

İŞGÜCÜ VERİMLİLİK TAKİBİ İÇİN SİSTEM TASARIMI VE KARAR DESTEK MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Çiğdem ÖZSEVER, Tülay GENÇOĞLU, Nihal ERGİNEL

Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Müh. Bölümü,
26555, Eskişehir, TÜRKİYE,
e-mail: nerginel@anadolu.edu.tr

Geliş Tarihi: 16.01.2009

Kabul Tarihi: 10.03.2009

ÖZET

Bu çalışmada, iş süreçlerini takip eden herhangi bir bilgisayar destekli program kullanmayan KOBİ'ler için daha düşük maliyetli ve kısa sürede işletmeye adapte olabilecek *üretim takip ve analizi yapan bir karar destek sistemi* (KDS) oluşturulmuştur. Veri analizleri Kurusawa'nın "Oranlarla İşgücü Verimliliği Modeli" ile yapılmıştır. Bu modele ilave olarak "Parça verimliliği", "Makine verimliliği", "Vardiya verimliliği" ve "Kapasite kullanım oranı" da oluşturulan KDS'ne eklenmiştir.

Oluşturulan KDS'nin en önemli faydası, verileri sisteme operatörlerin girmesine olanak tanınması ve duruş nedenlerinin kodlanması ile duruşların da takip edilebilmesinin sağlanmasıdır. Bu uygulama ile işgücü verimlilik oranları günlük takip edilebilecek, KDS'ne veri girişi için gerekli olan mühendis işgücü süresi ortadan kalkacak, duruş nedenlerinin analiz edilmesine olanak tanınacaktır.

Anahtar Kelimeler: *İşgücü verimliliği; Karar Destek Sistemi; Oranlarla İşgücü Verimliliği Modeli*

THE SYSTEM DESIGN FOR MONITORING LABOUR PRODUCTIVITY AND DEVELOPMENT DECISION SUPPORT SYSTEM

ABSTRACT

In this study, the decision support system (DSS) is development to monitor and analysis of the production for Medium and Small Enterprises that not to use any computer aided software for monitoring work process, with low cost and adopt to the firm in a short time. Data are analyzed with Kurusawa's Workshop Productivity Management by Ratio Model. Also "Part Productivity", "Machine Productivity", "Shift Productivity" and "Capacity Usage Ratio" are added to DSS.

The main contribution of mentioned DSS is to give an opportunity that data are entered by operators in software. And other is to provide monitoring the cause and time of stopping position by coding the cause of stopping position in production. The labour productivity ratios can be easily monitored in daily, the required engineering time for entering data to the DSS is avoided and the cause of stopping position are analyzed easily with implemented DSS.

Key Words: *Labour productivity, Decision Support System; Workshop Productivity Management by Ratio Model*

1.GİRİŞ

Verimlilik; sahip olduğumuz kaynakların doğru ve etkin bir biçimde kullanılmasını sağlamak, performans ve yararlılıklarını en üst düzeye çıkartabilmek demektir. İşletme bütün enerji kaynaklarını etkin bir biçimde değerlendirmelidir. Verimliliğin çok çeşitli tanımları yapılmaktadır. Bunlardan bazıları şöyledir;

Verimlilik her şeyden önce zihinsel bir tutumdur. Bu; ilerlemenin ve sürekli kalkınmanın mantalitesidir. Bugünden iyi, yarından daha az iyi yapılmasından emin olunmasıdır. Ne kadar iyi görünürse görünsün gerçekten ne kadar iyi olursa olsun, bugünkü durumu daha da iyileştirmek arzusudur. Ekonomik ve sosyal hayatın değişen şartlara sürekli olarak uydurulmasıdır, yeni teknik ve yöntemlerin uygulanmasında gösterilen sürekli çabalar. İnsanoğlunun ilerlemesine olan inançtır [1].

Verimlilik genel olarak üretim süreci sonunda elde edilenlere bu sonucu elde etmek için üretim sürecine alınanlar, bir başka deyişle çıktılarla girdiler arasındaki bir katsayı, bir orandır. Çıktılarla girdiler arasındaki oranın fiziksel ya da parasal ifade edilişidir [2].

Verimlilik bir ülkenin kalkınmışlık seviyesinin en önemli ölçütlerinden birisidir. Ülkede yapılan üretime karşılık tüketilen kaynakları belirlemeye yönelik bir kavram olarak kullanılmaktadır. Değişen sosyo-ekonomik koşullar ve doğal dengelerle yeni bir tanıma kavuşan verimlilik kavramı ekonomik ve örgütsel yeteneklerin yanı sıra doğal yaşamı ve çevreyi korumak, çalışanlara iyi bir yaşam ve çalışma şartları sağlamak, koşulları ve kaynakları en akılcı bir biçimde kullanmak bazı özelliklere tanımlanır hale geldi [3].

Japon verimlilik merkezinin benimsemiş olduğu tanım; verimlilik doğru olan işleri, doğru bir biçimde ve ekonomik bir çalışmayla gerçekleştirmeyi hedefleyen akılcı bir yaşam biçimidir [4].

Yukarıda verilen tanımlara göre verimlilik şu şekilde formüle edilebilir [5].

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Üretimden elde edilen çıktı miktarı}}{\text{Üretimde kullanılan girdi miktarı}}$$

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Sistem çıktısı}}{\text{Sistem girdisi (sermaye + iscilik + hammadde + diğer)}}$$

Sistem çıktıları; fiziksel olarak ton, metre vb. iken parasal olarak ise makro ve mikro düzeyde olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [5]. Parasal çıktılar;

- *Makro düzeyde:* Gayri safi milli hasıla, gayri safi yurt içi hasıla, net ulusal refah, katma değer vb.
- *Mikro düzeyde:* Satışlar, toplam kazançlar, katma değer, üretim değeri vb şeklinde sınıflandırılır.

Sistem girdileri ise;

- *İşçilik:* Fiziksel olarak işçilik sayısı ve çalışma saati gibi, parasal olarak da işgücü maliyeti biçiminde ifade edilebilir.
- *Sermaye:* İşletme sermayesi ve sabit sermaye olmak üzere ikiye ayrılır. İşletme sermayesi dönem varlıklarında oluşur. Bunlar nakit alacaklar, stoklar, hisse senetleri ve tahvillerdir. Sabit sermaye ise makine sayısı ve makine saati olarak ifade edilebilir.
- *Hammadde ve malzeme:* Hammadde ve malzeme 3 grupta ele alınabilir.
 - *Hammadde:* İşletmenin üretim konusu olan ürünün yapısına giren ve onun esasını oluşturan girdi maddeleridir.
 - *Yardımcı madde ve malzeme:* İşletmenin üretim konusu olan ürün yapısına girmekle birlikte ürünün ayrıntısını oluşturan maddelerdir.
 - *İşletme malzemesi:* İşletmenin üretim konusu olan ürünün yapısı içine girmemekle birlikte üretim sürecinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan maddelerdir.
- *Diğer girdiler:* Reklam girdileri, çeşitli vergiler, enerji ve yakıt vb. girdiler.

Yaşadığımız yüzyılda verimliliğe duyulan ilgi, İkinci Dünya Savaşı'na kadar teknolojinin istihdam üzerinde yarattığı olumsuz etkiden ve bundan doğacak ekonomik durgunluk olasılığından kaynaklanmakta iken, savaş ve sonrası dönemde verimlilik, gelir artırıcı yönünden dolayı artmıştır.

Dünyada “prodüktivite” sözcüğünün bugünküne yakın bir anlamda ilk kez ne zaman kullanıldığı sorusunun yanıtı, bir Fransız bilim adamı, Fransa Bilimler Enstitüsü üyesi Prof. Jean Fourastie tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, hemen hemen bugünküne benzer bir anlamda prodüktivite ilk kez 16. yüzyılda kullanılmıştır. Kullanan ise Alman doktor ve mühendis George Bauer' dir. 1556'da yayımlanan *De re Metallica* adlı kitabı, hem mineraloji diye bilinen bilimin temellerini atan, hem de “prodüktivite” sözcüğünü bugünküne yakın bir anlamda kullanan ilk kaynaktır. Agricola, madenin yeraltından çıkarılma yöntemleri ve çıkarılan cevherin zenginleştirilerek kullanıma elverişli duruma getirilmesinin yolları üzerinde dururken, “prodüktivite'yi şu yöntemler artırır:” demiştir ve bu sözcüğün ilk kez verimlilik anlamında kullanılışının altına imzasını atmıştır [6].

Verimlilik, daha sonraki dönemlerde, özellikle Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkışı ve yayılması ile birlikte, hem sanayide üretim faaliyetlerinin içinde, uygulamadan kaynaklanan ve uygulamayı etkileyen yöntem ve tekniklerin geliştirilmesiyle pratik bir varoluş kazanmış, hem de bunların düşünsel plandaki yansımaları olarak ve ekonomi biliminin doğup gelişmesi çerçevesinde teorik düzeyde gelişme göstermeye başlamıştır. Ekonomi biliminin ilk büyük ismi olan İskoçyalı Adam Smith tarihin en çok okunmuş ekonomi kitaplarından biri olan ünlü eseri “Milletlerin Zenginliği”nde, ekonomik büyümede verimlilik artışının rolünü şöyle açıklıyordu: “Herhangi bir ulusun toprağının veya emeğinin yıllık ürünü değer olarak, ya onun üretken işçilerinin sayısının ya da daha önce istihdam edilmiş işçilerinin üretici güçlerinin artırılması yoluyla, ya çalışmayı kolaylaştıran ve kısaltan bazı makine ve aletlerin eklenmesi ve geliştirilmesi ya da istihdamın daha uygun dağılımı sonucunda artırılabilir; başka bir yolla değil” [6].

Verimlilik kavramının öne çıkmasında günümüz dünyasında bazı gelişmeler de rol oynamaktadır. Bunların önemlileri şöyle sıralanabilir [7]:

- 1950 ve 1960'ların uygun ve elverişli koşullarının (yüksek talep, ölçek ekonomileri avantajları, yeni kaynakların yoğun kullanım olanakları v.b.) bugün devam etmiyor olması,
- Dünya ekonomisi ve ulusal ekonomilerdeki işlevsel rahatsızlık ve karışıklıkların olması,
- Hızlanan teknolojik gelişmeyle birlikte daha az sermaye ve daha az işgücü kullanan teknolojik uygulamaların artması, ancak gelişmiş ülkelerin yetişmiş işgücü sıkıntısıyla karşılaşması sonucunda bazı alanlarda sermaye yoğun teknolojiye yeğlemesi, geliştirmekte olan ülkelereyse sermaye unsurunun kıtlığı ve büyük işsizlik sorunu nedeniyle mevcut insan kaynaklarının daha etkin kullanımı, geliştirilmesi ve yeni işler yaratılmasının teşvik edilmesinin gündeme gelmesi

Verimlilik kavramı işletmelere rekabet etme avantajı sağladığı, giderek küreselleşen dünya ticaretinde maliyetlerin azaltılması ile ancak rekabet edebilir ve varlığı sürdürülebilir hale geldiği için önemlidir. 1980'li yıllardan 2000'li yıllar içerisinde kaliteli üretim yapamayan işletmelerin rekabet şansları az olurken, 2000'li yıllardan sonra artık işletmeler kaliteyi olmazsa olmaz koşul olarak sağladıklarından, en düşük maliyet işletmeler için önem kazanmıştır. Bunun sağlanması da verimlilik yönetim sistemleri ile gelişir. Verimlilik sadece işletme içi kaynakların kullanımı olarak algılanmamalı, nasıl kalite konusunda geline son nokta işletmenin tüm faaliyetlerinde kaliteli yapılanma olarak algılandı ise, verimlilik kavramı da işletmenin tüm faaliyetlerinde verimlilik olarak algılanmalıdır. Bundan kastedilen işletmenin sadece üretim faaliyetlerinde değil, örneğin lojistik faaliyetlerinde, satın alma aşamalarında, kalite kontrol / ölçüm faaliyetlerinde, ürün geliştirme/ araştırma faaliyetlerinde, işçilerin taşınma vb. faaliyetlerinde ve ürüne verilen servis aşamasında da verimlilik kavramını ön planda tutulmalıdır. Gereksiz /tekrarlı faaliyetlerden kaçınmak, standart iş süreçleri geliştirmek, her faaliyette “maliyetler nasıl düşürülebilir” şeklinde bakmak verimlilik artışına olanak sağlayacaktır.

Bu çalışmada, CNC tezgahlar ile üretim yapılan bir işletmede işgücü verimlilik modellerinden en yaygın kullanılan Kazukiyo Kurosawa'nın Oranlarla İş Gücü Verimliliği Modeli (Workshop Productivity Management by Ratio -WPMR) kullanılarak, verimliliği takip edebilmek amacıyla bir karar destek sistemi kurulmuştur. Bu KDS, yüksek kurulum maliyeti, eğitim maliyeti, ek personel maliyeti gibi yüksek maliyetlere sahip olan ve uzun

bir kurulum aşaması gerektiren ERP gibi sistemlere yatırım yapmakta zorlanan KOBİ'lerin kullanabileceği, daha düşük maliyetli ve firmaya kısa sürede adapte olabilecek bir sistemdir.

Oranlarla işgücü verimliliği modelinin genel amacı her bir yetkili yani işçi, ilk kademe yöneticisi ve üst yönetimin işgücü kaynağı kullanım sorumluluğunu açığa çıkarmaktır [8]. Ayrıca Verimlilik Yönetim Sistemi, oranlarla işgücü verimliliği modeli dışında verimliliği etkileyen diğer faktörlerin (makine, parça, vardiya) de verimlilik oranlarını hesaplayabilmekte ve karar vericiye bilgi sunmaktadır. Oluşturulan karar destek sistemi için, arayüz olarak Microsoft Visual Studio.NET C# ve veritabanı için MS Office Access kullanılmıştır.

Bu makalede, öncelikle verimlilik ölçüm modelleri ikinci bölümde, oranlarla işgücü verimliliği modeli üçüncü bölümde, karar destek sistemleri dördüncü bölümde, uygulama ise beşinci bölümde anlatılmıştır. Altıncı ve son bölümde ise değerlendirme ve sonuçlara yer verilmiştir.

2. VERİMLİLİK ÖLÇÜM MODELLERİ

Bu makalede, literatürde en yaygın olarak kullanılan verimlilik model ve yaklaşımlarından 5 tanesine değinilmiştir ve bunlar kısaca anlatılmıştır:

2.1. David J. Sumanth Modeli

Her bir ürün türü (en azından temel ürünler) için toplam verimlilik indeksleri sağlayan ürün odaklı bir modeldir. Toplam indekse ilaveten bu indeksler, toplam ölçüm modellerine göre işletme yöneticisine daha yararlı sonuçlar üretecektir. Temel döneme göre düzeltilerek hesaplanan cari dönem girdi ve çıktı değerleri ile elde edilen bir ürünün toplam verimliliği, gerçek değerlerde TL çıktı / TL girdi olarak ifade edilmektedir. Toplam verimlilik, toplam maddi çıktının tüm maddi girdilere oranıdır. Çıktı unsurları, mamul, yarı mamul, girdiler ise işgücü, malzeme, sermaye, enerji ve diğer giderlerdir. Modelin özelliği tüm firma için olduğu kadar bireysel ürünler için de toplam verimliliği ölçme yeteneğidir [7].

2.2. Veri Zarflama Analizi

Veri Zarflama Analizi (VZA) ilk kez 1957 yılında Farrell tarafından Ortalama Performans ölçütüne karşılık ortaya atılan Sınır Üretim Fonksiyonu önerisi ile şekillenmiş, Charnes, Cooper, Banker ve Rhodes'in çalışmalarıyla bu günkü haline gelmiştir [9].

Veri zarflama analizi, ürettikleri mal ya da hizmet açısından birbirine benzer ekonomik karar birimlerinin göreceli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş olan parametresiz bir etkinlik ölçme yöntemidir [10]. Diğer etkinlik ölçüm yöntemlerinin, çok sayıda girdi ve çıktının karşılaştırılmasını zorlaştıran yetersizlikleri bu yöntem ile aşmaya çalışılmıştır. Yöntemin önemli özelliklerinden biri, birden fazla girdi kullanılarak birden fazla çıktının elde edildiği üretim ortamlarında, parametrik yöntemlerde olduğu gibi önceden belirlenmiş herhangi bir analitik üretim fonksiyonunun varlığına gereksinim duymadan ölçüm yapılabilmesidir [11]. VZA kullanılarak, yapılacak araştırma kapsamında belirlenen her karar birimindeki etkin olmamanın miktarı ve kaynakları tanımlanabilir. Bu şekilde, etkin olmayan birimlerin girdi miktarında ne kadarlık bir azalış ve/veya çıktı miktarında ne kadarlık bir artış yapmak gerektiğine ilişkin olarak yöneticilere yol gösterilebilir [12].

2.3. M. R. Ramsay Modeli

M. R. Ramsay, Tam Kapsamlı Verimlilik Ölçümü (Overall Productivity Measures) başlıklı bildirisinde modelini ortaya koymuştur. Ramsay, çıktıyı toplam maliyet, kar ve hammadde ve malzemeyi maliyetinin toplamı olarak, girdiyi ise, toplam maliyetten hammadde ve malzeme maliyetinin düşülmesiyle bulunan tutar olarak tanımlamıştır. Burada, bulunmak istenen şey; hammadde ve malzemeyi mal ve hizmete başka bir deyişle ürüne dönüştürmede ne ölçüde etken olduğudur [7].

2.4. Jackson ve Petterson Yaklaşımı

Zaman tabanlı verimlilik ölçümü, verimliliği değer katan işlerin toplam zamana oranı olarak ele almaktadır. İlgili yaklaşım, kullanımının kolay olması, herkes tarafından rahatlıkla anlaşılabilmesi, farklı iş tiplerinin ve farklı ülkelerin rahatlıkla karşılaştırma yapılabilmesi açısından tercih edilmektedir [13].

2.5. Kurosawa Modelleri

Bir verimlilik artırma uzmanı olan Kurosawa'ya göre, işletmede verimlilik ölçümü, geçmişin analizi ve yeni etkinliklerin planlanmasına yardım eder; ayrıca işlevsel etkinliklerin izlenmesi için bir bilgi sisteminin kurulmasında kullanılabilir. Kurosawa 3 model üzerinde durmuştur [8]. Bunlar:

2.5.1. Oranlara işgücü verimliliği (workshop productivity management by ratio -WPMR) modeli:

WPMR sisteminin genel amacı her bir çalışan, ilk kademe yöneticisi ve üst yönetimin işgücü kaynağı kullanım sorumluluğunu ortaya koymaktır. Sistem, zaman ve insan kaynağının önemli olduğu anlayışı ve bilinci üzerine kurulmuştur. Zaman bilinci yalnızca işgücü verimliliğinin değil, hammadde ve sermaye verimliliğini artırmanın da en temel ögesidir. Bu nedenle WPMR Sistemi, genel olarak bir verimlilik kampanyası için ve özellikle de işgücü yoğun endüstriler için tercih edilen model olmalıdır [8].

2.5.2. Değişken yapıli hiyerarşik ağırlıklı ortalama işgücü verimliliği indeks sayı sistemi (Hierarchical weighted average labour productivity -HWLAP) modeli :

Kurosawa, işgücü kaynağı kullanım durumunu gösteren, birbiriyle ilişkili bir verimlilik indeksleri ağı geliştirmiştir. Amacı çeşitli faktörlerin kişi-yıl verimliliğinde gözlenen değişikliklere etkisini incelemektir. Sistem;

- Çalışılmayan günler ve çalışma günleri,
- Çalışılmamış günler ve çalışılmış günler,
- Çalışılan ve kullanılmayan işgücü saatleri,
- Kayıp ve etkili süre kategorilerinden oluşan olası çalışma saatlerini yapısını yansıtmak için tasarlanmıştır [14].

2.5.3. Toplam verimlilik ve karlılığın ölçümü ve analizi (AIPR) modeli:

Sistem; toplam maliyet verimliliğini kârlılık ile ilişkilendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemde, verimlilik, cari fiyatlarla ölçülen gelir ve giderler arasındaki ilişkiyi gösterir. Sadece göreceli değerler (çıktı/girdi oranları) değil, aynı zamanda gelir gider mutlak farkları da kullanılır. Bu sistem, hem makro hem de mikro düzeyde uygulanarak, firmanın performansı, o firmanın içinde bulunduğu endüstrinin ortalama yapısı ve eğilimleriyle karşılaştırılarak değerlendirilebilir.

Verimlilik oranı işletme için tek bir değer ile ifade edilse bile, kısmi verimlilik oranları işletmenin çeşitli girdilerinin verimlilik üzerine etkisini daha açık bir şekilde ortaya koyduğu için daha tercih edilen kullanım şeklidir. Kısmi verimlilik oranları; işgücü verimlilik oranı, malzeme verimlilik oranı, makine verimlilik oranı, sermaye verimlilik oranı, enerji verimlilik oranı olarak ayrı ayrı hesaplanabilmektedir. Bunların içinden işletmelerin en çok müdahale edebildikleri, işgücünün değer oluşturan tek girdi olması, önemli bir maliyet unsuru olması, işgücünün organizasyonun önemli bir unsuru olması, takip edilmediği ve iyileştirmelerin gerçekleştirilemediği zamanlarda en çok değişkenlik göstermesi gibi sebeplerden dolayı “işgücü verimlilik oranı” önemli olanların başında gelmektedir.

Bu çalışmada Kurosawa'nın oranlarla işgücü verimliliği modeli, işgücü verimliliğini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu modelin diğer modellere tercih edilmesinin nedeni, verimlilik KDS kurulan işletmenin özellikle işgücünün verimliliğinin analiz edilmesine ihtiyaç duymasıdır. Bu model sadece operatörün verimliliği değil, aynı zamanda diğer işgücü olan ustabaşı ve yönetimde bulunan kişilerin de verimliliğinin ölçülebilmesine

olanak tanımaktadır. Verimsizlik sadece operatörden kaynaklanmaz. Aynı zamanda operatörü yönlendiren, operatöre iş hazırlayan, operatör haricinde yapılan ek işlerdeki, takım-fikstür hazırlama, işlenen parçanın ölçümü gibi işleri de organize eden ustabaşlarının verimliliğini ve tabii ki yönetimden kaynaklanan iş temin etme gibi yönetimin verimliliğini de ayrı ayrı ortaya konulmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyacı karşılayan da Kurosawa'nın oranlarla işgücü verimliliği modelidir. Bu model ile oranlarla işgücü verimliliğinin detaylı incelenmesinin yanı sıra, Bölüm 3.2'de verilen "Parça verimliliği", "Makine verimliliği", "Vardiya verimliliği" ve "Kapasite kullanım oranı" da tasarlanan ve oluşturulan KDS'ne işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda eklenmiştir.

Bu nedenle izleyen bölümde oranlarla işgücü verimliliği modeli ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

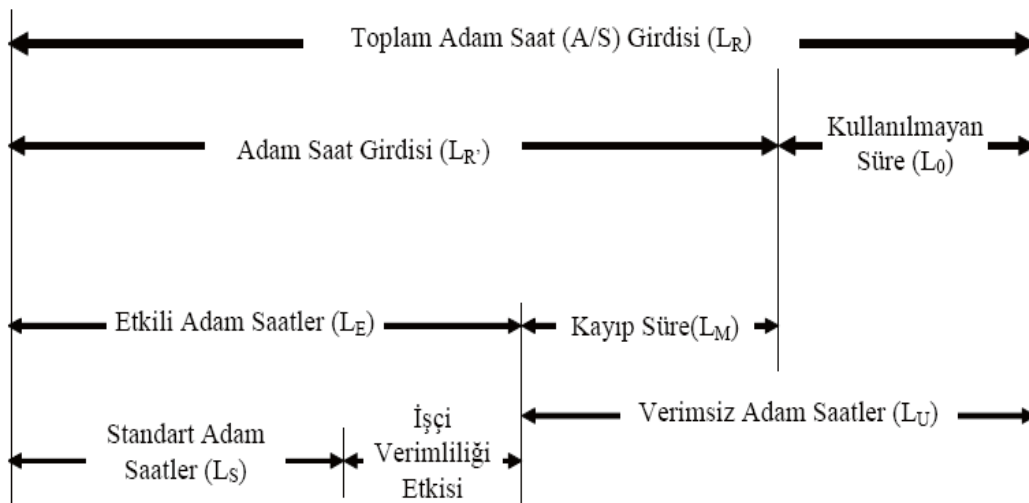
3. ORANLARLA İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ MODELİ (WPMR)

Literatürde işletmelerin amaçlarına, çıktı ve girdi tanımlamalarındaki farklılıklara ve verimlilik göstergelerine (kısmi, çok faktörlü ve toplam faktör) göre uyarlanmış pek çok verimlilik ölçüm modelleri vardır. İşgücü verimliliği ölçmede kullanılan literatürdeki en yaygın modeller Kazukiyo Kurosawa modelleridir. Oranlarla işgücü verimliliği modelinin genel amacı, her bir çalışan, ilk kademe yöneticisi (ustabaşı) ve (üst) yönetimin işgücü kaynağı kullanım sorumluluğunu ortaya koymaktır.

Bu modelde verimlilik kontrolleri günlük olarak yapılır, değerlendirme ve önlemler ise haftalık toplantılarda yapılan incelemeler sonucunda alınır. Üst düzey yöneticilere gelişmeler hakkında bilgi vermek amacıyla da aylık analizler hazırlanır, toplantılar düzenlenir. Sistemin işleyip, değerlendirmelerin yapılmasındaki en önemli süreç, raporlar ve bu raporlardaki bilgilerin işletme standartlarıyla karşılaştırılmasıdır [15]. Her çalışanın (yönetici, ustabaşı, işçi) sorumluluğu belirlenebilir ve buna bağlı olarak etkili önlemler alınabilir.

Kurusawa, modelin kolayca anlaşılabilmesi için, adam / saat yapısını açık bir şekilde tanımlanmıştır. Kurosawa'nın oluşturduğu bu yapı Şekil-1'de verilmiştir [14].

Bu modelden yola çıkarak her bir çalışana sorumluluklar yüklenmiş ve bu sorumluluklara göre verimliliğe ilişkin göstergeler oluşturulmuştur. Ayrıca işletmenin genel süreç verimliliği, standart verimlilik, etkili adam saatlerin toplam adam saatlere oranı ve parça verimliliği de formülize edilmiştir.



Şekil 1. Kurosawa'nın Adam-Saat Yapısı

3.1. Modeldeki Adam-Saat Yapısını Oluşturan Bileşenler

Oranlarla işgücü verimliliği modeli kayıp zamanlar ve etkili işlem sürelerine ilişkin bileşenler ve formüller şu şekildedir:

$$L_E = L_R - L_U \quad (1)$$

burada, L_R kullanılan toplam işçilik saatini, L_E ise etkili işçilik saatlerini (işçilerden verimli olarak kullanılması beklenen işgücü süresi) temsil etmektedir.

$$L_S = Q * \text{Standart Süre} \quad (2)$$

Bu formülde L_S standart adam saatleri, Q ise fiziksel çıktıyı (üretilen parça sayısı) ifade etmektedir.

$$L_U = L_{OY} + L_{OU} + L_{OO} + L_{OS} \quad (3)$$

Üçüncü formülde, L_U kullanılan toplam işgücü saatindeki verimsiz saatleri, L_{OY} yönetimden kaynaklanan duruşlar toplamını (işçilik saati hesabında hariç tutulan durma, yemek, temizlik, eğitim vb süreler), L_{OU} ustabaşından kaynaklanan duruşlar toplamını (arıza, onarım, malzeme veya parçaların eksik veya kusurlu olması vb), L_{OO} operatörden kaynaklanan duruşlar toplamını, L_{OS} ise seyrek eleman duruşları toplamını (taşıma, ayarlama vb.) temsil etmektedir.

Oranlarla işgücü verimliliği modeli verimlilik formülleri ise aşağıdaki şekildedir:

İşgücü verimliliği	$P_L = L_S / L_E$ (4)
Yönetim sorumluluğu altındaki işgücü verimliliği	$P_{OY} = L_E / (L_E + L_{OY})$ (5)
Ustabaşı sorumluluğu altındaki işgücü verimliliği,	$P_{OU} = L_E / (L_E + L_{OU})$ (6)
Operatör sorumluluğu altındaki işgücü verimliliği	$P_{OO} = L_E / (L_E + L_{OO})$ (7)
Seyrek elemanlardan kaynaklanan işgücü verimliliği	$p_{OS} = L_E / (L_E + L_{OS})$ (8)
Etkili adam saatlerin toplam adam saatlere oranı	$P_E = L_E / L_R$ (9)
Genel süreç verimliliği	$P_G = L_S / L_R$ (10)

Yukarıda verilen formüller kullanılarak kayıp ve etkili süreleri belirleyen ve verimlilik analizi yapabilen bir karar destek sistemi oluşturmaya çalışılmıştır.

3.2. Diğer Verimlilik Oranları

Oranlarla işgücü verimliliği modeli dışında farklı verimlilik göstergeleriyle parça, makine, operatör ve vardiya verimliliği ve kapasite kullanım oranını gösteren hesaplamalar şu şekildedir:

Parça Verimliliği: Parçaların standart sürelerinin işlem süresine oranı olarak hesaplanır. Buradan bir parçanın ne kadar verimli işlenebildiği anlaşılabilir.

$$P_P = L_S / L_{EP} \quad (11)$$

Burada P_P parça verimliliğini, L_{EP} bir parçanın etkili süreyi, yani duruşlar haricindeki işlendiği süreyi temsil etmektedir.

Operatör Verimliliği: Operatörün fiili işlem süresinin kullanılan toplam işçilik saatine oranıdır. Bu da bir operatörün mesai süresinde ne kadar verimli olduğunu göstergesidir.

$$P_O = L_E / L_R \quad (12)$$

Bu formülde P_O operatör verimliliğini ifade etmektedir.

Makine Verimliliği: Bir makinenin kapasitesinden ne kadar yararlandığını gösterir.

$$P_M = \frac{L_{EM} + L_{OOB2} + L_{EM}}{L_R} \quad (13)$$

Burada, P_M makine verimliliği (makine kullanım oranı), L_{OOB1} kesim tekrarı, L_{OOB2} yeniden işleme (rework), L_{EM} ise makinenin etkili olduğu süreler olarak temsil edilmiştir.

Vardiya Verimliliği: Vardiyaaların ne kadar verimli olduğunu gösterir ve vardiyalar arasında kıyaslama yapmayı sağlamaktadır.

$$P_V = L_{EV} / (L_R * \text{Operatör sayısı}) \quad (14)$$

Burada P_V vardiya verimliliğini, L_{EV} bir vardiyanın etkili çalıştığı süreleri ifade etmektedir.

Kapasite kullanım oranı (KKO): Kapasite belirli çalışma şartları altında üretilebilecek en büyük çıktı miktarıdır. Kapasite kullanım oranı ise kapasiteye göre çıktı miktarıdır.

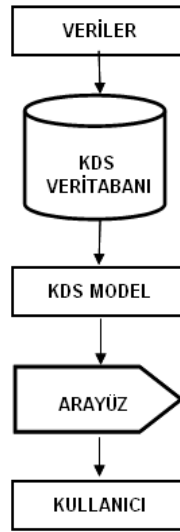
$$KKO = L_E / L_R \quad (15)$$

KDS ise karar verme sürecinde, yönetime destek vermek için hedeflenen bilginin üretilmesi ve sunulması için kullanıcı etkileşimli yazılım ve donanım vasıtalarının bütünleşik kümesinden oluşan etkileşimli bilgi sistemleridir [16]. İzleyen bölümde kısaca KDS'nin yapısına değinilecektir.

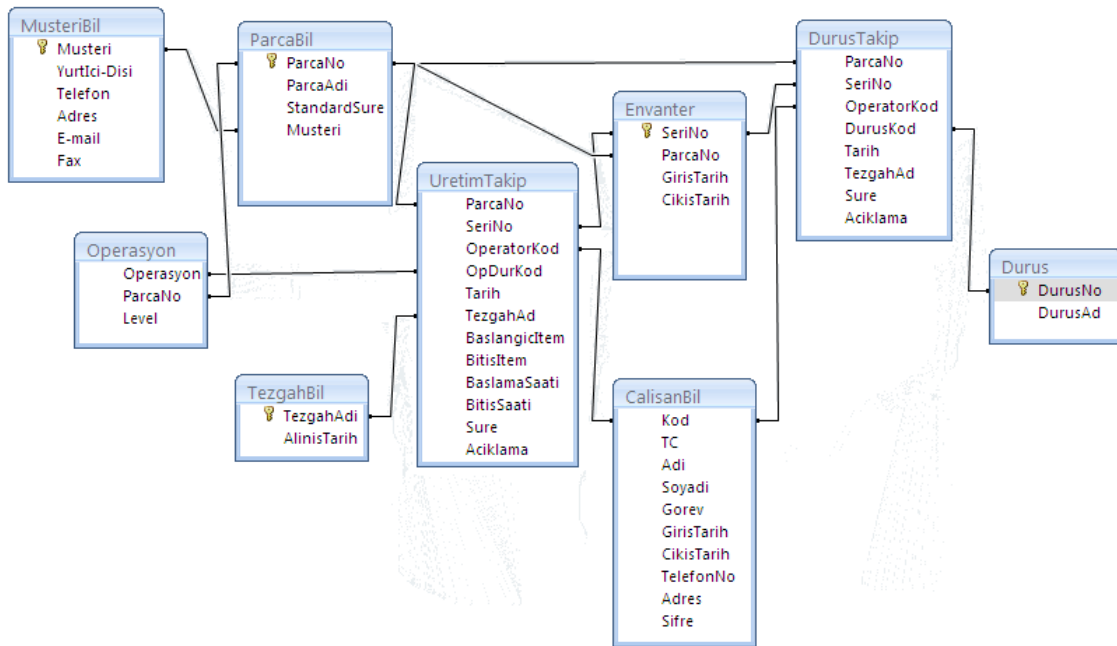
4. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

KDS karar vermeyi kolaylaştırmak ve daha etkili hale getirmek için tasarlanan model, benzetim ve uygulamalar kapsamı içinde bulunduran sistemlerdir. Karar desteği yöneticilerin, yönetsel problemleri modellerle çözümleme çabaları sonucu ortaya çıkmıştır ve ilk olarak J. D. Little'in çalışmasıyla ortaya konmuştur [17].

Terim olarak KDS'nin kullanıldığı ilk çalışma ise Gorry ve Scott Morton'ındır [17]. KDS; veritabanı, kullanıcı arayüzü, KDS modeli ve KDS ağ yapısı olmak üzere 4 temel bileşenden oluşmaktadır [18]. Doğru verilere sahip olmak karar destek sistemi planlama, uygulama ve kontrolünde önemli bir adım oluşturur. Ayrıca veri analizi sunabilmek için modellere ihtiyaç duyulur. Şekil-2'de genel olarak KDS'nin yapısı oluşturulmuştur. Uygulama yapılan işletmedeki veri yapıları dikkate alındığında KDS'nin yapısı ise Şekil-3'de verilmiştir.



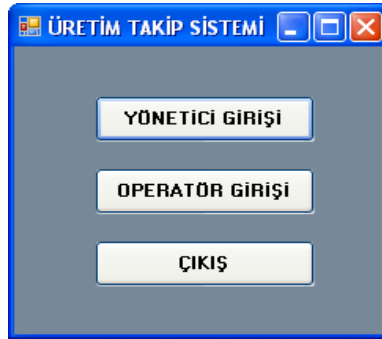
Şekil 2. Bir Karar Destek Sistemi Yapısı



Şekil 3. Verimlilik Yönetim Sistemi için KDS yapısı

5. UYGULAMA

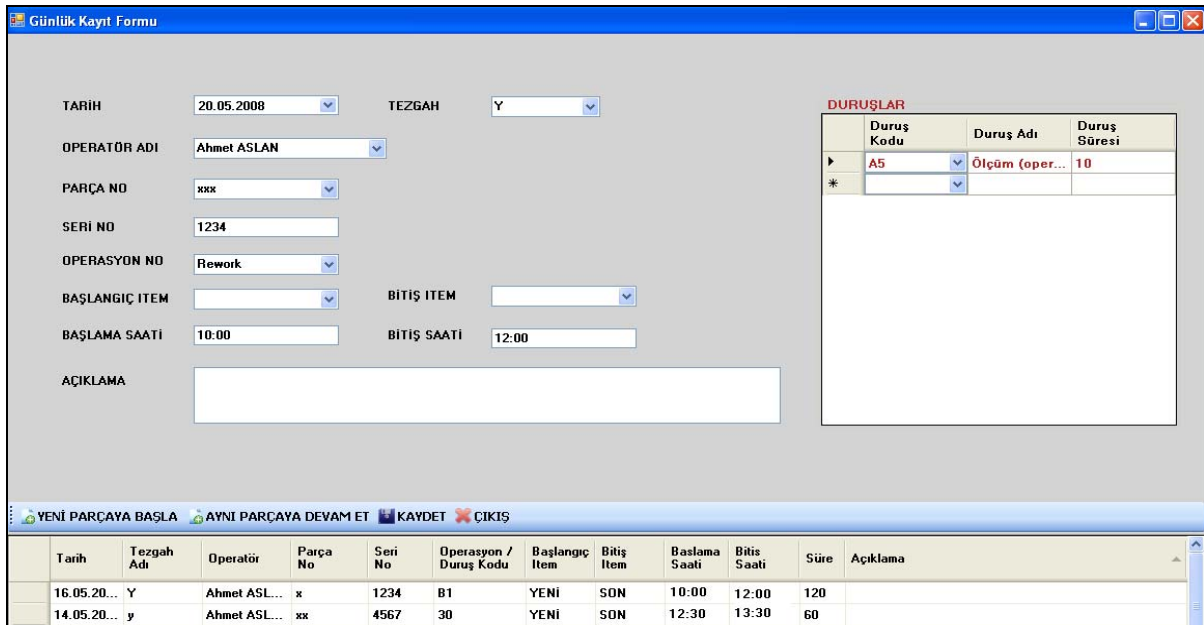
Sistem kurulmadan önce işletmenin yapısı, üretilen ürünler, üretim süreçleri incelenmiş ve sistem için gerekli veriler elde edilmiştir. Geçmiş verilerin analizinden ve çalışanların deneyimlerinden yararlanılarak üretim süresince gerçekleşen duruşlar tespit edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Üretim takibinin daha kolay olması için mevcut günlük üretim takip formları revize edilmiş ve yeni formlar uygulamaya konulmuştur. KDS bileşenlerinden biri olan arayüzler son yazılım teknolojilerinden olan Microsoft Visual Studio.NET ailesinden, diğer programlama dillerine göre birtakım yeni özelliklere sahip olan C# yazılımı ile hazırlanmıştır. Veritabanı bileşeni ise MS Access programı ile oluşturulmuştur. Programın yönetici ve operatöre ayrı giriş olanağı sunan arayüzü Şekil-4'de gösterilmiştir.



The image shows a login window titled "ÜRETİM TAKİP SİSTEMİ". It contains three buttons: "YÖNETİCİ GİRİŞİ", "OPERATÖR GİRİŞİ", and "ÇIKIŞ".

Şekil 4. Üretim Takip Sistemi Giriş Formu

Hazırlanan KDS ile daha önce bir mühendis tarafından bilgisayara girilen, düzenli bir şekilde kaydı tutulamayan ve girilmesi çok zaman alan günlük veriler, artık operatörler tarafından bir arayüz aracılığıyla sisteme girilmeye başlanmıştır. Şekil 5'te programdaki günlük üretim takip formu gösterilmiştir. Bu arayüz operatörlerin verileri en kısa sürede ve en kullanışlı bir biçimde girebileceği şekilde tasarlanmıştır. Bu forma girilen tüm bilgiler oranlarla işgücü verimliliği modelinde kullanılmasının yanı sıra, işletme için gerekli olan birçok sorgu ve analizin yapılmasında da kullanılmıştır.



The image shows a "Günlük Kayıt Formu" (Daily Record Form) with various input fields and a table. The form includes fields for Tarih (Date), Tezgaah (Workstation), Operatör Adı (Operator Name), Parça No (Part No), Seri No (Serial No), Operasyon No (Operation No), Başlangıç Item (Start Item), Bitiş Item (End Item), Başlama Saati (Start Time), Bitiş Saati (End Time), and Açıklama (Description). There is also a "DURUŞLAR" (Stops) table with columns for Duruş Kodu (Stop Code), Duruş Adı (Stop Name), and Duruş Süresi (Stop Duration). At the bottom, there are buttons for "YENİ PARÇAYA BAŞLA", "AYNI PARÇAYA DEVAM ET", "KAYDET", and "ÇIKIŞ". Below the buttons is a table showing a list of records.

Tarih	Tezgaah Adı	Operatör	Parça No	Seri No	Operasyon / Duruş Kodu	Başlangıç Item	Bitiş Item	Başlama Saati	Bitiş Saati	Süre	Açıklama
16.05.20...	Y	Ahmet ASL...	x	1234	B1	YENİ	SON	10:00	12:00	120	
14.05.20...	y	Ahmet ASL...	xx	4567	30	YENİ	SON	12:30	13:30	60	

Şekil 5. Günlük Üretim Takip Programı Formu

Yönetici girişi yönetici konumundaki kullanıcılara veri güncelleme, istenilen tarih aralıklarında makine, operatör, parça, duruş ve vardiya bazında sorgulama yapmakta, ayrıca haftalık, aylık ve genel verimlilik analizini hem oranlarla işgücü verimliliği modeli ile hem de etkili işçilik saatlerinin toplam çalışılan süreye oranıyla elde edilen makine, parça, vardiya ve operatör verimliliklerini hesaplama imkanı sunmakta ve bu bilgilerin raporlanmasını sağlamaktadır.

No	OperatorKod	OpDurKod	Tarih	TezgaahAd	BaslangicItem	BitisItem	BaslamaSaati	BitisSaati	Sure	Aciklama
7	70	40	05.05.2008	y	YENİ	SON			0	
7	40	50	05.05.2008	y	YENİ	SON			0	
7	50	50	09.05.2008	y	YENİ	SON			0	
xx	606	7	40	05.05.2008	y	YENİ	SON		0	
xx	606	7	50	05.05.2008	y	YENİ			0	
xx	606	7	50	07.05.2008	y	SON			0	

Şekil 6. Yönetici Formu

Oluşturulan KDS ile işletme, yalnız işgücü değil, istekleri doğrultusunda verimliliği etkileyen diğer faktörlere ilişkin de sonuçlar elde edilebilecektir. Program bunların dışında işletmenin genel kapasite kullanım oranını göstermekte ve grafikler yardımıyla yöneticilere görsel analiz yapma olanağı sunmaktadır. Şekil-6'de yöneticinin erişebildiği arayüz gösterilmiştir.

Gün	İşgücü Verimliliği	Yönetimden Kaynaklanan Verimlilik	Ustabaşından Kaynaklanan Verimlilik	Operatörden Kaynaklanan Verimlilik	Seyrek Elemandan Kaynaklanan Verimlilik	Öretilen Parça Sayısı	Parça Verimliliği	Genel Verimlilik	Genel Süreç Verimliliği	Standart Verimlilik
**										

Şekil 7. Oranlarla İşgücü Verimliliği Modeli Analiz Formu

Şekil-6'daki formda oranlarla işgücü verimlilik hesabı bilgilerine ulaşmak için bir menü oluşturulmuştur. Oranlarla işgücü verimliliği modeli verimlilik analizi sonuçları bir arayüz yardımıyla yöneticiye sunulmaktadır (Şekil-7). Böylece işletmenin verimliliği haftalık, aylık ve istenilen tarih aralıklarında gözlemlenmiş olacaktır.

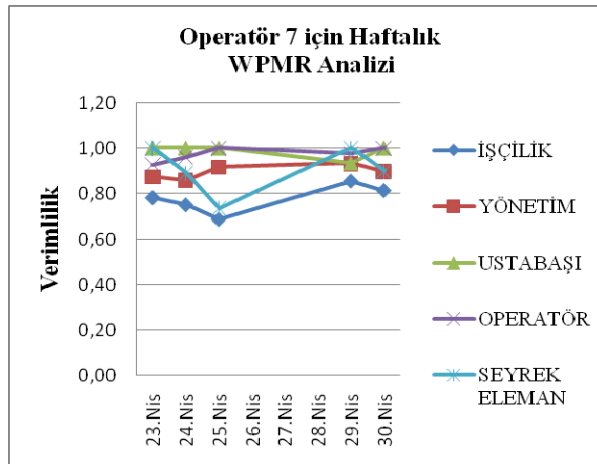
6. DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bir işletmede verimliliği geliştirmenin en önemli ve ilk adımı, o işletmede verimlilik analiz sisteminin kurulmasıdır. İşletme ile ilgili olan kişi ve kuruluşların verimliliğin anlam ve önemi konusunda bilinçlendirilmesi için bu sistemin yerleştirilmesi gereklidir.

Sistemden alınan bir haftalık nisan ayı verileri incelenmiş ve analizleri yapılmıştır. 2 makine ve 10 operatör için şu analizler yapılmıştır.

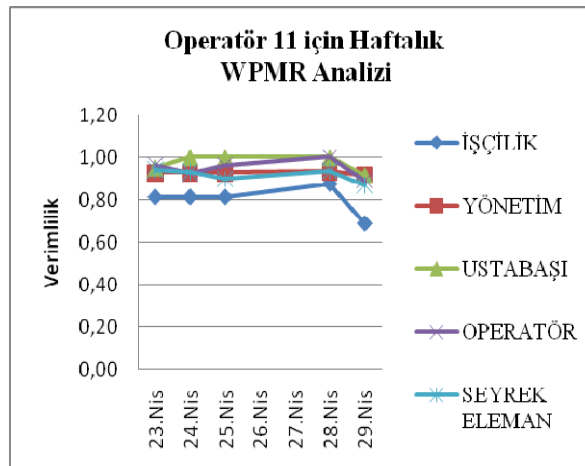
- 2 operatör için haftalık oranlarla işgücü verimliliği analizi
- Haftalık kapasite kullanım oranı
- Duruşların Pareto grafiği

Çalışma ve verimlilik kontrolleri günlük olarak yapılmakta ise de önlemler haftalık ve aylık değerlendirmelerde alınmaktadır. Yönetici bu analizlerin sonuçlarına göre üretimi, kayıp süreleri ve verimlilikleri takip edebilmektedir. 2 operatör için haftalık oranlarla işgücü verimliliği analizi aşağıdaki gibidir.



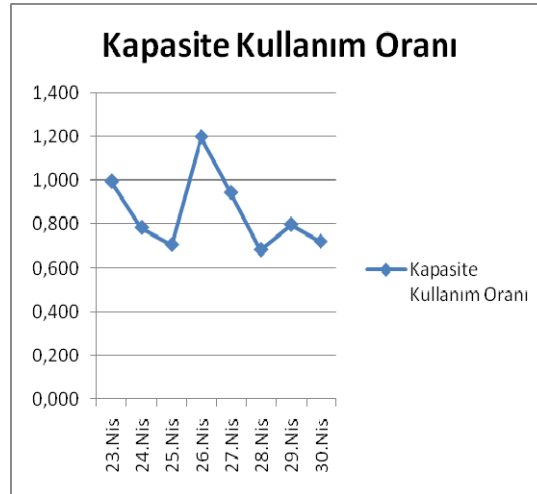
Şekil 8. Operatör 7 için Haftalık Oranlarla İşgücü Verimliliği Analizi

Şekil-8'e göre işgücü verimliliği diğerlerine göre en düşük çıkmıştır. İşçi verimliliğinin iyileştirilmesi hız, hatalar ve görevlendirme dikkate alınmalıdır. Verimlilikler arasında belirli bir eğilim görülmektedir.



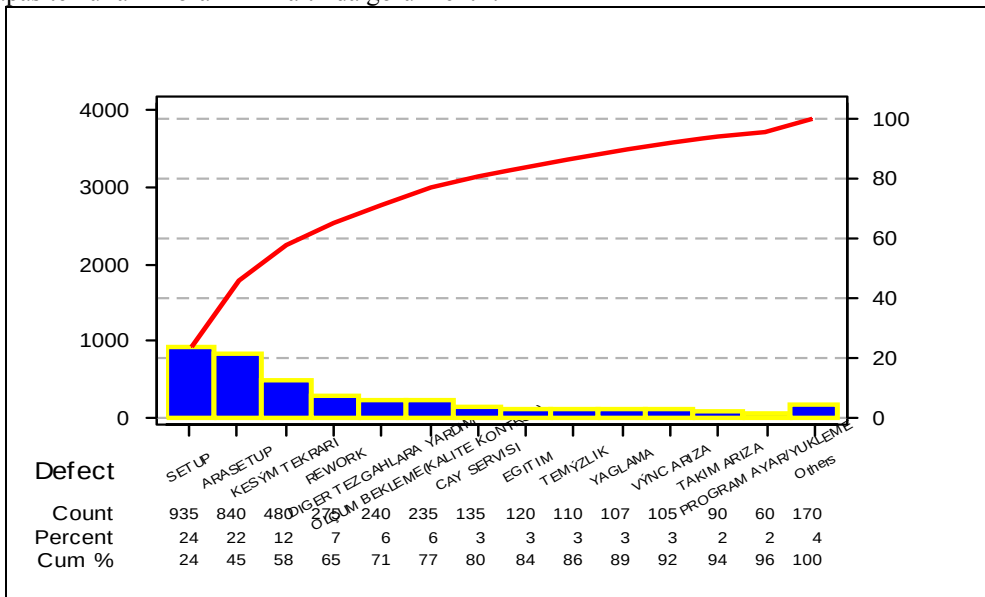
Şekil 9. Operatör 11 için Haftalık Oranlarla İşgücü Verimliliği Analizi

Şekil-9'a göre işgücü verimliliği diğerlerine göre en düşük çıkmıştır. Yönetimin sorumluluğu altındaki verimlilik yönetimin toplam işçilik süresinin ne kadarını işçilere fiili olarak ayırabildiğini gösterir. Yönetimden kaynaklanan etkisiz süreyi oluşturan duruşların çalışma süresince nadir meydana gelmesinden yönetici verimliliği yüksek çıkmıştır ve günlere göre değişkenlik göstermemektedir. Duruş süreleri gerçek sürelerden farklı kaydedilmiş olabilir veya operatörler işleri yavaş yapıyor olabilir. İşçi verimliliğinin iyileştirilmesi için hız, hatalar ve görevlendirme dikkate alınmalıdır.



Şekil 10. Kapasite Kullanım Oranları

Şekil 10'da görüldüğü gibi 26 Nisanda kapasite kullanım oranı 1'in üzerinde çıkmıştır. Bu etkili işlem süresi toplam çalışılan süreden fazla anlamındadır. Fazla mesai yapılmış olabilir. Süreler yanlış girilmiş olabilir. Genelde kapasite kullanım oranı 1'in altında görülmektedir.



Şekil 11. Haftalık Duruş Pareto Analizi

Pareto analizi en çok hangi duruşların zaman aldığını analiz etmek için yapılmıştır. Pareto'ya göre hataların % 80'ini sebeplerin % 20'i oluşturur. Şekil 11'de hazırlık (setup) ve ara hazırlık duruşları en çok görülmektedir. Bu duruşlara giden süre azaltılmaya çalışılmalıdır.

Bu çalışmada tasarlanan ve oluşturulan KDS işletmede veri toplama kolaylığı, doğru ve tutarlı veri elde etme imkanı, verimlilik analizlerinin standartlaştırılmasını ve performans göstergelerini sorgulama ve takip etme imkanı sağlamaktadır. Ayrıca operatörlere veri girişlerini bilgisayar aracılığıyla yaptırarak mühendis işgücünden kazanç elde etmeyi sağlamaktadır.

Bu modelin kullanılması ile tüm çalışanların işgücü verimliliğine etkisinin ve duruş analizleri ile kayıp zamanların ölçülmesini sağlamaktadır.

Verimliliği doğru ve tutarlı bir biçimde ölçmek işletmenin işgücü kayıplarını görmesini ve bu kayıpları en aza indirmelerini, buna bağlı olarak etkili işgücü saatlerini artırma çabalarına yardımcı olur. Verimlilik iyileştirme faaliyetlerinin fayda sağlayıp sağlamadığı da ancak doğru veri elde etme ve analiz ile sağlanabilir. Böylece uzun vadede verimlilik adına etkili sonuçlara ulaşabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Özdamar, S., “Endüstriyel İlişkiler ve Verimliliğin Önemi”, Türkiye’de Endüstriyel İlişkiler ve Verimlilik Semineri Notları, MPM:376, Ankara, 90-120 (1988).
- [2] Usta, P., “Verimlilik, Verimlilik Artırıcı Teknikler , Verimlilik Artırıcı Tekniklerin Daha Yaygın Kullanılması İçin Tedbirler”, *Akçimentosa Aylık İletişim Dergisi*, 9 (1996).
- [3] Kavrakoğlu, İ., “Verimlilik ve Kalite”, *Kalite Dergisi*, 12:3-7 (1991).
- [4] Akal, Z., “İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi-Çok Yönlü Performans Göstergeleri”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 473, Ankara (2000).
- [5] Polat, O., “Bir İşletmede Oranlarla İşgücü Verimlilik Yönetim (WPMR) Modeli Değerleme Sistemi Tasarımı”, (Lisans Tezi), *Osmangazi Ünv. End. Müh. Böl.*, Eskişehir (2005).
- [6] Odabaşı, M., “Verimlilik Diye Diye”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara (1997).
- [7] Baş, İ.M., Artar, R.A., “İşletmelerde Verimlilik Denetimi”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara (1991).
- [8] Köroğlu, K., “Verimlilik Yönetimine Japon Yaklaşımı ve Kazukiyo Kurosawa Modeli”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No:507, Ankara. (1993).
- [9] Hadad, Y., Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., “Effect of Variations on Efficiency of Decision-Making Units with Respect to Output, Output Estimated by Production Functions, and Output Differences”, *Central European Journal of Operations Research*, 11(4): 351, 368 (2003).
- [10] Boussofiane, A., Dyson R., Rhodes, E., “Applied Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 6 : 1-15 (1991).
- [11] Banker, R.D., “Estimation of Returns To Scale Using Data Envelopment Analysis”, *European Journal of Operational Research*, 62: 74-84 (1992).
- [12] Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E., “Measuring The Efficiency Of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2: 429 – 444 (1978).
- [13] Jackson, M., Petersson P., “Productivity—an overall measure of competitiveness”, Leuven, Belgien. *Proceedings of the Second Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, Leuven, Belgium, 573-581, (1999).
- [14] Kahya, E., “İş Etüdü”, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir (2006).
- [15] Kahya, E., Polat, O., “Bir Atölyede Oranlarla İşgücü Verimlilik (WPMR) Tasarımı ve Uygulaması”, *Verimlilik Dergisi*, 2:9-36 (2007).
- [16] Long, L., “Management Information Systems”, Prentice Hall, U.S.A. (1989).
- [17] Marakas, G.M., “Decision Support Systems”, Prentice Hall, New Jersey (1999).
- [18] Power, D.J., “Decision support systems: concepts and resources for managers”, Westport, Conn., Quorum Books. (2002).