex'lerdeki ipliklerin bobin ağırlıkları aynı olsa bile uzunlukları farklılık gösterecektir. Bu farklılıklar üretilen bobin ağırlığına göre uzunluk tablosunda (Tablo 4.1) özetlenmiştir. Ayrıca Tablo 4.2 de 6 aylık iplik tüketimleri baz alınarak bulunan "4 ana ürünün çalışma sıklıkları" verilmiştir.

#### 4.2.3 BÜKÜM MAKİNALARI

Sistemde oldukça yeni ve son derece gelişmiş büküm makinaları kullanılmaktadır. Bu makinalar ipliği aynı anda tek ve iki katlı olarak bükebildiklerinden bir ipliğin önce tek sonra da iki katlı olarak büküldüğü iki ayrı proses safhasını içeren diğer büküm makina tiplerinden (ring büküm makinaları) farklıdır. Bu nedenle bu makinalar ipliği bükme sistemi dolayısı ile "direkt büküm makinaları" olarak adlandırılırlar.

#### •Her bir direkt büküm makinası aşağıdaki özelliklere sahiptir :

- 1) Makinalar Alman Saurer Allma Firmasında üretilmişlerdir.
- 2) Her makinada 110 adet iğ bulunmektedir.
- 3) Tek bir iğnin durması için komple tüm makinanın durması gerekmez. Her bir iğde ayrı motor vardır.
- 4) İğler senkronize olarak yüklenip boşaltılabilir.
- 5) Her bir iğde bükülü bobin metrajını ölçen sayaçlar bulunmaktadır.
- 6) Makina numerik kontrollüdür. Her makinada merkezi elektronik işlemciler bulunmaktadır.

7) Makinada

a) Kafes bölümü

b) Pot (kazan) bölümü

olarak adlandırılan "hammadde bobinlerinin" yüklendiği iki farklı bölüm mevcuttur. Kafes üzerinde bulunan 2 adet iğ yedekli çalışmayı temin eder, ancak pot içindeki bobini yedekleme imkanı yoktur.

8) Her bir hammadde bobininin yaklaşık 12 kg civarında olduğu ve herbir üretilen bükülü ipliklerin de yaklaşık 8 kg olduğunu belirtmiştik. Buradan kolayca anlaşılacağı üzere bir hammadde bobininden birden fazla "bükülü bobin" elde edilmektedir. Bir hammadde bobininde yaklaşık 3★ adet ürün çıkar.(bu sayı potun kapasitesi ve hammadde bobininin boyutlarına göre bazen 2 de olabilmektedir). Bir Bir makinadan çıkan her 110 adet bobine bir "takım" denir. Takım çıkarma frekansı 2 ile 3 arasında değişmektedir.

9) Her makinada 55 adet bobini aym anda taşıyabilen bir taşıyıcı bant bulunmaktadır. Operatör metraji dolan bobinleri önce bu bant üzerinde istiflemektedir.

10) Makinalarda teorik olarak iplik kopuğunun taşanmaması gerekir. Böyle bir olay yaşandığında kopan iplik yeniden düğüm vasıtası ile bağlanamamaktadır. Bu durum kaliteyi bozduğundan iğdeki bobin hemen çıkartılır.

11) 4 ana ürün için makinaya set edilmesi gerekli spesifikasyonlar (makina hızı gibi) Tablo 4.3 te verilmiştir

Tek katlı olan hammadde bobini ağırlığı : 12 kg

\*Çift katlı olan "bükülü iplik" bobin ağırlığı : 8 kg

İki katlı iplik yapabilmek için 2 adet 12 kg lık bobin kullanıldığında toplam

24 kg lık iplikte 3 adet 8 kg lık ipliğin yapılabileceği kolaylıkla görünür.

$24 / 8 = 3$  adet.



TABLO 4.3

4 ANA ÜRÜNÜN DİREKT BÜKÜM MAKİNALARINDAKİ  
ÇALIŞMA SPESİFİKASYONLARI

DTEX	TPM* (adet/mt)	MAKİNA İĞ DEVİRİ (n <sub>q</sub> ) (devir/dk)	** TPM / n <sub>q</sub>
940	480	7000	0.0685
1400	390	6750	0.0578
1880	330	6250	0.0528
2100	310	6000	0.0516

\* TPM = tablo büküm değeri : 1 metredeki büküm sayısı

\*\* TPM / devir (n<sub>q</sub>) = 1 metre ipliği bükmek için kaç dakika gerekli.

#### 4.2.4 BÜKÜM OPERATÖRÜ

•Operatörün yaptığı işler aşağıda verilmiştir :

- a) Pota ve kafese hammadde bobinini yükleme
- b) Kafesteki hammadde bobinini yedekleme
- c) Metraji dolan bobinleri boşaltma (takım çıkarma)

Operatör bu işleri yaparken 36 adet bobin alabilen bir taşıyıcı arabadan faydalanmaktadır (Ancak hammadde bobinleri bu arabaya başka bir eleman tarafından yüklenmektedir). Büküm operatörünün standart işçilik metodu ve zamanları iş etüdü yöntemleri ile belirlenmiştir ve yapılan uygulamada girdi olarak kullanılmıştır.

#### 4.3 SIMAN BENZETİM DİLİ

Burada bilgisayar simülasyonunda kullanılan paket program hakkında çok kısa olarak bilgi verilecektir. SIMAN Systems Modeling Corporation firması tarafından geliştirilmiştir. FORTRAN bazlı bir dildir ve aynı anda hem kesikli hem de sürekli sistemlerin modellenmesine imkan verir

Modelin kurulmasında programcı birbirinden ayrı fakat ileride birleştirilecek iki SIMAN dosyası oluşturmak zorundadır. SIMAN'la benzetim çalışması yapılan ve tasarlanan ilk dosya "Model Dosya"sıdır. Bu program makinaların ve taşıma sistemlerinin davranışlarını, kuyrukları, sistemdeki elemanların hareketlerini, bekleme sürelerini ve bunlarla ilgili istatistiki bilgilerin toplanmasında kullanılacak bilgileri içerir. Kurulan modelin çalışmasında modele yol göstericilik görevini "Deney Dosyası" yapar. Bu dosyada kuyrukların toplam sayısı, kaynak isimleri ve sayıları, istatistiki bilgilerin depolanma çeşitleri ve benzetim süresi gibi bilgiler bulunur.

Model ve Deney dosyaları ayrı ayrı derlendikten sonra birleştirilir ve sonra program çalıştırılır. SIMAN sonuçta daha sonra inceyebilmek için saklanması gereken bir "Özet Raporu" sunar. Bu rapor parçaların sistemdeki süreleri, sistem değişkenlerinin ve diğer değişkenlerin benzetim süresince aldığı değerlerin ortalamaları, standart sapmaları, minimum ve maksimum değerlerini içerir.

## 4.4 SİMÜLASYON SİSTEMİ

Yukarıda anlatılan büküm sistemi SIMAN simülasyon paket programı yardımı ile bilgisayarda benzetilmiştir. Çalışmanın amacı büküm makinalarında yaşanan girişimi belirlemektir.

### 4.4.1 SİSTEMİN GİRDİLERİ

Bilinen endüstri mühendisliği teknikleri kullanılarak büküm makinalarında iç ve dış işçilik elemanları ve bunlara ait zamanlar belirlenmiştir.

Yapılan etüd çalışmaları sonucunda belirlenen metodlar eklerde verilmiştir. Bu çalışmalardan aşağıdaki işçilik tanımları belirlenmiştir.

#### 1) İÇ İŞÇİLİK

1.1 ) Kafes Yedekleme

#### 2) DIŞ İŞÇİLİK

2.1) Pota Hammadde Bobinini Yükleme

2.2) Kafese Hammdde Bobinini Yükleme

2.3) Dolan Takımı Çıkarma

Yukarda belirtilen işlerle ilgili standart zamanlar ve standart sapmalar Tablo 4.4 verilmiştir. Ayrıca tabloda SIMAN'la yapılan program içerisinde kullanılan kodlar da verilmiştir. Dikkat edilirse "Kafes Yedekleme" işinin kodu yoktur, çünkü "ertelenebilen" nitelikte bir iş olduğu için girişim yaratmayacağı düşünülerek benzetim sistemine dahil edilmemiştir.

Sistem yukardaki datalardan faydalanılarak 3 makinalı tahsis için incelenmiştir. Ayrıca sistemde girdi olarak büküm makinaları arasındaki mesafeler ve operatörün yürüme hızı da gözönüne alınmıştır. İki direkt büküm makinasının merkezleri arasındaki uzaklık 30 m olarak alınmıştır. Operatörün hızı ise Bölüm 3 te anlatılan yürüme zamanı hesabı gözönüne alınarak yapılmıştır. Yapılan hesaplar aşağıda gösterilmiştir.

( w ) Operatör Yürüme Zamanı =  $0.005L$  (L feet)  
İki makina arasındaki uzaklık = 30 m = 98.43 feet

Buradan,

operatör yürüme zamanı  $w = 0.492$  dk bulunur.

Bulunan bu değer sistemde 0.5 dk yuvarlatılmıştır. Bilgisayar benzetim sisteminde kolaylık olması açısından operatör yürüme hızı = 1 m/dk ve makineler arasındaki mesafeler = 2 m olarak alınmıştır. Sonuçta  $1/2 = 0.5$  değeri elde edilmektedir.

## 4.5 ANALİZ

### 4.5.1 KAYNAKLAR: Büküm makineleri.

- 1) Makina (1)
- 2) Makina (2)
- 3) Makina (3)

şeklinde 3 adet kaynak vardır.

4.5.2 TAŞIMA : Sistemdeki tek büküm operatörü kaynak olarak değil taşıma elemanı olarak gösterilmiştir. Bundaki amaç yürüme zamanını da hesaba katmaktır.

### 4.5.3 VARSAYIMLAR :

1) Sistemde % 20 olasılıkla tip değişimi olduğu kabul edilmiştir. Tip değişimi olduğunda operatör hem pot içine hem de kafese hammadde bobinlerini yüklemektedir.

2) Ara takım çıkarma frekansı 3 olarak alınmıştır.

3) Sisteme varlıklar sabit bir zamanda teker teker gelmektedirler. Sistemde hesap edilen zamanlar 110 adet iş içindir.

4) Kafes yedekleme işi sisteme dahil edilmemiştir. Bu nedenle sistemde hesaplanan operatörün verimi olduğundan az görünmektedir. Bu değer daha sonra "girişim oranı bulunduğundan sonra düzeltilecektir.

5) Sisteme gelen varlıklar önce hiç bir gecikme işleminin kayıt edilmediği giriş kuyruklarına girmektedirler. Böylece erken veya geç gelmeden dolayı oluşan za-

man kayıpları önlenerek varlığın sistemde harcadığı esasa süre bulunabilir. Bu durumu şöyle açıklayabiliriz. Gerçek sistemdeki varlıklar sisteme herhangi bir makina boşaldığında gelmektedirler.

7) Yemek ve çay molaları sisteme dahil edilmemişlerdir.

8) İşlerin senkronize değil komple çalıştıkları ve durdukları varsayılmıştır.

#### 4.5.4 DEĞİŞKENLER

- 1) STİLLER (4ADET)
- 2) STİLLERİN ÇALIŞMA ORANLARI
- 3) TAKIM ÇIKARMA FREKANSI
- 4) POT YÜKLEME FREKANSI
- 5) TİP DEĞİŞİKLİĞİ FREKANSI
- 6) TAKIM ÇIKARMA ZAMANI
- 7) POT YÜKLEME ZAMANI
- 8) TİP DEĞİŞİMİ ZAMANI
- 9) BİR İĞDE ÜRETİLEN KG LAR
- 10) BİR İĞDE ÜRETİLEN METRAJ
- 11) MAKİNA BÜKÜM ZAMANI
- 12) BİR METRENİN BÜKÜM ZAMANI
- 13) TOPLAM ÜRETİLEM KG (BİR İĞ İÇİN)

#### 4.5.5 PARAMETRELER

- 1) POT YUKLEME ZAMANI DAĞILIMI
- 2) TAKIM ÇIKARMA ZAMANI DAĞILIMI
- 3) TİP DEĞİŞİMİ ZAMANI DAĞILIMI
- 4) STİLLERİN ÇALIŞMA OLASIĞI DAĞILIMI
- 5) MAKİNADA BÜKÜLEN BOBİN AĞIRLIKLARI DAĞILIMI

TABLO 4.4

NO	METOD TANIMI	KOD	STD ZAMAN	STD SAPMA
t1	İÇ İŞÇİLİK			
1	KAFES YEDEKLEME	-----	94.043 dk	1.616
t	DIŞ İŞÇİLİK			
2	POT YUKLEME	a(7)	79.779 dk	3.278
3	KAFES YUKLEME	a(10)	118.011 dk	3.510
4	TAKIM ÇIKARMA	a(8)	23.667 dk	2.268

## POT YÜKLEME METODU

\*\*\*\*\*

- Pot kapagını açar,regülatör kolunu ipi gevşeterek yana çeker.
  - Pot'u çıkarır,pot kapagındaki klipse koyar aynı zamanda pottaki bobin ile pot arasında kalan ipi keser,bobin ucunu düğümler.
  - Potta bobin üzerindeki plastik adaptörü regülatör koluna takar, bobini kafes'deki çekme koluna takar.
  - Arabadan orijinal bobini alır,yedekleme ucu aşağıya gelecek şekilde pot'a koyar,regülatör kolundaki plastik adaptörü bobin üzerine takar.
  - Düğümlü ucu açar,pot'un altındaki uca düğümler,kapaktaki pot'u alıp yerine takarken pot üzerinden bolluğu çekerek alır,kapağı kapatır.
  - Capston üzerinde 5 tur sarıllı olan ipi parmağı ile alır,düğümler gelene kadar çeker,düğümlerden sonra 5 tur capston üzerine sarar ipin ucunu klipse sıkıştırır ve keser.
  - Klips teki ucu patrona sıkıştırır,bir eli ile kolu indirirken diğer eli ile patronu döndürerek sarım silindiri üzerine oturtur,ig'i devreye alır.
  - Bu işlemlere ham bobin arabasında bobinler bitene kadar devam eder,boşalan araba bir operatör tarafından makina dışına çıkartılırken diğer operatör yakındaki ham bobin arabasını kaldıklarını pot yanına çekerek hazırlar ve aynı işlemlere devam edilir.
- \*\* Makinanın bir tarafındaki Takım Çıkarma işlemi bitince; Bükülü iplik mal hazırlayıcı bant üzerindeki bükülü bobinleri makina arkasındaki paletlerin üzerine yedekleme uçlarını keserek 48 bobin bir palete gelecek şekilde koyar,Dolan paletler Bükülü iplik mal hazırlayıcısı tarafından stok sahasına transpalet ile çekilir.

## DİREKT BÜKÜM TAKIM ÇIKARMA METODU

\*\*\*\*\*

\*\* Birinci iğ duruşa geçtiğinde operatör sırasıyla aşağıdaki işlemleri yapar:

- Bükülmüş iplik bobininin ucunu klipse sıkıştırır,keser,düğüm bant üzerine bırakır.
- Kafes çekme kolunda bulunan boş patronu alıp sarım kolları arasına bir tarafı açık kalacak şekilde yerleştirir.
- Klips teki ucu patrona sıkıştırır,bir eli ile kolu indirirken diğer eli ile patronu döndürerek sarım silindiri üzerine oturtur,iğ'i devreye alır.
- Bu işlemlere tüm iğ'ler bitene kadar devam eder.





**DİREKT BÜKÜM KAFES YEDEKLEME METODU**  
\*\*\*\*\*

- \*\* Kafesi yedeklenecek makinaların başına gerektiği kadar Ham bobin arabası Mal Hazırlayıcı tarafından getirilir.**
- Çalışan makina zamanında operatör kendine ait makinada bitecek kafes iğlerini tespit eder.
  - Makina yanında bulunan yedekleme uçları açılmış ham bobin arabasını alır, ilgili iğ'e gider.
  - Kafes'i aşağıya çeker boş patronu alır, üzerindeki plastik adaptörü çıkartarak çalışılan bobinin patronu üzerine takar, Boş patron kafesin çekme koluna takılır.
  - Orijinal ham bobini arabadan alır, yedekleme ucu alta gelecek ve yedekleme ucunun sıkışmasını önleyecek şekilde düzgün olarak iğ'e yerleştirir.
  - Yüklenen orijinal bobinin düğümlü ucunu açarak çalışan bobinin yedekleme ucu ile düğümler.
  - Kafes'i yerine bırakır, bir sonraki iğ'e geçerek aynı işlemlere devam eder.

# Distribution Fitting

---

data vector: TTCC.ttcc

distributions available:

- |                       |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
| (1) Bernoulli         | (7) Beta         | (13) Lognormal   |
| (2) Binomial          | (8) Chi-square   | (14) Normal      |
| (3) Discrete uniform  | (9) Erlang       | (15) Student's t |
| (4) Geometric         | (10) Exponential | (16) Triangular  |
| (5) Negative binomial | (11) F           | (17) Uniform     |
| (6) Poisson           | (12) Gamma       | (18) Weibull     |

distribution number: 14

mean: 23.6675

standard deviation: 2.26844



# Distribution Fitting

---

data vector: POTY.poty

distributions available:

(1) Bernoulli	(7) Beta	(13) Lognormal
(2) Binomial	(8) Chi-square	(14) Normal
(3) Discrete uniform	(9) Erlang	(15) Student's t
(4) Geometric	(10) Exponential	(16) Triangular
(5) Negative binomial	(11) F	(17) Uniform
(6) Poisson	(12) Gamma	(18) Weibull

distribution number: 14

mean: 79.779

standard deviation: 3.27823



# Distribution Fitting

---

data vector: KAFYUK.kafyuk

distributions available:

(1) Bernoulli	(7) Beta	(13) Lognormal
(2) Binomial	(8) Chi-square	(14) Normal
(3) Discrete uniform	(9) Erlang	(15) Student's t
(4) Geometric	(10) Exponential	(16) Triangular
(5) Negative binomial	(11) F	(17) Uniform
(6) Poisson	(12) Gamma	(18) Weibull

distribution number: 14

mean: 118.011

standard deviation: 3.51084



## Distribution Fitting

---

Data vector: KAFYEDK.kafydk

Distributions available:

(1) Bernoulli	(7) Beta	(13) Lognormal
(2) Binomial	(8) Chi-square	(14) Normal
(3) Discrete uniform	(9) Erlang	(15) Student's t
(4) Geometric	(10) Exponential	(16) Triangular
(5) Negative binomial	(11) F	(17) Uniform
(6) Poisson	(12) Gamma	(18) Weibull

Distribution number: 14

Mean: 94.0435

Standard deviation: 1.6164



```
IN;  
CREATE:100:MARK(2);  
ASSIGN:A(1)=DP(1,2);  
ASSIGN:A(4)=DP(2,2);  
ASSIGN:A(5)=TF(A(1),A(4));  
ASSIGN:A(6)=TF(5,A(1));  
ASSIGN:X(2)=A(6)*A(5);  
ASSIGN:A(7)=RN(3,2);  
ASSIGN:A(8)=RN(4,2);  
ASSIGN:A(10)=RN(5,2);  
ASSIGN:X(1)=A(10)+A(7);  
assign:a(9)=1;  
findj,1,3:min(nr(j)+nq(j+3));  
route:0,j;
```

```
GELISLER  
STILLER  
CALISAN AGIRLIK KG/IG  
CALISAN UZUNLUK M/IG  
DK/M  
MAKINA ZAMANI
```

```
STATION,1-3;  
queue,m+3;  
scan,1-3:nr(m).eq.0;  
queue,m;  
seize:makina(m);  
queue,m+6;  
request,1:robot;
```

```
BRANCH,1:  
  WITH,0.2,TIP:  
  ELSE,POT;  
DELAY:X(1);  
COUNT:7,1;  
ASSIGN:X(12)=X(12)+X(1);  
free:ROBOT:NEXT(ANORMAL);  
DELAY:A(7);
```

```
assign:x(3)=x(3)+a(7);  
free:robot;
```

```
ORMAL  
BRANCH,2:  
  ALWAYS,cycle:  
  WITH,0.03,ARIZA;  
ASSIGN:X(2)=(X(2)+(X(2)*RA(1))):NEXT(cycle);  
DELAY:X(2);
```

```
ZA  
le  
assign:x(4)=x(4)+x(2);  
queue,m+9;  
request:robot;  
delay:a(8);
```

```
assign:x(8)=x(8)+a(8);
```

```
free:robot;
```

```
delay:x(2);
```

```
assign:x(5)=x(5)+x(2);
```

```
queue,m+12;  
request:robot;  
delay:a(8);
```

```
assign:x(9)=x(9)+a(8);
```

```
free:robot;
```

```

delay:x(2);

assign:x(6)=x(6)+x(2);

queue,m+15;
request:robot;
delay:a(8);

assign:x(10)=x(10)+a(8);

assign:x(7)=x(4)+x(5)+x(6);
assign:x(11)=x(8)+x(9)+x(10);
release:makina(m);
transport:robot,4;

station,4;
delay:a(9);
free:robot;
count:1,1;
count:2,3;
count:3,1;
count:4,a(7);
count:5,a(8);
COUNT:6,A(4);
COUNT:8,X(1);
tally:5,x(3);
tally:6,x(7);
tally:7,x(11);
TALLY:7,X(12);
TALLY:A(1),INT(2):DISPOSE;

D;
GIN;
OBJECT,BUKUM,TIMUCIN ERDOGU;
SCRETE,900,11,18,4;
SOURCES:1-3,MAKINA;
transporters:1,robot,1,1,1.0,1-a;
PARAMETERS:1,0.14,1,0.44,2,0.83,3,1.00,4:
2,0.20,7.8,0.40,7.9,0.80,8.0,1.0,8.1:
3,11.80,0.351:
4,2.36,0.226:
5,11.8,0.351;
VALUES:1,7.8,0.1,4150,4200,4250,4300:
2,7.8,0.1,2800,2840,2880,2920:
3,7.8,0.1,2075,2100,2125,2150:
4,7.8,0.1,1862,1886,1910,1934:
5,1,1,0.0685,0.0578,0.0528,0.0516;
RELATIONS:1,DTEX.940:2,DTEX.1400:3,DTEX.1880:4,DTEX.2100:
5,TOP POT YUK.ZMN.:6,TOPLAM MAKINA ZA:
7,TOP TAKIM CIK ZA:8,TIP DEG ZAMANI;
EQUATIONS:1,Nt(1),robot uti:2,nr(1),mc1 utl:3,nr(2),mc2 utl:
4,nr(3),mc3 utl:5,nq(1),mc1 kuy:6,nq(2),mc2 kuy:
7,nq(3),mc3 kuy:8,nq(4),giris 1:9,nq(5),giris 2:
10,nq(6),giris 3:11,nq(7),opt 1:12,nq(8),opt 2:
13,nq(9),opt 3:14,nq(10),opt 4:15,nq(11),opt 5:
16,nq(12),opt 6:17,nq(13),opt 7:18,nq(14),opt 8:
19,nq(15),opt 9:20,nq(16),opt 10:21,nq(17),opt 11:
22,nq(18),opt 12;
INSTANCES:1,1-4,2,2,2/2,2/2;
EQUATIONS,0,15,M.EQ.1.OR.M.EQ.3.OR.M.EQ.2,X(2),A(1),a(7),a(8),a(10);

```

Run Time :

-----

Number	Identifi	Count	Limit
1	SELEN IS KONTI	118	Infinite
2	TANIMLIK HESAPLARI	354	Infinite
3	DOT KONTROL GIBI	100	Infinite
4	POT KUR ZARFI	1408	Infinite
5	TANIM CIRASMA ZF	218	Infinite
6	TOPLAM URETIM NO	973	Infinite
7	TIP LEBI. TRAK	138	Infinite
8	TIP LEBI. ZARFI	2708	Infinite
9	TOP NO ZARFI	19550	Infinite

Run Time : 19 Second(s)

Stop - Program terminated.

C:\TUF\





KAYNAKLAR

- (1) MAYNARD, H. D.                      WORK MEASUREMENT OF MULTIMACHINE ASSIGNMENT, INDUSTRIAL ENGINEERING HANDBOOK, MC GRAW HILL. PP 92-120, 1971
  
- (2) ASCROFT, H                         THE PRODUCTIVITY OF SEVERAL MACHINES UNDER THE CARE OF ONE OPERATOR, J of ROYAL STATISTICAL SER. B VOL 12, PP 145-151, 1950
  
- (3) NORBERT LLYOD ENRICK                 MACHINE INTERFERENCE, INDUSTRIAL ENGINEERING MANUAL for the TEXTILE INDUSTRY, PP 179-201, NEW YORK, ASSOCIATION of TEXTILE INDUSTRIAL EN, 1971
  
- (4) SARKER, BR                         A DECISION RULE FOR INTERFERENCE of MACHINES PRODUCING DIFFERENT TYPES of PRODUCTS, IE (I) JOURNAL-ME VOL 61, MAY 1981.
  
- (5) KOULAMAS C. P                     LOOK-AHEAD SCHEDULING FOR MINIMIZING MACHINE INTERFERENCE, INTERNATIONAL JOURNAL of PRODUCTION RESEARCH SEPT 1988 , VOL:26/9, PP-1523-1533.
  
- (6) PEDGEN, C. D                        INTRODUCTION to SIMAN with VERSION 1.5 ENCHANCEMENTS, P. 10-52 PENNSYLVANIA, 1986