

ZAMAN ETÜDÜNDE YETERLİLİK PROBLEMİNİ
BİR YAKLAŞIM

C.Cengiz Çelikoğlu

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Endüstri Mühendisliği Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman : Prof.Dr. Musa Şenel

Haziran - 1989

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

C.Cengiz Celikođlu'nun DOKTORA tezi olarak hazırladığı
"Zaman Etüdünde Yeterlilik Problemine Bir Yaklaşım" başlık-
lı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili
maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

08/06/1989

Üye : Prof. Dr. Musa Şenel

Üye : Prof. Dr. Ahmet Fahri Özk

Üye : Yrd. Doç. Ali Ekrem Özkü

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **1.6 HAZİRAN 1989**
gün ve **23/6** sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem Kaya
Enstitü Müdürü

ÖZET

Standart zamanlar, işletme faaliyetlerinin bir çoğu için büyük önem taşıyan bilgilerdir. Standart zamanların üretimi ve bakımı için geliştirilmiş yöntemler uzun çalışmalar sonucunda elde edilmiş olan deneyimlere dayanmaktadır. Ancak istatistik alanında ve bilgisayar teknolojisinde son yıllarda ortaya çıkan gelişmeler, sözkonusu yöntemlere etkili bir biçimde yansıtılamamıştır.

Bu tezde, özellikle standart zamanların iş ölçümü yoluyla belirlenmesi sürecinde genellikle varsayılan nitelikli işgücü ve benzeri altyapıların yeterince gelişmemiş olduğu ülkemizde, bu tür eksiklikleri de dikkate alan ve daha güvenilir standart zamanların daha az maliyetle üretilmesine olanak sağlayan bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntem gerçek verilerle sınanmış ve sağlayacağı faydalar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler

Standart Zaman

İş Ölçümü

Zaman Etüdü

Verimlilik

SUMMARY

Standard times are significantly important for most of the planning activities take place in production management. The processes which are being used in estimating and maintaining the standard time information are developed through long studies and experience. However the developments in statistics and computer technology are not sufficiently utilized in these processes.

The standard time estimation by the use of work measurement assumes the availability of some factors such as qualified time study personnel. However, for Turkey as a developing country, this is not the fact. In this thesis, an alternative procedure for management of standard times is proposed. The proposed procedure takes the lack of such factors into account and furthermore aims at more reliable standard times with less estimation and maintenance cost. The procedure which employs advanced techniques in statistics and computers, is examined by the use of real work measurement data and its advantages are discussed.

Key words

Standard Time
Work Measurement
Time Study
Productivity

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. İŞLETME YÖNETİMİNDE STANDART ZAMAN	4
2.1 İşletmelerde Verimlilik Yönetimi	4
2.2 Verimlilik Yönetiminde Standart Zamanların Kullanım Alanları.....	8
2.3 Standart Zamanların Maliyeti ve Kalitesi	9
3. İŞ ETÜDÜ YÖNTEMLERİ VE STANDART ZAMAN	13
3.1 Tarihsel Gelişim	13
3.2 İş Etüdünde Kullanılan Yöntemler	14
3.3 İş Ölçümü Yöntemleri	15
3.3.1 Dolaylı iş ölçümü yöntemleri	16
3.3.1.1 Standart veri ve formül kullanımı	16
3.3.1.2 Önceden belirlenmiş hareket zaman sistemleri (Sentetik zaman sistemleri)	17
3.3.2 Dolaysız iş ölçümü yöntemleri	18
3.3.2.1 İş örnekleme	18
3.3.2.2 Grup zamanlama tekniği	20
3.3.2.3 Zaman etüdü	20
3.4 İş Etüdü Yöntemlerinin Maliyet ve Kalite Açısından Karşılaştırılması	22
3.5 Zaman Etüdünde Standart Zaman	24
3.5.1 Zaman etüdünün uygulama yöntemi	24
3.5.2 Zaman etüdü yönteminin adımları	29
4. ZAMAN ETÜDÜNDE YETERLİLİK PROBLEMİ	31
4.1 Geleneksel Yaklaşımla Yeterlilik İşlemi	31
4.2 Geleneksel Yaklaşımın İrdelenmesi	33
4.3 Yeterlilik Analizi için Yeni Bir Yöntem	36

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3.1 Yöntemin Temel Bileşenleri	36
4.3.1.1 Örnek alma ölçütleri	37
4.3.1.2 İlk örnek testi	38
4.3.1.3 Uyumluluk testi	41
4.3.2 Zaman Etüdünde Standart Zaman Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntem	43
4.3.3 Önerilen Yöntemin Adımları	47
5. İKİ YAKLAŞIMIN KARŞILAŞTIRILMASI	50
5.1 Algoritmaların Durmasını Sağlayan Koşullar ...	51
5.2 Algoritmaların Ekonomikliği	59
5.3 Önerilen Yaklaşımın Başarısını Gösteren Bir Örnek	64
5.4 Değerlendirme	72
6. SONUÇ	75
KAYNAKLAR DİZİNİ	78
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. İşletme performans ölçüleri arasındaki ilişki..	5
2.2. Bilginin fayda ve maliyetinin kalite ile ilişkisi	11
2.3. Bilginin faydası ile maliyeti arasındaki ilişki	11
3.1. Zaman etüdü yönteminin akış diyagramı	25
4.1. Önerilen yöntemin akış diyagramı	45
5.1.a.PTT1 ölçümlerinin histogramı	54
5.1.b.PTT2 ölçümlerinin histogramı	54
5.1.c.PTT3 ölçümlerinin histogramı	55
5.1.d.PTT4 ölçümlerinin histogramı	55
5.1.e.PTT5 ölçümlerinin histogramı	56
5.1.f.PTT6 ölçümlerinin histogramı	56
5.1.g.PTT7 ölçümlerinin histogramı	57
5.2. İkinci örnek ölçümlerinin histogramı	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
5.1. Birinci örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler ...	51
5.2. Birinci örnek ölçüm kütükleri	52
5.3. Birinci örnek ölçümlere ilişkin istatistikler..	53
5.4. Birinci örnek ile ilgili analizler	58
5.5. İkinci örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler	59
5.6. İkinci örnek ölçüm kütükleri	60
5.7. İkinci örnek ölçümlere ilişkin istatistikler ..	61
5.8. İkinci örneğin geleneksel yaklaşımla analizi ..	61
5.9. İkinci örnek ile ilgili analizler	62
5.10. Üçüncü örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler	65
5.11. Üçüncü örnek ölçüm kütükleri	66
5.12. Üçüncü örnek ölçümlere ilişkin istatistikler ..	67
5.13. Üçüncü örneğin geleneksel yaklaşımla analizi ..	68
5.14. Üçüncü örnek ile ilgili analizler	70

1. GİRİŞ

Verimlilik, günümüzde giderek önem kazanan bir kavramdır. Sanayileşmiş veya Türkiye gibi sanayileşme ve dışa açılma yolunda ciddi çabalara girmiş tüm ülkeler açısından verimlilik, ekonomik kalkınmanın hem itici gücü hem de ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Verim düşüklüğü, varolan enflasyon düzeyini ve işsizliği önemli ölçüde etkilediği gibi, işletme düzeyinde de karlılığı düşürücü ve rekabet gücünü azaltıcı etkiler yapmaktadır. Bu nedenle özellikle son yıllarda verim artışını sürekli kılmak önemli bir amaç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu amaç da, modern yönetim teknikleri ve bunların uygulamaları ile endüstri mühendisliği yöntemlerinin (iş etüdü, üretim planlaması, kalite kontrolü, CPM-PERT vs.) kullanılmasını gerekli kılmaktadır.

Verimlilik bir denetim unsurudur. Aynı zamanda işletme yönetimi açısından, bir gösterge olduğu ve karşılaştırma olanağı sağladığı için, ölçülmek zorundadır. Bu zorunluluk modern işletmecilikte verimlilik yönetimi kavramını ortaya çıkarmıştır. Artık verimlilik, yönetim fonksiyonlarının tümünü (planlama, üretim, pazarlama, finansman, personel vd.) kapsayan bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. İşletmelerde verimlilik yönetimi, bu fonksiyonları hem denetleyici hem de destekleyici bir unsur olmaktadır.

İşletme içi verimlilik bilincinin yaratılmasından, varolan uygulamaların iyileştirilmesine kadar geniş bir alanı kapsayan verimlilik yönetiminin en önemli bileşeni hiç kuşkusuz verimliliğin ölçülmesidir. Verimlilik ölçümü için "bilgi" vazgeçilmez bir ihtiyaçtır. Gerekli bilgilerle desteklendiği sürece verimlilik yönetimi işletmede verimi arttırma amacına ulaşabilecektir. İşte standart zaman bu bilgilerin en önemlilerinden biridir. İşgücü, enerji ve hammadde maliyetleri verimlilik yönetiminin ihtiyaç duyduğu diğer bilgiler arasında sayılabilir.

Bir bilginin kullanılabilir olması, doğruluğuna bağlıdır. Eğer üretilen bilgi gerçeğe uygun değilse, bu bilgiden hareketle yönetimin alacağı kararlar hatalı ya da sapmalı olacaktır. Bu nedenle yöneticiyi (karar verici) destekler nitelikte olan bilgilerin doğru ve güvenilir olması gerekmektedir. Bilginin kalitesi diyebileceğimiz bu niteliği, onu üretmek için harcayacağımız zamana ve işgücüne bağımlıdır. Buradan hareketle bilginin bir de maliyeti olduğu ortaya çıkmaktadır. Doğal olarak, yeterince zaman ve işgücü harcandığında doğru ya da doğruya çok yakın bilgiler türetilmektedir. Ancak, günümüzde artık bilginin maliyetini de düşünmek ve onu aşağılara çekmek üzere çalışmalar başlatılmıştır. Bu durumda kalitesi yüksek, maliyeti düşük olan bilgiye ihtiyaç olduğu açıktır.

Bu çalışmada, işletmelerde verimlilik yönetiminde gerekli olan standart zaman bilgisinin kalitesini düşürmeden maliyetini azaltıcı bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla ikinci bölümde, verimlilik yönetimi ve verimlilik yönetiminde standart zamanların kullanım alanları incelenmiş, standart zaman bilgisinin maliyeti ve kalitesi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde ise, iş etüdü yöntemlerinin tarihsel gelişimi incelenerek mevcut yöntemler irdelenmiştir. Standart zaman tespit yöntemi olarak yaygın bir kullanım alanı bulduğu için zaman etüdü yönteminin üzerinde ayrıca durulmuştur.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, zaman etüdü yöntemiyle standart zaman tespitinde mevcut yeterlilik işlemi irdelenmiş ve sakıncaları dile getirilmiştir. Standart zaman bilgisinin maliyetini arttırmamaya çalışarak, kalitesini yükseltmek amacıyla yeterlilik analizi için yeni bir yöntem önerilmiştir.

Beşinci bölümde önerilen yeni yöntem ile gerçek veriler kullanılarak bir uygulama denemesi yapılmış ve standart zaman bilgisinin kalitesinin artışı gösterilmeye çalışılmıştır.

2. İŞLETME YÖNETİMİNDE STANDART ZAMAN

Bir işletmenin uzun süre varlığını devam ettirmesi, doğru amaçları saptayıp, bu amaçlar doğrultusunda üretim yapabilmesine bağlıdır. Hiç şüphesiz bu amaçların en başında işletmenin sürekliliği, hemen arkasından kar etmesi daha sonra da kaliteli üretim, topluma hizmet ve işletmenin büyütülmesi sayılabilir. İşletmeler ve yöneticileri bu amaçlara erişebildikleri oranda başarılı sayılmaktadırlar. İşletmelerin performansları yukarıdaki kavramları ölçülebilir ve yorumlanabilir biçime dönüştüren çeşitli ölçütlerle açıklanmaktadır. Bu ölçütlerin en önemlilerinin, etkinlik (effectiveness), yeterlilik derecesi (efficiency), kalite (quality), verimlilik (productivity) ve karlılık (profitability) olduğu belirtilmektedir (Özdemir, 1988).

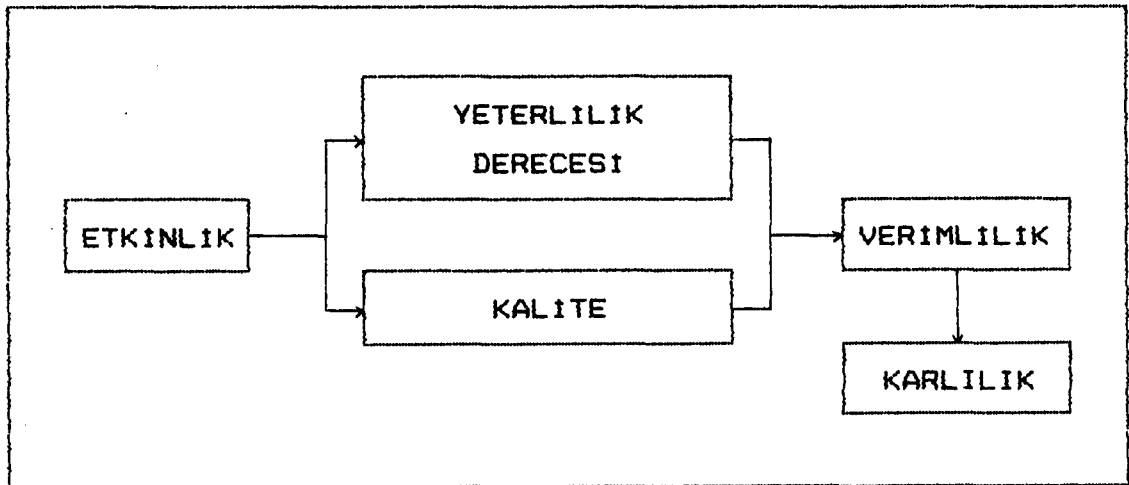
İzleyen kesimde bu ölçütler kısaca açıklanarak aralarındaki ilişkiler verilmeye çalışılmıştır.

2.1 İşletmelerde Verimlilik Yönetimi

Etkinlik, işletme faaliyetlerinin amacına ulaşma derecesi olarak tanımlanmaktadır (Aldemir, 1985; Seçim, 1987). Bir anlamda amaçlardan sapmayı ortaya koyan ve amaçlara ne derece ulaşıldığını gösteren stratejik düzeyde bir ölçüdür. Teknik düzeyde ise, beklenen ve gerçekleşen durum arasındaki ilişki yeterlilik derecesi olarak tanımlanmaktadır (Özdemir, 1988). İşletmede üretilen ürünlerin kalite düzeyi de işletme performansının önemli göstergelerinden biridir. Ancak, tanımlardan da anlaşılacağı gibi işletmenin etkinliği büyük ölçüde kalite ve yeterlilik derecesine bağlıdır. Diğer bir deyişle, işletmenin etkinliği o işletmenin kalite düzeyi ile yeterliliğini de içermektedir (Tersine, 1985).

Bir işletmenin verimliliği ise, işletmenin sahip olduğu kaynakların yaratılan değere (üretime) katılma oranının bir göstergesidir (Kara, 1987). Bir işletmede yaratılan değer kalite ve miktar yönlü ölçülebileceğinden verimlilik ile kalite ve yeterlilik derecesi arasında da kaçınılmaz bir ilişki söz konusudur. Dolayısıyla verimlilik, etkinlik, kalite ve yeterliliği içeren bir başarı ölçütü olmaktadır (Swaim and Sink, 1985).

Yıllardan beri işletmelerin başarısı (performansı), belli bir dönemde elde edilen gelirle aynı dönemde katlanılan maliyet arasında ilişki olarak tanımlanan, karlılık oranı ile ya da yalnızca karla ölçülegelmıştır. Ancak, karlılık oranını yukarıda açıklanan ölçütlerden ayırık düşünmek mümkün değildir. Verimli olmayan bir işletmenin özellikle serbest piyasa ekonomisi içinde -yani rekabetin olduğu bir ortamda- kar etmesi beklenemez. Benzer şekilde, iskarta oranı çok fazla -yani kalite düzeyi düşük- bir işletmenin karının aynı sektörde yüksek kalite düzeyinde üretim yapabilen işletmeye göre daha az kar etmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Swaim ve Sink etkinlik, yeterlilik derecesi, kalite, verimlilik ve karlılık arasındaki ilişkiyi Şekil 2.1'deki gibi açıklamaktadır.



Şekil 2.1. İşletme performans ölçüleri arasındaki ilişki

Gözden kaçırılmaması gereken bir nokta da, karlılığın yalnız verimlilikle açıklanamayacağıdır. Karlılık aynı zamanda işletmenin satış çabalarının da sonucudur. Ürünün fiyatını belirlemede maliyet yönetim tarafından denetlenebilir bir unsur olarak çok önemlidir. Ancak, yönetimin denetleyemediği serbest pazar koşulları ve bu koşullardaki değişmeler de ürünün fiyatını dolayısıyla da karlılığı etkilemektedir. Bu ortamda, uzun dönemde işletmenin sürekliliği, yönetimin denetlenebilir unsurlardaki performansına bağlıdır. Onun içindir ki, verimlilik denetlenebilir bir performans ölçütü olarak karlılığın dayanması gereken unsurdur. Bu nedenle uzun dönemde işletmelerin başarı ölçütü karlılık yerine verimliliğindeki artış olmalıdır (Doğan, 1987).

Verimliliği arttırma çabaları ve verimlilik artışının devamlılığının sağlanması için yapılan çalışmalar verimlilik yönetimi denilmektedir. Verimlilik yönetiminin temel bileşenleri,

- verimlilik bilincinin yaratılması,
- hedeflerin belirlenmesi,
- verimlilik ölçümü,
- değerlendirme, kontrol ve geliştirme

başlıklarında toplanabilir.

Verimlilik, çıktının girdiye oranı olarak tanımlandığından, verimlilik ölçümü de girdinin ve çıktının ölçümü olarak düşünülmektedir. Verimlilik ölçümü için kullanılan modeller, toplam verimlilik ve kısmi verimlilik ölçüsü olmak üzere iki ana başlıkta toplanmaktadır (Özdemir, 1988). Toplam verimliliği belli bir dönemde tüm işletmede elde edilen çıktının bu çıktıyı elde etmek için kullanılan bütün girdilerin toplamına oranı şeklinde ifade etmek

mümkündür. Kısmi verimlilik ölçüsü ise, işletme, kısım, işlem ya da işlem grubuyla sınırlandırılmış olarak çıktının tek bir girdi türüne oranı olarak tanımlanmaktadır.

İşletmenin tüm girdilerini ve çıktıları fiziksel olarak ölçmek mümkün olmadığından toplam verimlilik parasal olarak ilişkilendirilmektedir. Fiyatlardaki değişimler bu anlamda verimliliği etkileyeceğinden toplam verimlilik oranı gerçek durumu yansıtmaktan uzaklaşabilmektedir. Kısmi verimlilik ölçüsünde ise genellikle işgücü, hammadde, sermaye ve enerji verimliliği dikkate alınmaktadır. Kısmi verimlilik analizlerine başvurulmasının temel nedeni, girdilerden herhangi birinin üretim üzerindeki katkısının incelenmesidir. Ayrıca bu katkının zaman içindeki seyrine bağlı olarak sözkonusu girdinin verimliliğinin arttırılması için çalışılmaktadır (Özdemir, 1988). Bir anlamda birim çıktı başına tek tek girdilerden tasarruf amaçlanmaktadır.

Verimlilik yönetiminin bileşenlerinden biri olan verimlilik ölçümü sonucu, belli bir zaman ölçeğinde verimlilik oranlarında meydana gelen değişimlere bağlı olarak işletmelerde varolan durumun değerlendirilmesi ve uygulamanın geliştirilmesi imkanı ortaya çıkmaktadır. Sink (1985) bu bileşenin önemini "Ölçemediğimiz şeyi yönetemeyiz, tanımlayamadığımız şeyi ölçemeyiz." ifadesiyle vurgulamıştır (Özdemir, 1988).

Verimliliği arttırmak hangi faktör açısından ele alınırsa alınsın, asıl amacın birim üretim maliyetini azaltmak olduğu açıktır. Birim üretim maliyeti için ise, birim ürünü üretmek için gerekli olan zaman anlamına gelen, standart zamanlara öncelikle ihtiyaç olduğu bir gerçektir. Bir işin standart zamanı bilinmeden, özellikle işgücü verimliliğinin ölçülmesi mümkün olamamaktadır.

izleyen kesimde verimliliğin arttırılmasında çok önemli görülen standart zamanların işletmelerdeki diğer kullanım alanları üzerinde durulacaktır.

2.2 Verimlilik Yönetiminde Standart Zamanların Kullanım Alanları

Verimlilik yönetimi ve özellikle işgücü verimliliği açısından önemi vurgulanan standart zamanlar, işletmelerde zaman ögesinin rol oynadığı bütün etkinliklerin koordinasyonu ve denetlenmesi için de bilgi sağlamanın yollarından biridir. İşletmelerde standart zamanların kullanıldığı bazı alanlar,

- farklı metodların karşılaştırılmasında,
- hat dengelemede,
- iş için uygun makina (tezgah) ve işgören sayısının belirlenmesinde,
- üretim planlamasında,
- iş çizelgeleme ve yüklemesinde,
- maliyet hesaplarında,
- norm kadro tespitinde,
- teşvikli ücret sistemlerinde
- sipariş teslim tarihlerinin belirlenmesinde

şeklinde sayılabilmektedir (Timur, 1984; Akal, 1981; Özdemir, 1988). Yukarıda sayılan işlerde standart zamanın kullanımı dolaylı da olsa işletmelerde verimliliğin artmasına yardımcı olacaktır. Farklı metodların karşılaştırılması sonucu üretim için en uygun metoda ulaşılabilecektir. Bu yolla belki de birim üretimin maliyeti aşağılara çekilebilecektir. Benzer şekilde hat dengeleme, iş için uygun makina ve işçi sayısının belirlenmesiyle gerek makinaların gerekse işçilerin optimum kullanımı sağlanacaktır. Üretim planlamasının gerçekçi olması ve sipariş teslim tarihlerinin doğru saptanması işletmeye hem itibar sağlayacak hem de işletmenin yönetimini ve denetimini kolaylaştıracaktır.

Norm kadro tespitinde ve teşvikli ücret sistemlerinde doğru standart zamanların kullanımıyla işçiler gerçekten güdüleneceklerdir ki, bu durum hem üretimin hem de kalitenin artmasına neden olacaktır. Ayrıca teşvik edilen işçiler psikolojik olarak iyi bir ortam yaratacaklardır. Maliyet hesaplarında ise standart zamanlar genellikle işçilik maliyetinin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

izleyen kesimde işletme yönetiminde önemli bir bilgi olan standart zamanların maliyeti ve kalitesi incelenecektir.

2.3 Standart Zamanların Maliyeti ve Kalitesi

Yönetimin, yukarıda da belirtilen planlama, örgütleme, denetim ve kadrolama gibi bütün işlevleri karar verme etkinliği içerirler. Yöneticilerin karar verme etkinliğini sağlıklı yerine getirebilmeleri de kullandıkları ya da dikkate aldıkları bilgilerle orantılıdır. İşte standart zaman bilgisi de bu anlamda işletme yönetimi için gerekli bir bilgi olmaktadır. Verilen kararların sağlıklı ve doğru olabilmesi doğal olarak derlenen bilgilerin doğruluğuna bağlıdır. Dolayısıyla bilginin kalitesi sözkonusudur.

Herhangi bir işletmede verimliliği arttırmanın yollarından birisi, düşük verimliliğe neden olan etmenlerin ortadan kaldırılmasını gerektirir. Düşük verimliliğin en önemli nedenlerinden biri, işin toplam süresinin, içinde bulunan etkin olmayan zamandan dolayı, gerekenden uzun olmasıdır. işin toplam süresinin azaltılması yoluyla verimliliğin arttırılması, endüstri mühendisliğinin çalışma alanlarından biri olan iş etüdünün konusudur.

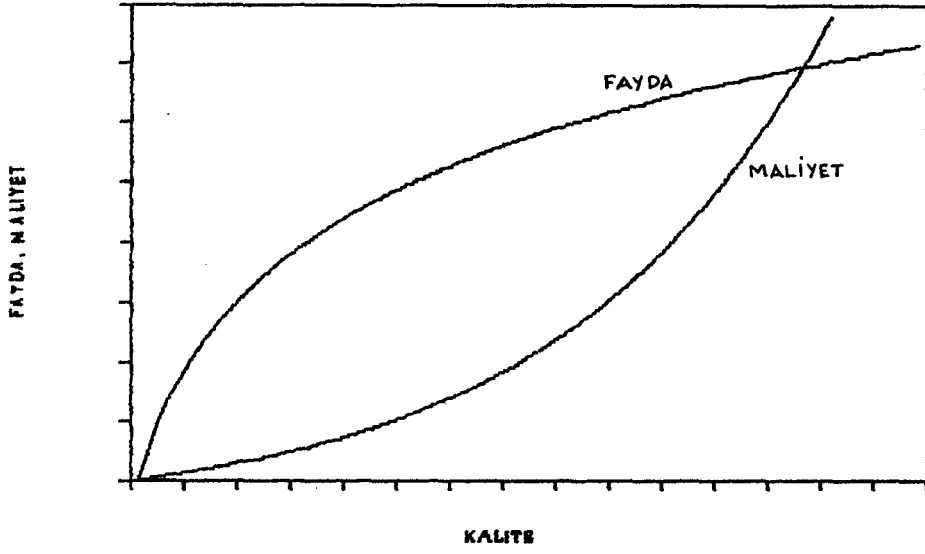
işletme yönetimi için gerekli olan standart zaman bilgisi bir tahmin olmak zorunda kaldığından, gerçek standart zamana yaklaşıldığı oranda bu bilginin kaliteli ve kullanılabilir nitelikte olduğu söylenebilir. Bilginin

kalitesi ile verilecek kararların -yani örgütlenme, denetim ve planlamanın- tutarlılığı doğru orantılı olmaktadır. Ancak standart zaman bilgisinin oluşturulabilmesi bu konuda derlenen verilerin (alınan ölçümlerin) doğru ve etkin değerlendirilmesiyle mümkündür. Bu durum ise ancak günümüz teknolojisini ve olanaklarını iyi ve etkin kullanmakla sağlanabilir. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı değişim ve ucuzlama, standart zaman bilgisi ile ilgili verilerin daha doğru hesaplanmasında ve değerlendirilmesinde bilgisayardan yararlanma olanağını ortaya çıkarmıştır. Bu olanakların yanısıra, bilgisayar destekli çalışıldığında, üretilen yığın bilgilerin yönetimi ile bu bilgilere ihtiyaç duyulduğunda anında erişim de sağlanabilmektedir. İşletme yönetimi için, verilerin toplanması ve bu verilerden ihtiyaç duyulan bilgilerin türetilmesi kadar, ilgili bilgilere daha sonra gerektiğinde tekrar ulaşım da önemlidir. Bu da işletmelerde veri yönetimi sorununu ortaya çıkarmaktadır ki bilgisayar destekli çalışmalar bu sorunu çözmekte hayli başarılı olmaktadır.

Ancak bilgi bir sürecin ürünüdür¹. Bu süreç yaşanmadan bilgiye ulaşmak ve işletme yönetiminde verilecek kararlarda kullanmak mümkün değildir. Doğru ve uygulanabilir kararların üretilebilmesi için gerekli olan bu süreyi beklemekten ve ilgili sürede yapılan işlerden dolayı bir maliyet kaçınılmaz olarak oluşmaktadır. Bu da bilginin maliyeti olarak isimlendirilmektedir.

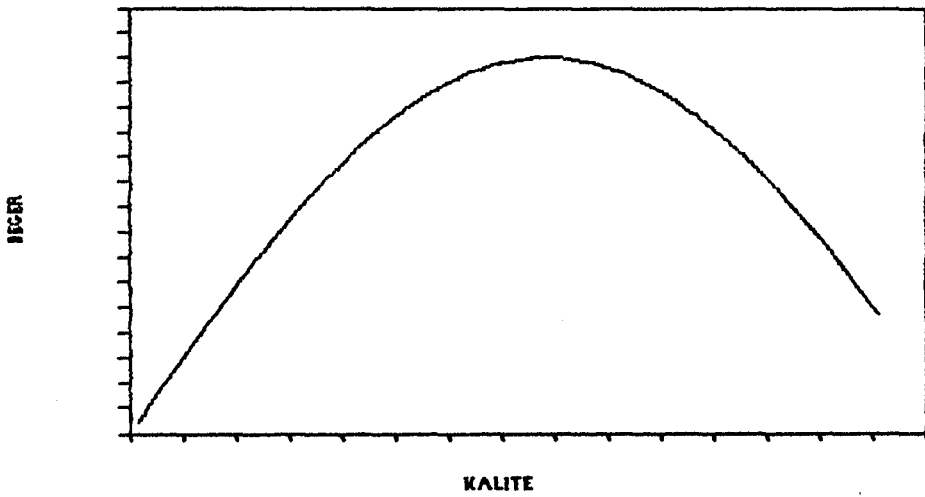
Bilginin kalitesi ve maliyeti kavramları geniş ölçüde belirsizlik içeren, genellikle ölçülmesi ve kestirilmesi çok güç kavramlardır. Buna karşılık, bilginin fayda ve maliyetinin kalitesine göre seyri hakkında aşağıdaki grafik genel bir bilgi verebilir (Taşcı, 1986).

1 Standart zaman bilgisinin oluşturulabilmesi için gerekli süreç izleyen bölümlerde açıklanacaktır.



Şekil 2.2. Bilginin fayda ve maliyetinin kalite ile ilişkisi

Buna göre bilginin kalitesini arttırmanın faydasına marjinal katkısı düşerken, maliyetine marjinal katkısı artar. Bilginin faydası ile maliyeti arasındaki fark dışbükey (konkav) bir fonksiyondur (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Bilginin faydası ile maliyeti arasındaki ilişki

Bu da demektir ki, bilginin kalitesinin bir "eniye" değerinden sözedilebilir. Bu eniyi değerden daha kaliteli bilgi (daha duyarlı - bizim konumuzda gerçeği daha iyi temsil eden standart zaman bilgisi), kendisi için göze alınan maliyeti karşılamaz. Gerçekten de, örneğin aslında 10 dakika olan bir standart zamanı $\pm \% 10$ aralığında (9-11 dak.) tahmin etmenin maliyeti, $\pm \% 5$ aralığında tahmin etmenin maliyetinden oldukça düşüktür. Ancak maliyet artışı, $\pm \% 2.5$ duyarlılık istendiğinde çok hızlı artar. Aralık daraldıkça maliyetin artış hızı artmaktadır. Buna karşılık, standart zamanların kullanıldığı pek çok alanda işlemlere katılan çok sayıda ek parametrenin duyarlılığı pek yüksek değildir. Bu nedenle standart zamanların duyarlılığını arttırmanın katkısı, belirli bir düzeyi aştığında, çok önemsiz kalır.

3. İŞ ETÜDÜ YÖNTEMLERİ VE STANDART ZAMAN

Günümüzde iş etüdü kavramını açıklayan çeşitli tanımlar yapılmıştır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından yapılan tanıma göre "iş etüdü, belirli özelliklere sahip bir faaliyetin yürütülmesinde gerekli olan insan ve malzeme kaynaklarının mümkün olan en iyi şekilde kullanımını temin etmek için başvurulan Metod Etüdü ve İş Ölçümü tekniklerini içeren bir terimdir" (ILO, 1972); İngiliz Standartlar Enstitüsü (BSI) ise iş etüdünü, "insan çalışmasını gerektiren bir işin veya iş grubunun bütün yönleri ile incelenmesinde kullanılan Metod Etüdü ve İş Ölçümü tekniklerini içeren bir terimdir" şeklinde tanımlamaktadır (Pamir, 1984; Wild, 1978).

3.1 Tarihsel Gelişim

İş etüdü konusunda ilk denemeler 1760 yılında Fransa'da, J.R. Perronet isimli bir mühendis tarafından, toplu iğne üretiminde zaman etüdüleriyle başlamıştır (Niebel, 1967). Yaklaşık altmış yıl sonra İngiliz Matematikçi Charles Babbage işi uygun şekilde bölüp ustalaşmayı sağlayacak denemeler yapmış ve iş bölümünün bir ekonomik gereksinim olduğunu vurgulamıştır (Timur, 1984). 1881 yılında bilimsel yönetimin kurucusu sayılan Frederick Winslow Taylor zaman etüdünü, standart zaman saptamak amacıyla Midvale Çelik Şirketi'nde kullanmıştır (Barnes, 1980). İş etüdü Taylor ile Amerika'ya girmiş ve gelişmiştir. Taylor yaptığı çalışmaları Bilimsel Yönetimin İlkeleri adlı eserinde toplamıştır. Yaklaşık aynı tarihlerde Lilian M. Gilbreth ve Frank M. Gilbreth adlı karı-koca, inşaat sektöründe çalışan ustaların hareketlerini incelemişler ve işin yapılmasında daha kolay ve etkin yöntemlerin geliştirilmesi amacıyla mikro-hareket etüdü yapmışlardır (Barnes, 1980). Gilbreth'lerin çalışmaları bir anlamda Taylor'un yaptığı çalışmaları tamamlayıcı nitelikte olmuş ve

iş etüdü hem iş ölçümü, hem de metod etüdü yöntemleri ile verimlilik düzeyinin arttırılması çalışmalarında yönetimin vazgeçilmez araçları arasında yer almıştır. Charles Bedeaux işçinin çalışma hızının derecelendirilmesi gerektiğini savunmuş ve teşvikli ücret sistemlerine esas olacak objektif zaman etüdü sistemi oluşturmaya çalışmıştır. 1920 yıllarında Almanya'da bu konuda çalışmalar başlamış ve "Devlet İş ve Zaman Etüdü Kurulu (REFA) " kurulmuştur. Almanya'da ilk dört ayda 5000 ve 1945 yılına kadar da 40000 iş ve zaman etüdcüsü yetiştirilmiştir (REFA, 1978; Ercan, 1982).

Türkiye'de iş etüdü çalışmaları ise, 24.7.1963 tarihinde yürürlüğe giren 274 sayılı Sendikalar Kanunu ve 275 sayılı Toplu İş Sözleşmesi, Grev ve Lokavt Kanunu ile başlamıştır. Sendikaların ücret artışı isteklerinin maliyete olan olumsuz etkilerini azaltmak isteyen işverenler, karşı tedbir olarak, verimliliğe dayanan teşvikli ücret sistemlerini uygulamaya koymuşlardır (Timur, 1984). Türkiye'deki ilk uygulamalar Sümerbank ve Askeri Dikimevleri'nde başlatılmıştır. Halen, Milli Prodüktivite Merkezi (MPM) ve Sanayi Eğitim ve Geliştirme Merkezi (SEGEM) iş etüdü seminerleriyle, konunun Türkiye'de yaygınlaştırılması için çalışmalarını sürdürmektedirler.

3.2 İş Etüdünde Kullanılan Yöntemler

Önceki kesimde verilen tanımlardan da görüleceği gibi iş etüdü başlıca iki ana teknikten oluşmaktadır. Bunlardan ilki, daha etkin ve kolay metodları uygulayabilmek ve maliyetleri düşürmek amacıyla, işi yapmanın mevcut veya önerilen şekillerin sistematik olarak kayıtlanması ve incelenmesi faaliyeti olan metod etüdüdür (ILO, 1970). İkinci ana teknik ise iş ölçümüdür. İş ölçümü kalifiye bir

işçinin, tanımı yapılmış bir işi, belirlenmiş bir performans düzeyinde yürütebilmesi için gerekli olan zamanı saptamak amacıyla geliştirilmiş yöntemlerin uygulamasıdır.

Tanımlardan da anlaşılacağı gibi metot etüdü teknik personeli, iş ölçümü ise bir anlamda işçiyi ilgilendirmektedir. Metot etüdü işin kapsamındaki gereksiz hareketleri ortadan kaldırmakta, iş ölçümü ise bir işin toplam zamanının uzamasına neden olan etkin olmayan sürenin ortaya çıkarılmasını amaçlamaktadır (Pamir, 1984).

Bir ürünün tasarımının iyi olmaması, sürecin iyi işlememesi, üretim sırasında yönetimin yetersizliği ve işçi davranışlarından doğan etkin olmayan süre, o ürünün üretim süresini arttıracaktır. Bütün bu etmenler, işletmenin verimliliğini azaltmaktadır. Bu anlamda aslında iş ölçümünün ön koşulu metot etüdü olmaktadır. İyi tasarlanmamış ve sürecin iyi işlemediği bir yerde iş ölçümü teknikleri ile işin yapılış süresini bulmak ve azaltmaya çalışmak anlamlı değildir. Yanısıra, etkin olmayan süre işçiden kaynaklanabileceği gibi yönetim eksikliklerinden de oluşabilmektedir.

Bu çalışmada iş ölçümünün bir uzantısı olan standart zamanların bulunması hedeflendiğinden, metot etüdü üzerinde durulmayacaktır. İzleyen kesimde literatürde kabul görmüş iş ölçümü yöntem ve teknikleri özetlenecektir.

3.3 İş Ölçümü Yöntemleri

Ölçülecek işin özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösteren iş ölçümü yöntemleri, dolaylı ve dolaysız yöntemler olarak iki ana başlıkta toplanmaktadır (Pamir, 1984).

3.3.1 Dolaylı İş Ölçümü yöntemleri

Uygulama çalışmaları sırasında doğrudan doğruya işin başında ölçüm yapılmayıp, iş için gerekli standart zamanların, standart veri ve formül kullanımıyla tahmin edildiği veya sentetik zaman sistemleri kullanımıyla elde edildiği iş ölçümü yöntemlerine dolaylı iş ölçümü yöntemleri denir.

3.3.1.1 Standart veri ve formül kullanımı

Standart veri ve formül kullanımı yöntemi daha çok mekanik atölye çalışmalarında kullanılmaktadır. Bir zaman etüdü çalışmasıyla elde edilen verilerin organize edilip standardizasyonuna gidilerek, işletme için bilgi kaynağı olarak kullanılacak standart veri tabloları oluşturulmaktadır. Bu tablolar ve bazı makina zamanı formülleri kullanılarak, dolaysız iş ölçümünün uygulanamadığı ya da uzun süre gerektirdiği işlerde, tahmini standart zamanlara ulaşılabilmektedir. Tahmini standartların oluşturulması sırasında etüdcünün elinde üretilecek parçanın resmi, standart veri tabloları ve formüller bulunmaktadır. Gözlem yapma olanağı da olmadığından etüdcü üretim sürecini bir anlamda hayalinde canlandıracaktır. Bu nedenle ilgili yöntemle tahmin yapacak etüdcü,

- parça resimlerini okuyabilmeli ve yorumlayabilmeli,
- iş etüdü (iş ölçümü-metod etüdü) yöntem ve tekniklerini iyi bilmeli,
- makinalar ve kapasiteleri hakkında bilgi sahibi olmalı,
- metallere, takım aparat ve masterlar konusuna hakim olmalıdır (Nordhoff, 1960).

Yöntemin bir sakıncası olarak kabul edilen çok iyi nitelikli bir etüdcü zorunluluğu, işletme bünyesinde halledildiğinde, diğer yöntemlere nazaran zaman ve maliyetten

tasarruf sağlanmaktadır. Yöntemin diğer bir üstünlüğü de, bir ürün daha önce hiç üretilmemiş bile olsa standart zamanının tahminine olanak sağlamasıdır.

3.3.1.2 Önceden belirlenmiş hareket-zaman sistemleri **(Sentetik zaman sistemleri)**

Bir sentetik zaman sistemi iş ölçümü teknikleri arasında yer alan ve bünyesinde temel insan vücudu hareketlerine ait önceden tespit edilmiş zamanları bulunduran bir araçtır (ILO, 1970). Sentetik zaman sistemleri, ei işçiliğine ait bütün işlerin, vücudun veya vücut kısımlarının temel hareketleri cinsinden analiz edilebileceği varsayımına dayanmaktadır.

Yöntem genel olarak aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- İş, elemanlarının bileşiminde bulunan birim hareketlere kadar analiz edilir.
- Her temel hareket saptandıktan sonra, hareket uzaklığı ile gerçekleştirme sırasında etkin olan faktörler belirlenerek hareketin sınıflandırılması yapılır.
- Her hareket için gerekli zaman, tablolardan okunarak toplanır (Pamir, 1984).

Sentetik zaman sistemleri standart zaman tespiti çalışmalarında uygulandığı gibi metod değerlendirme çalışmalarında da başarıyla uygulanabilmektedir.

Sentetik zaman sistemleri ile ilgili çalışmalar ilk defa 1927'de A.B. Segur tarafından geliştirilen Hareket Zaman Çözümlemeleri (Motion Time Analysis) adlı zaman standartları ile başlamıştır. Bu standartlar pek bilinmemekte, buna karşılık 1934'de J.H. Quick ve arkadaşları tarafından geliştirilen İş Faktörü (Work Factor) sistemi hala etkin olarak kullanılmaktadır. Ancak dünyada en yaygın olarak kullanılan Metod Zaman Ölçümleri (M.T.M.: Method

Time Measurement) adlı standartlardır ve ikinci dünya savaşı yıllarında, Westinghouse Elektrik Şirketi'nde çalışan H.B. Maynard, G.J. Stegemerten ve J.L. Schwab geliştirmişlerdir. M.T.M. standartları daha sonra 1962'de basitleştirilmiş biçimi olarak MTM-2 adıyla uluslararası esgüdüm kurulu (International MTM Directorate) tarafından geliştirilmiştir. Bugüne dek kayıtlara geçmiş dokuz tane sentetik zaman sistemi mevcuttur (Barnes, 1980).

Sentetik zaman sistemleri, metodun bilinmesi halinde çok önceden standart zamanın tespitini mümkün kıldığı, metod değişikliklerine karşı çok hassas olduğu, özellikle ürün tasarımı ile metod analizine ve değerlendirmesine olanak sağladığı için avantajlı bir yöntem sayılmaktadır. Ancak, tekrarlı işlerde ekonomik olan bu yöntem, tekrarsız işlerde ekonomik olmamaktadır. Uygulanabilirliği her işletmede aynı şansa sahip görülmeyen sentetik zaman sistemleri, "belli bir harekete ait zaman, hem ondan önceki hem de ondan sonraki hareketten etkilenir, oysa yöntem bunu hiç dikkate almıyor" biçiminde eleştirilmektedir (ILO, 1970; Pamir, 1984).

3.3.2 Dolaysız iş ölçümü yöntemleri

Ölçülen işin başında doğrudan doğruya gözlem yoluyla standart zaman türetmek için geliştirilen yöntemler dolaysız iş ölçümü yöntemleri olarak bilinmektedir. Bu grup altında iş örnekleme, grup zamanlama tekniği ve zaman etüdü yöntemleri yer almaktadır.

3.3.2.1 İş örnekleme

Etkinlik örnekleme, gecikme oranı etüdü, rasgele gözlem yöntemi, ani okuma yöntemi ve gözlem oran etüdü isimleriyle de anılan iş örnekleme bir örnekleme yöntemidir. İlk defa 1935 yılında, İngiliz tekstil endüstrisinde çalışan L.H.C. Tippet tarafından geliştirilen yöntem

1940'lardan bu yana Amerika'da da, özellikle büro ve süpermarket benzeri büyük mağazalarda ve bakım onarım faaliyetlerinin incelenmesi ile gecikme paylarının saptanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (ILO, 1970).

İş örnekleme, makinaların veya işçilerin belli bir periyod içinde gözlenmesi yoluyla yürütülen bir iş ölçümü yöntemidir. Refa tarafından yapılan tanıma göre "iş örnekleme, bir ya da birden çok aynı türden iş sistemi ile ilgili olarak önceden belirlenmiş olan akış türlerinin ortaya çıkma sıklıklarının rassal ve kısa süreli gözlemler yolu ile belirlenmesidir" (Refa-MPM, 1978). Yapılan hesaplamalarla, gözlenen işçilerin veya makinaların ve hatta bir atölyenin çalışma ve boş durma yüzdeleri tespit edilebilmektedir. Ayrıca iş örnekleme yardımıyla işletmelere ilişkin sayısal göstergeler elde etmek mümkün olabilmektedir. İşgücü gereksinimi, zaman tespiti için gerekli olan payların belirlenmesi, üretimin planlanması ve yöneltimi ile bağlantılı olarak iş akışlarının incelenmesi gibi alanlarda iş örnekleme yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir gözlemci, birkaç işçiyi/makinayı aynı anda gözleyebildiğinden, uygulanmasının çok kolay ve pratik olmasından ve önceki yöntemlerdeki gibi çok iyi niteliklere sahip etüdü gerektirmediğinden iş örnekleme özellikle uzun çevrimli işlerde tercih edilmektedir. Ayrıca hesaplanmasının çok kolay oluşu ve zamanlama aracı kullanılmadığı için işçiler üzerinde baskı yapmaması da bu yöntem için avantaj sayılmaktadır. Ancak rassallık prensiplerine uyulmadığında ve yerleşimin çok dağınık olduğu işletmelerde iyi sonuçlar vermemektedir. Ayrıntılı bilgi vermeyişi ve metod değişikliği yapıldığında yenilenmesinin gerekmesi yöntemin dezavantajları olmaktadır (Pamir, 1984; Brisley, 1963). İş örnekleme, çoğunlukla birkaç haftayı kapsadığından, bazen sadece birkaç saat sürebilen zaman

ölçümlerine göre, ortalama iş akışı hakkında daha güvenilir bir tablo sergileyebilmektedir. Ancak zaman ölçümünün tersine, iş örneklemesi ile performans dereceleri ile ilgili bilgi edinmek mümkün değildir (Refa-MPM, 1978).

3.3.2.2 Grup zamanlama tekniği

Grup zamanlama tekniği kronometreli bir gözlemcinin, 2-15 işçi veya makinayı bir anda gözleyerek ayrıntılı sonuçlar elde etmesini sağlayan bir iş ölçümü yöntemidir (Pamir, 1984; Tiefenthal, 1963). İş elemanlarının sürekli olarak önceden saptanmış sabit aralıklarla gözlenmesi ve işçilerin performansının derecelendirilmesi esasına dayanır. Bu anlamda grup zamanlama tekniği, iş örneklemesine çok benzemesine rağmen rassal bir esasa dayandırılmamıştır.

Gözlemler arasındaki zaman uzunluğu işçi ve makina sayısı ile bunların konumlarına bağlı olarak geliştirilmektedir. Ancak zaman aralığının, süresi en kısa iş elemanından daha kısa bir zaman değerine sahip olması istenmektedir (Pamir, 1984).

Grup zamanlama tekniği de daha çok bakım-onarım ve büro işlerinde tercih edilmektedir. Yöntemin, standartların kontrolü ve iş yükü miktarının saptanmasında kolay ve ucuz olduğundan avantaj sağladığı belirtilmektedir. Çok iyi eğitilmiş gözlemciye gereksinim duyulmaması ve işçiler açısından grubun etüd edilmesi nedeniyle daha kolay kabul edilebilir olması yöntemin diğer avantajlarıdır. Ancak metoda yeterince eğilmediği ve pasif bir teknik olduğu konusunda eleştiriler almaktadır.

3.3.2.3 Zaman etüdü

Uluslararası Çalışma Örgütü zaman etüdünü, belirli koşullar altında yapılan, özellikleri verilmiş bir işin

elemanlarına ait zamanlar ile performans derecelerinin kaydedilmesinde ve o işin tanımlanmış bir performans düzeyinde yürütülebilmesi için gerekli olan zamanı elde etmek üzere, bu verilerin analizinde kullanılan bir iş ölçümü tekniği olarak tanımlanmaktadır (ILO, 1970). İş ölçümü teknikleri içinde en yaygın kullanıldığı kabul edilen zaman etüdünü Maynard, özellikleri belirlenmiş bir işin, kalifiye ve normal çalışan bir işçi tarafından yapılabilmesi için gerekli olan zamanı tespit etmekte kullanılan iş ölçümü tekniğidir şeklinde özetlemektedir (Maynard, 1963). Yapılan bir araştırmaya göre, iş ölçümü yapılan işletmelerin % 89.5'inde zaman etüdü ya diğer yöntemlerle birlikte ya da tek başına kullanılmaktadır¹.

Kronometraj çalışması olarak da bilinen zaman etüdü esas itibariyle bir iş istasyonunda tekrarlı ve kısa çevrimli işlerde özellikle tercih edilmektedir. Montaj, imalat, taşıma, paketleme, sınıflama ve düzenleme işlerinde genelde bu tür iş istasyonları mevcut olduğundan zaman etüdü yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında, örneğin temizlik, onarım ve depolama gibi birkaç iş istasyonuna giderek yapılan ve uzun çevrimli işlerde de, zaman etüdünün diğer yöntemlere göre daha üstün olduğu genelde kabul edilmiştir (Oakes, 1985).

Zaman etüdü yönteminde metodun ayrıntılı olarak tanımlanması gereği ve gözlemlerle işin gerçek aktif zamanının bulunması bir avantaj kabul edilmektedir. Ancak her işin mutlaka gözlenmesi ve performans tayin edilmesi zorunluluğu yöntemin dezavantajıdır.

¹ 1976 yılında Industrial Engineering and Patton Consultant Inc. (IE-Patton) tarafından ABD ve Kanada'daki 1500 işletmede kullanılan iş ölçümü yöntemleri hakkında araştırmalar yapılmış ve sonuçları yayınlanmıştır.

Dolaysız iş ölçümü yöntemleri içinde zaman etüdü, uygulama süresi ve maliyeti açısından diğer yöntemlere göre daha dezavantajlı olmasına rağmen, ölçüm sonuçlarının gerçek durumu yansıtması açısından daha avantajlı olduğu, genelde kabul görmüş bir gerçektir.

3.4 İş Etüdü Yöntemlerinin Maliyet ve Kalite Açısından Karşılaştırılması

Standart zamanın kalitesi, kabaca bu "bilgi"nin gerçekliği temsil etme oranıdır. Standart zamanların kullanıldığı alanların gerektirdiği kalite, uygulamanın niteliğine göre değişir. Örneğin üretim planlamada çizelgelemenin başarısı tezgah ayarlama vb. gibi sabit "verimsiz süre"lerin uzunluğunu doğrudan etkiler. Bu sürelerin kestiriminde % 10 dolaylarında hatalar olağan kabul edilebilir. Tezgah arızası gibi nedenlerle ortaya çıkabilecek zaman kayıplarının kestiriminde de benzer hatalar yapılabilir. Öte yandan, üretim planlarında farklı ürünler belirli bir temelde (fiyat, kullanılan malzeme, ağırlık vs.) "tümleştirilirler". Bu da önemli bir sapma kaynağıdır. Bu yüzden, sadece böyle bir uygulamada kullanılacak standart zamanların çok duyarlı olmaları önemli degildir. Oysa teşvikli ücretlere temel olmak üzere kullanılan standart zamanlarda % 10 sapmayla iki işçinin işi arasında % 10 (biri % 95 diğeri % 105 olarak tahmin edilmiş olsa) kadar fark ortaya çıkması olağandır. Bu da bir işçinin belirli bir tempoyla sekiz saatte ancak üretebildiğini diğerinin yedi saat on dakikada üretebilmesi anlamına gelir ki bu durum sisteme önemli ölçüde zarar verebilir. Burada unutulmaması gereken, % 10 sapmanın % 20 sapmadan daha iyi olduğudur. Standart zaman kalitesini üretmenin maliyeti olmasa, en iyi standart zaman gerçekliği % 100 temsil eden standart zaman olacaktır. Ancak duyarlılık arttıkça duyarlılığın arttırılması maliyeti artar.

Yukarıdaki kesimlerde anılan yöntemlerin sağlayabileceği en yüksek duyarlılıklar farklıdır. Örneğin iş örneklemeyle sağlanabilecek en yüksek duyarlılık, iş ölçümüyle sağlanabilecek olandan oldukça düşüktür. Bu durum, yöntemin yanısıra, süresi belirlenmeye çalışılan işin niteliğine de bağlıdır. Örneğin büyük ölçüde otomatik (makinarya bağlı) olan ve oturarak sadece el hareketleriyle gerçekleştirilen işler için Önceden Belirlenmiş Hareket-Zaman Sistemleri (P.D.M.T.S.) yaklaşımı yüksek duyarlılığa ulaşabilir. Buna karşılık bir ürünün retuşu sözkonusu olduğunda bu yaklaşımın başarılı olması çok güçtür.

Standart zaman tespit yöntemlerinde maliyeti etkileyen bir unsur da kaliteli ve yetişmiş işgücü ihtiyacıdır. Dolaylı iş ölçümü yöntemleri olarak anılanlar zaman tasarrufu sağlamasına rağmen üretimi ve teknolojisini tanıyan ve ilgili iş etüdü yöntem ve hesaplamalarını çok iyi bilen etüdüye ihtiyaç duymaktadır. Dolaysız iş ölçümü yöntemleri ise bu konuda o kadar hassas değildirler. Örneğin önceden belirlenmiş hareket-zaman sistemleri yardımıyla standart zaman hesaplamak isteyen bir etüdü hem teknik olarak işin yapılışını ve ilgili tezgahları çok iyi bilmeli hem de iş ölçüm yöntemine tamamen hakim olmalıdır. Buna karşılık iş örnekleme yöntemi kullanacak olan etüdü'nün işi kısa bir süre gözlemesi ve iş örnekleme formunu amaçlara göre hazırlayabilmesi yeterli nitelikler sayılabilmektedir.

İşin önemli bir boyutu da saklanan bilgilerin içeriğidir. Sözelimi zaman etüdü yönteminde metoddaki değişiklikleri kontrol ve tespit etmek mümkünken iş örnekleme bu türden yaklaşımlara pek duyarlı değildir. Dolayısıyla ilgili işin standart zamanının günlenmesi gerekliliğinin kaliteye yansımaları düşünülürse, standart zaman olarak saklanan ve kullanılan bilginin içinde ilgili işin metodunu da içermesi duyarlılığı hayli arttıracaktır.

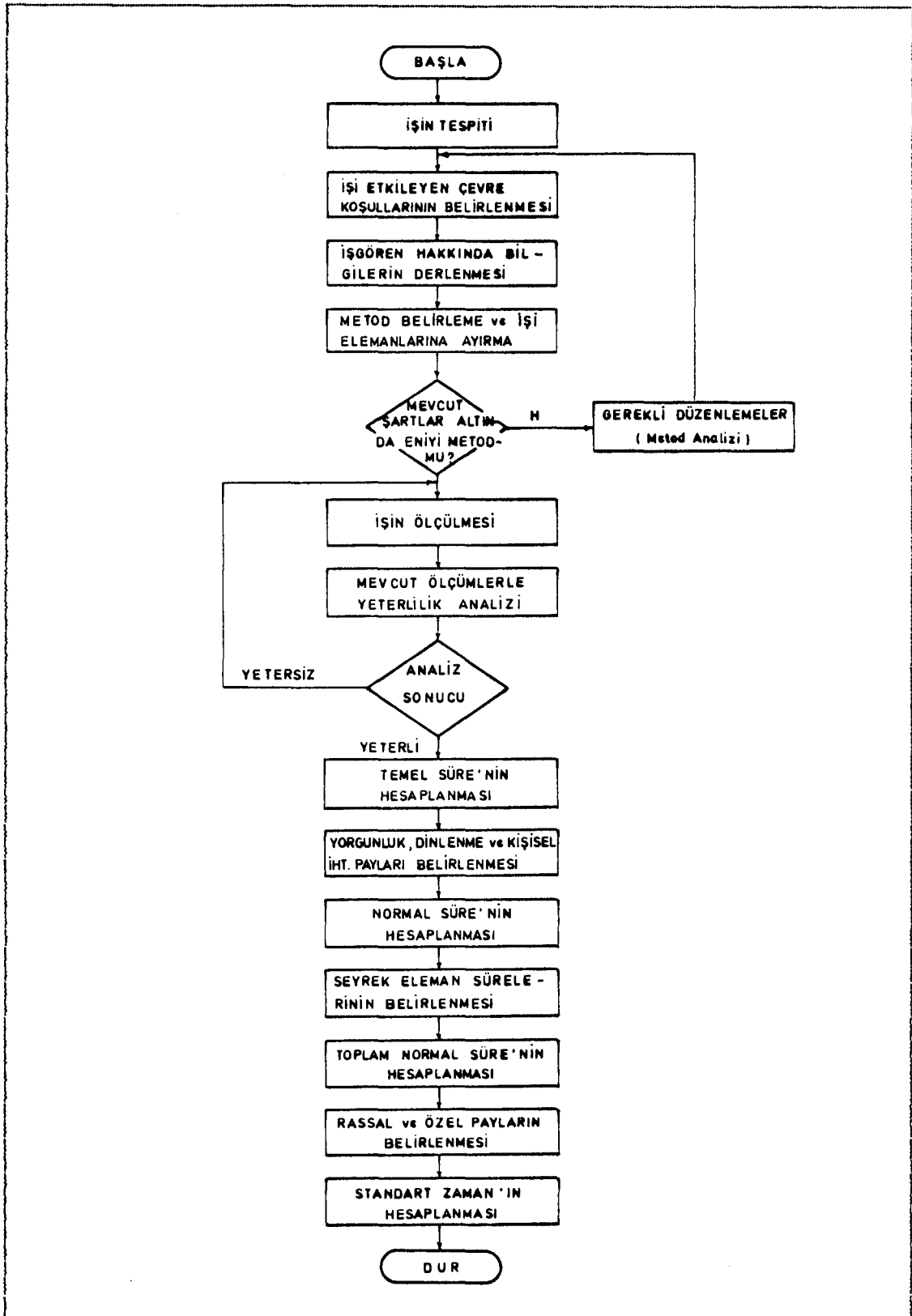
3.5 Zaman Etüdünde Standart Zaman

Önceki kesimlerde mevcut iş ölçümü yöntemleri genel ilkeleri ve üstünlükleriyle kısaca anlatılmıştır. Bu bölümde, yaygın olarak kullanılan iş ölçümü yöntemlerinden olan zaman etüdünün uygulama yöntemi ve standart zamanın tanımı verilecektir.

3.5.1 Zaman etüdünün uygulama yöntemi

Bir işletmede zaman etüdü yöntemi ile iş ölçümü yapabilmek için öncelikle ilgili işi etkileyen çevre koşulları ve işi yapan işçi(ler) hakkında veri ve bilgi derlemek gerekmektedir (Şekil 3.1). Derlenen bu bilgiler, etüdücünün hem o işin normal temposu hakkında bilgilenmesini hem de ileride karar vereceği paylar hakkında veri derlemesini sağlayacaktır.

Etüdücü iş hakkında genel bilgilere sahip olduktan sonra ölçülecek işi elemanlarına ayırarak metodu ayrıntılı biçimde tanımlamalıdır. İş elemanını, İngiliz Standartlar Enstitüsü, bir işin gözlemine ve ölçümünü kolaylaştırmak için seçilen ve o işe ait olan bağımsız parçalardır, şeklinde tanımlamaktadır (BSI, 1969; Pamir, 1984). Bu tanımdan da görüleceği gibi, metodun tam olarak çıkarılması da işi elemanlarına ayırmayı gerekli kılmaktadır. Ayrıca, iş elemanları bazında ölçüm yapılacağından, metottan sapmalar kolayca belirlenebilecektir. İş elemanlarına ayırmanın bir başka yararı da, başka bir işin içinde aynı elemana rastlanıldığında, standart zamanın hesaplanması için ilgili sürenin sentetik olarak kullanılabilmesidir (Barnes, 1980). Yanısıra, işin elemanlarına ayrılarak incelenmesi etkin sürenin etkin olmayan süreden ayrılmasını garanti eder (ILO, 1972). Bunun yanında, her çevrimdeki her iş elemanına ayrı tempo takdir etmeyi mümkün kılar. Böylelikle yorgunluk paylarının daha doğru saptanması da sağlanabilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Zaman etüdü yönteminin akış diyagramı

Ayrıntılı metod çıkarıldıktan sonra metodun yeterli olduğundan emin olunması gerekir. Hangi iş ölçümü tekniği kullanılırsa kullanılsın metod etüdü yardımı ile o işi en iyi ve kolay şekilde yapmanın yolu bulunmamışsa, bulunan standart zaman gerçeği temsil etmeyecektir (Şekil 3.1). Çünkü iş, metod etüdü ile standartlaştırılmamışsa, o işi daha az zamanda yapmanın mevcut yöntemlerinin olabileceği düşünülmektedir. Bu anlamda zaman etüdü, metod etüdünü de kontrol edebilme yeteneğine sahip bir iş ölçümü yöntemidir.

Metodun uygun olduğu kararından sonra, işin (veya iş elemanlarının) süresi, işçinin temposu (performansı) derecelendirilerek ölçülür (Şekil 3.1). Bu ölçümlerde genellikle kronometre kullanılmasının yanında sabit hızla işleyen film makinası ile zaman etüdü makinası da kullanılmaktadır. Kronometre ile yapılan ölçümlerde ya sürekli zamanlama ya da geriye dönüşlü zamanlama metodu seçilmektedir. Ölçümleme anında işçinin performansının normal performansa göre ölçülendirilmesi anlamına gelen tempo-lama işlemi de yapılmaktadır. Mümkün ise her iş elemanı ayrı ayrı tempolandirilmelidir. Derecelendirme işlemi literatürde kabul görmüş Westinghouse sistemi, Sentetik Derecelendirme, Objektif Derecelendime ve Standart Derecelendirme yöntemlerinden biri ile yapılmaktadır (Maynard, 1963).

Yeterli sayıda ve güvenilirlikte ölçüm yapıldığı belirlendikten sonra¹,

$$TS_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} X_{ki} \cdot (P_{ki}/100)}{n_k}$$

¹ Yeterlilik konusu üçüncü bölümde detaylı olarak inceleneceğinden burada açıklama yapmaya gerek duyulmamıştır.

formülü yardımıyla iş elemanlarının temel süreleri ayrı ayrı bulunmaktadır¹. Burada,

TS_k : k'inci iş elemanının temel süresi,

X_{ki} : k'inci iş elemanının i inci gözlem değeri,

P_{ki} : k'inci iş elemanının i inci gözlem değerinin temposu,

n_k : k'inci iş elemanı için yapılan gözlem sayısı

olarak alınmıştır.

Temel süre, kalifiye bir işçinin normal performans düzeyinde (çalışma hızında) çalıştığı takdirde, işi tamamlamak için gerek duyacağı zamandır (Pamir, 1984). Dolayısıyla hiç bir payı içermemektedir. Ancak bir işçinin tüm mesaisi boyunca, hiç ara vermeden, kişisel ihtiyaçlarını gidermeden aynı tempoda çalışması mümkün değildir. Üstelik bazı durumlarda işçi, kendi kontrolü dışındaki nedenler yüzünden de çalışmasına ara vermek zorunda kalmaktadır. Bu amaçla, yorgunluk, gecikme ve kişisel ihtiyaç payları temel sürenin bir yüzdesi olarak hesaplanmaktadır (Şekil 3.1) (Timur, 1984).

Daha önceden iş elemanı temelinde bulunan temel sürelerle, yine iş elemanı temelinde hesaplanan paylar,

$$NS_k = TS_k \cdot (1 + \%KP_k)$$

formülü ile eklenerek her iş elemanı için normal süreler hesaplanır. Burada,

NS_k : k'inci iş elemanının normal süresi,

TS_k : k'inci iş elemanının temel süresi,

KP_k : k'inci iş elemanı için hesaplanan pay yüzdesi

¹ Bazı kaynaklarda normal zaman olarak da isimlendirilen temel süre,
Normal Zaman = Gözlem Zamanı * (Tempo/100)
formülü ile de belirlenmektedir (Barnes, 1980; Pamir, 1984)

olarak alınmıştır.

İşi elemanlarına ayırırken her çevrimde yapılan işler dikkate alınmaktadır. Ancak işçiler, o işi yapabilmek için, sözgelimi tezgahlarını hazırlamakta, ilgili kısmın temizliğini yapmakta ve bazen ara stokları istiflemekte hatta bazen de taşıma yapmaktadırlar. İşte bunun gibi her çevrimde tekrarlanmayan, ancak arada sırada yapmak zorunda kalınan işler de, işçinin mesaisinin bir kısmını harcamasına neden olmaktadır. Bu tür işlere (iş elemanlarına) literatürde seyrek işler (seyrek iş elemanları) ya da ek işler denilmektedir. Seyrek işlerin süresi de yukarıda anlatıldığı biçimde ölçülür (Şekil 3.1). Ancak, her seyrek işin kaç çevrimde bir yapıldığı dikkate alınarak bir iş çevrimine düşen seyrek elemanlar süresi hesaplanmalıdır.

İş elemanlarının normal süreleri toplamına, bir çevrime düşen seyrek eleman süresi,

$$TNS = \sum_{i=1}^m NS_i + SS$$

formülü ile eklenerek iş için toplam normal süre hesaplanır. Burada,

- TNS : İşin toplam normal süresi,
- NS_k : k'inci iş elemanının normal süresi,
- SS : Bir çevrime düşen seyrek eleman süresi,
- m : Bir çevrimdeki iş elemanı sayısı

olarak alınmıştır.

Bulunan toplam normal süre, işçinin bir işi yapmak için ihtiyaç duyacağı süredir. Ancak bazı durumlarda, örneğin elektrik kesildiğinde, işçi istese de üretim yapamamaktadır. İşletme yönetimi de başarılı işçileri

teşvik amacıyla bazı özel paylar verebilmektedir. Bu payların da ilgili süreye yüzde olarak eklenmesi gerekmektedir (Şekil 3.1).

Daha önceden bulunan toplam normal süreye hesaplanan rassal (tesadüfi) ve özel paylar,

$$SZ = TNS \cdot (1 + \%RP)$$

formülü yardımıyla eklenir ve bir işin standart performans- ta tamamlanması için gereken toplam zaman olarak tanımlanabilen standart zaman bulunur¹. Burada,

SZ : İşin standart zamanı,

TNS : İşin toplam normal süresi,

RP : İş için verilen rassal pay yüzdesi

olarak alınmıştır.

3.5.2 Zaman etüdü yönteminin adımları

Önceki kesimde anlatılan zaman etüdü yönteminin adımlar halinde aşağıdaki gibi açıklamak uygun olacaktır.

Adım 1. İş, işi etkileyen çevre koşulları ve işgörenler hakkında bilgi derlenir ve kaydedilir.

Adım 2. Ölçülecek işi elemanlarına ayırarak metodun tanımı çıkarılır.

Adım 3. Uygun metodun kullanıldığından emin olunur.

Adım 4. İşin (veya iş elemanlarının) süresi işçinin tempo- su derecelendirilerek ölçülür.

¹ Pamir, standart zamanın hesaplanmasında,
Standart Zaman = Normal Zaman * 100 / (100 - % Pay)
formülünün de kullanıldığını belirtmektedir.

Adım 5. Ölçümler yeterli ise temel süre hesaplanır. Yeterli değil ise, ek ölçüm alınarak yeterliliğe ulaşılır ve temel süre hesaplanır.

Adım 6. Her iş elemanı için yorgunluk, dinlenme ve kişisel ihtiyaç payları belirlenir.

Adım 7. İş elemanlarının normal süreleri hesaplanır.

Adım 8. Ölçülen seyrek (ek) iş elemanları süresinin bir çevrime düşen payı, iş elemanlarının normal süreleri toplamına eklenerek toplam normal süre hesaplanır.

Adım 9. Toplam normal süreye rassal ve özel paylar eklenerek standart zaman hesaplanır.

İzleyen bölümde, standart zaman tespitinde yeterlilik probleminin sakıncalı yönleri incelenmiş ve günümüz teknolojisi kullanılarak geliştirilmeye çalışılmıştır.

4. ZAMAN ETÜDÜNDE YETERLİLİK PROBLEMİ

Zaman etüdü bir örnekleme yöntemi olduğundan iş ne kadar çok gözlenirse, sonuçlar ölçülen işin gerçek süresini o kadar iyi temsil edecektir. Diğer bir deyişle standart zaman "bilgi"si o kadar kaliteli olacaktır. Ancak olayın bir de maliyet yani ekonomiklik yönü mevcuttur. Bu nedenle, istatistiksel olarak gerekli sayıda gözlemle yetinilmektedir.

4.1 Geleneksel Yaklaşımla Yeterlilik İşlemi

İstatistiksel olarak gerekli gözlem sayısı ilgili literatürde, formül yardımıyla ve cetvel kullanarak olmak üzere iki yöntemle bulunabilmektedir. Cetvel kullanarak gerekli gözlem sayısını bulmak pratik ve kolaydır. Ancak ilgili şekil (cetvel), daha önceden belli bazı değerlerin formül yardımıyla hesaplanmasıyla, oluşturulduğundan bu çalışmada yalnız formül yardımıyla gerekli gözlem sayısının hesaplanması üzerinde durulacaktır (Elwood, 1963).

Eğer ele alınan ölçüm (gözlem) değerlerinin ortalamasının \pm % 5 hata payı ile doğru olduğuna % 95 oranında güvenilmek isteniyorsa,

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

formülü kullanılmaktadır (Barnes, 1980). Burada,

- N' : Gerekli gözlem sayısı,
- N : Ön etüdle yapılmış gözlem sayısı,
- X : İş elemanına ait ölçüm değerleri

olarak alınmıştır. Formülün çıkarılışı bazı varsayımlar altında yapılmaktadır. Buna göre, $\sigma = \sigma'$ olduğu ve \bar{X} 'lerin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Bilindiği gibi,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N}} = \frac{1}{N} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma'}{\sqrt{N}} \quad \text{ve} \quad \bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

yazılabilir. Normal dağılımda, % 5 duyarlılık ve % 95 güven sınırları için $0.05 \bar{X} = 2\sigma$ yazmak mümkündür. Değerler yerine yazılırsa,

$$0.05 \frac{\sum X_i}{N} = 2 \frac{\frac{1}{N} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sqrt{N'}}$$

elde edilir. Burada N yalnız bırakılırsa gerekli gözlem sayısı formülü elde edilmektedir (Şarman, 1983).

Benzer şekilde hata payı \pm % 10 alındığında gerekli gözlem sayısı için,

$$N' = \left[\frac{20 \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2$$

formülü kullanılmaktadır.

Geleneksel yaklaşımla yeterlilik işlemi adını verdiğimiz bu yöntemde ön etüdle gerekli gözlem sayısına ulaşılamıyorsa ($N < N'$) ilave ölçümler yapılarak önceki örneğe eklenmektedir. Uygun olmayan ölçüm grupları için bu durum, gerekli gözlem sayısının birleştirilmiş örnekte gereksiz yere aşırı biçimde artmasına neden olabilmektedir. Ön etüdle hesaplanan gerekli gözlem sayısından daha fazla gereken gözlem sayısı bulunduğu durumlarda, etüdcüler inisiyatif kullanamadıklarından çözümsüz ya da sonsuz döngülü bir problemle karşı karşıya kalmaktadırlar. İzleyen bölümde bu yaklaşımın irdelenmesine yer verilmiştir.

4.2 Geleneksel Yaklaşımın İrdelenmesi

Önceki bölümde açıklanan yöntem konunun başlangıcından bu yana kullanılan bir yaklaşımdır. Zaman etüdünün başlangıç dönemlerinde sonuçların elle değerlendirilmesi zorunluluğu araştırmacıları basit ve kolay işlemlere itmiş olabilir². Ancak zaman içinde uygulamada karşılaşılan aksamlar ve yeni teknolojik gelişmeler ilgili fonksiyona yansımamıştır. Uygulamada karşılaşılan sorunları ana hatlarıyla aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- işgören mesaisinin her kesitinde aynı performansı göstermemektedir. İş şartları değişmemek koşulu ile bir işçinin temposu günün çeşitli saatlerinde genellikle şöyledir (İncir, 1979):

<u>Saatler</u>	<u>Tempo</u>
8.00	100
10.00	115
12.00	85
13.00	90
14.00	105
17.00	70

Bu sorun etüdcünün tempo takdiri ile çözülebilir gözükmesine rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde çok iyi yetiştirilmiş etüdcü son derece az olduğundan, genellikle problem yaratmaktadır.

- İş ölçümü konusunda yanlış bilinçlenen işçi etüdcüye karşı tavar geliştirebilmektedir.
- Yeterince iyi eğitilmemiş etüdcüler tempo takdirinde sistematik hata yapabilmektedirler.

i Literatürde Bölüm 2.5.i.'deki formüllere yer verilmesine rağmen uygulamada genellikle

$$\text{Temel Süre} = (\text{Ortalama Zaman} / \text{Ortalama Tempo}) \cdot 100$$

formülü yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu da hesaplamaları kolaylaştırıcı bir yaklaşım gibi görünmesine rağmen hatalı sonuçlar bulunmasına neden olabilmektedir.

- Ön etüdle alınan ölçümlerin yetmemesi durumunda alınan ilave ölçümler hiçbir istatistiksel teste tabi tutulmadan ön etüd ölçümleriyle birleştirilmektedir. Bu durum uyumsuz ölçümlerde gereken gözlem sayısını hatalı biçimde çok fazla arttırmaktadır.
- "İşgücü devri"nin yüksekliği kalifiye eleman bulma zorluğu doğurmaktadır. Bu durumda kalifiye elemanların yerini sürekli yeni ve eğitilecek elemanlar almaktadır.

İşletmelerde verimlilik ölçümü ve yönetiminde son derece önemli olan standart zamanların doğru ve güvenilir bir şekilde tespitinde, bilim ve teknolojiye son gelişmeleri kullanmak yerinde olacaktır. Bu anlamda yapılması gerekenlerden ilki, yeterlilik analizinde yukarıdaki sakıncaları gidermek olmalıdır ki, özellikle bilgisayar ve istatistik bu yönlü önemli katkı sağlamalıdır. Esas itibarıyla bu çalışmada üzerinde durulan husus da budur. Yapılması gereken bir diğer işlem de, standart zamanların güncelleştirilmesinde son teknolojilerin uygulanması olup, bu yönlü çalışmalar da devam etmektedir (Özdemir, 1988). Başlangıçtan bu güne kadarki bilgisayarın hesaplamaları kolaylaştırıcı gelişimine rağmen literatürde konunun ele alınmayışının nedenleri ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Uygulamacılar kullandıkları yöntem ve teknikleri irdeleme eğilimi içinde değildir.
- Gelişmiş ülkelerde işgörenlerin kültür düzeylerinin ve çalışma alışkanlıklarının sonucu olarak sorun ağırlığını ve önemini fazla hissettirmemiş olabilir.
- Gelişmekte olan ülkelerde üretimin hızla otomasyona geçişi ve bağlı olarak üretim teknolojisinin yapısı zaman etüdü çalışmalarında işin, işçinin temposuna bağımlılık değişim aralığını daraltmış olabilir.

• Konuyla ilgili kaynaklar gelişmiş ülkelerdeki problemleri yansıtmaktadır. Gelişmiş ülkelerde planlama müdürlüğüne bağlı çalışan kalifiye etüdcüler örneğinin, tempo takdirinde gelişmemiş ülkelere göre daha hassas ve duyarlı davranıyor olabilirler.

Yukarıda açıklanan nedenler anlamlı ve tutarlı olsalar bile, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelere hala yaygın olan teknoloji türü üretimin işçinin performansına bağlı olduğu emek yoğun teknolojilerdir. Bu tür teknolojilerin uygulandığı işletmelerde ise uygulama sorunlarına çözüm bulabilmek için geleneksel yaklaşımla yeterlilik analizi adını verdiğimiz bu yöntemin gözden geçirilmesi gerektiği açıktır.

Zaman etüdü çalışmalarında amaç bir ortalama değer bulmaktır. Bir işin yapılmasına ilişkin süreler doğal olarak sürekli bir dağılım göstermektedirler. Standart zaman da bu dağılıma ilişkin bir ortalama değerden hareketle tespit edilebilmektedir¹. Ancak tespit edilen ortalama değer ölçüm alındığı anda işçinin hangi vardiyada, vardiyanın hangi diliminde çalıştığına bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca ölçülen işçinin seçimi de bu değeri etkilemektedir. Bütün bu ortalama değeri sapmalı hale getirebileceği düşünülen etkiler yalnızca tempo takdiri ile ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Oysa, etüdcünün tempo takdiri de sapma oluşturan bir unsur olabilmektedir. Çünkü, etüdcü de bir insan olarak kendi psikolojik ortamında takdir hakkını her zaman tam doğru olarak kullanamayacaktır. Üstelik tempo takdiri göreceli bir ölçü olduğundan eğitimle bir ölçüde doğruya yaklaştırılabilir. Gelişmekte olan ülkelere

¹ Bu konuda aritmetik ortalama yerine başka yer ölçüleri de kullanılabilir. Böyle durumlarda seçilen zaman kavramı kullanılmaktadır.

bu eğitimin de yeterli olmadığı ve iyi eğitilmiş etüdcülerin sayıca azlığı da dikkate alınır, işletmelerde yapılan zaman etüdü çalışmalarında,

- farklı vardiyalarda,
- vardiyanın farklı dilimlerinde,
- farklı işçiler üzerinde,
- farklı (ölçümcü) etüdcüler tarafından,

yeterince ölçüm alınması bir zorunluluk olarak kendini göstermektedir. Alınan bu ölçümlerin aynı anakütleden geldiğinin saptanmasından sonra, ancak geleneksel yaklaşımdaki yeterlilik analizi anlamlı olacaktır.

Yukarıda vurgulanan dört ilke dikkate alındığında yeterlilik analizinin bu ilkeleri de kapsayan bir algoritmaya dönüştürülmesi kaçınılmazdır. İzleyen bölümde bu anlamda bir algoritma önerisi açıklanacaktır.

4.3 Yeterlilik Analizi İçin Yeni Bir Yöntem

Geleneksel yaklaşımla gerçekleştirilen yeterlilik analizinin, bir önceki kesimde belirtilen sakıncalarını giderecek, günümüz teknolojisi olan bilgisayara dayalı ve üst düzeyde istatistik kullanacak şekilde tasarlanan bir yöntem bu kesimde açıklanacaktır.

4.3.1 Yöntemin Temel Bileşenleri

Yeterlilik analizi yönteminin temel bileşenleri

- Örnek Alma Ölçütü,
- İlk Örnek Testi,
- Yeterlilik İşlemi,
- Uyumluluk Testi

başlıklarında toplanabilir. Bu bileşenlerden yeterlilik işlemi, önceki kesimde geleneksel yaklaşımla yeterlilik işlemi adıyla açıklandığından tekrar üzerinde durulmayacaktır (Bkz. Bölüm 3.1). İzleyen kesimlerde diğer bileşenler sırasıyla açıklanacaktır.

4.3.1.1 Örnek alma ölçütleri

Yukarıdaki kesimde belirtildiği gibi, bir işin standart zamanının tespit edilebilmesi için, farklı vardiyalarda, vardiyanın farklı dilimlerinde, farklı işçiler üzerinde ve farklı etüdüçüler tarafından ölçümler alınması gerekmektedir. Bir etüdüçünün bir işden bir partide (seferde) aldığı belli sayıda ölçümü bir örnek olarak tanımlarsak, standart zamana ulaşmak için en azından bir vardiyanın üç diliminden alınmış üç örneğimiz olmaktadır. Ancak bu örneklerin belli ilkeler çerçevesinde alınması, ortaya çıkacak sapmaların ve yanlışlıkların denetlenebilmesi için, bir zorunluluktur. Bu ilkeleri **Örnek Alma Ölçütleri** olarak aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

1. Ölçüm yapılacak kişiler kalifiye işçiler arasından rasgele seçilmelidir. Eğer işi daha yeni öğrenen acemi bir işçi ölçülecek olursa sapma kaçınılmaz olarak kendiliğinden oluşacaktır. Bulunan standart zamanın uzun bir süre kullanılacağı dikkate alındığında ve her işçinin bir süre sonra yaptığı işte ustalaşacağı ve kalifiye bir işçi olacağı düşünüldüğünde ilgili ölçümlerin kalifiye işçiler üzerinde alınması gerektiği açıktır.

2. Ölçülecek işçiler ölçüm anına kadar olaydan habersiz olmalıdır. Böylece işçilerin işi yavaşlatma yönlü bir eğilim içinde olmaları bir ölçüde engellenebilecektir. Bu durumun ortaya çıkaracağı sakıncalar uygun eğitim ve bilgilendirme programlarıyla ortadan kaldırılabilmektedir.

3. Bir çevrimin ölçüm süresi kısa olan işlerde en az otuz çevrim ölçüm alınmalıdır. Bu sayı kesin olmamakla birlikte, yapılacak olan istatistik analizlerin yeterince bilgi verebilmesi için tespit edilmiştir.

4. Eğer çevrim süresi uzun ise yarım saatten az olmamak üzere makul sayıda ölçüm alınması tavsiye edilmektedir. Ancak ölçümcünün bir saatten fazla ölçüm aldığı durumlarda, kendi yorgunluğu nedeniyle, tempo takdirinde işçi lehine sapmaların arttığı gözlenmektedir. Bir seferde ölçülen çevrim sayısının azlığı da etüdüçülerin tempo takdirinde yeterince gözlem yapamadıklarından hata yapma olasılıklarını arttırmaktadır.

5. Ölçüm alınması sırasında işçilerin yaptıkları seyrek işlerin de ölçülmesine özen gösterilmelidir. Aksi durumda standart zaman için gerekli olan seyrek işlerin ayrıca ölçülmesi işi ortaya çıkmaktadır ki bu da fazladan bir zaman gerektirecektir. Ayrıca bu durumda sapmalı ölçüm alma olasılığı artmaktadır. Aynı zamanda böyle durumlarda üretimin aksaması kaçınılmaz hale gelmektedir ki bu da istenmeyen bir durumdur.

6. Etüdüçülerin ölçüm almaya başlamadan önce işin metoda uygun yapıldığını gözlemesi ve eğer metoddan sapmalar varsa ölçüm almaması gerekmektedir. Çünkü alınan ölçümler başka bir metoda uygun olduğundan kullanılamaz nitelikte olacaktır.

İzleyen kesimde örnek alma ölçütlerine uygun olarak alınacak ölçümlerin birleştirilebilmesi için gerek duyulan parametrik olmayan istatistik testler açıklanacaktır.

4.3.1.2 İlk Örnek Testi

İkinci bileşen yukarıdaki ilkeler ışığında vardiyanın üç diliminde alınan üç örneğin aynı anakütleden gelip

gelmediği sorununu çözmek üzere **İlk Örnek Testi** adını verdiğimiz parametrik olmayan istatistikte bağımsız k-örnek testlerinden KRUSKAL-WALLIS testidir. Parametrik olmayan istatistikte bu gruba ki-kare testi, medyan testinin genişletilmiş hali ve Kruskal-Wallis testi girmektedir. Bu testlerin dışında çok daha özel amaçlı testler de mevcuttur (Siegel, 1956). Ancak parametrik olmayan mevcut bağımsız k-örnek testlerinden en etkinini (efficient) Kruskal-Wallis testidir. En kuvvetli parametrik test olan F testiyle kıyaslandığında kuvvet etkinliği (power-efficiency) % 95.5'dir (Siegel, 1956; Topsever, 1977).

Kruskal-Wallis testi bağımsız k örneğin aynı anakütleden gelip gelmediğine karar vermede kullanılan bir testtir. Şüphesiz örnek değerleri bir dereceye kadar farklı olacaktır. Ancak buradaki sorun, bu farkların gerçek anakütle farklarına işaret edip etmediği veya sadece aynı anakütleden rasgele alınan birkaç örnekte ortaya çıkabilecek şansa bağlı değişiklikleri temsil edip etmediğidir. Kruskal-Wallis testi, k örneğin aynı anakütleden ya da ortalamalar açısından eşit anakütlelerden geldiği şeklindeki sıfır hipotezini test eder. Söz konusu değişkenin en azından aralıklı ölçümüne gerek duyan bu test, ilgilenilen değişkenin sürekli bir dağılıma uyduğunu bir varsayım olarak kabul etmektedir. Bu varsayım, iş ölçümünde birimlerin zaman (dakika, saniye) olması nedeniyle herhangi bir sakınca yaratmamaktadır. Kruskal-Wallis testi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1. 1'den N'ye kadar k grupta bulunan bütün gözlemler tek bir seri halinde küçükten büyüğe doğru sıralanır ve gözlemlere sıra numarası verilir (mertebelenir).

2. Her grup için mertebeler toplamı R değeri hesaplanır.

3. Eğer aynı olan gözlemlerin oranı büyükse H değeri,

$$H = \frac{\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)}{1 - \frac{\sum T}{N^2 - N}}$$

formülü kullanılarak, aksi halde

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

formülünden hesaplanır. Burada,

- k : örnek sayısı,
- n_j : j'inci örnekteki birim sayısı,
- N : toplam birim sayısı,
- R_j : j'inci örnekteki mertebelerin toplamı,
- T : $t^a - t$ (t, aynı olan gözlemlerden oluşan bir gruptaki aynı gözlemlerin sayısı)

olarak alınmıştır.

4. Hesaplanan H değeri belirlenen bir güven seviyesinde serbestlik derecesi k-1 alınan ki-kare tablo değeri ile karşılaştırılır.

5. Eğer hesaplanan H değeri tablo değerinden küçük ya da eşit ise (H_0 reddedilemez) örneklerin aynı anakütleden geldikleri sonucuna, aksi durumda ise (H_0 red) farklı anakütlelerden geldikleri sonucuna varılır.

Eğer yukarıda açıklanan testin sonucunda elimizdeki üç örneğin de aynı anakütleden geldiği söylenebilirse bu örnekler birleştirilerek yeterlilik işlemi yapılacaktır. Yapılan yeterlilik işlemi sonunda hala gözlem alınması gerekiyorsa, birleştirilmiş olan büyük örnekle, yeniden örnek alma ölçütlerine göre alınan, yeni örneğin aynı anakütleden gelip gelmediği sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu

sorun önerilen yöntemin son bileşeni olan uyumluluk testi ile çözülmeye çalışılmıştır. İzleyen kesimde uyumluluk testi açıklanacaktır.

4.3.1.3 Uyumluluk testi

Son bileşen olan uyumluluk testi, parametrik olmayan istatistikte bağımsız iki örneğin aynı anakütleden gelip gelmediğini test etmede kullanılan Mann-Whitney U testidir. Parametrik olmayan istatistikte bu grupta, medyan testi, Fisher testi, Kolmogorov-Smirnov'un çift örnek ve iki-uçlu testleri, rastgelelik testi, ki-kare testi ve Wald-Wolfowitz diziler testi en yaygın kullanılanlarıdır. Ancak, iki örneğin konum (merkezi eğilim) bakımından farklı anakütleleri temsil edip etmediği test edilmek isteniyorsa medyan, Fisher, Mann-Whitney U, Kolmogorov-Smirnov çift örnek ve rastgelelik testleri daha duyarlı sonuçlar vermektedir (Siegel, 1956). Konum farklarına duyarlı olan testler arasında en kuvvetli olanı rastgelelik testidir. Fakat bu test örnekteki birim sayısı küçük olduğunda kullanılabilmektedir. Daha büyük örneklerde tavsiye edilen Mann-Whitney U testidir. Örneklerdeki birim sayısı küçük olduğunda Kolmogorov-Smirnov testi biraz daha etkindir. Gözlemleri sadece bileşik medyanın üstünde veya altında şeklinde ikiye ayırmanın yeterli olduğu zamanlarda medyan testi tavsiye edilebilmektedir. Mann-Whitney U testi, kuvvetli bir parametrik test olan t testiyle uygun bir şekilde analiz edilebilecek verilere uygulandığında, N arttıkça testin kuvvet-etkinliği % 95.5'e yaklaşmaktadır (Mood, 1954; Siegel, 1956). Normal büyüklükteki örnekler için bile % 95'e yakın bir etkinliği olduğundan ve kısıtlayıcı varsayımlara gerek duymadan t testine çok iyi bir alternatif olduğundan uyumluluk testi olarak Mann-Whitney U testi seçilmiştir. Bu test aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Siegel, 1956).

1. Küçük örnekteki birim sayısı (n_1) ve büyük örnekteki birim sayısı (n_2) belirlenir.

2. İki örneğin birimleri birlikte mertebelenir. Aynı olan gözlemlere (birimlere) aynı olan mertebelerin ortalaması verilir. Mertebeler 1'den $N = (n_1 + n_2)$ 'ye kadar olacaktır.

3. U değeri,

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

veya benzer şekilde,

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

formülü ile hesaplanır ve küçük olanı seçilir. Burada,

R_1 : küçük örneğin mertebeler toplamı,

R_2 : büyük örneğin mertebeler toplamı

olarak alınmıştır.

4. Hesaplanan U değerinin anlamlılığını

$$z = \frac{U - \mu_u}{\sigma_u} = \frac{U - \frac{n_1 \cdot n_2}{2}}{\sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}}$$

formülü ile hesaplanan standart normal z değişkenini Normal Dağılım Tablosu ile karşılaştırarak test edilir¹. Eğer aynı olan gözlemlerin oranı fazla ise U'nun standart sapmasını

1 n_2 'nin 20'den küçük olduğu durumlar için ayrı U tabloları geliştirilmiştir. Ancak bu çalışmada ilgili durumla karşılaşılması çok ender olduğundan metin içinde gerekli yer verilmemiştir.

$$\sigma_s = \sqrt{\left(\frac{R_1 \cdot R_2}{N(N-1)}\right) \left(\frac{N^3 - N}{12} - \sum T\right)}$$

formülü ile hesaplayarak z'yi düzeltmek gereklidir. Burada, $T = (t^3 - t) / 12$ (t, belli bir mertebede aynı olan gözlemlerin sayısı) olarak alınmıştır.

5. Eğer gözlenen U değerinin olasılığı belirlenen güven düzeyine eşit veya daha küçükse (H_1 lehine H_0 'ı red) iki örneğin farklı olduğu, aksi durumda örneklerin aynı anakütleden geldikleri sonucuna ulaşılır.

İzleyen kesimde yukarıda açıklanan bileşenler ışığında zaman etüdünde standart zaman tespiti için geliştirilen yöntem açıklanacaktır.

4.3.2 Zaman Etüdünde Standart Zaman Belirlenmesi İçin Önerilen Yöntem

Önceki bölümlerde, standart zaman tespitinde geleneksel yaklaşımın sakıncaları ile eksiklikleri üzerinde durulmuş ve bu sakıncalardan birisinin de işçinin vardiyanın farklı dilimlerinde farklı performans göstermesi nedeniyle olduğu vurgulanmıştı (Bölüm 4.2). Bu sakıncayı ortadan kaldırabilmek ve işin yükünü etüdüden almak amacıyla vardiyanın üç dilime ayrılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

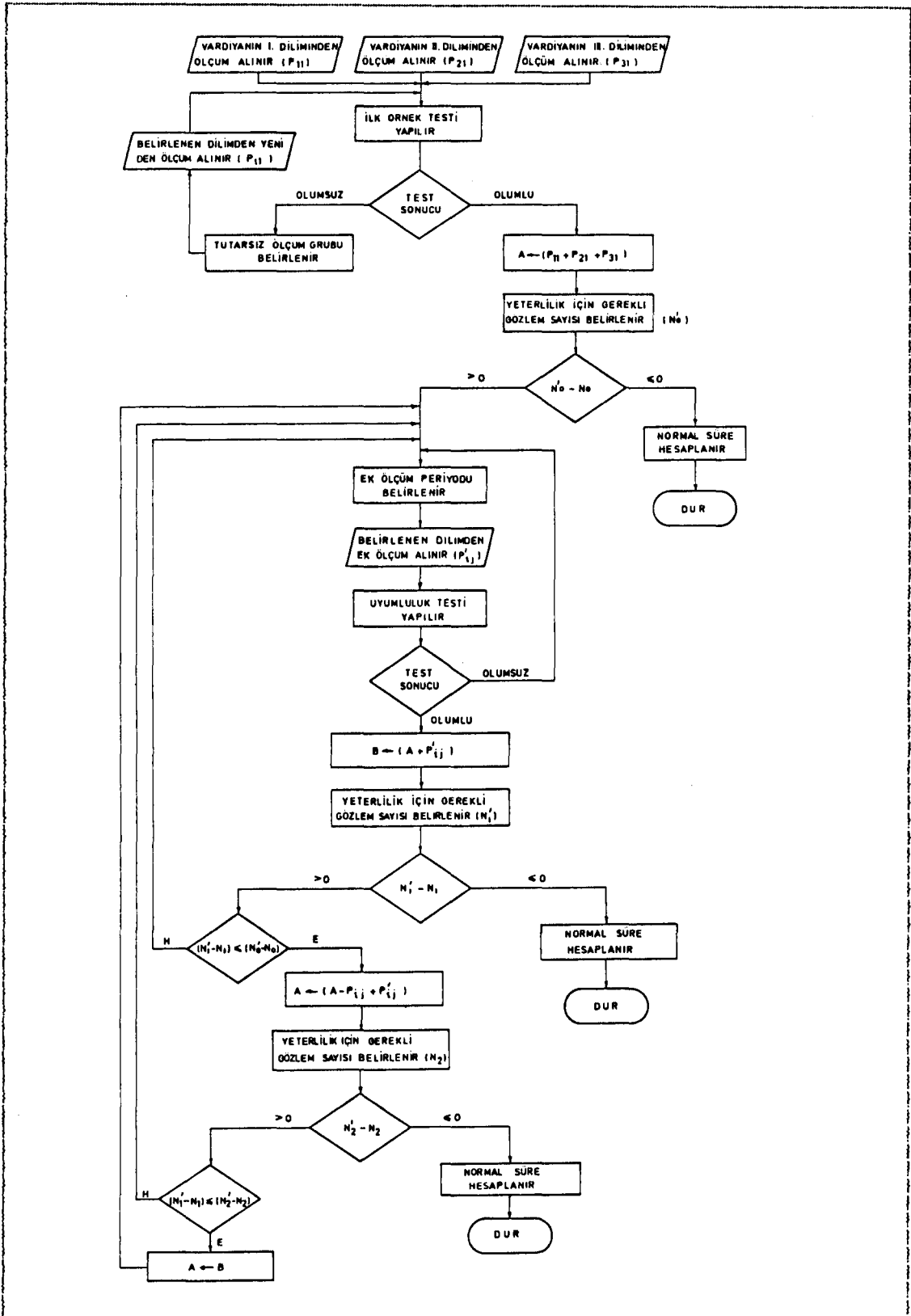
Bir vardiyanın sekiz saat olduğu ve ilk dört saatten sonra bir saatlik ara verildiği düşünülürse, işçilerin işe yeni başladıklarında iki saat belli bir tempoda çalışabildikleri söylenebilir. Ancak ikinci iki saatlik dilimlerde işçinin eski performansını gösteremediği ve belirgin bir yorgunluk olduğu gözlenmektedir. Buradan hareketle bir vardiyanın ikişer saatlik dört dilime bölünmesi düşünülmüştür. Üçüncü dilimden önce işçinin bir saatlik bir dinlenme geçirdiği düşünülürse, birinci ve üçüncü dilimlerde

işçilerin benzer performansı gösterecekleri varsayılabilir. Ancak benzer yaklaşımla, dördüncü dilimde işçilerin ikinci dilimdeki gibi performans gösterecekleri söylenememektedir. Bu durum, dördüncü dilimde işçinin artık mesaisinin sonuna geldiği ve iyice yorulduğu biçiminde açıklanabilir. Yukarıda açıklanan gerekçeler, bir vardiyanın üç ayrı diliminde işçinin farklı performans göstereceğini kanıtlamaktadır. Buradan, performanstaki değişikliğin etüdücünün tempo takdiri ile giderilmesinin hem çok zor hem de güvenilir olamayacağı sonucu çıkarılabilir. Bu amaçla bir vardiya,

1. Dilim İlk 2 saat ile 5. ve 6. saatler
2. Dilim 3. ve 4. saatler
3. Dilim 7. ve 8. saatler

biçiminde üç dilime ayrılmıştır. İşçilerin üretim yapabilmek için her dilimde çalışmak zorunda oldukları düşünülürse, işi yapabilmek için gereken ortalama zaman anlamına gelen, standart zamanı hesaplamak için her dilimde en az bir kez iş ölçümü yapılması gerekmektedir (Şekil 4.1).

Yukarıda belirtilen üç dilimde, örnek alma ölçütlerine uygun olarak yapılan iş ölçümlerinin hemen birleştirilmesinin sakıncaları da önceki kesimlerde açıklanmıştı. Bu nedenle vardiyanın üç diliminde yapılan iş ölçümleri üzerinde, ilk örnek testi adı verilen ve ortalamalar açısından örneklerin aynı anakütleden gelip gelmediklerini test eden parametrik olmayan istatistikte Kruskal-Wallis testi olarak bilinen, testin uygulanması düşünülmüştür (Şekil 4.1). Bu test sonucu ölçümlerin uygun olmadığı gösterilirse ilgili dilimden yeniden ölçüm alınmalı ve işlemler tekrar edilmelidir. Bu işlem yapılmadığı durumda gerekli gözlem sayısı aşırı biçimde artacaktır. Üstelik bu artış aslında kullanılamaz nitelikteki bir ölçümü kullanmakta ısrar edilmesinden kaynaklanacaktır. Eğer ilgili test ölçümlerin uygun olduğu sonucunu verirse bu üç örnek birleştirilerek (Büyük örnek A) yeterlilik işlemi yapmak mümkün olabilecektir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Önerilen yöntemin akış diyagramı

Büyük örnek A üzerinde yapılan geleneksel yaklaşımla yeterlilik işlemi sonucunda, gereken gözlem sayısı yapılan gözlem sayısından az çıkarsa -yani yapılan gözlemler yeterli ise- mevcut formüller yardımıyla normal süre hesaplanabilecektir (Şekil 4.1). Aksi durumda, yani yapılan gözlem sayısının gerekenden az olması durumunda ek ölçüm alınması gerekmektedir.

Ek ölçümler için öncelikle vardiyanın hangi diliminden ölçüm alınacağına belirlenmesi gerekmektedir. Bu işin önce rassal olarak, yine ölçüm gerekmesi durumunda ise bir önceki alınan dilim dikkate alınarak yapılması gerekmektedir. Alınan ilave ölçümlerin hemen büyük örnek ile birleştirilmesi yukarıda anlatılan nedenlerle mümkün değildir. Bu nedenle büyük örnek ile ek ölçümün uygunluğunun tekrar test edilmesi düşünülmüştür (Şekil 4.1).

Uyumluluk testi adı verilen Mann-Whitney testi büyük örnek (A) ile ek ölçümün aynı anakütleyi temsil edip etmediklerini tespit etmek amacıyla kullanılmıştır. Uyumluluk testi sonucu olumsuz ise bu ölçümün kullanılmaması ve yeniden ilave ölçüm alınması gereklidir. Test sonucunun olumlu olması durumunda büyük örnek ile ek ölçüm birleştirilebilecektir (B). Artık birleştirilmiş B üzerinde tekrar yeterlilik işlemi yapmak mümkündür (Şekil 4.1).

Yeterlilik analizi sonucu ek ölçüm yapmak gerekmiyorsa yine daha önce verilen formüller yardımıyla normal süre hesaplanacaktır. Aksi durumda, yani ek ölçüme ihtiyaç olması durumunda olayın ekonomikliği açısından bir karşılaştırma yapılmasına gerek duyulmuştur (Şekil 4.1). Bu karşılaştırma A ile B arasında yapılacaktır. Hangisinde daha az ölçüm ihtiyacı mevcut ise o korunmalı, diğerinden vazgeçilmelidir. Bu işlemden sonra alınacak yeni ölçümler, yapılacak uyumluluk testi olumlu sonuç verirse, artık korunan örnek ile birleştirilmelidir (Şekil 4.1).

Yeterliliğe ulaşınca kadar ölçüm alınmaya devam edilmelidir (Şekil 4.1). Alınan ölçümlerin yeterli olması durumunda normal süre hesaplanacaktır. Normal sürenin bulunmasından sonra standart sürenin hesaplanması mevcut yöntem ve formüller yardımıyla yapılacaktır.

İzleyen kesimde önerilen bu yöntem bir algoritma biçiminde adım adım verilecektir.

4.3.3 Önerilen Yöntemin Adımları

Önceki kesimde önerilen yöntem, adımlar halinde aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Adım 1. Örnek alma ölçütlerine uygun olarak, vardiyanın üç ayrı diliminde iş ölçümü yapılır (P_{11} , P_{21} , P_{31}).

Adım 2. Alınan ölçümlerin uygunluğunu tespit etmek için ilk örnek testi yapılır.

2.a. Test sonucu olumlu ise,

- Mevcut iş ölçüm verilerinden hareketle büyük örnek (A) oluşturulur.
- ADIM 3'e gidilir.

2.b. Test sonucu olumsuz ise,

- Tutarsız ölçüm grubunu tespit edilir ($P_{1,3}$).
- Tespit edilen vardiya ve ilgili diliminde yeniden iş ölçümü yapılır.
- $P_{1,3}$ yerine yeni ölçüm verileri dikkate alınarak ADIM 2'ye gidilir.

Adım 3. Büyük örnek (A) üzerinde yeterlilik analizi yapılır. Yapılan gözlem sayısı N_0 , yapılması gereken gözlem sayısı N'_0 iken,

3.a. $N'_0 - N_0 \leq 0$ ise,

- Normal süre hesaplanır.
- DUR.

3.b. $N'_0 - N_0 > 0$ ise, ADIM 4'e gidilir.

Adım 4. Gereken ek ölçümler için,

- Ek ölçüm periyodu belirlenir.
- Belirlenen periyotta iş ölçümü yapılır ($P'_{1,j}$).
- ADIM 5'e gidilir.

Adım 5. A ve $P'_{1,j}$ birlikte dikkate alınarak uyumluluk testi yapılır.

5.a. Test sonucu olumlu ise,

- A ve $P'_{1,j}$, B üzerinde birleştirilir.
- ADIM 6'ya gidilir.

5.b. Test sonucu olumsuz ise ADIM 4'e gidilir.

Adım 6. B üzerinde yeterlilik analizi yapılır. Yapılan gözlem sayısı N_1 , gerekli gözlem sayısı N'_1 iken,

6.a. $N'_1 - N_1 \leq 0$ ise,

- Normal süre hesaplanır.
- DUR.

6.b. $N'_1 - N_1 > 0$ ise ADIM 7'ye gidilir.

Adım 7. $(N'_1 - N_1)$ ve $(N'_0 - N_0)$ 'ın enküçüğü belirlenir.

7.a. $N'_1 - N_1$ enküçük ya da iki ifade birbirine eşit ise,

- A'dan $P_{1,j}$ çıkarılır.
- A'ya $P'_{1,j}$ eklenir.
- ADIM 8'e gidilir.

7.b. $N'_0 - N_0$ enküçük ise ADIM 4'e gidilir.

Adım 8. A üzerinde yeterlilik analizi yapılır. Yapılan gözlem sayısı N_2 , gereken gözlem sayısı N'_2 iken,

8.a. $N'_2 - N_2 \leq 0$ ise,

- Normal süre hesaplanır.
- DUR.

8.b. $N'_2 - N_2 > 0$ ise ADIM 9'a gidilir.

Adım 9. $(N'_2 - N_2)$ ve $(N'_1 - N_1)$ 'in enküçüğü belirlenir.

9.a. $N'_1 - N_1$ enküçük ya da iki ifade birbirine eşit ise,

- B, A'ya aktarılır.
- ADIM 4'e gidilir.

9.b. $N'_e - N_e$ enküçük ise ADIM 4'e gidilir.

İzleyen bölümde önerilen yöntemin bir uygulamasının bilgisayar destekli olarak yapılışı açıklanacaktır. Ayrıca geleneksel yaklaşımla yeterlilik analizi ile önerilen yöntemin, üretilen standart zaman bilgisinin kalitesi ve maliyeti açısından karşılaştırılmasına da yer verilecektir.

5. İKİ YAKLAŞIMIN KARŞILAŞTIRILMASI

Önceki kesimde önerilen algoritma, iş ölçüm tekniğiyle elde edilen bir grup veri yardımıyla sınınmıştır¹. İzleyen kesimde sınıma yöntemi açıklanacak ve sonuçları yorumlanacaktır.

Sınıma amacıyla kullanılan ölçüm verileri vardiyanın farklı dilimlerinde farklı işçilerin ölçülmesiyle elde edilmiştir. Geleneksel yaklaşım, vardiyanın farklı dilimlerinden alınan bu ölçümlerin birleştirilmelerini ve yeterlilik analizini gerektirmektedir. Ölçümlerin yetersiz gelmesi durumunda ek ölçümler alınmakta ve yeterliliğe ulaşıldıktan sonra temel süre hesaplanmaktadır. Daha sonra Ek.2'de verilen paylar tablosu yardımıyla bulunan paylar² hesaba katılarak normal süre bulunmaktadır. Ayrıca rassal paylar³ hesaplanarak standart zamana geçilebilir⁴.

Önerilen algoritmada temel süre bulunduktan sonraki, işlemler geleneksel yaklaşımda izlenen yolun aynısı olduğundan hazırlanan örneklerde temel süre hesaplandığı anda durdurulmuştur. Hazırlanan örneklerde, bir seferde alınan ölçüm grubuna kısaca ölçüm ve bu grubun içindeki tek bir değere ise gözlem denilmiştir.

1 İlgili örnek veriler, ÇİTOSAN A.Ş.'ye bağlı Yarımca Porselen Sanayii A.Ş.'de Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü tarafından 1987 yılında yapılan, Standart Zamanların Tespiti ve Dökümantasyonu Projesi sırasında toplanan ölçümlerden seçilmiştir.

2 Ekte verilen paylar tablosu işin analizi sırasında yani ölçüm almaya başlamadan doldurulmaktadır.

3 İşe ilişkin rassal paylar işçi, postabaşı ile kısım şefinin görüşleri ve iskarta oranları dikkate alınarak analizciler tarafından tespit edilmiştir.

4 Zaman etüdünde standart zaman tespiti Bölüm 3.5'de ayrıntısıyla açıklandığı için bu kesimde detaylara girilmemiştir.

5.1 Algoritmaların Durmasını Sağlayan Koşullar

Bu kesimde öncelikle ele alınacak olan örnek, geleneksel yaklaşımla, yedi ayrı ölçüm alınmasını gerektirmiştir. Bu çalışmada ilgili ölçümler alınış sırası itibariyle numaralandırılmıştır. Çizelge 5.1'de sözü edilen ölçümlerin alınış tarihleri, saatleri ve kim tarafından alındığı bilgileri tarih sırasında verilmiştir. Ek.3'de proje sırasında kullanılan ölçüm formu örneği, Ek.4'de ise işin metodu görülmektedir. Alınan ölçümler ilgili forma, her iş elemanının her çevrimine tempo verilerek işlenmiştir. Vardiyanın her üç diliminden birer kez ölçüm alındıktan sonra bu ölçümler birleştirilmiş ve geleneksel yaklaşımla yeterlilik analizi yapılmıştır. Çizelge 5.2'de ise ölçümler (gözlemler) tempolandırılmış olarak toplu halde gösterilmiştir. Alınan yedi ölçümün aritmetik ortalama, standart sapma ile maksimum ve minimum değerleri gibi istatistiksel göstergeleri aritmetik ortalamanın artan sırasında Çizelge 5.3'de, histogramları ise Şekil.5.1'de sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 5.1. Birinci örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler

KUTUKADI	TARİH	SAAT	VAR.DİL.	ÖLÇEN
PTT1	21/03/87	08:40	1	SERMET
PTT2	23/03/87	11:25	2	YAVUZ
PTT3	27/03/87	16:20	3	MUZAFFER
PTT4	28/03/87	09:35	1	CENGİZ
PTT5	31/03/87	13:50	2	SERMET
PTT6	01/04/87	15:45	3	LÜTFİ
PTT7	07/04/87	08:20	1	LÜTFİ

Çizelge 5.2. Birinci örnek ölçüm kütükleri

CEV.NO	PTT1	PTT2	PTT3	PTT4	PTT5	PTT6	PTT7
1	31.46	32.40	43.20	35.32	33.00	36.00	36.00
2	35.09	37.80	36.00	35.42	33.00	42.00	33.60
3	37.51	38.70	40.50	37.26	39.00	40.00	34.80
4	38.72	39.60	37.80	36.29	40.00	36.00	34.80
5	39.93	34.20	49.50	37.26	41.00	35.00	31.20
6	35.09	40.50	45.00	36.29	34.00	35.00	38.40
7	37.51	40.50	43.20	35.86	35.00	37.00	32.40
8	36.30	34.65	46.80	36.18	35.00	37.00	36.00
9	35.09	38.70	41.40	37.26	44.00	38.00	33.60
10	36.30	39.60	44.10	37.37	35.00	40.00	34.80
11	30.25	35.10	40.50	37.58	38.00	43.00	39.60
12	38.72	40.50	52.20	38.02	40.00	42.00	38.40
13	36.30	34.65	43.20	34.56	38.00	35.00	36.00
14	30.25	42.30	42.30	34.56	39.00	38.00	31.20
15	32.67	35.55	37.80	34.99	35.00	42.00	31.20
16	27.83	38.16	43.20	34.99	31.00	38.00	32.40
17	32.67	41.40	46.80	35.64	37.00	39.00	33.60
18	33.88	42.30	45.00	35.64	38.00	40.00	34.80
19	33.88	40.50	32.40	35.64	34.00	40.50	36.00
20	32.67	37.80	31.50	35.64	43.00	36.50	36.00
21	34.65	43.20	35.10	35.96	43.00	42.60	32.40
22	33.00	42.30	40.50	35.96	40.00	39.40	36.00
23	37.40	36.00	41.40	35.96	40.00	35.50	32.40
24	35.20	34.20	45.00	36.72	35.00	35.50	31.20
25	34.98	36.00	39.60	36.94	38.00	36.50	34.80
26	32.56	42.30	40.50	36.94	36.00	36.50	33.60
27	35.20	36.90	37.50	36.94	39.00	36.80	32.40
28	35.75	37.80	33.80	37.80	35.00	37.70	36.00
29	34.76	40.50	42.00	37.80	37.50	39.60	36.00
30	35.86	40.50	34.50	37.91	38.50	42.70	32.40
31			38.60	37.91	35.50	41.40	31.20
32				37.91		35.80	34.80
33				37.91			31.20
34				37.91			36.00
35				38.88			36.00

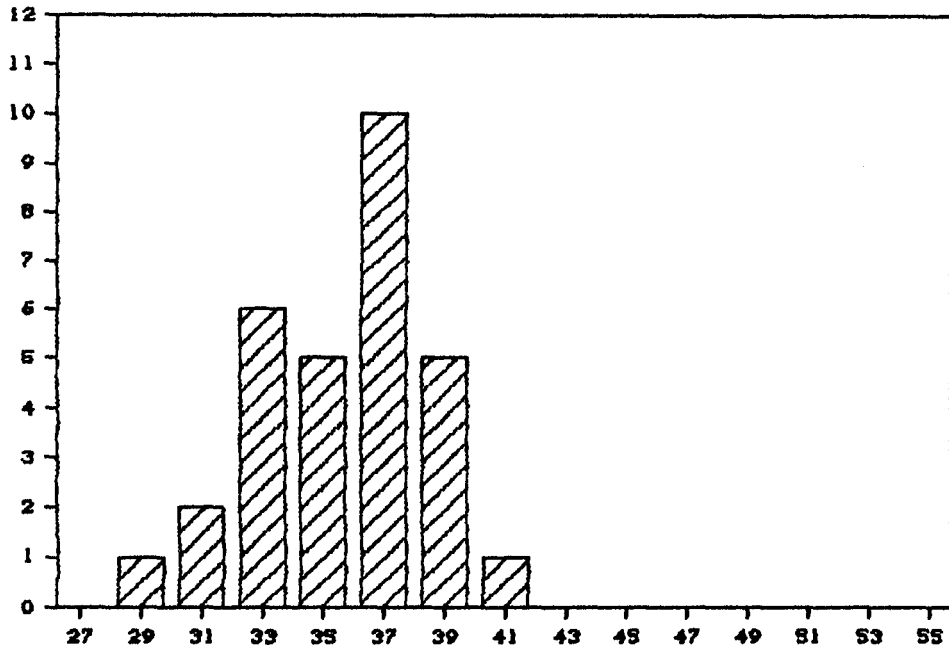
Çizelge 5.3'den de görülebileceği gibi ortalamalar arasında belirgin bazı farklar ortaya çıkmıştır. Tempo takdiri ile giderilmesi düşünülen bu farkların hem giderilemediği hem de gereksiz yere ölçüm alınması gerekliliğini ortaya çıkardığı açıktır. Bu konuya ilişkin endişeler Bölüm

4.2'de dile getirilmiş ve Bölüm 4.3'de de önerilen algoritma yardımı ile bu sakıncaların ortadan kaldırılabilceği açıklanmıştır.

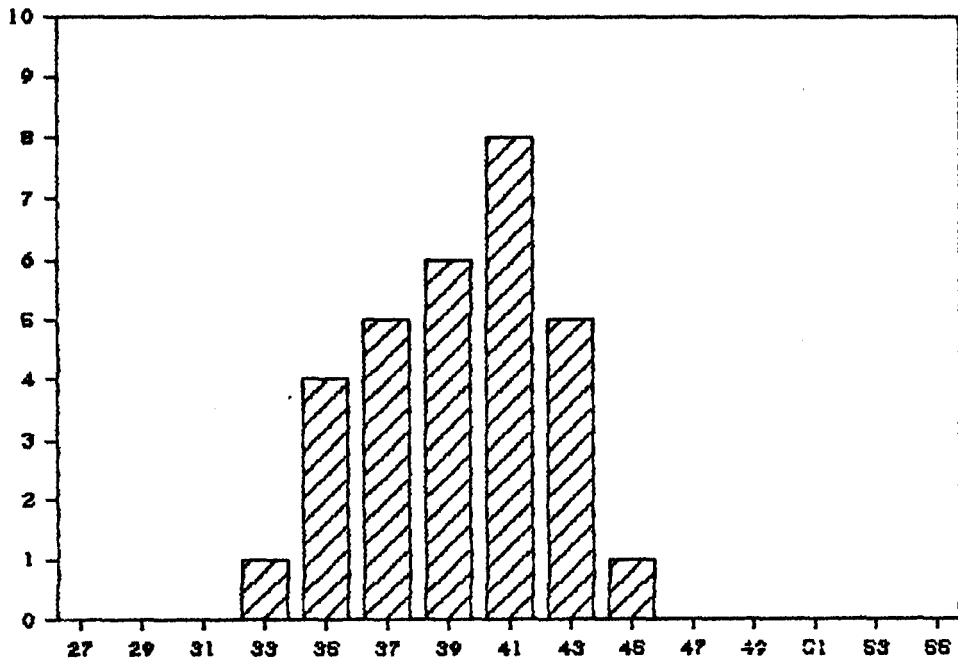
Cizelge 5.3. Birinci örnek ölçümlere ilişkin istatistikler

KUTUKADI	ARIT.ORT.	S.SAPMA	MAX.	MIN.
PTT7	34.320	2.2257	39.60	31.20
PTT1	34.716	2.6608	39.93	27.83
PTT4	36.606	1.1245	38.88	34.56
PTT5	37.403	3.1093	44.00	31.00
PTT6	38.438	2.5499	43.00	35.00
PTT2	38.487	2.9183	43.20	32.40
PTT3	40.997	4.7672	52.20	31.50

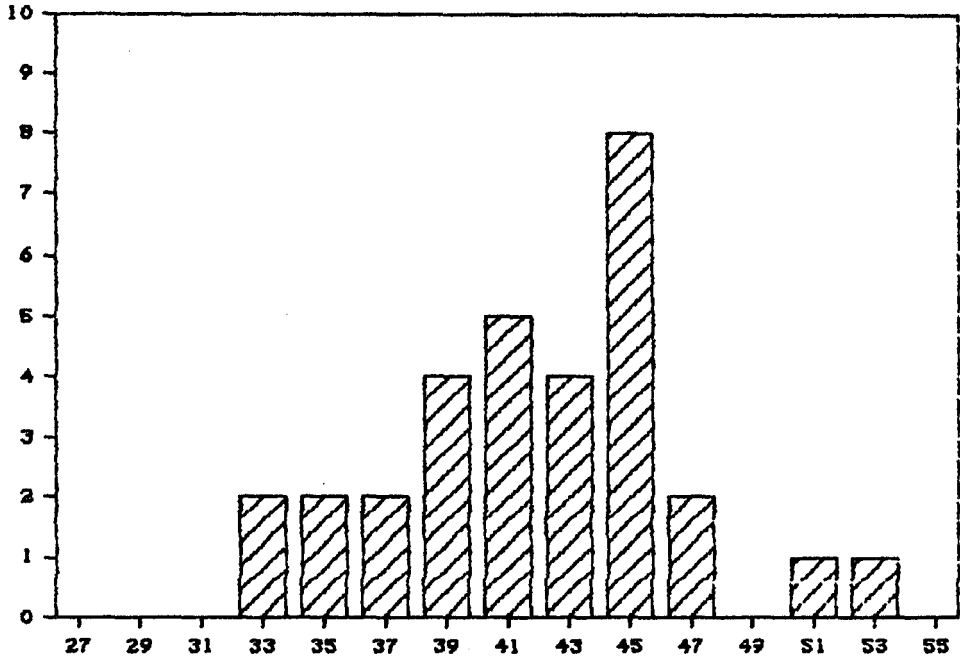
Şekil 5.1'de sırasıyla verilen histogramların başlangıç, bitiş ve aralık genişlikleri karşılaştırma yapılmasına olanak sağlamak amacıyla eşit alınmıştır. Başlangıç noktası olarak tüm ölçümlerdeki en küçük değer olan 27.00, bitiş noktası olarak da aynı mantıkla 53.00 değerleri alınmıştır. Aralık genişliği için ölçümlerin birbirlerinden farklı seyirleri gözönünde tutularak 2 aralık uygun görülmüştür. Şekil 5.1.a ve 5.1.f'den de görülebileceği gibi PTT1 ve PTT7 ölçümleri histogramın soluna yığılmış durumdadır. PTT4 ölçümlerinin değişim aralığının diğer ölçümlere göre daha küçük olması nedeniyle bu ölçümün histogramı yalnız üç sınıfta veri bulunan sivri bir şekilde oluşmuştur (Şekil.5.1.d). Bu üç ölçümün de vardiyanın birinci dilimine ait oldukları dikkate alınırsa genel ortalamaya göre daha düşük gözlemlerden oluştukları söylenebilir. Benzer şekilde ikinci dilime ait PTT2 ve PTT5 ölçümleri (Şekil 5.1.b ve 5.1.e) genel ortalama civarında yığılmıştır.



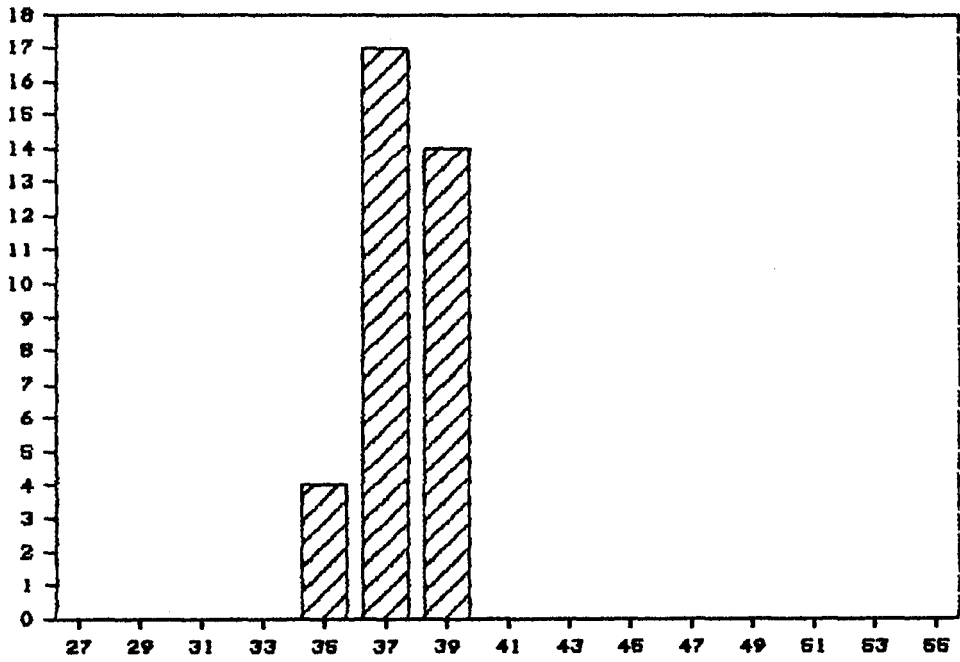
Sekil 5.1.a. PTT1 ölçümlerinin histogramı



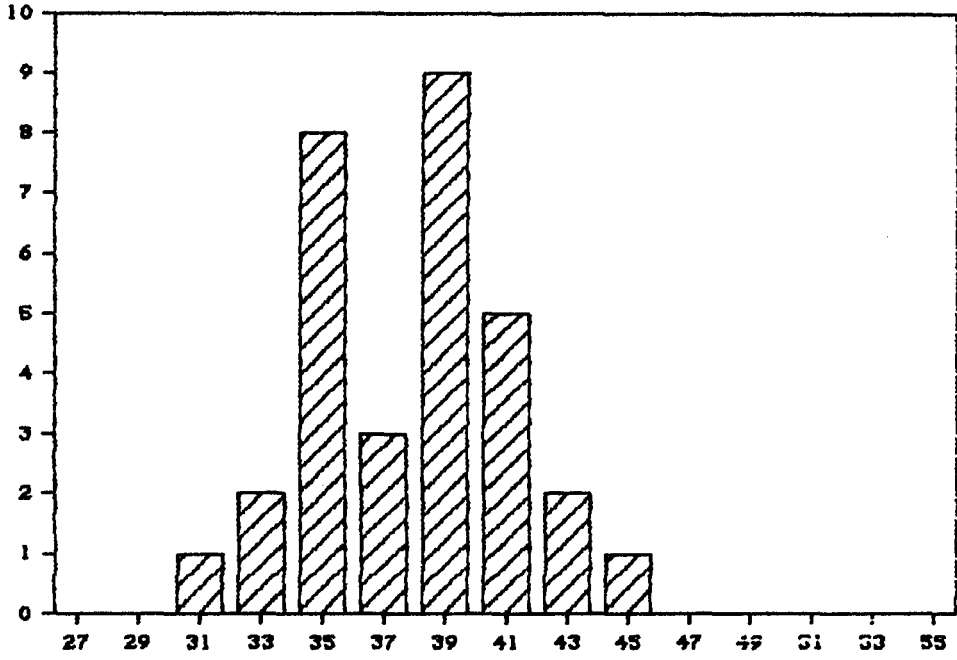
Sekil 5.1.b. PTT2 ölçümlerinin histogramı



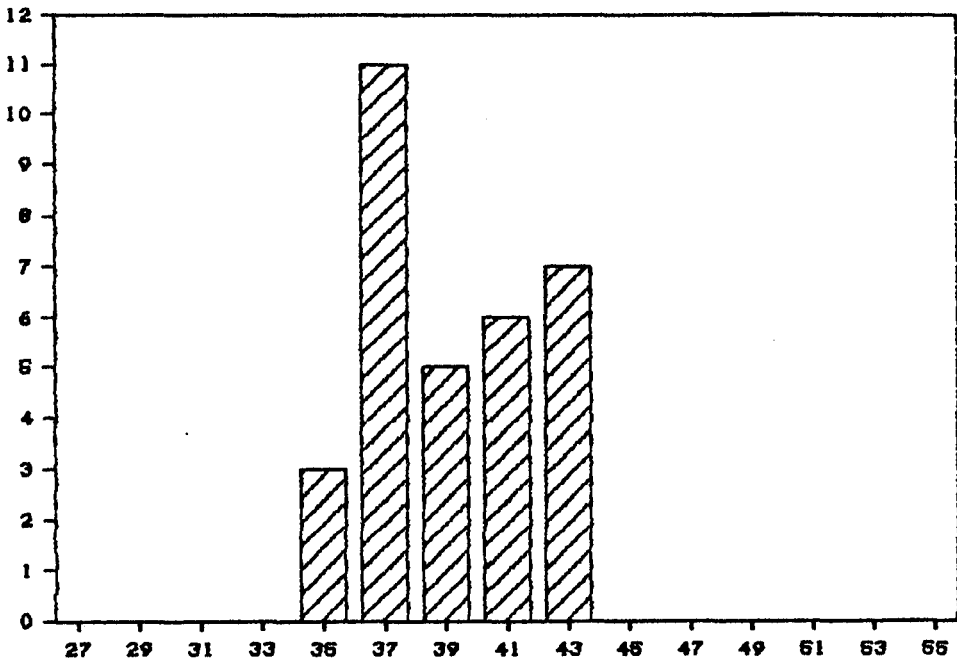
Şekil 5.1.c. PTT3 ölçümlerinin histogramı



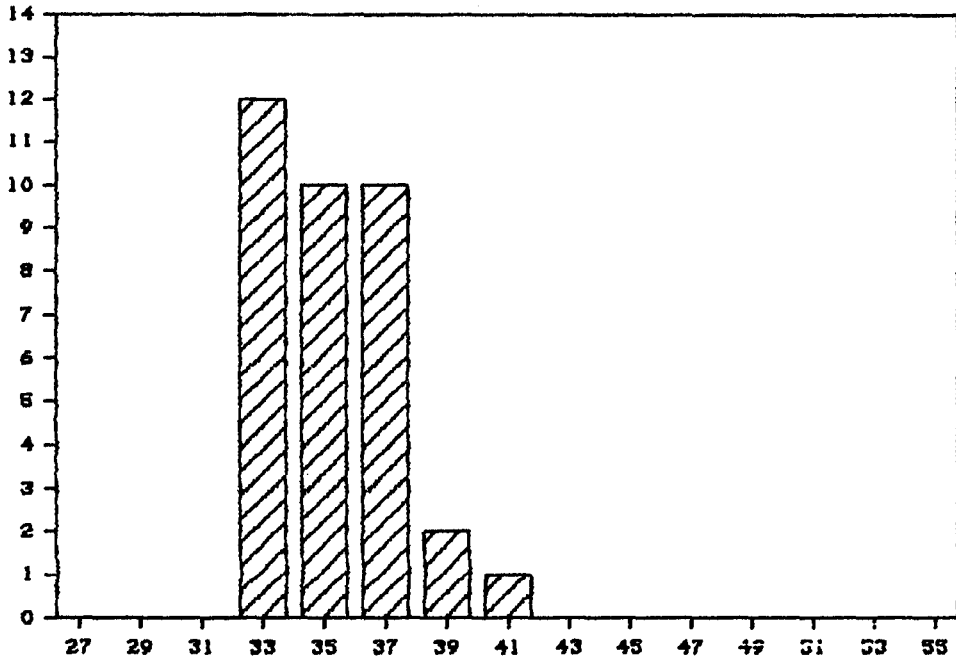
Şekil 5.1.d. PTT4 ölçümlerinin histogramı



Şekil 5.1.e. PTT5 ölçümlerinin histogramı



Şekil 5.1.f. PTT6 ölçümlerinin histogramı



Şekil 5.1.g. PTT7 ölçümlerinin histogramı

Önerilen algoritmanın yakınsadığını örnekleyebilmek için öncelikle vardiya dilimleri dikkate alınarak oluşturulabilir tüm üçlü gruplar ölçüm alınış sırası dikkate alınmaksızın ilk örnek testine tabi tutulmuştur. Çizelge 5.4'de yapılan oniki adet ilk örnek testi ve sonuçları (hesaplanan istatistik) azalan sırada tablolastırılmıştır. Ek.1'de listesi verilen dBase programı yardımıyla yapılan analizlerde en uygun ilk örneğin PTT4, PTT5 ve PTT6 ölçüm kütüklerinin birleştirilmesiyle oluşturulacağı görülmüştür. İzleyen adımda bu kombinasyonda yeterlilik analizi yapılmış ve kullanılan 98 gözlemin yeterli olduğu tespit edilmiştir. İlgili ölçümler kullanılarak bulunan temel süre 37.45 sn.'dir. Çizelge 5.4'deki son satır, geleneksel yaklaşımla bütün ölçümlerin birleştirilmesi sonucu elde edilen kütük üzerinde yapılan yeterlilik analizini göstermektedir. Bu durumda temel süre ise 37.22 sn. olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5.4. Birinci örnek ile ilgili analizler

TEST ADI	KUTUKADI	ALTKUTUKLER	N _{N₂}	N ['] _{N₂}	TS _{H₂U₂Z}
İLK ÖRNEK	B723	PTT7+PTT2+PTT3	96		38.3179
İLK ÖRNEK	B753	PTT7+PTT5+PTT3	97		36.0883
İLK ÖRNEK	B726	PTT7+PTT2+PTT6	97		35.9688
İLK ÖRNEK	B756	PTT7+PTT5+PTT6	98		31.9192
İLK ÖRNEK	B123	PTT1+PTT2+PTT3	91		30.3277
İLK ÖRNEK	B153	PTT1+PTT5+PTT3	92		28.4932
İLK ÖRNEK	B126	PTT1+PTT2+PTT6	92		26.0090
İLK ÖRNEK	B156	PTT1+PTT5+PTT6	93		22.0489
İLK ÖRNEK	B423	PTT4+PTT2+PTT3	96		20.2629
İLK ÖRNEK	B453	PTT4+PTT5+PTT3	97		19.5378
İLK ÖRNEK	B426	PTT4+PTT2+PTT6	97		10.7497
İLK ÖRNEK	B456	PTT4+PTT5+PTT6	98		7.9288
YETERLİLİK	B456		98	7	37.4563
YETERLİLİK	TOPLAM		224	15	37.2273

Burada dikkat çeken en önemli nokta, vardiyanın birinci dilimi için PTT4 ölçümlerinin her kombinasyonda PTT1 ölçümlerinden, PTT1 ölçümlerinin ise her durumda PTT7 ölçümlerinden daha iyi sonuç verdiğiidir. Aynı durum vardiyanın ikinci ve üçüncü dilimleri için de geçerlidir. İkinci dilim ölçümlerinden PTT5 ölçümü her zaman PTT2 ölçümünden daha iyi, üçüncü dilime ait PTT6 ölçümü de PTT3 ölçümünden daha iyi sonuçlar vermiştir. Burada daha iyi sonuç, yapılan test sonunda daha küçük istatistik elde edilmesidir (Çizelge.5.4). Bu durumda ölçümler hangi sırayla alınırsa alınsın algoritma PTT4, PTT5 ve PTT6 ölçüm kütüklerinin birleşiminden oluşturulan B456 kütüğünü seçmektedir. Buradan algoritmanın her durumda daha uygun ölçüm kütüklerinin birleştirilmesini sağlayacağı söylenebilir. B456 kütüğü üzerinde yapılan yeterlilik analizi sonucu ölçümler yeterli bulunmuş ve temel süre hesaplanmıştır.

5.2 Algoritmaların Ekonomikliği

Bu kesimde incelenecek olan ölçüm verileri, geleneksel yaklaşımla değerlendirildiğinde sekiz farklı ölçüm alınmasını gerektiren bir işe aittir. Sözkonusu ölçümlerle ilgili bilgiler Çizelge 5.5'de alınış sırası itibariyle numaralandırılarak verilmiştir. Aynı çizelgede bu ölçümlerin hangi saatte kim tarafından alındığı bilgileri ile vardiyanın hangi dilimine ait oldukları belirtilmiştir. İlgili işin ayrıntılı metodu Ek.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. İkinci örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler

KUTUKADI	TARİH	SAAT	VAR.DİL.	ÖLÇEN
K101	26/02/87	09:45	1	SERMET
K102	05/03/87	16:00	3	SUAT
K103	07/03/87	10:20	2	SERMET
K104	22/03/87	08:15	1	YAVUZ
K105	27/03/87	15:55	3	LÜTFİ
K106	30/03/87	15:05	3	CELAL
K107	30/03/87	16:35	3	SUAT
K108	14/04/87	11:25	2	CELAL

Çizelge 5.6'da sözkonusu sekiz ayrı ölçümde yapılan gözlemler tempolandırılmış olarak toplu halde gösterilmiştir. Ölçüm kütüklerindeki çevrim numarası çizelgede no sütunu ile belirtilmiştir. Görüldüğü gibi işle ilgili altı kez on çevrim, bir kez oniki çevrim ve bir kez de ondört çevrim olmak üzere toplam seksenaltı çevrim ölçüm alınmıştır.

Alınan sekiz ölçümün aritmetik ortalama, standart sapma ile maksimum ve minimum değerleri gibi istatistiksel göstergeleri aritmetik ortalamanın artan sırasında Çizelge

Çizelge 5.6. İkinci örnek ölçüm kütükleri

NO	K101	K102	K103	K104	K105	K106	K107	K108
1	41.40	50.40	70.00	40.00	57.20	54.40	82.00	58.00
2	50.40	57.60	66.00	42.00	68.00	57.40	98.00	70.00
3	63.00	54.00	74.00	48.00	70.00	56.00	80.00	56.00
4	66.60	86.40	60.00	45.00	66.00	58.80	72.00	76.00
5	59.40	111.6	60.00	50.40	68.20	51.20	60.00	74.00
6	52.20	86.40	54.00	51.20	78.00	56.00	74.00	56.00
7	50.40	68.40	54.00	48.00	66.00	49.60	104.0	70.00
8	66.60	57.60	76.00	48.60	74.00	51.20	62.00	74.00
9	68.40	86.40	66.00	56.00	76.00	51.20	64.00	56.00
10	64.80	88.20	50.00	49.60	66.00	57.60	80.00	70.00
11	61.20				70.00			
12	68.40				84.60			
13					70.00			
14					76.00			

5.7'de verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği gibi, ölçümlerin aritmetik ortalamaları 47.88 ile 77.60 arasında değişmektedir. Ancak K102 ve K107 ölçümlerinde aşırı değerler bulunduğundan bu ölçümlerin standart sapmaları diğer ölçümlere göre hayli büyük çıkmıştır. Çizelge 5.5 tekrar incelendiğinde bu iki ölçümü aynı kişinin aldığı görülmektedir. Bu durum ilgili kişinin tempo takdirinde yeterince hassas davranmadığı biçiminde açıklanabilir. Tempo takdirinin bir anlamda ölçümlerin varyansını küçültmek amacıyla kullanıldığı düşünülürse bu kişiye ilişkin yargının doğru olduğu söylenebilir.

Örnek ölçümlere ait temel süreyi bulmak için projede, vardiyanın farklı dilimlerinden alınan üç ölçüm birleştirilmiş ve geleneksel yaklaşımla yeterlilik analizi yapılmıştır. Alınan ölçümlerin yeterli gelmediği görülmüş ve ek ölçüm alınmıştır. İzleyen adımda birleştirme ile yeterlilik analizi tekrar edilmiş ve sekizinci ölçümde yeterliliğe ulaşılmıştır. Yapılan birleştirme ve yeterlilik analizleri Çizelge 5.8'de tablolastırılmıştır. Sekiz ölçümün birleştirilmesi sonucu temel süre olarak 64.3953 sn. bulunmuştur.

Çizelge 5.7. İkinci örnek ölçümlere ilişkin istatistikler

KUTUKADI	ARIT.ORT.	S.SAPMA	MAX.	MIN.
K104	47.88	4.3792	56.00	40.00
K106	54.34	3.1216	58.80	49.60
K101	59.40	8.4107	68.40	41.40
K103	63.00	8.4024	76.00	50.00
K108	66.00	8.0000	76.00	56.00
K105	70.71	6.4204	84.60	57.20
K102	74.70	18.9684	111.60	50.40
K107	77.60	13.8795	104.00	60.00

Çizelge 5.8. İkinci örneğin geleneksel yaklaşımla analizi

TEST ADI	KUTUKADI	ALTKUTUKLER	N _{N₂}	N [*] _{N₁}	TS _{H_{U_Z}}
BİRLEŞTİRME	K1B1	K101+K102+K103			
YETERLİLİK	K1B1		32	76	65.3063
BİRLEŞTİRME	K1B2	K1B2+K104			
YETERLİLİK	K1B2		42	92	61.1571
BİRLEŞTİRME	K1B3	K1B3+K105			
YETERLİLİK	K1B3		56	75	63.5464
BİRLEŞTİRME	K1B4	K1B4+K106			
YETERLİLİK	K1B4		66	71	62.1515
BİRLEŞTİRME	K1B5	K1B5+K107			
YETERLİLİK	K1B5		76	79	64.1842
BİRLEŞTİRME	K1B6	K1B6+K108			
YETERLİLİK	K1B6		86	72	64.3953

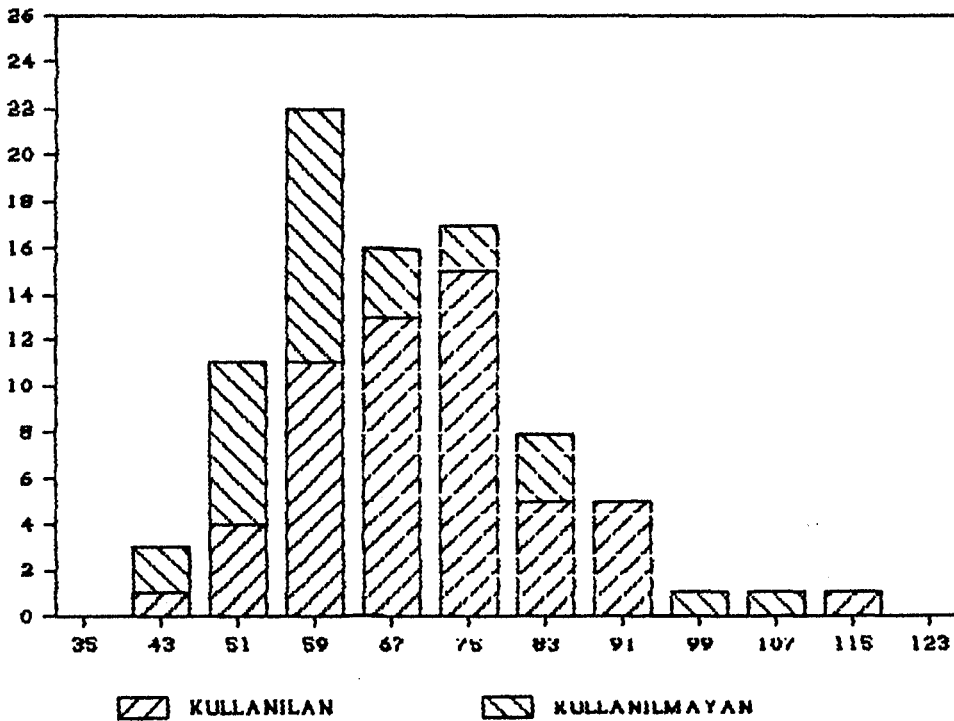
Önerilen algoritma bu örnek için de çalıştırılmış ve sonuçları Çizelge 5.9'da özet halinde verilmiştir. Bu amaçla yapılan çalışmada ölçümlerin alınış sırası vardiya dilimleri esas alınarak korunmuştur. Öncelikle vardiyanın üç farklı diliminden alınan üç ölçüme yöntem gereği ilk

örnek testi yapılmıştır. Bu test sonucu ölçümlerin birleştirilebileceği görülmüş ve birleştirilen ölçümlere yeterlilik analizi yapılmıştır. Ölçümler yeterli gelmediğinden vardiyanın birinci diliminde alınmış olan K104 ölçümünün önceki ölçümlere uygunluğu uyumluluk testi yapılarak sınanmıştır. Yapılan test sonucu K104 ölçümlerinin önceki ölçümlere uygun olmadığına karar verilmiş ve birleştirme işlemi yapılmamıştır. Bu durumda K104 ölçümü kullanılmadan atılmıştır. Ancak yetersizlik sözkonusu olduğundan bu sefer vardiyanın farklı bir diliminden (üçüncü dilim) alınmış olan K105 ölçümünün uygunluğu test edilmiş ve olumlu sonuç alınmıştır. Birleştirme işleminden sonra yapılan yeterlilik analizi sonucu tekrar ek ölçüm ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Ancak K106 ve K107 ölçümleri yine vardiyanın üçüncü diliminden alındığı için yöntem gereği kullanılamamıştır. Bu nedenle vardiyanın ikinci diliminde alınmış olan K108 ölçümünün birleştirilebilirliği uyumluluk testi yapılarak sınanmış ve olumlu sonuç alınmıştır. Birleştirilen ölçümler (K1B13258) üzerinde yeterlilik analizi yapılmış ve ölçümlerin yeterli olduğu görülmüştür. Yeterli sayıda ölçüme ulaşıldığı için temel süre hesaplanmış ve 66.78 sn. bulunmuştur.

Cizelge 5.9. İkinci örnek ile ilgili analizler

TEST ADI	KUTUKADI	ALTKUTUKLER	N _N	N' _N	TS_H_U_Z
ILK ÖRNEK	K1B132	K101+K103+K102	32		3.1776
YETERLİLİK	K1B132		32	76	65.3063
UYUMLULUK	K1B1324	K1B132+K104	32	10	-4.0354
UYUMLULUK	K1B1325	K1B132+K105	32	14	-2.0804
YETERLİLİK	K1B1325		46	57	66.9522
UYUMLULUK	K1B13258	K1B1325+K108	46	10	-0.2680
YETERLİLİK	K1B13258		56	51	66.7821

Şekil 5.2'de önerilen algoritmanın çalıştırılması sırasında kullanılan ölçümlerle, uyumsuzluk ya da uygun vardiyanın alınmadığı için kullanılmamış olan ölçümlerin birlikte histogramı verilmiştir. Histogramdan da görülebileceği gibi önerilen algoritma genel ortalama civarındaki ölçümleri kullanmıştır. Vardiyanın birinci diliminden alınmış olan K104 ölçümlerinin genel ortalamaya göre sola yığılmış olması ilgili ölçümün kullanılmaması gereğini ortaya çıkarmıştır. K104 ölçümünün de kullanıldığı geleneksel yaklaşımla bulunan temel süre bu nedenle önerilen algoritma yardımıyla bulunandan 2.4 sn. (% 3.7) daha büyük çıkmıştır.



Şekil 5.2. ikinci örnek ölçümlerinin histogramı

Bu örnekte dikkat çeken önemli nokta, proje sırasında eğer bu algoritma kullanılsaydı, K105 ölçümü alındıktan sonra vardiyanın üçüncü diliminden arka arkaya iki kez daha

ölçüm alınmasının yöntem gereği engelleneceğidir. Böylelikle ölçüm alma süresi ve maliyetinden tasarruf etmek mümkün olacaktı. Önerilen algoritma K106 ve K107 ölçümleri alınmadan da yeterliliğe ulaşıldığını göstermiştir.

İkinci önemli nokta ise, ilk örnek testi sonucu bulunan değerlerin önceki kesimdekilere göre çok daha küçük çıkmasıdır. Bu durum ilgili parametrik olmayan testin doğrudan mertebeye esasına dayanması sonucudur. Örneklerdeki birim (gözlem, ölçüm) sayısı büyüdükçe örneğin dağılımına da bağlı olarak hesaplanan değer büyük çıkacaktır¹. Bir çevrimin ortalama ölçüm süresinin kısa olduğu böyle durumlarda anlamlılık düzeyini daha küçük seçmek gerekmektedir.

5.3 Önerilen Yaklaşımın Başarısını Gösteren Bir Örnek

Bu kesimde, önceki örneklerle göre daha uzun ve algoritmanın diğer adımlarını da içeren bir örnek hazırlanmıştır. Proje sırasında bu işe ilişkin temel süreyi hesaplayabilmek için onyediyi kez ölçüm alındığı halde yeterliliğe ulaşılamamıştır. Üçüncü örneğe ilişkin alınan ölçümlerle ilgili bilgiler Çizelge 5.10'da alınış sırası itibarıyla numaralandırılarak verilmiştir. Aynı çizelgede bu ölçümlerin hangi saatte kim tarafından alındığı bilgileri ile vardiyanın hangi dilimine ait oldukları belirtilmiştir. Bu örnek işe ilişkin vardiyanın birinci diliminden yedi, ikinci diliminden dört ve üçüncü diliminden altı kez ölçüm alınmıştır. Bu örnekte, bir ölçümde bulunan gözlem sayısı diğer örneklerle göre az olduğundan daha fazla sayıda ölçüm alınması gerekmiştir. fazla Üçüncü örnek işin ayrıntılı metodu Ek.5'de verilmiştir.

¹ Bölüm 4.3.1.2'de örnekteki birim sayısı arttırıldığında testin gücünün % 95.5'e yaklaştığı belirtilmiştir.

Çizelge 5.10. Üçüncü örnek ölçümlere ilişkin ön bilgiler

KUTUKADI	TARİH	SAAT	VAR.DİL.	ÖLÇEN
K201	26/02/87	08:45	1	YAVUZ
K202	27/02/87	11:00	2	CAFER
K203	27/02/87	15:45	3	SERMET
K204	25/03/87	16:00	3	SERMET
K205	26/03/87	15:20	3	YAVUZ
K206	28/03/87	09:25	1	LÜTFİ
K207	28/03/87	13:15	1	LÜTFİ
K208	30/03/87	14:20	1	LÜTFİ
K209	30/03/87	16:05	3	LÜTFİ
K210	01/04/87	15:35	3	CELAL
K211	04/04/87	10:40	2	LÜTFİ
K212	04/04/87	13:50	1	CELAL
K213	06/04/87	11:00	2	CELAL
K214	08/04/87	11:20	2	LÜTFİ
K215	10/04/87	16:00	3	SERMET
k216	11/04/87	08:30	1	SUAT
k217	14/04/87	09:00	1	YAVUZ

Çizelge 5.11'de üçüncü örnek işe ait ölçüm kütükleri, ölçümler (gözlemler) tempolandırılmış olarak toplu halde gösterilmiştir. Ölçüm kütüklerindeki çevrim numarası çizelgede no sütunu ile belirtilmiştir. Görüldüğü gibi işle ilgili dört kez yedi çevrim, yedi kez sekiz çevrim ve altı kez de dokuz çevrim olmak üzere toplam yüzotuzsekiz çevrim ölçüm onyedi seferde alınmıştır.

Alınan onyedi ölçümün aritmetik ortalama, standart sapma ile maksimum ve minimum değerleri gibi istatistiksel göstergeleri aritmetik ortalamanın artan sırasında Çizelge 5.12'de verilmiştir. Çizelge 5.10 ve 5.12 birlikte incelendiğinde vardiyanın farklı dilimlerinde alınan ölçümler arasında ortalamalar açısından anlamlı farklar olduğu

Çizelge 5.11. Üçüncü örnek ölçüm kütükleri

NO	K201	K202	K203	K204	K205	K206
1	90.00	140.00	87.00	199.00	150.00	100.00
2	100.00	125.00	128.50	201.00	120.00	95.00
3	110.00	100.00	168.50	134.00	100.00	110.00
4	117.00	110.00	143.00	136.00	115.00	105.00
5	125.00	140.00	199.00	205.00	140.00	105.00
6	95.00	110.00	143.00	155.00	120.00	100.00
7	100.00	110.00	197.00	137.50	150.00	95.00
8	115.00	105.00			155.00	110.00
NO	K207	K208	K209	K210	K211	K212
1	88.00	70.00	148.50	110.00	105.00	100.00
2	108.00	95.00	170.50	170.50	115.00	105.00
3	86.00	70.00	148.50	121.00	115.00	100.00
4	92.00	130.00	181.50	121.00	150.00	125.00
5	108.00	85.00	110.00	192.50	125.00	105.00
6	82.00	168.00	297.00	143.00	150.00	108.00
7	108.00	155.00	137.50	132.00	105.00	125.00
8	103.50	135.00	115.50	154.00		135.00
9	90.00	74.00				94.00
NO	K213	K214	K215	K216	K217	
1	100.00	148.50	95.00	62.00	105.00	
2	102.00	110.00	205.00	72.00	115.00	
3	225.00	126.50	105.00	188.00	120.00	
4	99.00	148.50	208.00	185.00	145.00	
5	202.00	126.50	116.00	75.00	125.00	
6	102.00	137.50	206.00	65.00	140.00	
7	102.00	137.50	109.00	75.00	105.00	
8	108.00	137.50	202.00	75.00		
9	104.00	148.50	117.00			

kolayca görülebilir. Vardiyanın birinci dilimine ait ölçümlerin ortalamaları 96.16 ile 122.14 arasında değişirken, ikinci dilime ait ölçümlerin ortalamaları 117.50 ile 135.66 arasında ve üçüncü dilime ait ölçümlerin ortalamaları ise 131.25 ile 166.78 arasında değişmektedir¹. Bu durum çalışmanın yapılmasına gerekçe olarak Bölüm 4.2'de açıklanan ifadeleri kanıtlar niteliktedir.

¹ Bulunan bu ortalamalar serisine parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testi uygulanmış ve bu durumun rassal olarak ortaya çıkmadığı görülmüştür.

Çizelge 5.12. Üçüncü örnek ölçümlere ilişkin istatistikler

KUTUKADI	ARIT.ORT.	S.SAPMA	MAX.	MIN.
K207	96.16	10.6066	108.00	82.00
K216	99.62	53.8461	188.00	62.00
K206	102.50	5.9761	110.00	95.00
K201	106.50	12.1066	125.00	90.00
K208	109.11	38.3289	168.00	70.00
K212	110.77	14.0515	135.00	94.00
K202	117.50	15.5838	140.00	100.00
K217	122.14	15.7736	145.00	105.00
K211	123.57	19.3033	150.00	105.00
K213	127.11	49.3797	225.00	99.00
K205	131.25	20.1334	155.00	100.00
K214	135.66	12.8986	148.50	110.00
K210	143.00	28.0446	192.50	110.00
K215	151.44	51.4614	208.00	95.00
K203	152.28	39.6756	199.00	87.00
K209	163.62	59.1455	297.00	110.00
K204	166.78	33.3864	205.00	134.00

Proje sırasında, ilgili işin temel süresini hesaplamak için vardiyanın farklı dilimlerinden alınan üç ölçüm birleştirilip geleneksel yaklaşımla yeterlilik analizi yapılmıştır. Alınan ölçümlerin yeterli gelmediği görüldükçe ek ölçüm alınıp öncekilerle birleştirildikten sonra yetip yetmediği sınanmıştır. Çizelge 5.13'de bu işlemlerin hangi sırayla yapıldıkları ve her adımdaki yeterlilik analizi sonuçları özetlenmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi onyedinci ölçüm kütüğünün birleştirildiği durumda 138 ölçüm kullanılmış, ancak yapılan yeterlilik analizinde 142 ölçüm yapılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu noktadan sonra iki kez daha ölçüm almak gerekmiş ve toplam 154 ölçümle yapılan

Çizelge 5.13. Üçüncü örneğin geleneksel yaklaşımla analizi

TEST ADI	KUTUKADI	ALTKUTUKLER	N_N ₂	N' N ₁	TS_H_U_Z
BİRLEŞTİRME	K2G1	K201+K202+K203			
YETERLİLİK	K2G1		23	93	124.2609
BİRLEŞTİRME	K2G2	K2G1+K204			
YETERLİLİK	K2G2		30	109	134.1833
BİRLEŞTİRME	K2G3	K2G2+K205			
YETERLİLİK	K2G3		38	94	133.5658
BİRLEŞTİRME	K2G4	K2G3+K206			
YETERLİLİK	K2G4		46	98	128.1630
BİRLEŞTİRME	K2G5	K2G4+K207			
YETERLİLİK	K2G5		55	106	122.9273
BİRLEŞTİRME	K2G6	K2G5+K208			
YETERLİLİK	K2G6		64	117	120.9844
BİRLEŞTİRME	K2G7	K2G6+K209			
YETERLİLİK	K2G7		72	149	125.7222
BİRLEŞTİRME	K2G8	K2G7+K210			
YETERLİLİK	K2G8		80	140	127.4500
BİRLEŞTİRME	K2G9	K2G8+K211			
YETERLİLİK	K2G9		87	132	127.1379
BİRLEŞTİRME	K2G10	K2G9+K212			
YETERLİLİK	K2G10		96	126	125.6042
BİRLEŞTİRME	K2G11	K2G10+K213			
YETERLİLİK	K2G11		105	134	125.7333
BİRLEŞTİRME	K2G12	K2G11+K214			
YETERLİLİK	K2G12		114	124	126.5175
BİRLEŞTİRME	K2G13	K2G12+K215			
YETERLİLİK	K2G13		123	132	128.3415
BİRLEŞTİRME	K2G14	K2G13+K216			
YETERLİLİK	K2G14		131	148	126.5878
BİRLEŞTİRME	K2G15	K2G14+K217			
YETERLİLİK	K2G15		138	142	126.3623

hesaplamalarda temel süre 125.88 olarak bulunmuştur. Önerilen algoritmanın bu ölçümlere ihtiyaç duymadan durduğunu vurgulamak için onsekiz ve ondokuzuncu ölçümlere bu kesimde yer verilmemiştir.

Önerilen algoritmaya uygun olarak yapılan analiz Çizelge 5.14'de işlem sırası ile verilmiştir. Önce vardiyanın üç farklı diliminden alınan üç ölçüm (K201, K202, K203) üzerinde ilk örnek testi yapılmış ve bu ölçümlerin birleştirilemez olduğu bulunmuştur. Ölçüm kütüklerinden K203'ün diğerleri ile uyumsuz olduğu tespit edilerek ilgili kütüğün yerine yine vardiyanın üçüncü diliminden alınmış olan K204 kütüğü kullanılarak tekrar ilk örnek testi yapılmıştır. Ancak K204 ölçümlerinin K203 ölçümlerinden de daha uyumsuz olduğu hesaplanan değerden görülmüş ve yine aynı dilimden K205 ölçümü dikkate alınarak ilk örnek testi tekrarlanmıştır. Test sonucu hesaplanan değer yapılan üç ilk örnek testi arasında en küçük olmasına rağmen yine de seçilen güven düzeyinde K201, K202 ve K205 ölçümlerinin birleştirilemez olduğu sonucunu vermiştir. Bu durumda kullanılan üç ölçüm kütüğünün verileri birlikte tekrar incelenmiş ve vardiyanın birinci diliminden alınan K201 ölçümlerinin en uyumsuz olduğuna karar verilmiştir. İzleyen adımda bu kez birinci dilimden K206 ölçümleri kullanılarak ilk örnek testi yapılmış, ancak test sonucu hesaplanan değer büyüdükçe gözlemlendiğinden K206 ölçümleri için de kullanılamaz kararı verilmiştir. Aynı işlemler birinci dilimden alınmış olan K207 için tekrar edilmiş ve yine test sonucu hesaplanan değer büyüdükçe gözlenmiştir. Son olarak vardiyanın birinci diliminden K208, ikinci diliminden K202 ve üçüncü diliminden K205 kütüklerine ilk örnek testi uygulanmış ve olumlu sonuç elde edilmiştir. Uygun (birleştirilebilir) üç ölçüm kütüğü birleştirilerek gelecekteki yeterlilik analizi yapılmış ve 58 ölçüme daha ihtiyaç olduğu bulunmuştur.

Çizelge 5.14. Üçüncü örnek ile ilgili analizler

TEST ADI	KUTUKADI	ALTKUTUKLER	N _{N₂}	N _{N₁}	TS _{H_U_Z}
İLK ÖRNEK	K2Y1	K201+K202+K203	23		7.4273
İLK ÖRNEK	K2Y2	K201+K202+K204	23		12.4822
İLK ÖRNEK	K2Y3	K201+K202+K205	24		6.4928
İLK ÖRNEK	K2Y4	K206+K202+K205	24		10.3559
İLK ÖRNEK	K2Y5	K207+K202+K205	25		13.1839
İLK ÖRNEK	K2Y6	K208+K202+K205	25		2.6551
YETERLİLİK	K2Y6		25	83	118.8800
UYUMLULUK	K2Y7	KY6+K209	25	8	-2.2512
UYUMLULUK	K2Y8	KY6+K210	25	8	-1.9146
YETERLİLİK	K2Y8		33	85	124.7273
UYUMLULUK	K2Y9	KY8+K211	33	7	-0.2140
YETERLİLİK	K2Y9		40	77	124.5250
UYUMLULUK	K2Y10	KY9+K212	40	9	-1.7461
YETERLİLİK	K2Y10		49	72	122.0000
UYUMLULUK	K2Y11	KY10+K213	49	9	-1.1398
YETERLİLİK	K2Y11		58	96	122.7931
UYUMLULUK	K2Y12	KY10+K214	49	9	-1.7527
YETERLİLİK	K2Y12		58	63	124.1207
UYUMLULUK	K2Y13	KY12+K215	58	9	-0.9755
YETERLİLİK	K2Y13		67	91	127.7910
UYUMLULUK	K2Y14	KY12+K216	58	8	-2.1043
UYUMLULUK	K2Y15	KY12+K217	58	7	-0.2756
YETERLİLİK	K2Y15		65	59	123.9077

Algoritma burada vardiyanın rasgele bir diliminden ek ölçüm alınmasını öngörmektedir. Bu nedenle sıradaki K209 ölçümünün kullanılmasına karar verilmiştir. Öncelikle K209 ölçümünün önceden birleştirilmiş olan ölçümlerle (K2Y6) uyumluluğu test edilmiş ve olumsuz sonuç elde edilmiştir. Bu durumda K209 ölçümleri için de kullanılamaz kararı verilmiştir. İzleyen adımda yine üçüncü dilime ait olan

K210 ölçümünün önceki kullanılabilir ölçümlerle uyumluluğu test edilmiş ve olumlu sonuç elde edildiği için K2Y6 kütüğü ile birleştirilmiştir. Yapılan yeterlilik analizi sonucu 52 ölçüm daha gerektiği ortaya çıkmış, bu durum önceki yeterlilikten daha iyi olduğu için son durumda K208, K202, K205 ve K210 ölçümlerinin birleştirilmesiyle oluşan K2Y8 kütüğüne ikinci dilime ait olan K211 ölçümleri birleştirilmeye çalışılmıştır. K211'in uyumluluğu onaylandıktan sonra yapılan yeterlilik analizinde 37 ölçüme daha gerek olduğu sonucu bulunmuştur. Bu kez vardiyanın farklı bir dilimi olan birinci dilimden K212 ölçümü için benzer şekilde uyumluluk testi ve yeterlilik analizi yapılmış ve 23 ölçüm daha gerektiği ortaya çıkmıştır. Son durumda vardiyanın her diliminden ikişer kez ölçüm kullanıldığı için sıradaki K213 ölçümlerinin altı ölçüm kütüğünün birleştirilmesinden oluşan K2Y10 ile uyumu test edilmiştir. Test sonucu olumlu çıkmış, ancak yapılan yeterlilik analizi sonunda 38 ölçüme daha ihtiyaç olduğu sonucu çıkmıştır. Önerilen algoritma bu durumda, bir önceki durum daha iyi olduğu için geriye dönülmesini önerdiğinden K213 ölçümü birleştirilmiş kütükten çıkarılmıştır.

İzleyen adımda, yine ikinci dilimde alınmış olan K214 ölçümünün uyumluluğu test edilmiş ve olumlu sonuç alındığından birleştirilerek yeterlilik analizi yapılmıştır. Bu kez de 5 ölçüm daha gerekli olduğu için K215'in uyumluluğu sınanmış ve olumlu sonuç alınmasına rağmen birleştirildiğinde 24 ölçüm gerektiği sonucu çıktığı için kullanılmamıştır. Daha sonra vardiyanın birinci diliminden alınan K216 ölçümünün uyumluluğu test edilmiş ve uyumsuz bulunduğu için birleştirme işlemi yapılmamıştır. Son olarak birinci dilime ait olan K217'nin K2Y12 (K208, K202, K205, K210, K211, K212, K214) ile uyumluluğundan olumlu sonuç elde edilmiş ve ölçümlerin yeterli geldiği gözlenmiştir. Yeterli gelen ölçümler üzerinde yapılan hesaplamalar sonucu temel süre 123.9077 olarak bulunmuştur.

Bu örnekte vurgulanması gereken nokta, geleneksel yaklaşımda uyumsuz örneklerin katılması sonucu yeterliliğe bir türlü ulaşılamamasına rağmen, önerilen yöntem bu uyumsuz örnekleri kabul etmediği için daha önceden yeterliliğe ulaşmış olmasıdır.

5.4 Değerlendirme

Algoritmayı sınamak amacıyla kullanılan örneklerin elde edildiği proje süresince, çok sayıda aykırı durumla karşılaşılmıştır. Örneğin, bir atölye ya da kısma ilk girildiğinde alınan ölçümlerin, ölçümcüler ile çalışanlar arasındaki ilişkiler belirli bir dengeye kavuştuktan sonra alınanların altı, yedi hatta on katı uzunlukta temel süreler önerdiği gözlenmiştir. Benzer durumlar, daha önce defalarca ölçüm alınmış olan bir iş için yeni bir ölçümcüden ek ölçüm istendiğinde de ortaya çıkmıştır. Yine aynı proje boyunca, aynı metod adımlarının değişik çalışanlarca çok küçük kişisel varyasyonlarla uygulanması ya da üretim planları, malzeme akışı gibi nedenlerle üretim hızının zaman zaman olağanüstü boyutlarda zorlanması nedeniyle de çok aykırı gözlemlerle karşılaşıldığı olmuştur. Burada ele alınan üç örnek için bu tür aykırı durumların olmamasına özen gösterilmiştir.

Çalışanın, ölçümcünün ve/veya koşulların zorlanmasıyla ortaya çıkan aykırı durumların geleneksel yaklaşımla farkedilmeleri ve yönetilmeleri oldukça zordur. Buna karşılık önerilen yaklaşımda üçlü ve ikili test sonucunda reddedilen her ölçüm için kısa bir araştırma sonucunda nedenler belirlenebilir. Böylelikle hem gerekiyorsa çalışan veya ölçümcü uyarılabilir, hem de sözkonusu ölçüm kullanılmadığı için, onun ortaya çıkarttığı ek sapmayı giderecek yeni ölçüm ihtiyacından kurtulunur.

Önerilen yaklaşımın, ölçüm ve ölçümcü yönetimine bu anlamda sağladığı katkılar son derece açıktır. Böyle bir durumla ikinci örnekte karşılaşılmıştır. Ancak, bu tür çalışmalara gerekçe olarak ülkemizde ve benzer ülkelerde yeterince iyi ölçümcünün bulunmadığının gösterildiği dikkate alınırsa, sözkonusu problemin burada karşılaşıldığından çok daha yoğun olduğu görülebilir.

Öte yandan, önerilen algoritma, hem çalışanın hem de ölçümcünün çok daha bilinçli ve gerçekçi olduğu durumlarda da geleneksel yaklaşıma göre önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu bölümde ele alınan örnekler bu tür örneklerdir. Örneklerde kullanılan ölçümlerin yaygınlığı kabul edilebilir düzeydedir¹. Gerek çalışanların ve gerekse ölçümcülerin acemilik dönemini atlatmalarından sonraki döneme aittirler. Buna rağmen önerilen yaklaşım önemli sayılabilecek bir tasarruf sağlamaktadır. İkinci örnekte sekiz ölçümün altısı, elde edilen bilginin kalite düzeyinde bir düşmeye yol açmadan yeterli olmaktadır. (Bilginin kalite düzeyi kullanılan hata payı ve güven düzeyinin bir fonksiyonudur ve her iki yaklaşımda da bu parametreler aynıdır.)

Ayrıca, örneklerde önerilen yaklaşımla elde edilen süreler ile geleneksel yaklaşımla elde edilen süreler arasındaki farklar % 5'den düşüktür. Bu da tempolama nedeniyle göze alınan hata payından düşük bir değerdir. Bilindiği gibi literatürde tempo takdirinde 5'in katlarının kullanılması önerilmektedir. Bu durum da ölçülen bir değer için % 5'lik sıçramalarla değerlendirilebileceğini göstermektedir. Örneğin, 97 tempoyla çalışan bir işçi için ölçümcü 95 ya da 100 tempo takdir edecektir ki % 3 hata zaten göze alınmış demektir.

¹ Buradaki örneklerde maksimum ortalamalar minimum ortalamaların sırasıyla 1.19 , 1.62 ve 1.73 katı kadardır. Bu değerler proje boyunca karşılaşılan oranlara göre bir hayli düşüktür.

Hem ikinci hem de üçüncü örnekte, örnek alma ölçütlerine uyulmamıştır. Bu durum zorunluluktan olabilir. Örneğin kimi işler sekiz-on ürün için yapılıp, bir daha uzun süre sonra tekrarlanmaktadır. Ya da keyfi olarak böyle alınması tercih edilmiş olabilir. Oysa her ölçüm için, başlangıçta belirli hazırlık ve ölçüm için gidiş-gelişleri de içeren bir sabit maliyet göze alınmaktadır. Ölçüm alma ölçütlerine uyulsa, ikinci örnekteki gözlem sayısı üç örnekte aşılacak, beş ölçümün sabit maliyetinden tasarruf edilmiş olacaktır. Üçüncü örnekte de kabaca aynı sayıda gözlem için ölçüm sayısının yarı yarıya düşmesi beklenebilir.

Özetle; önerilen algoritma

- Ölçümleri ve ölçümcüyü daha iyi denetleme ve değerlendirme olanağı sağlamaktadır,
- Daha az sayıda ölçümle aynı sonuca ulaşarak tasarruf sağlamaktadır,
- Aynı sayıda gözlemi daha az sayıda ölçümde almayı zorlayarak tasarruf sağlamaktadır.

6. SONUÇ

Verimlilik yönetiminin önemli aşamalarından birisi olan verimlilik ölçümü, çeşitli açılardan standart zaman bilgisini gerektirir. Bu bilginin kendisi de işletme kaynakları kullanılarak üretilir. Böyle bakıldığında, belirli kalitede standart zaman üretmek için kullanılan kaynak miktarını düşürerek, standart zaman üretim "süreci"nin verimliliğini arttırmak da önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.

Standart zaman üretiminde verimliliğin arttırılması, daha az kaynak kullanılarak aynı kalitede standart zaman üretimi, ya da aynı miktarda kaynak kullanılarak daha yüksek kalite sağlanması anlamına gelebilir. Burada sözü edilen "kaynak", temel olarak ölçüm yapan işgücüdür. "Kalite" ise, temelde istatistiksel bir karakteri olan standart zaman bilgisinin güven düzeyine bağlı olarak düşünülmektedir.

Standart zaman üretimi, uzun yıllar gelenekselleşmiş bir yöntemle sürdürülmektedir. Bu yöntem bilgisayarların yaygınlaşmasından önce geliştirilmiştir. Ayrıca istatistik alanında da sözkonusu yıllarda önemli gelişmeler sağlanmış, ancak bu gelişmeler standart zaman üretim yöntemine pek katılamamıştır.

Bu çalışmada, sözü edilen gelenekselleşmiş yöntem eleştirel bir bakışla incelenmiş, yeni kavram ve teknolojilerin bu yönteme nasıl katkı sağlayabilecekleri araştırılmıştır. Bu bakış açısıyla geliştirilen yeni bir algoritma, geleneksel yaklaşıma

- ölçüm alma ölçütleri
- ilk örnek uyumluluğu
- ikili uyumluluk

gibi kavramların eklenmesine olanak sağlamıştır. Bu kavramlar, değerlendirmeye katılmakla istatistiksel olarak sorun yaratan ölçümleri değerlendirme dışı bırakarak gerekli gözlem sayısının yapay olarak artışının önüne geçmektedir. Öte yandan iş ölçümü sürecinin subjektif boyutu olan tempolandırma eylemini denetleme olanağı sağlamaktadır. Böylelikle ölçümler, ölçümcüler ve işlerden oluşan "iş ölçümü evreni"nin bir bütün olarak daha etkili ve başarılı yönetimi olanakları da elde edilebilir.

Yukarıda sözü edilen istatistiksel kavramların yoğun olarak kullanımı, bilgisayarları zorunlu kılmaktadır. Ancak, çok ucuzlayan ve yaygınlaşan kişisel bilgisayarlar bu amaçla yeterlidir. Bu çalışmada kullanılan yazılım profesyonelce geliştirilmemiş olmasına rağmen, gerek donanım ihtiyacı gerek çalışma süresi olarak yeterli olmuştur.

Öte yandan tutarsız ölçümlerin, ayrı bir incelemeye tabi tutularak, tutarsızlık nedenlerinin araştırılmasının üretimle ilgili değişkenlik kaynaklarının ortaya konması yönüyle verimlilik arttırıcı etkisi olacaktır.

Sonuç olarak, iş ölçümü sürecinin yeni teknolojiler ve kavramlarla desteklenmesi, verimliliği arttırıcı bir faktör olabilmektedir. Bu çalışmada, geliştirilmiş olan yaklaşımın bunu nasıl gerçekleştirdiği de örneklenerek tartışılmıştır. Birçok işletmede güvenilir standart zamanların hiç tespit edilmemiş ya da bir kez belirlendikten sonra gereğince güncelleştirilmemiş olması, birçok başka nedenin yanı sıra, standart zaman üretimini pahalı olması ve yönetiminin güçlüğünden de kaynaklanmaktadır. Önerilen yaklaşım, bu açıdan önem taşımaktadır. Ancak, bu yaklaşımın, standart zamanları kullanan örgüt birimleriyle uygun bir etkileşim halinde çalışan "ayrı bir örgüt birimi" tarafından

kullanılması başarı için önem taşımaktadır. Diğer bir deyişle, bu konuda ülkemiz açısından önem taşıyan bir dizi araştırma alanı henüz açık bulunmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akal, Z.**, 1981, İş etüdü, MPM Yayınları, 29, Ankara, 460 s.
- Aldemir, M.C.**, 1985, Örgütlerin yönetimi: makro bir yaklaşım, Bilgehan Basımevi, İzmir, 224 s.
- Allderige, J.M.**, 1956, Statistical procedures in stop watch work measurement, The Journal of Industrial Engineering, 7, 4, 154-163.
- Anderson, C.A.**, 1963, Performans raiting, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2nd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 3.61-3.78.
- Andrews, R.B., Barnes and M.R.**, 1967, The influence of the duration of observation times on performance rating, The Journal of Industrial Engineering, 18, 4, 243-247.
- Barnes, R.M.**, 1980, Motion and time study design and measurement of work, 7. baskı, John Wiley & Sons, Inc., 689 p.
- Bertoni, C.N. and Martin, J.E.**, 1976, Work measurement of purchasing, Industrial Engineering, 8, 1, 31-35.
- Brisley, C.L.**, 1963 a, Work sampling, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2nd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 3.79-3.98.
- Brisley, C.L. and Fielder, W.F.**, 1985 b, Balancing cost and accurarcy in setting up standarts for work measurement, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 17-24.
- British Standart Institute (BSI)**, 1959, Glossary of terms in work study, BS3138
- Daniel, W.W.**, 1978, Applied nonparametric statistics, Houghton Mifflin Company, 503 p.
- Doğan, Ü.**, 1987, Verimlilik analizleri ve verimlilik ergonmi ilişkileri, İzmir Ticaret Borsası Yayınları, 31, İzmir, 272 s.
- Elwood, S.B.**, 1963, Methods of measuring time, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2nd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 3.12-3.22.
- Erkut, T.**, 1972, İş etüdü faaliyetlerinin yönetimi, Sevk ve İdare Dergisi, 47, 23-27.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Fein, M.**, 1982, Rational approaches to raising productivity, Engineering and Management Press, 26 p.
- Fein, M.**, 1973, Zaman etüdü: normal hızla ilgili kavramlar, (Çev. Ülkü Dicle), Verimlilik Dergisi, 2, 4, 995-1010.
- Füsunoğlu, H.M.**, 1987, Gelişmekte olan ülkelerde ve Türkiye'de verimlilik-kalkınma sorunları yarışması, Üçüncülük ödülü, MPM, Verimlilik Dergisi, 1987/1, Ankara, 60-103.
- Gibbons, J.D.**, 1971, Nonparametric statistical inference, McGraw-Hill Book Company, Inc., 299 p.
- Guttridge, M.S.**, 1984, Work study and the systems approach, Work Study, 33, 12, 38-44.
- Gürsoy, B.**, 1985, Verimlilik üzerine düşünceler, MPM Yayınları, 324, 152 s.
- Hettmansperger, T.P. and Norton, R.M.**, 1987, Test for patterned alternatives in k-sample problems, Journal of the American Statistical Association, 82, 397, 292-299.
- Himmetoğlu, B.**, 1972, İş etüdü ve metod geliştirme, Karınca Matbaacılık ve Tic. Koll. Şti., izmir, 48 s.
- Hosni, Y.A.**, Time standarts using micro computers, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 133-137.
- International Labour Office (ILO)**, 1970, Introduction to work study, Revised Ed., Geneva, 356 p.
- İncir, G.**, 1979, End. işyerinde çevre koşullarının etkileri, MPM Yayınları, 227, Ankara, 128 s.
- Jamali, S.**, 1985, Putting a productivity improvement program into action: six step plan, Success stories in productivity improvement, Hamlin, J.R. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 235-245.
- Kara, I.**, 1987, Gereklilik ve uygulanabilirlik açısından teşvikli ücret sistemleri, Yayınlanmamış Araştırma Proje Raporu, Eskişehir, 53 s.
- Karayalçın, I.**, 1986, Endüstri mühendisliği ve üretim yönetimi el kitabı I, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 480 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Kaya, E.**, 1984, Türk imalat sanayiinde emek verimliliği indeksleri, MPM, Verimlilik Dergisi, 13, 3, Ankara, 109-119.
- Kob, K.K.**, 1967, A computer program for time study analysis, The Journal of Industrial Engineering, 18, 2, 147-152.
- Kongar, B.**, 1974, Verimlilik, verimlilik ölçüm yöntemleri, işgücü verimliliği ve çimento sanayiinde işgücü verimliliğiyle ilgili analitik bir deneme, T.C. Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Ankara, 32 s.
- Konz, S.A.**, 1985, Allowances, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 91-93.
- Küçükberksun, S.**, 1976, Prodüktivitenin anlamı ve önemi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 5, 1, 168-184.
- Küçükberksun, S.**, 1983, İşletmelerde prodüktivite denetimi, Sönmez Endüstri Holding Yayınları, 1, 224 s.
- Lapin, L.L.**, 1973, Statistics for modern business decisions, Harcourt Brace Javonovich, Inc., 790 p.
- Lehmann, E.L.**, 1975, Nonparametrics statistical methods based on ranks, Holden-Day, Inc., 457 p.
- Lindemann, H.R.**, 1985, Systematic auditing of time standarts, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 155-159.
- Marrot, R.W.**, 1982, A flaw in UK time study, Management Service, 26, 6, 6-11.
- Maynard, H.B.**, 1963, Measurement of repetitive work, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2nd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 4.3-4.13.
- Mercer, J.J.**, 1985, New Developments in computer aided work standards and routing, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 115-124.
- Miller, D. and Schmidt, J.W.**, 1984, Industrial engineering and operations research, John Wiley Sons, Inc., 462 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Mood, A.M.**, 1954, On the asymptotic efficiency of certain non-parametric two sample tests, *Ann. Math. Statist.*, 25, 514-522.
- Motycka, J.**, 1961, New advances in time study - electronic data processing, *Proceedings National Conference American Institute of Industrial Engineers, Detroit*, 159-163.
- Motycka, J., Anburn, T.**, 1957, Electronic data processing comes to time study, *Journal of Industrial Engineering*, 8, 1, 11-18.
- Muncuoğlu, M.C.**, 1967, İş etüdü: verimin arttırılmasında en efektif yol, *Sevk ve İdare Dergisi*, 5, 13-19.
- Mundel, M.E.**, 1960 a, *Motion and time study*, 3rd Ed., Prentice Hall Inc., 690 p.
- Mundel, M.E.**, 1983 b, *Improving productivity and effectiveness*, Prentice Hall Inc.,
- Niebel, B.W.**, 1967, *Motion and time study*, Fourth Ed., Richard D. Irwin Inc., 568 p.
- Nordhoff, H.B.**, 1960, *Machine shop estimating*, Second Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Oakes, W.S.**, 1985 a, *Implementation work standards editorial overview*, *Developing work standards*, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 145-149.
- Oakes, W.S.**, 1985 b, *Work measurement technique source*, *Developing work standards*, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 196-205.
- Overby, W.M.**, 1985, *Technique for group time measurement simplifies indirect labor observation*, *Developing work standards*, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 53-58.
- Öz-alp, Ş.**, 1977, *Hareket ve zaman etüdü*, *Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları*, No 184-115, 123 s.
- Özdemir, Y.**, 1988, *Standart zaman verimlilik ilişkisi ve bilgisayar destekli standart zaman tespiti*, Yüksek lisans tezi, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, 91 s. (yayımlanmamış).

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Özok, A.F.**, 1985 a, iş örneklemesi ve sanayi mühendisliği, Sanayi Mühendisliği Dergisi, 31-33.
- Özok, A.F.**, 1988 b, işletme sorunları analizi açısından endüstri mühendisliğinin ülke kalkınmasındaki yeri, Endüstri Mühendisliği '88 Ulusal Kongre (Bildiriler), İstanbul, 411-420.
- Öztömek, H.H.**, 1988, Performans değerlendirmesi, Endüstri Mühendisliği '88 Ulusal Kongre (Bildiriler), İstanbul, 215-241.
- Pamir, T.C.**, 1984, iş etüdü, SEGEM Yayınları, 69, Ankara, 274 s.
- Pekiner, K.**, işletmelerde prodüktivite denetimi, İstanbul Üniversitesi Yayınları, 1609, İstanbul, 93 s.
- Quick, J.H., Duncan, J.H. and Malcolm Jr., J.A.**, 1962, Work-factor time standards, McGraw Hill Book Company
- Quick, J.H., Duncan, J.H. and Malcolm Jr., J.A.**, 1963, The work - factor system, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2nd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 5.39-5.96.
- Refa**, 1978, iş etüdü yöntem bilgisi, 2. kitap, veri saptamanın temel kavramları (Çev. MPM), 428 s.
- Revell, J.R.**, 1986, Cemach's work study in the office, Sixth Ed. (Foreword by King E. A.), Anbar Publications Ltd., 215 p.
- Rice, R.S.**, 1977, Survey of work measurement and wage incentives, Industrial Engineering, 9, 7, 18-31.
- Ross, R.**, 1970, Computer analysis data - man analysis job, Industrial Engineering, 2, 5, 22-25.
- Royer, E.B.**, 1937, How many observations are necessary in setting wage-incentive standarts?, Personnel, 13, 4, 137-139.
- Runyon, R.P.**, 1977, Nonparametric statistics, Addison-Wesley Publishing Company, 218 p.
- Scholz, F.W. and Stephens, M.A.**, 1987, K-Sample Anderson-Darling tests, Journal of the American Statistical Association, 82, 399, 918-924.
- Seçim, H.**, 1987, Sanayi işletmelerinde norm kadro tespit yöntemi, Anadolu Üniversitesi, 225, Eskişehir, 82 s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam ediyor)

- Sellie, C.**, 1895, Better use of better tools should make work measurement increasingly valuable in future, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 24-28.
- Siegel, S.**, 1956, Nonparametric statistics for behavioral science, McGraw-Hill Book Company, Inc., 312 p.
- Steffy, W.**, 1971, Uses of predetermined time standards, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 2rd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 5.3-5.12.
- Swain, J. and Sink, D.S.**, 1985, Productivity measurement in the service sektor: a hotel/motel application of the multi-factor productivity measurement model, Success stories in productivity improvement, Hamlin, J.R. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 77-89.
- Sarman, S.**, 1983 a, İş etüdüleri, 9 Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, 19, İzmir, 262 s.
- Sarman, S.**, 1988 b, Enflasyon - Üretkenlik ilişkisi ve toplam faktör ölçüm sistemi, Endüstri Mühendisliği '88 Ulusal Kongre (Bildiriler), İstanbul, 439-464.
- Sinşek, L.**, 1980, Üretim ve verimlilik, Verimlilik Dergisi, No 2
- Taşcı, C.N.**, 1986, Bilgi sistemleri, genel kavramlar ve geliştirilmeleri, A.Ü. Müh. Mim. Fak. End. Müh. Böl., 197 s.
- Tezeren, A.**, 1985, İmalat sanayiinde verimliliği etkileyen faktörler, MPM, 319, Ankara, 79 s.
- Tiefenthal, R.**, 1971, Group timing technique, Industrial engineering handbook, Maynard, H.B. (Ed.), 3rd Ed., McGraw-Hill Book Company, Inc., 3.70-3.91.
- Timur, H.**, 1984, İş ölçümü, iş planlaması, verimlilik, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü, 207, 160 s.
- Whitmore, D.A.**, 1987, Work measurement, Institute of Practitioners in Work Study, 435 p.
- Wild, R.**, 1978, The techniques of production management, Holt Rinehart Winston Ltd.,

KAYNAKLAR DiZiNi (Devam ediyor)

Young, R.T., 1985, Forecasting monitoring and controlling productivity, Developing work standarts, Oakes, W.S. (Ed.), Industrial Engineering and Management Press, Atlanta, 42-45.

Zandin, K.B. and Weiss R.M., 1977, MOST systems for work measurement, Industrial Engineering, 9, 6, 43-45.

EKLER

- Ek.1 : Yeterlilik Analizi için Hazırlanan Bilgisayar Programı
- Ek.1.a : Ana Program
- Ek.1.b : Bilgisayar Programının Birleştirme Modülü
- Ek.1.c : Bilgisayar Programının Yeterlilik Modülü
- Ek.1.d : Bilgisayar Programının İlk Örnek Testi Modülü
- Ek.1.e : Bilgisayar Programının Uyumluluk Testi Modülü
- Ek.1.f : Bilgisayar Programının Histogram Çizdirme Modülü
- Ek.1.g : Bilgisayar Programının Veri Girişi Modülü
- Ek.1.h : Bilgisayar Programının Diğer Modülleri
- Ek.2 : Paylar Tablosu
- Ek.3 : Ölçüm Formu Örneği
- Ek.4 : Birinci Örnek İşin Metodu
- Ek.5 : İkinci ve Üçüncü Örnek İşlerin Metodu

Ek.1 : Yeterlilik Analizi için Hazırlanan Bilgisayar Programı

Ek.1.a : Ana Program

```
CLEAR ALL
SET PROCEDURE TO SZ.PRG
SET TALK OFF
SET SAFETY OFF
SET BELL OFF
SET MENU OFF
SET SCORE OFF
SET STATUS OFF
CLEAR
DO WHILE .T.
    CLOSE DATABASES
    SECENEK=" "
    @ 0,0 TO 2,79
    @ 1,24 SAY "      A N A      M E N U"
    @ 3, 0 TO 16,79 DOUBLE
    @ 6,22 SAY "KRUSKAL WALLIS (UCLU TEST) .... [1]"
    @ 7,22 SAY "MANN-WHITNEY U (IKILI TEST) ... [2]"
    @ 8,22 SAY "YETERLILIK ANALIZI ..... [3]"
    @ 9,22 SAY "BIRLESTIRME ..... [4]"
    @ 10,22 SAY "OZET BILGILER ..... [5]"
    @ 11,22 SAY "VERI GIRISI ..... [6]"
    @ 12,22 SAY "HISTOGRAM ..... [7]"
    @ 13,22 SAY "CIKIS ..... [0]"
    @ 14,22 SAY "SECENEGINIZ ..... [ ]"
    @ 14,55 GET SECENEK
    READ
    DO CASE
        CASE SECENEK="1"
            DO UC
        CASE SECENEK="2"
            DO IKI
        CASE SECENEK="3"
            DO YETER
        CASE SECENEK="4"
            DO BIRLES
        CASE SECENEK="5"
            CLEAR
            USE SONUC
            BROWS
            CLEAR
        CASE SECENEK="6"
            DO VERIGIR
            CLEAR
        CASE SECENEK="7"
            DO HISTOG
            CLEAR
```

Ek.1.a (devam ediyor)

```
      CASE SECENEK="0"  
        CLOSE DATABASES  
        CLEAR  
        RETURN  
      OTHERWISE  
        LOOP  
      ENDCASE  
ENDDO  
RETURN
```

Ek.1.b : Bilgisayar Programının Birleştirme Modülü

```
PROCEDURE BIRLES
DO WHILE .T.
    DO SILI
    ANAKT=SPACE(8)
    @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
    @ 18,5 SAY "ANA KUTUK ADI..... " GET ANAKT
    READ
    IF READKEY()=12
        DO SILC
        RETURN
    ENDIF
    IF FILE(ANAKT+".DBF")
        @ 22,5 SAY ANAKT+" ISMIYLE ACILMIS KUTUK VAR"
        WAIT "||      DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
        DO SILM
        LOOP
    ENDIF
    USE X
    COPY STRU TO &ANAKT
    CLOSE DATABASES
    SELECT A
    USE &ANAKT
    SET INDEX TO X
    REIND
    KTT=""
    DO WHILE .T.
        KT="      "
        KOD=" "
        @ 20,5 SAY "ALT KUTUK ..... " GET KT
        @ 21,5 SAY "KODU ..... " GET KOD
        READ
        IF READKEY()=12
            DO SILC
            EXIT
        ENDIF
        IF .not.file(KT+".dbf")
            @ 22,5 SAY KT+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
            WAIT "||      DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
            DO SILM
            LOOP
        ENDIF
        @ 17,2 SAY "BEKLEYINIZ"
        SELECT B
        USE &KT
        GOTO TOP
    DO WHILE .NOT.EOF()
        AA=OLCUM
        SELECT A
        APPEND BLANK
        REPLACE OLCUM WITH AA
        REPLACE KUTUK WITH KOD
```


Ek.1.b (devam ediyor)

```
SELECT B
SKIP
ENDDO
@ 17,2 SAY "====="
KTT=KTT+TRIM(KT)+"+"
ENDDO
USE SOUNUC
APPEND BLANK
REPLACE TEST WITH "BIRLESTIR"
REPLACE ANAKUTUK WITH ANAKT
REPLACE ALTKUTUK WITH KTT
EXIT
ENDDO
RETURN
```

Ek.1.c : Bilgisayar Programının Yeterlilik Modülü

```
PROCEDURE YETER
DO WHILE .T.
    DO SILI
    ANAKT=SPACE(8)
    @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
    @ 18,5 SAY "ANA KUTUK ADI..... " GET ANAKT
    READ
    IF READKEY()=12
        DO SILC
        RETURN
    ENDIF
    IF .NOT.FILE(ANAKT+".DBF")
        @ 22,5 SAY ANAKT+"ADLI KUTUK BULUNAMADI"
        WAIT "||      DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
        DO SILM
        LOOP
    ENDIF
    @ 17,2 SAY "BEKLEYINIZ"
    USE &ANAKT
    N=RECCOUNT()
    SUM OLCUM TO TOP
    SUM OLCUM^2 TO TOP2
    NN=((40*(N*TOP2-TOP^2)^0.5)/TOP)^2
    USE SONUC
    APPEND BLANK
    REPLACE TEST WITH "YETERLILIK"
    REPLACE ANAKUTUK WITH ANAKT
    REPLACE N_N2 WITH N
    REPLACE NN_N1 WITH NN
    REPLACE TS_H_U_Z WITH TOP/N
    @ 17,2 SAY "====="
    DO SILI
    @ 18,5 SAY "YETERLILIK ANALIZI SONUCLARI"
    @ 19,5 SAY "====="
    @ 20,5 SAY "n      ="
    @ 20,14 SAY N PICTURE "99999"
    @ 21,5 SAY "N      ="
    @ 21,14 SAY NN PICTURE "99999"
    @ 22,5 SAY "TS      ="
    @ 22,14 SAY TOP/N PICTURE "99999.9999"
    WAIT "||      SONUCLAR KAYDEDILDI; BIR TUSA BASINIZ"
ENDDO
RETURN
```

Ek.1.d : Bilgisayar Programının İlk Örnek Testi Modülü

```
PROCEDURE UC
DO WHILE .T.
    DO SİLİ
        @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
        ANAKT=SPACE(8)
        KT1=SPACE(8)
        KOD1=SPACE(1)
        KT2=SPACE(8)
        KOD2=SPACE(1)
        KT3=SPACE(8)
        KOD3=SPACE(1)
        @ 18,15 SAY "ANA KUTUK ADI.... " GET ANAKT
        @ 19,15 SAY "ALT KUTUK #1 .... " GET KT1
        @ 19,50 SAY "KODU ..... " GET KOD1
        @ 20,15 SAY "ALT KUTUK #2 .... " GET KT2
        @ 20,50 SAY "KODU ..... " GET KOD2
        @ 21,15 SAY "ALT KUTUK #3 .... " GET KT3
        @ 21,50 SAY "KODU ..... " GET KOD3
    READ
    IF READKEY()=12
        DO SİLİC
        RETURN
    ENDIF
    IF FILE(ANAKT+".DBF")
        @ 22,5 SAY ANAKT+" İSMİYLE ACILMIS KUTUK VAR"
        WAIT "|| DEVAM ETMEK İCİN BİR TUSA BASINIZ"
        DO SİLİM
        LOOP
    ENDIF
    IF FILE(KT1+".DBF")
        USE &KT1
        IF RECCOUNT()=0
            @ 22,5 SAY KT1+" İSİMLİ KUTUKTE VERİ YOK"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK İCİN BİR TUSA BASINIZ"
            DO SİLİM
            LOOP
        ENDIF
        ELSE
            @ 22,5 SAY KT1+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK İCİN BİR TUSA BASINIZ"
            DO SİLİM
            LOOP
        ENDIF
    IF FILE(KT2+".DBF")
        USE &KT2
        IF RECCOUNT()=0
            @ 22,5 SAY KT2+" İSİMLİ KUTUKTE VERİ YOK"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK İCİN BİR TUSA BASINIZ"
            DO SİLİM
            LOOP
        ENDIF
```

Ek.1.d (devam ediyor)

```
ELSE
@ 22,5 SAY KT2+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
DO SILM
LOOP
ENDIF
IF FILE(KT3+".DBF")
USE &KT3
IF RECCOUNT()=0
@ 22,5 SAY KT3+" ISIMLI KUTUKTE VERI YOK"
WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
DO SILM
LOOP
ENDIF
ELSE
@ 22,5 SAY KT3+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
DO SILM
LOOP
ENDIF
IF KOD1=KOD2.OR.KOD2=KOD3.OR.KOD1=KOD3
@ 22,5 SAY "KODLAR FARKLI OLMALI"
WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
DO SILM
LOOP
ENDIF
@ 17,2 SAY "BEKLEYINIZ"
USE X
COPY STRU TO &ANAKT
SELECT A
USE &ANAKT
SET INDEX TO X
REIND
SELECT B
USE &KT1
N1=RECCOUNT()
GOTO TOP
DO WHILE .NOT.EOF()
AA=OLCUM
SELECT A
APPEND BLANK
REPLACE OLCUM WITH AA
REPLACE KUTUK WITH KOD1
SELECT B
SKIP
ENDDO
SELECT B
USE &KT2
N2=RECCOUNT()
GOTO TOP
DO WHILE .NOT.EOF()
AA=OLCUM
```

Ek.1.d (devam ediyor)

```
SELECT A
APPEND BLANK
REPLACE OLCUM WITH AA
REPLACE KUTUK WITH KOD2
SELECT B
SKIP
ENDDO
SELECT B
USE &KT3
N3=RECCOUNT()
GOTO TOP
DO WHILE .NOT.EOF()
  AA=OLCUM
  SELECT A
  APPEND BLANK
  REPLACE OLCUM WITH AA
  REPLACE KUTUK WITH KOD3
  SELECT B
  SKIP
ENDDO
SELECT A
GOTO TOP
F=0
DO WHILE .NOT.EOF()
  F=F+1
  REPL R WITH F
  SKIP
ENDDO
TOPT=0
GOTO TOP
TOP=0
DO WHILE .NOT.EOF()
  DEGER=OLCUM
  TOP=TOP+R
  SAY=1
  SKIP
  TUT=0
  DO WHILE .NOT.EOF()
    IF DEGER=OLCUM
      SAY=SAY+1
      TOP=TOP+R
    ELSE
      TUT=RECNO()
      EXIT
    ENDIF
    SKIP
  ENDDO
  IF SAY>1
    TOPT=TOPT+SAY^3-SAY
    SAY=1
  SKIP -1
```

Ek.1.d (devam ediyor)

```
DO WHILE SAY1<=SAY
  REPL R WITH TOP/SAY
  SAY1=SAY1+1
  SKIP -1
ENDDO
IF TUT>0
  GOTO TUT
ELSE
  EXIT
ENDIF
ENDIF
TOP=0
ENDDO
N=RECCOUNT()
DUZELTME=1-(TOPT / (N^3-N))
SUM R TO R1 FOR KUTUK=KOD1
SUM R TO R2 FOR KUTUK=KOD2
SUM R TO R3 FOR KUTUK=KOD3
TOP=R1^2/N1 + R2^2/N2 + R3^2/N3
H=12/(N*(N+1))*TOP-(3*(N+1))
H=H/DUZELTME
USE SONUC
APPEND BLANK
REPLACE TEST WITH "UCLU"
REPLACE ANAKUTUK WITH ANAKT
REPLACE ALTKUTUK WITH
  TRIM(KT1)+" "+"TRIM(KT2)+" "+"TRIM(KT3)
REPLACE N_N2 WITH N
REPLACE TS_H_U_Z WITH H
@ 17,2 SAY "_____"
DO SILI
@ 18,5 SAY "UCLU TEST SONUCLARI"
@ 19,5 SAY "_____"
@ 21,5 SAY "N      ="
@ 21,14 SAY N PICTURE "99999"
@ 22,5 SAY "H      ="
@ 22,14 SAY H PICTURE "99999.9999"
WAIT "||      SONUCLAR KAYDEDILDI; BIR TUSA BASINIZ"
ENDDO
RETURN
```

Ek.1.e : Bilgisayar Programının Uyumluluk Testi Modülü

```
PROCEDURE IKI
DO WHILE .T.
    DO SILI
    @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
    ANAKT=SPACE(8)
    KT1=SPACE(8)
    KOD1=SPACE(1)
    KT2=SPACE(8)
    KOD2=SPACE(1)
    @ 19,5 SAY "ANA KUTUK ADI..... " GET ANAKT
    @ 20,5 SAY "ALT KUTUK #1 ..... " GET KT1
    @ 20,50 SAY "KODU ..... " GET KOD1
    @ 21,5 SAY "ALT KUTUK #2 ..... " GET KT2
    @ 21,50 SAY "KODU ..... " GET KOD2
    READ
    IF READKEY()=12
        DO SILC
        RETURN
    ENDIF
    IF FILE(ANAKT+".DBF")
        @ 22,5 SAY ANAKT+" ISMIYLE ACILMIS KUTUK VAR"
        WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
        DO SILM
        LOOP
    ENDIF
    IF FILE(KT1+".DBF")
        USE &KT1
        IF RECCOUNT()=0
            @ 22,5 SAY KT1+" ISIMLI KUTUKTE VERI YOK"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
            DO SILM
            LOOP
        ENDIF
        ELSE
            @ 22,5 SAY KT1+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
            DO SILM
            LOOP
        ENDIF
    IF FILE(KT2+".DBF")
        USE &KT2
        IF RECCOUNT()=0
            @ 22,5 SAY KT2+" ISIMLI KUTUKTE VERI YOK"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
            DO SILM
            LOOP
        ENDIF
        ELSE
            @ 22,5 SAY KT2+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
            WAIT "|| DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
```

Ek.1.e (devam ediyor)

```
DO SILM
LOOP
ENDIF
IF KOD1=KOD2
  @ 22,5 SAY "KODLAR FARKLI OLMALI"
  WAIT "||" DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
  DO SILM
  LOOP
ENDIF
@ 17,2 SAY "BEKLEYINIZ"
USE X
COPY STRU TO &ANAKT
USE &ANAKT
SET INDEX TO X
REIND
USE &KT1
N1=RECCOUNT()
USE &KT2
N2=RECCOUNT()
CLOSE DATABASES
IF N1>N2
  N=N1
  N1=N2
  N2=N
  KTK=KT1
  KT1=KT2
  KT2=KTK
  KD=KOD1
  KOD1=KOD2
  KOD2=KD
ENDIF
SELECT A
USE &ANAKT INDEX X
SELECT B
USE &KT1
GOTO TOP
DO WHILE .NOT.EOF()
  AA=OLCUM
  SELECT A
  APPEND BLANK
  REPLACE OLCUM WITH AA
  REPLACE KUTUK WITH KOD1
  SELECT B
  SKIP
ENDDO
SELECT B
USE &KT2
GOTO TOP
DO WHILE .NOT.EOF()
  AA=OLCUM
```


Ek.1.e (devam ediyor)

```
SELECT A
APPEND BLANK
REPLACE OLCUM WITH AA
REPLACE KUTUK WITH KOD2
SELECT B
SKIP
ENDDO
SELECT A
GOTO TOP
F=0
DO WHILE .NOT.EOF()
  F=F+1
  REPL R WITH F
  SKIP
ENDDO
TOPT=0
GOTO TOP
TOP=0
DUZ=.F.
DO WHILE .NOT.EOF()
  DEGER=OLCUM
  TOP=TOP+R
  SAY=1
  SKIP
  TUT=0
  DO WHILE .NOT.EOF()
    IF DEGER=OLCUM
      SAY=SAY+1
      TOP=TOP+R
    ELSE
      TUT=RECNO()
      EXIT
    ENDIF
    SKIP
  ENDDO
  IF SAY>1
    TOPT=TOPT+SAY^3-SAY
    SAY1=1
    SKIP -1
    DO WHILE SAY1<=SAY
      DUZ=.T.
      REPL R WITH TOP/SAY
      SAY1=SAY1+1
      SKIP -1
    ENDDO
  IF TUT>0
    GOTO TUT
  ELSE
    EXIT
  ENDIF
```

Ek.1.e (devam ediyor)

```
ENDIF
TOP=0
ENDDO
SUM R TO R1 FOR KUTUK=KOD1
SUM R TO R2 FOR KUTUK=KOD2
N=RECCOUNT()
YAZ="U"
U=(N1*N2+(N1*(N1+1)/2))-R1
IF U > (N1*N2+(N2*(N2+1)/2))-R2
  U=(N1*N2+(N2*(N2+1)/2))-R2
ENDIF
IF N2<=8
  MES1="TABLO J "
ENDIF
IF N2>8.AND.N2<21
  MES1="TABLO K "
  IF U>N1*N2/2
    U=N1*N2-U
  ENDIF
ENDIF
IF N2>20
  IF DUZ
    SS=((N1*N2/(N*(N-1)))*(((N**3-N)/12)-
      (TOPT/12)))*0.5
  ELSE
    SS=(N1*N2*(N1+N2+1)/12)**0.5
  ENDIF
  U=(U-((N1*N2)/2))/SS
  MES1="TABLO A "
  YAZ="Z"
ENDIF
USE SONUC
APPEND BLANK
REPLACE TEST WITH "IKILI"
REPLACE ANAKUTUK WITH ANAKT
REPLACE ALTKUTUK WITH TRIM(KT1)+" "+"+TRIM(KT2)
REPLACE N_N2 WITH N2
REPLACE NN_N1 WITH N1
REPLACE TS_H_U_Z WITH U
@ 17,2 SAY "====="
DO SILI
@ 18,5 SAY "IKILI TEST SONUCLARI"
@ 19,5 SAY "====="
@ 20,5 SAY "N2      ="
@ 20,14 SAY N2 PICTURE "99999"
@ 21,5 SAY "N1      ="
@ 21,14 SAY N1 PICTURE "99999"
@ 22,5 SAY YAZ+"    ="
@ 22,14 SAY U PICTURE "99999.9999"
```

Ek.1.e (devam ediyor)

```
        WAIT "||      SONUCLAR KAYDEDILDI; BIR TUSA  
        BASINIZ"+";"+"MES1  
ENDDO  
RETURN
```

Ek.1.f : Bilgisayar Programının Histogram Çizdirme Modülü

```
PROCEDURE HISTOG
DO WHILE .T.
  DO SILE
  ANAKT=SPACE(8)
  @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
  @ 18,5 SAY "ANA KUTUK ADI..... " GET ANAKT
  READ
  IF READKEY()=12
    DO SILC
    RETURN
  ENDIF
  IF .NOT.FILE(ANAKT+".DBF")
    @ 22,1 SAY ANAKT+" ADLI KUTUK BULUNAMADI"
    WAIT "||      DEVAM ETMEK ICIN BIR TUSA BASINIZ"
    DO SILM
  LOOP
  ENDIF
  EXIT
ENDDO
USE &ANAKT
INDEX ON OLCUM TO X
GOTO BOTTOM
ENB=OLCUM
GOTO TOP
ENK=OLCUM
AU=(ENB-ENK)/INT(1.5+(3.322*LOG(RECCOUNT())/LOG(10)))
@ 21,5 SAY "ARALIK GENISLIGI..... " GET AU
READ
IF READKEY()=12
  DO SILC
  RETURN
ENDIF
CLEAR
I=1
SAY1=1
DO WHILE .T.
  Y=ROUND(ENK+(AU*I)/2,2)
  YAZ1=STR(Y,7,2)+" † "
  YAZ=""
  DO WHILE .NOT.EOF()
    IF OLCUM<=ENK+(I*AU)
      YAZ=YAZ+KUTUK
    ELSE
      EXIT
    ENDIF
    SKIP
  ENDDO
  YAZ1=YAZ1+YAZ
  @ SAY1,0 SAY YAZ1
  IF LEN(YAZ1)<81
```

Ek.1.f (devan ediyor)

```
SAY1=SAY1+1
ELSE
IF INT(LEN(YAZI)/80)*80=LEN(YAZI)
SAY1=SAY1+INT(LEN(YAZI)/80)
ELSE
SAY1=SAY1+INT(LEN(YAZI)/80)+1
ENDIF
ENDIF
IF EOF()
@ 23,1 SAY "HISTOGRAM TAMAMLANDI"
WAIT "BIR TUSA BASINIZ"
CLEAR
EXIT
ENDIF
IF SAY1>=22
WAIT ""
SAY1=1
ENDIF
I=I+1
ENDDO
RETURN
```

Ek.1.g : Bilgisayar Programının Veri Girişi Modülü

```
PROCEDURE VERIGIR
DO WHILE .T.
    DO SILI
    @ 17,0 TO 24,79 DOUBLE
    ANAKT=SPACE(8)
    @ 22,5 SAY "KUTUK ADI ..... " GET ANAKT
    READ
    IF READKEY()=12
        DO SILC
        RETURN
    ENDIF
    IF .NOT.FILE(ANAKT+".DBF")
        USE X11
        COPY STRU TO &ANAKT
        USE &ANAKT
        APPEND BLANK
    ENDIF
    CLOSE DATABASES
    USE &ANAKT
    BROWS FIELDS OLCUM
ENDDO
RETURN
```

Ek.1.h : Bilgisayar Programının Diğer Modülleri

PROCEDURE SILC
@ 17,0 CLEAR TO 24,79
RETURN

PROCEDURE SILM
@ 22,1 CLEAR TO 23,78
RETURN

PROCEDURE SILI
@ 18,1 CLEAR TO 23,78
RETURN

Ek.2 : Paylar Tablosu

KİŞİSEL DİNLENME PAYLARI TABLOSU

KISIM : _____ ÜRÜN : _____
ALT KISIM : _____ İŞLEM : _____
İŞ ELEMANI : _____

A. ÇALIŞMA DURUMU

- Oturarak
 Ayakta Normal
 Zor eğilmiş
 Çok zor(yatmış veya yukarı uzanmış)

B. KALDIRILAN AĞIRLIK (kg)

- 5 25
 10 30
 15 40
 20 40 kg'dan ağır

C. İTİLEN/ÇEKİLEN AĞIRLIK (kg)

- 200 800
 400 1000
 600 1000 kg'dan ağır
(itilen arabanın, zeminin özellikleri ve kaç kişi tarafından itildiği)

D. AYDINLANMA ŞARTLARI

- Yeterli
 Yetersiz
 Çok yetersiz

E. MEVSİMSSEL FAKTÖRLER

- Korunmuş
 Korunmamış (açık hava)

F. NEM

- Var Yok

G. ÇEVRE SICAKLIĞI

- Soğuk (- - 15°C)
 Normal (15 - 25°C)
 Sıcak (25 - 40°C)
 Çok Sıcak (40 - °C)

H. HAVA AKIMI

- Hiç yok
 Normal
 Çok fazla

I. DİKKAT GEREKSİNİMİ

- Yok
 Normal
 İnce iş
 Çok ince iş

J. GÜRÜLTÜ

- Yok
 Sürekli, normal
 Sürekli, yüksek
 Anlık, normal
 Anlık, yüksek

K. İŞİN MONOTONLUĞU

- Monoton değil
 Normal
 Çok monoton

DEĞERLENDİREN : _____

TARİH : _____

Bu form

Kadın Erkek

işçiler için geçerlidir.

Ek.3 : Ölçüm Formu Örneği

ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

Nr	İş Elemanı ve Ayrım Noktası	Zy	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
		M												
		T												
		Z												
İŞÇİ		No	C	YAŞ	TECRÜ.	Hazırlayan:								
						Tarih ve Saat:								
						İş:								
						Ürün:								

Ek.4 : Birinci Örnek İşin Metodu

**ELEKTROPORSELEN
ALCAK GERİLİM ŞEKİLLENDİRME**

**SAYFA : 1/1
E213 - BİRİNCİ ŞEKİLLENDİRME**

ÜRÜNLER: PTT

İŞ ELEMANLARI, AYRIM NOKTALARI ve METOD

1. **KALIPLANMIŞ KÜTÜĞÜN İŞLENMESİ** (Banda Bırakma)
 - 1.1. Kalıplanmış kütük band üzerinden alınır ve kontrol edilir.
 - 1.2. Torna çalıştırılır ve birinci şablonla yuva açılır.
 - 1.3. İkinci şablonla işleme yapılır.
 - 1.4. Şablonla işlenmiş kalıp içindeki mala diş açılır.
 - 1.5. Şablon oluk bıçağı fırça ile yağlanır.
 - 1.6. Torna durdurulur ve diş açılmış mal tornadan alınır.
 - 1.7. Kalıp banda bırakılır.

SEYREK (ARASIRA) ELEMANLAR

1. **TEMİZLİK YAPMA**
 - 1.1. Torna ile işleme sırasında tezgah üzerinde biriken çamur elle band üzerine ittirilir.
2. **TORNA BİÇAĞINI TEMİZLEME**
 - 3.1. Torna ile işleme sırasında tornanın bıçağı üzerinde biriken çamur elle temizlenir.

MALZEME ve GİRDİLER

1. **KALIPLANMIŞ KÜTÜK:** Kalıplanmış ve tokmaklanmış PTT kütüğü.
2. **YAĞ:** İşleme sırasında malın tornanın bıçağına yapışmasını önlemek için kullanılır.

ANALIZİ YAPAN

ADI SOYADI: A. Sermet ANAĞUN
TARİH : Mart 1987
İMZA :

ONAYLAYAN

ADI SOYADI: Rahmi ÖNEN
TARİH : / /1987
İMZA :

Ek.5 : İkinci ve Üçüncü Örnek İşlerin Metodu

**ELEKTROPORSELEN
YÜKSEK GERİLİM ŞEKİLLENDİRME**

**SAYFA : 1/1
E302 - TOKMAKLAMA**

ÜRÜNLER: K1, K2

İŞ ELEMANLARI, AYRIM NOKTALARI ve METOD

1. **KÜTÜKLERİN TOKMAKLANMASI** (Kalıbı Arabaya Bırakma)
 - 1.1. Boş kalıp arabadan alınır ve prese yerleştirilir.
 - 1.2. Vazonlanmış kütük boş kalıp içine yerleştirilir.
 - 1.3. Pres çalıştırılır.
 - 1.4. Dolu kalıp tokmaklanır.
 - 1.5. Tokmaklanan kalıp arabaya yerleştirilir.

SEYREK (ARASIRA) ELEMANLAR

1. **KALIP ARABASINI GETİRME**
 - 1.1. Kalıp yüklü araba çekilerek pres yanına getirilir.
2. **TOKMAKLANMIŞ KALIP YÜKLÜ ARABANIN TAŞINMASI**
 - 2.1. Araba birinci şekillendirme noktasına taşınır.
3. **RAF ÇEKME VE DÜZELTME**
 - 3.1. Presden alınan kalıpların arabaya yerleştirilebilmesi için arabadaki raflar dışarıya doğru çekilir ve düzeltilir.
4. **ARABA ÇEVİRME**
 - 4.1. Bir tarafı dolan arabanın diğer tarafı çevrilir.
5. **TAKOZ YERLEŞTİRME**
 - 5.1. Tokmaklanacak kütük ile boş kalıp arasına takoz yerleştirilir. (Kalıp yükseltmek için)
6. **ARABA İTME**
 - 6.1. Tokmaklanan kalıpların daha rahat yüklenmesi için araba itilir.

HALZEME ve GİRDİLER

1. **VAZONLANMIŞ KÜTÜK:** Vazonlanmış K1 ya da K2 kütüğü
2. **KALIP:** K1 ya da K2 kalıbı

ANALIZI YAPAN
ADI SOYADI: A. Sermet ANAGÜN
TARİH : Mart 1987
İMZA :

ONAYLAYAN
ADI SOYADI: Rahmi ÖNEN
TARİH : / /1987
İMZA :

Bölümde çalıştığı süre içinde Olasılık, İstatistik, Parametre Tahminleri, Kestirim Yöntemleri, Servis Sistemleri gibi çeşitli dersler veren yazar, aynı süre içinde bölümce yürütülen araştırma ve uygulama projelerinde de görev aldı. Bu projelerde;

- PETLAS adına yapılan araştırma projesinin, Tekerlekli Araç Lastiği Talep Analizi (şubat 1986), Lastik Tüketicilerinin Davranışları ve Eğilimleri (mart 1986), Petlas'ın Pazarlama Master Planında Öncelikli Hedef Pazar (haziran 1986) ve Petlas'ın Pazarlama Master Planı (temmuz 1986) modüllerinde,
- ÇİTOSAN adına yapılan uygulama projesinin Yarımca ve Bozüyük'te Standart Zamanların Tespiti ve Dökümantasyonu (1987) modüllerinde,
- KORDSA adına yapılan eğitim projesinde Kalite Kontrolünde Olasılık (1987) modülünde

gerek yazar gerekse araştırmacı, uygulamacı ve yürütücü olarak çalıştı.

İngilizce bilen yazar evli ve bir erkek çocuk sahibidir.