

# ÇALIŞANLARIN TOPLAM İŞ YÜKÜ SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR MODEL VE UYGULAMASI

**Metin DAĞDEVİREN, Ergün ERASLAN\* ve Mustafa KURT**

Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Maltepe, 06570 Ankara,  
[metindag@gazi.edu.tr](mailto:metindag@gazi.edu.tr), [mkurt@gazi.edu.tr](mailto:mkurt@gazi.edu.tr)

\* Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Başkent Üniversitesi, 06530 Ankara,  
[eraslan@baskent.edu.tr](mailto:eraslan@baskent.edu.tr)

(Geliş/Received: 01.04.2004; Kabul/Accepted: 05.12.2005)

## ÖZET

İş kazaları ve yaralanmaların en büyük nedenlerinden biri yanlış tasarlanmış iş ve çalışma ortamlarıdır. Tasarım aşamasında ergonomik faktörler dikkate alınmadan yetersiz veya eksik tasarlanmış olan çalışma ortamları; hata ve kaza oranlarının artmasına ve bu artışlara paralel olarak verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Çalışma yeri tasarımında dikkate alınacak konulardan biri de çalışma ortamına bağlı olarak çalışanın katlanacağı Toplam İş Yüğü (TİY) seviyesidir. TİY seviyesi çalışma ortamı, yapılan iş ve çalışanın fiziksel ve zihinsel özelliklerine bağlı olarak hesaplanan bir katsayıdır. Bu makalede TİY seviyesinin belirlenmesine yönelik bir model geliştirilmiş ve geliştirilen model Analitik Ağ Prosesi (AAP) yöntemi ile analiz edilmiştir. AAP yönteminin en önemli özelliği değerlendirme sürecinde kullanılan faktörler arasındaki bağımlılıkları dikkate alması ve bu yönüyle daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlamasıdır. Çalışmanın sonucunda geliştirilen modele ilişkin bir uygulama yapılmış ve bu uygulama üzerinde modelin kullanımı gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çalışma yeri düzenleme, toplam iş yükü, çok kriterli analiz, analitik ağ prosesi.

## A MODEL TO DETERMINE OVERALL WORKLOAD LEVEL OF WORKERS AND ITS APPLICATIONS

### ABSTRACT

One of the biggest reasons of both work accidents and injuries is badly designed working environments. The working environment designs which are either insufficient or defective due to the lack of paying attention to the ergonomic factors in the designing stage cause increases in accidents and mistakes and consequently a decrease in productivity. Overall workload level is one of the subjects to be taken into account in the design of the working environment. Overall workload level is a coefficient which is calculated using properties of the working environment, namely the work done and the physical and mental properties of the worker. In this article, a model is developed to determine the overall workload level and is analyzed using the method of Analytical Network Process. The most important property of Analytical Network Process is that it takes the dependencies among the factors used in evaluation process which allows the ANP to obtain better results. An example is given related to the model developed and application of the model to this application is provided.

**Keywords:** Work station allocation, overall workload, multi-criteria analysis, analytic network process.

### 1. GİRİŞ

Çalışma ortamında insan faktörünün performansını, sağlığını ve mutluluğunu olumsuz yönde etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. İnsanın yüklenmeye ve zorlanmaya maruz kalmadan, normal performansla görevini yapabilmesi için insan faktörünü olumsuz

yönde etkileyen iş özelliklerinin bilinmesi ve bunların en azlanması ya da kontrol altına alınması sağlanmalıdır. Bu nedenle iş sistemine ilişkin TİY seviyesinin belirlenmesi ve bu amaçla çalışma ortamı ve işin özellikleri ile çalışanın fiziksel ve zihinsel yüklenmesine neden olan iş özelliklerinin belirlenmesi sorunun çözümü için önemli bir adım

oluşturabilir. Çalışanın sistemi güvenli ve etkin bir şekilde yönetmesine engel olamayacak seviyedeki iş yükü kabul edilebilir iş yükü olarak belirlenebilir [1]. Başka bir ifadeyle sistemin güvenilirliğini ve etkinliğini bozmayacak bir çalışma ortamının hazırlanması gerekir. İnsan Mühendisinin hedefi bu ortamı bozacak TİY seviyesini objektif yöntemlerle belirlemek ve bu seviyenin üzerindeki durumlar için gerekli önlemleri zamanında alabilmektir.

Bu makalede, yeni bir insan-makine sisteminin kurulmasında ya da varolan bir insan-makine sisteminin yeniden yapılandırılmasında önemli bir rol oynayan TİY seviyesinin objektif olarak belirlenmesine yardımcı olacak bir model geliştirilmiştir. Modelin geliştirilmesinde AAP yöntemi kullanılmıştır, AAP yöntemi karar verme sürecinde kullanılan faktörlerin birbiri ile olan etkileşimlerini dikkate alan ve bu sayede daha doğru kararların verilmesini sağlayan etkin bir karar verme yöntemidir.

## 2. TOPLAM İŞ YÜKÜ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Genel olarak çalışanın performansına ve tepkilerine etki eden çeşitli baskılar iş yükü olarak adlandırılır [2]. Hart ve Wickens'a [3] göre iş yükü insan-makine sistemlerinde insana düşen görevlerin maliyetlerinin genel bir tanımıdır. Bu maliyet, dikkatin azalması, tepki süresinin uzaması, görevleri tam olarak yerine getirememesi, stres, yorgunluk ve performans azalması olarak yansır.

Fiziksel aktiviteler, çevresel faktörler ve konumsal rahatsızlıklar insan üzerinde işin oluşturduğu baskıların temeli olup, iş yükünü doğrudan etkileyerek belirlerler [4]. İş yüküne etki ettiği düşünülen çok sayıda potansiyel faktör olduğu görülmektedir, endüstriyel bir ortamda çalışana etki eden iş yükü fiziksel de olsa, zihinsel de olsa operatörün sağlığını performansını veya verimini etkiler.

London ve Klimoski [5], hemşirelere yönelik olarak yapmış oldukları çalışmada, fiziksel ve zihinsel yorgunluğa neden olan 33 iş özelliği belirlemişlerdir. Bu iş özelliklerini aşırı iş yükü, çatışma ve işgören denetimi olmak üzere 3 ana başlık altında toplamışlardır. Bu konu ile ilgili olarak yapılan diğer bir çalışmada Ivancevich ve Smith [6], hemşirelerin iş yükünü oluşturan 29 değişken belirlemişler ve bu değişkenleri aşırı iş yükü, iş gerekleri ve denetim faktörleri altında gruplandırmışlardır. Yüksel ve Kurt [7], ise yaptıkları çalışmada hekimlerin iş güçlüğü boyutlarının belirlenmesi konusunu araştırmışlar ve bu çalışmada 13 farklı faktör belirlemişlerdir. Bu üç çalışmada da, TİY belirlenirken kullanılacak faktörler arasında istatistiksel açıdan önemli sayılabilecek düzeyde bir ilişkinin olduğu sonucuna varılmıştır. Bu

nedenle bir iş sisteminde TİY'in belirlenmesi aşamasında faktörler tek başlarına birbirinden bağımsız olarak ele alınmamalı, insan faktörünün sağlığını ve verimliliğini etkileyebilecek olası bağımlılıklar dikkate alınarak birlikte analiz edilmelidir.

İnsan-makine sistemlerinde çalışanlara etki eden iş yüklerinin değerlendirilmesi ve objektif olarak belirlenebilmesi için psikolojik ve ergonomik çalışmalarda anket ve oran ölçekleri çokça kullanılmıştır [8,9]. Örneğin NASA TLI [10], çeşitli insan-makine sistemlerinde çalışan operatörler üzerindeki iş yüklerinin değerlendirilmesinde kullanılan ve en çok bilinen araçtır. Başka bir örnek ise ABD Hava Kuvvetleri Medikal Araştırma Laboratuvarı tarafından geliştirilen SWAT yöntemidir [11], SWAT zaman yükü, zihinsel efor yükü ve psikolojik stres yükünü; düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 seviyede inceler. Bu metodlar uygulaması kolay olan geniş kabul görmüş yöntemlerdir [12].

Literatüre ilk geçen iş yükü ölçeği Cooper ve Harper [13] tarafından geliştirilmiştir. Bu ölçek ilk olarak uçakların kullanım karakteristiklerini değerlendirmek için kullanılmış, daha sonra yapılan bir çalışmada Wierwille ve Casali [14] bu ölçeği bir karar ağacı ve eş boyutlu 10 noktalı bir puanlama ölçeği ile geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu yöntem Bielski ve ark. [15] tarafından fiziksel ve psikolojik iş yüklerini incelemek amacıyla, Gomer ve ark.[16] tarafından klavye kullanan bir operatöre etkiyen iş yüklerini incelemek amacıyla ve Hancock [17] tarafından iş yükünün ilgi yoğunluğuna etkisini incelemek amacıyla kullanılmıştır.

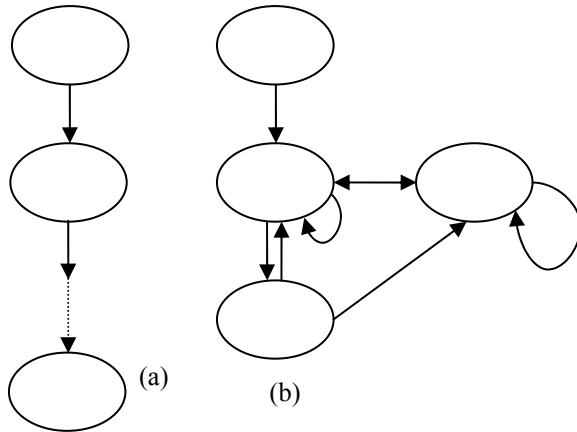
Jung ve Jung [1] ise farklı görev ve çalışma alanlarında çalışanların TİY seviyelerinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirdikleri modelde Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemini kullanmışlardır. Bu ve bundan önceki tüm çalışmaların ortak özelliği faktör ağırlıklarının belirlenmesinde faktörler arasındaki ilişkilerin dikkate alınmamasıdır, AAP yöntemi bu ilişkilerin dikkate alınmasına imkan veren bir yöntemdir.

## 3. ANALİTİK AĞ PROSESİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda karar verme problemlerinde önemli ölçüde kullanılan yöntemlerden biride Thomas L. Saaty tarafından geliştirilip literatüre kazandırılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemidir [18]. AHP karar verme problemlerini hiyerarşik bir yapıda tek yönlü olarak modellemekte ve en iyi kararın verilmesine etki eden faktörleri sistematik bir şekilde değerlendirerek, faktörlere ilişkin öncelik sıralarını belirlemektedir. Bu süreçte AHP'nin en önemli varsayımlarından biri aynı seviyede bulunan faktörlerin birbirinden bağımsız olması ve faktörlerin

birbirine olan etkilerinin dikkate alınmamasıdır. Oysa gerçek hayatta karar verme problemlerini etkileyen birçok faktör birbiriyle etkileşim halinde bulunmakta ve en iyi kararın verilmesi faktörler arasındaki bu ilişkilerin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Karar verme sürecinde faktörler arasındaki ilişkileri dikkate alan ve problemin tek bir yöne bağlı kalarak modelleme zorunluluğunu ortadan kaldıran yöntem yine Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen Analitik Ağ Prosesi (AAP) yöntemidir [19]. AAP yönteminde karar verme problemi bir ağ yapısı ile modellenmekte ve modelleme aşamasında faktörler arasındaki bağımlılıklar ve faktör içindeki iç bağımlılıklar dikkate alınmaktadır. AAP yöntemi bu yapıyla karar verme problemlerinin daha etkin ve gerçekçi bir şekilde çözülmesini sağlamaktadır.

AHP hiyerarşik ilişkileri tek yönlü bir iskelet ile gösterirken, AAP, karar seviyeleri ve özellikler arasında daha karmaşık ilişkilerin dikkate alınmasını sağlar. Bu şekilde hiyerarşik yapılar ile modellenemeyen karmaşık problemlerin kolay bir şekilde modellenmesini sağlar. Bir hiyerarşi ve bir ağ arasındaki yapısal farklılık Şekil 1’de gösterilmiştir [20].



**Şekil 1.** Bir ağ ile bir hiyerarşi arasındaki yapısal fark: (a) hiyerarşi (b) ağ

AAP ile karar problemlerinin çözümü dört ana adımın uygulanmasıyla yapılır [21]:

**Adım 1: Problemin Tanımlanması ve Modelin Kurulması:** Bu aşamada karar verme problemi açık bir şekilde tanımlanmalı ve ağ şeklinde rasyonel bir biçimde ayrıştırılmalıdır. Bu yapı beyin fırtınası ya da diğer ayırma metotları vasıtasıyla karar vericilerin

fikirlerinden yararlanılarak elde edilebilir.

**Adım 2: İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Öncelik Vektörleri:** AAP’de AHP’de olduğu gibi her kararı etkileyen faktörler ikili karşılaştırmalara tabi tutulur, böylelikle faktörlerin önem ağırlıkları belirlenir. Karar vericiler ikili karşılaştırmalarda seri şekilde bir takım sorulara cevap vererek iki faktörü aynı zamanda karşılaştırır ve bunların hedefe olan katkılarının nasıl olduğunu belirler [22]. AAP’de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması ve nispi önem ağırlıklarının belirlenmesinde AHP’ de olduğu gibi Saaty [19] tarafından önerilen ve Tablo 1’de verilen 1-9 önem skalası kullanılır.

AHP’de olduğu gibi AAP’de de ikili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü  $Aw = \lambda_{enb}w$  denkleminin çözülmesi ile elde edilen özvektör ile belirlenir. Burada  $A$  ikili karşılaştırma matrisi,  $w$  özvektör,  $\lambda_{enb}$  ise  $A$ ’nın en büyük özdeğeridir. Saaty [18],  $w$ ’nin yaklaşık çözümü için normalleştirme algoritmasını önermiştir.

**Adım 3: Süpermatris Oluşumu:** Süpermatrisin genel yapısı markov zinciri prosesine benzerdir [19]. Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süpermatris olarak bilinen bir matrisin kolonlarına tahsis edilerek yazılır. Sonuç olarak bir süpermatris gerçekte parçalı bir matristir ve buradaki her bir matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi gösterir [22]. Elementlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin kuvveti alınarak belirlenir. Önem ağırlıklarının bir noktada eşitlenmesini sağlamak için süpermatrisin  $(2k+1)$ . kuvveti alınır, burada  $k$  rasgele seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süpermatris olarak isimlendirilir [19].

**Adım 4: En İyi Alternatifin Seçilmesi:** Limit süpermatris ile alternatiflere veya karşılaştırılan faktörlere ilişkin önem ağırlıkları belirlenmiş olur. Seçim probleminde en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif, ağırlıklandırma probleminde ise en yüksek önem ağırlığına sahip olan faktör karar sürecini etkileyen en önemli faktördür.

Kapsamlı birçok amaçlı karar verme yöntemi olan AAP günümüze kadar birçok karmaşık karar verme problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Meade ve Sarkis [22,23], yaptıkları iki ayrı çalışmada lojistik

Tablo 1. Önem skala değerleri ve tanımları

| Değer   | Tanım               | Açıklama                                                                         |
|---------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | Eşit önemli         | İki seçenekte eşit derecede öneme sahip                                          |
| 3       | Biraz önemli        | Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı biraz üstün kılmakta                 |
| 5       | Fazla önemli        | Tecrübe ve yargı bir kriteri diğerine karşı oldukça üstün kılmakta               |
| 7       | Çok fazla önemli    | Bir kriter diğerine göre üstün sayılmıştır                                       |
| 9       | Aşırı derece önemli | Bir kriterin diğ. üstün olduğunu gösteren kanıt çok büyük güvenilirliğe sahiptir |
| 2,4,6,8 | Ara değerler        | Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değerler     |

stratejilerinin değerlendirilmesi ve üretim hızının iyileştirilmesi için geliştirdikleri bir yöntemde AAP yöntemini kullanmışlardır. Yine Lee ve Kim [24,25] tarafından yapılan iki farklı çalışmada Bilgi Sistemi Proje seçimi sürecinde AAP kullanılmış ve yapılan bu iki çalışmada AAP ile bulunan proje öncelikleri 0-1 hedef programlama modeli için bir kısıt olarak kullanılmıştır. Karsak ve arkadaşları [20] ile Partovi ve Corredora [26], kalite işlev konuşlandırma sürecinde AAP yöntemini kullanmışlardır. Yapılan bu çalışmalara ek olarak; Meade ve Presley [27] alternatif Ar-Ge projelerinin değerlendirilmesinde, Bayazıt [28] bir üretim işletmesi için en uygun üretim yönetimi sisteminin belirlenmesinde, Sarkis [29] stratejik tedarikçi seçimine yönelik olarak geliştirdiği modelde, Mikhailov ve Singh [30] bir karar destek sisteminin geliştirilmesi sürecinde, Yurdakul [31] üretim işletmelerinin uzun dönemli performanslarının değerlendirilmesine yönelik olarak geliştirdiği modelde, Momoh ve Zhu [32] en iyi üretim çizelgesinin belirlenmesinde, Niemira ve Saaty [33] finansal kriz tahmini, Chung ve arkadaşları [21] ürün karışımı için geliştirdikleri modelde AAP yöntemini kullanmışlardır.

#### 4. AAP İLE TİY SEVİYESİ BELİRLEME MODELİ VE UYGULAMASI

Çalışmanın bu aşamasında AAP yöntemi kullanılarak çalışanların TİY seviyelerinin belirlenmesinde kullanılabilecek bir model geliştirilmiş ve geliştirilen modelin uygulamasına yer verilmiştir. İlk olarak bu çalışma için insan mühendisliği ve çok ölçütlü karar verme konularında tecrübeli 3 kişiden oluşan bir ekip kurulmuştur. TİY seviyesini etkileyen faktör ve alt faktörlerin belirlenmesi, belirlenen faktör grupları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, bu ilişkilerden hareketle ikili karşılaştırma matrislerinin düzenlenerek faktörlere ilişkin önem ağırlıklarının belirlenmesi bu ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen model 6 adımdan oluşmaktadır.

*Adım 1:* Modelde kullanılacak faktör ve alt faktörlerin belirlenmesi ve belirlenen bu faktör ve alt faktörlerden hareketle AAP modelinin yapılandırılması.

*Adım 2:* Faktör ilişkilerinden hareketle başlangıç süpermatrisinin oluşturulması.

*Adım 3:* Faktör önceliklerinden hareketle ağırlıklandırılmış süpermatrisin oluşturulması.

*Adım 4:* Ağırlıklandırılmış süpermatrisin  $(2k+1)$  kuvveti ile limit süpermatrisin elde edilmesi ve alt faktör ağırlıklarının belirlenmesi. Burada  $k$  rasgele seçilmiş büyük bir sayı olup, limit süpermatris alt faktör ağırlıklarını göstermektedir.

*Adım 5:* Alt faktör değerlendirme skalasının belirlenmesi.

*Adım 6:* Adım 4’de belirlenen alt faktör ağırlıkları ve Adım 5’de belirlenen değerlendirme skalası ile çalışanların TİY seviyesinin belirlenmesi.

Yapılan uygulama bu adımlar temelinde gerçekleştirilmiş ve yapılan çalışmalar aşağıda ayrıntıları ile birlikte verilmiştir

*Adım 1:* TİY’i etkileyen faktör ve alt faktörlerin belirlenmesinde önemli ölçüde geçmiş çalışmalardan yararlanılmış ve bu çalışmalarda kullanılan faktör ve alt faktörler dikkate alınmıştır. Belirlenen faktör ve alt faktörler ile farklı çalışma ortamlarında çalışanların maruz kaldığı TİY seviyesinin belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen model Şekil 2’de verilmiştir.

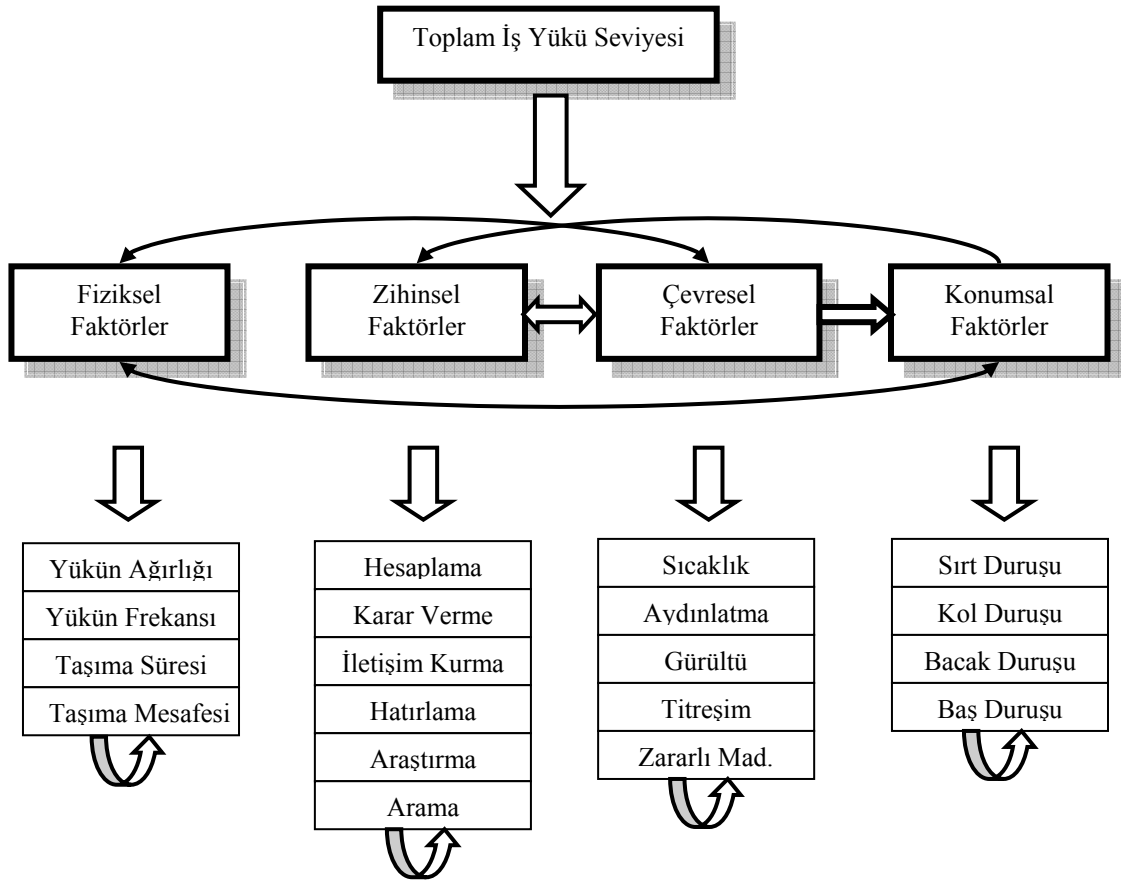
Şekil 2’de verilen AAP modelinde ve literatürde yer alan diğer çalışmalarda iş yükleri fiziksel, çevresel, zihinsel ve vücut duruşuna bağlı konumsal faktörler olmak üzere 4 ana başlık altında incelenmiştir.

Fiziksel iş yükü, fiziksel aktivite gerektiren işlerde malzeme yönetiminin manuel kısmıdır. Yükün ağırlığı, taşıma frekansı, taşıma süresi ve taşıma mesafesine bağlıdır. Farklı çalışmalarda, taşınan yükün ağırlığı faktörünün sakatlanma ve hastalık oranlarına etkisinin diğer faktörlere göre daha fazla olduğu ve bu faktöre bağlı olarak ağır sanayilerde daha fazla sakatlanma riskinin bulunduğu ileri sürülmüştür [34-36].

Zihinsel iş yükleri, hesaplama, karar verme, iletişim kurma, hatırlama, araştırma, arama gibi zihinsel ve algısal aktivitelerin oluşturduğu iş yüküdür. Zihinsel iş yükü üzerindeki genel bir görüş, zihinsel iş yükünün görevin talep ettiği kaynaklar ile mevcut kaynaklar arasındaki fark ile doğru orantılı olduğu yönündedir [12]. Bu da çalışan üzerindeki iş yükünün, mevcut olan ve talep edilen kaynakların değiştirilmesiyle değişebileceği anlamına gelmektedir [1].

Çevresel iş yükleri, çalışma çevresinden kaynaklanan iş yükleridir. Uygun olmayan sıcaklık, aydınlatma, gürültü, titreşim ve toz ve gaz gibi bazı zararlı maddelerin etkileri çalışma çevresinin getirdiği iş yükleri olarak sıralanabilir. Bu faktörlerin çalışan üzerindeki psikolojik etkileri birçok bilim adamı tarafından araştırılmış ve bu çalışmaların sonuçları Grandjean [37] tarafından analiz edilmiştir. Bu çalışmalarda, çevreden gelen güçlü ve tekrarlı bir etkinin operatörün bünyesinde olumsuz etki oluşturacağı ve iş stresini artıracığı yönünde genel bir fikir birliği vardır.

Vücut duruşlarına bağlı konumsal iş yükleri, ters vücut hareketleri ve elverişsiz konumun yol açtığı iş yükleridir. En genel tanımıyla duruş; vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacak üyelerinin boşluktaki konfigürasyonu, hizalanması olarak tanımlanmaktadır. Çalışma duruşunu ise bu tanıma bağlı olarak,



Şekil 2. TİY seviyesinin belirlenmesine yönelik AAP modeli

vücudun, başın, gövdenin, kol ve bacakların yapılan işe ve işin özelliklerine göre hizalanması şeklinde tanımlanmaktadır [38]. Uygun olmayan duruşlar ise bir veya birden fazla uzvun, hareketsiz vücut duruşundan sapması olarak tanımlanmakta ve bu konumun çalışanın üzerindeki iş yükünün artmasına neden olacağı belirtilmektedir [39].

Modelde kullanılacak faktör ve alt faktörlerin belirlenmesinin ardından bu faktörler arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Faktör ve alt faktörler arasındaki ilişkiler karar verme ekibi tarafından beyin fırtınası ile belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda belirlenen ilişkiler Şekil 2 üzerinde oklarla belirlenmiştir. Faktörler üzerinde gösterilen çift yönlü oklar her iki faktöründe birbirini etkilediğini gösterirken, tek yönlü oklar faktörler arasındaki ilişkinin tek yönlü olduğunu göstermektedir. Örneğin; fiziksel faktörler ile çevresel faktörler arasında çift yönlü bir ilişki mevcutken, konumsal faktörler ile zihinsel faktörler arasında tek yönlü bir ilişki mevcuttur. Konumsal faktörler zihinsel faktörleri etkilemekte fakat zihinsel faktörlerin konumsal faktörler üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

**Adım 2:** AAP modelinin ve faktörler arası ilişkilerin belirlenmesinden sonra izleyen aşama faktörler arasındaki ilişkilerden hareketle ikili karşılaştırma karar matrislerinin düzenlenmesi ve bu modele ilişkin başlangıç süpermatrisinin oluşturulmasıdır. Bu amaçla

56 ikili karşılaştırma karar matrisi düzenlenmiş ve bu karar matrislerinden elde edilen öncelik vektörleri kullanılarak Tablo 2’de verilen başlangıç süpermatrisi oluşturulmuştur.

**Adım 3-4:** Bu adımda TİY seviyesinin belirlenmesinde faktör gruplarının eşit önceliğe sahip oldukları varsayılmış ve başlangıç süpermatrisi bu varsayımdan hareketle ağırlıklandırılmıştır, ağırlıklandırılmış süpermatris MATLAB 6.5 programı kullanılarak analiz edilmiş ve bu matrisin yüksek dereceden katı alınarak limit süpermatris elde edilmiştir. Ağırlıklandırılmış süpermatris Tablo 3’de, limit süpermatris ise Tablo 4’de verilmiştir. Limit süpermatriste yer alan sütun değerleri alt faktör ağırlıklarını göstermektedir. Limit süpermatrise göre TİY seviyesinin etkileyen en önemli üç faktör “*taşıma süresi*” (0,1790), “*bacak duruşu*” (0,1002) ve “*sırt duruşu*” (0,0916) olarak belirlenmiştir.

**Adım 5:** Alt faktörlere ilişkin ağırlıklar belirlendikten sonra bu adımda alt faktör değerlendirmede kullanılacak olan değerlendirme skalası belirlenmiş ve bu amaçla 5 noktalı derecelendirme skalası tercih edilmiştir. Yapılan birçok çalışma 5 noktalı skalanın ve 5 nitel değişkenin derecelendirmede etkin bir şekilde kullanıldığını göstermiştir [8, 15, 16, 40-43]. Beş noktalı derecelendirme skalası alt faktör türüne bağlı olarak farklı şekillerde kullanılabilir, örneğin “*yüğü ağırlığı*” alt faktörünün derecelendirilmesinde

**Tablo 2.** Başlangıç süpermatrisi

|     | YA    | YF    | TS    | TM    | HP    | KV    | İK    | HT    | AŞ    | AR    | SC    | AY    | GÜ    | Tİ    | ZM    | SD    | KD    | BD    | BŞD   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| YA  | 0.400 | 0.230 | 0.250 | 0,000 | 0.250 | 0.250 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,225 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,297 | 0,500 | 0,500 | 0,000 |
| YF  | 0.200 | 0.178 | 0.250 | 0,000 | 0.250 | 0.250 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,134 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,209 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| TS  | 0.200 | 0.493 | 0.250 | 1,000 | 0.250 | 0.250 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,516 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,500 | 0,246 | 0,500 | 0,500 | 0,000 |
| TM  | 0.200 | 0.097 | 0.250 | 0,000 | 0.250 | 0.250 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,500 | 0,123 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,500 | 0,246 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| HP  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.176 | 0.421 | 0.113 | 0,127 | 0,220 | 0.166 | 0,036 | 0.374 | 0.065 | 0.166 | 0,000 | 0,000 | 0,250 | 0,000 | 0,064 |
| KV  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.542 | 0.218 | 0.229 | 0,222 | 0,249 | 0.525 | 0.345 | 0.154 | 0.189 | 0.166 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,093 |
| İK  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.109 | 0.078 | 0.163 | 0.101 | 0.112 | 0.103 | 0.078 | 0.244 | 0.348 | 0.166 | 0,000 | 0,500 | 0,000 | 0,500 | 0.444 |
| HT  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.044 | 0.081 | 0.200 | 0.127 | 0.175 | 0.103 | 0.136 | 0.035 | 0.263 | 0.166 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.036 |
| AŞ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.053 | 0.158 | 0.181 | 0.222 | 0.157 | 0.062 | 0.244 | 0.081 | 0.033 | 0.166 | 0.500 | 0.250 | 0.250 | 0,000 | 0.145 |
| AR  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.073 | 0.041 | 0.113 | 0.201 | 0.088 | 0.041 | 0.159 | 0.109 | 0.199 | 0.166 | 0.500 | 0.250 | 0,500 | 0,500 | 0.215 |
| SC  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.200 | 0.200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,000 | 0.302 | 0,500 | 0,000 | 0,000 | 0.400 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| AY  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.200 | 0.200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,000 | 0.108 | 0,300 | 0,000 | 0,000 | 0,200 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| GÜ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.200 | 0.200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,000 | 0.083 | 0,000 | 0,500 | 0,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Tİ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.200 | 0.200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,000 | 0.057 | 0,000 | 0,500 | 0,500 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ZM  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.200 | 0.200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,000 | 0.451 | 0,200 | 0,000 | 0,000 | 0.400 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| SD  | 0.172 | 0.250 | 0.225 | 0.246 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.317 | 0.250 | 0,500 | 0.250 | 0.250 | 0.312 | 0.516 | 0,340 | 0.389 |
| KD  | 0.389 | 0.250 | 0.134 | 0.246 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.172 | 0.250 | 0,000 | 0.250 | 0.250 | 0.280 | 0.265 | 0.239 | 0.173 |
| BD  | 0.317 | 0.250 | 0.516 | 0.297 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.121 | 0.250 | 0,000 | 0.250 | 0.250 | 0.128 | 0.136 | 0.281 | 0.121 |
| BŞD | 0.121 | 0.250 | 0.123 | 0.209 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0.389 | 0.250 | 0,500 | 0.250 | 0.250 | 0.280 | 0.083 | 0.140 | 0.317 |

YA: Yüklün Ağırlığı, YF: Yüklün Frekansı, TŞ: Taşıma Süresi, TM: Taşıma Mesafesi, HP: Hesaplama, KV: Karar Verme, İK: İletişim Kurma, HT: Hatırlama, AŞ: Araştırma, AR: Arama, SC: Sıcaklık, AY: Aydınlatma, GÜ: Gürültü, Tİ: Titreşim, ZM: Zararlı Maddeler, SD: Sırt Duruşu, KD: Kol Duruşu, BD: Bacak Duruşu, BŞD: Baş Duruşu

**Tablo 3.** Ağırlıklandırılmış süpermatris

|     | YA    | YF    | TS    | TM    | HP    | KV    | İK    | HT    | AŞ    | AR    | SC    | AY    | GÜ    | Tİ    | ZM    | SD    | KD    | BD    | BŞD   |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| YA  | 0,200 | 0,116 | 0,125 | 0,000 | 0,084 | 0,084 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,056 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,099 | 0,167 | 0,167 | 0,000 |
| YF  | 0,100 | 0,089 | 0,125 | 0,000 | 0,084 | 0,084 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,033 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,070 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| TS  | 0,100 | 0,247 | 0,125 | 0,500 | 0,084 | 0,084 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,250 | 0,129 | 0,250 | 0,000 | 0,000 | 0,125 | 0,082 | 0,167 | 0,167 | 0,334 |
| TM  | 0,100 | 0,048 | 0,125 | 0,000 | 0,084 | 0,084 | 0,167 | 0,167 | 0,167 | 0,250 | 0,030 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,125 | 0,082 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| HP  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,058 | 0,141 | 0,038 | 0,043 | 0,074 | 0,083 | 0,010 | 0,093 | 0,020 | 0,055 | 0,000 | 0,000 | 0,084 | 0,000 | 0,022 |
| KV  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,182 | 0,073 | 0,077 | 0,075 | 0,083 | 0,262 | 0,086 | 0,038 | 0,063 | 0,055 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,031 |
| İK  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,037 | 0,027 | 0,055 | 0,034 | 0,038 | 0,052 | 0,020 | 0,061 | 0,116 | 0,055 | 0,000 | 0,167 | 0,000 | 0,167 | 0,148 |
| HT  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,015 | 0,028 | 0,067 | 0,043 | 0,059 | 0,052 | 0,034 | 0,010 | 0,087 | 0,055 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,013 |
| AŞ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,018 | 0,052 | 0,060 | 0,074 | 0,053 | 0,031 | 0,061 | 0,020 | 0,011 | 0,055 | 0,125 | 0,084 | 0,084 | 0,000 | 0,048 |
| AR  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,024 | 0,013 | 0,039 | 0,067 | 0,029 | 0,020 | 0,040 | 0,028 | 0,039 | 0,055 | 0,125 | 0,084 | 0,166 | 0,167 | 0,072 |
| SC  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,000 | 0,075 | 0,125 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| AY  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,000 | 0,027 | 0,076 | 0,000 | 0,000 | 0,052 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| GÜ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,000 | 0,020 | 0,000 | 0,166 | 0,167 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Tİ  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,000 | 0,015 | 0,000 | 0,166 | 0,167 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| ZM  | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,066 | 0,000 | 0,113 | 0,051 | 0,000 | 0,000 | 0,100 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| SD  | 0,086 | 0,125 | 0,113 | 0,123 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,08  | 0,062 | 0,166 | 0,084 | 0,062 | 0,104 | 0,172 | 0,114 | 0,129 |
| KD  | 0,195 | 0,125 | 0,067 | 0,123 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,043 | 0,062 | 0,000 | 0,084 | 0,062 | 0,093 | 0,088 | 0,079 | 0,058 |
| BD  | 0,158 | 0,125 | 0,258 | 0,149 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,031 | 0,062 | 0,000 | 0,084 | 0,062 | 0,042 | 0,045 | 0,093 | 0,04  |
| BŞD | 0,061 | 0,125 | 0,062 | 0,105 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,097 | 0,062 | 0,166 | 0,084 | 0,062 | 0,093 | 0,027 | 0,046 | 0,105 |

**Tablo 4.** Limit süpermatris

[illegible]

“çok hafif”, “hafif”, “orta”, “ağır”, “çok ağır” şeklinde kullanılırken, taşıma mesafesi alt faktöründe “çok yakın”, “yakın”, “orta”, “uzak”, “çok uzak” olarak kullanılır. Burada esas olan herbir sözel ifadenin belirli bir sayısal değere karşılık gelmesidir ve farklı çalışmalarda bu değerler farklı şekillerde kullanılmıştır.

Bu çalışmada herbir alt faktör “*çok düşük*” (ÇD),

“*düşük*” (D), “*orta*” (O), “*yüksek*” (Y), “*çok yüksek*” (ÇY) ifadeleri ile değerlendirilmiş ve “*çok düşük*” ifadesi 0,2, “*düşük*” ifadesi 0,4, “*orta*” ifadesi “0,6”, “*yüksek*” ifadesi 0,8 ve “*çok yüksek*” ifadesi ise 1,0 değerine karşılık olarak kullanılmıştır.

**Adım 6:** Bu adımda Adım 4’de belirlenen alt faktör ağırlıkları ve Adım 5’de belirlenen değerlendirme skalası kullanılarak TİY seviyesinin belirlenmesine

yönelik bir uygulama yapılmış ve önerilen modelin TİY seviyesinin belirlenmesinde nasıl kullanılacağı gösterilmiştir (Tablo 5). Uygulamada herbir alt faktör dilsel değerlendirme skalası ile değerlendirilmiş ve bu ifadeler karşılık gelen sayısal değerler ile AAP yöntemi ile bulunan alt faktör ağırlıkları çarpılarak alt faktör puanları hesaplanmıştır. Alt faktörler için hesaplanan puanların toplanmasıyla TİY seviyesi belirlenmiştir.

Uygulama talaşlı imalat yapan orta büyüklükte bir işletmede CNC torna tezgâhında görev yapan torna operatörü üzerinde gerçekleştirilmiş ve değerlendirme çalışmanın başında kurulan ekip tarafından yapılmıştır.

Değerlendirmede ilk olarak alt faktörler değerlendirme skalasında yer alan dilsel değişkenler ile değerlendirilmiş ve bu aşamada “hesaplama”, “karar verme”, “gürültü”, “kol duruşu” ve “baş duruşu” alt faktörleri iş yükünü artıran alt faktörler olarak değerlendirilmiştir. İzleyen aşamada alt faktör ağırlıkları, dilsel değişkenler için belirlenen skala değerleri ile çarpılarak alt faktör puanları hesaplanmış ve yapılan hesaplama sonucunda elde edilen değerler Tablo 5’in son sütununda verilmiştir. Torna operatörünün TİY seviyesi alt faktör puanlarının toplamı ile belirlenmiş ve Tablo 5’in son satırında verilmiştir. Uygulamada torna operatörünün maruz kaldığı TİY seviyesi 0,5260 olarak belirlenmiş ve yüklenmenin daha çok zihinsel ile konumsal faktörlerden kaynaklandığı görülmüştür. Alt faktör ağırlıklarına bağlı olarak TİY seviyesinin 0 ile 1 arasında bir değer alacağı dikkate alındığında operatörün orta seviyede bir yüklenmeye maruz kaldığı söylenebilir. Bununla birlikte zihinsel ve

konumsal faktörler üzerinde yapılacak iyileştirmeler TİY seviyesinin düşmesini sağlayacaktır.

## 5. SONUÇ

İş yükü, kompleks insan-makine sistemlerinde çalışanların işlerini verimli ve etkin bir şekilde yapabilmeleri için gerekli olan ekipmanın, eğitim seviyesinin, organizasyonel ve çevresel koşulların sağlanabilmesi için dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. TİY seviyesi üzerinde zihinsel ve fiziksel faktörler başta olmak üzere çevresel ve çalışma duruşlarından kaynaklanan konumsal faktörlerde önemli derecede belirleyici olmaktadır. Doğru olarak belirlenmiş TİY seviyesi işletmede yapılacak birçok çalışmaya temel oluşturmaktadır. Bu çalışmaların en başında çalışma yerinin, çalışanın verimini ve etkinliği artıracak şekilde düzenlenmesi, yapılan işin gereklerine bağlı olarak doğru işe doğru kişinin atanması ve daha etkin iş güvenliği tedbirlerinin alınması gelmektedir. Tüm bu çalışmalara temel oluşturan TİY seviyesinin doğru bir şekilde belirlenmesinin önemi büyüktür. TİY seviyesinin belirlenmesine yönelik olarak birçok çalışma yapılmıştır, yapılan çalışmaların birçoğunda aynı faktörler kullanılmış fakat faktörlere verilen ağırlıklar ve hesaplama açısından bu yöntemler birbirinden ayrılmıştır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan ayıran fark, TİY seviyesinin hesaplanması aşamasında faktör ve alt faktör arasındaki etkileşimleri dikkate alması ve alt faktör temelinde daha hassas bir değerlendirmeye imkan tanımasıdır.

Gerçek hayatta birçok karar probleminde verilen kararı etkileyen faktörler arasında etkileşimler vardır.

**Tablo 5.** TİY seviyesi belirlenmesine yönelik uygulama

| Alt Faktörler                          | Alt Faktör Ağırlıkları | Skala | Skala Değeri | Alt Faktör Puanı |
|----------------------------------------|------------------------|-------|--------------|------------------|
| Yükün Ağırlığı                         | 0,0900                 | O     | 0,6          | 0,0540           |
| Yükün Frekansı                         | 0,0474                 | D     | 0,4          | 0,0189           |
| Taşıma Süresi                          | 0,1790                 | D     | 0,4          | 0,0716           |
| Taşıma Mesafesi                        | 0,0774                 | D     | 0,4          | 0,0309           |
| Hesaplama                              | 0,0254                 | Y     | 0,8          | 0,0203           |
| Karar Verme                            | 0,0336                 | Y     | 0,8          | 0,0268           |
| İletişim Kurma                         | 0,0536                 | D     | 0,4          | 0,0214           |
| Hatırlama                              | 0,0136                 | O     | 0,6          | 0,0080           |
| Araştırma                              | 0,0304                 | D     | 0,4          | 0,0121           |
| Arama                                  | 0,0512                 | D     | 0,4          | 0,0204           |
| Sıcaklık                               | 0,0144                 | O     | 0,6          | 0,0080           |
| Aydınlatma                             | 0,0124                 | O     | 0,6          | 0,0070           |
| Gürültü                                | 0,0159                 | Y     | 0,8          | 0,0127           |
| Titreşim                               | 0,0159                 | O     | 0,6          | 0,0090           |
| Zararlı Maddeler                       | 0,0140                 | ÇD    | 0,2          | 0,0028           |
| Sırt Duruşu                            | 0,0916                 | O     | 0,6          | 0,0549           |
| Kol Duruşu                             | 0,0750                 | Y     | 0,8          | 0,0600           |
| Bacak Duruşu                           | 0,1002                 | D     | 0,4          | 0,0400           |
| Baş Duruşu                             | 0,0590                 | Y     | 0,8          | 0,0472           |
| <b>Torna Operatörünün TİY Seviyesi</b> |                        |       |              | <b>0,5260</b>    |

Karar problemlerinin çözümünde bu etkileşimlerin dikkate alınmaması çoğu zaman yanlış kararların verilmesine neden olmakta ve bu yanlış kararlarda maliyet ve zaman kayıplarına neden olmaktadır. TİY seviyesinin belirlenmesinde kullanılan faktörler arasında da etkileşimler vardır ve bu çalışmada bu etkileşimlerin dikkate alınması ile daha hassas sonuçların elde edileceği savunulmuştur. Problem AAP yöntemi ile modellenmiş ve elde edilen sonuçların TİY seviyesinin belirlenmesinde nasıl kullanılacağı bir uygulama ile gösterilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Jung, H.S., Jung, H.S., "Establishment of overall workload assessment technique for various tasks and workplaces", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 28, 341-353, 2001.
- Weiner, J.S., "The measurement of human workload", **Ergonomics**, 25, 953-965, 1982.
- Hart, S.G., Wickens, C.D., In: Harold R. Booher (Ed.), Manprint, an approach to systems integration, **Van Nostrand Reinhold**, NY, 1990.
- Karwowski, W., Mulholland, N., Ward, T., Jagannathan, V., Kirchner, R., "Liftan: an experimental expert system for analysis of manuel lifting tasks", **Ergonomics**, 29, 1213-1234, 1986.
- London, M., Klimoski, J.R., "A study of perceived job complexity", **Personnel Psychology**, 28, 45-56, 1975.
- Ivancevich, J.M., Smith, S., "Identification and analyses of job difficulty dimensions an emprical study", **Ergonomics**, 24, 651-363, 1981.
- Yüksel, İ., Kurt, M., "Hekimlerin iş güçlüğü boyutlarının belirlenmesi", **6. Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı**, 631-642, Ankara, 1998.
- Oberne, D.J., "Examples of the use of rating scales in ergonomics research", **Applied Ergonomics**, 7(4), 201-204, 1976.
- Hill, S.G., Iavecchia, H.P., Byers, J.C., Bittner, A.C., Zaklad, A.L., Christ, R.E., "Comparison of four subjective workload rating scales", **Human Factors**, 34, 429-439, 1992.
- Hart, S.C., Staveland, L.E., Development of a multi-dimensiol workload rating scale: result of empirical and theoretical research. In: Handcock, P.A., Meshkati, N. (Ed.), **Human Mental Workload**, Elsevier, Netherlands, 1988.
- Reid, G., Shingledecker, C., Eggemeier, F., "Application of conjoint measurement to workload scale development", **Prodeedings of the Human Factors Society 25th Annual Meeting**, Human Factors Society, CA, 522-526, 1981.
- Sanders, M.S., McCormick, E.J., Human factors in engineering and design, 7th edition, **McGraw-Hill**, NY, 1992.
- Cooper, G., Harper, R., The use of pilot ratings in the evaluation of aircraft handling qualities, NASA Ames Technical Report, NASA Tn-D-5153, **NASA Ames Research Center**, USA, 1969.
- Wierwille, W.W., Casali, J.G., "A validated rating scale for global mental workload measurement applications", **Proceedings of the Human Factors Society, 27 th Annual Meeting**, 129-133, 1983.
- Bielski, J., Wolowicki, J., Zeyland, A., "The ergonomic evaluation of work stres in the furniture industry", **Applied Ergonomics**, 7(2), 89-91, 1976.
- Gomer, F.E., Siverstein, L.D., Berg, W.K., Lassiter, D.L., "Changes in electromyographic activity associated with occupational stress and poor performance in the workplace", **Human Factors**, 29(2), 131-143, 1987.
- Hancock, P.A., "A dynamic model of stress and sustained attention", **Human Factors**, 31(5), 519-537, 1989.
- Saaty, T.L., **The Analytic Hierarchy Process**, McGraw-Hill, New York, A.B.D., 1980.
- Saaty, T.L., **Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process**, RWS Publications, Pittsburgh, A.B.D., 1996.
- Karsak, E.E., Sozer, S., Alptekin, S.E., "Production planning in quality function deployment using a combined analytical network process and goal programming approach", **Computers&Industrial Engineering**, 44(1), 171-190, 2002.
- Chung, S.H., Lee, A.H.L., Pearn, W.L., "Analytic network process (ANP) approach for product mix planning in semiconductor fabricator", **International Journal of Production Economics**, In press, 2004.
- Meade, L.M., Sarkis, J., "Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: an analytical network apprpach", **International Journal of Production Research**, 37(2), 241-261, 1999.
- Meade, L.M., Sarkis, J., "Strategic analysis of logistics and supply chain management systems using the analytical network process", **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, 34(3), 201-215, 1998.
- Lee, J.W., Kim, S.H., "An integrated approach for independent information system project selection", **International Journal of Project Management**, 19(2), 111-118 2001.
- Lee, J.W., Kim, S.H., "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection", **Computers&Operations Research**, 27(4), 367-382, 2001.
- Partovi, F.Y., Corredoira, R.A., "Quality function deployment for the good of soccer", **European**

- Journal of Operational Research**, 137(3), 642-656, 2002.
27. Meade, L.M., Presley, A., "R&D project selection using the analytic network process", **IEEE Transactions on Engineering Management**, 49(1), 59-66, 2002.
  28. Bayazıt, O., "A new methodology in multiple criteria decision-making systems: analytical network process and an application", **Ankara Üniversitesi Siyasal Bilimler Fakültesi Dergisi**, 57(1), 15-34 2002.
  29. Sarkis, J., "A model for strategic supplier selection", **Journal of Supply Chain Management**, 38(1), 18-28, 2002.
  30. Mikhailov, L., Singh, M.S., "Fuzzy analytic network process and its application to the development of decision support systems", **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part C: Applications and Reviews**, 33(1), 33-41, 2003.
  31. Yurdakul, M., "Measuring long-term performance of a manufacturing firm using the analytical network process (ANP) approach", **International Journal of Production Research**, 41(11), 2501-2529, 2003.
  32. Momoh, J.A., Zhu, J., "Optimal generation-scheduling based on AHP/ANP", **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics**, 33(3), 531-535, 2003.
  33. Niemira, M.P., Saaty, T.L., "An analytical network process model for financial-crisis forecasting", **International Journal of Forecasting**, Article in Pres, 2004.
  34. Chaffin, D., "Ergonomics guide for the assessment of human static strength", **American Industrial Hygiene Association Journal**, 36, 505-510, 1975.
  35. Kosiak, M., Aurelius, J., Herfield, W., "Backache in industry", **Journal of Occupational Medicine**, 8, 51-58, 1966.
  36. Rowe, M.L., "Low back pain: updated position", **Journal of occupational Medicine**, 13, 476-478, 1981.
  37. Grandjean, E., Fitting the task to the Man-An Ergonomic Approach, **Taylor and Francis**, London, 1985.
  38. Haslegrave, C.M., "What do we mean by a working posture?", **Ergonomics**, 37(4), 781-799, 1994.
  39. Akay, D., Dağdeviren, M., Kurt, M., "Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi", **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 18(3), 73-84, 2003.
  40. Zimmer, A. C., "A model for the interpretation of verbal predictions", **International Journal of Man-Machine Studies**, 20, 121-134, 1984.
  41. Wilson, J.R., Corlett, E.N., Evaluation of Human Work, **Taylor and Francis**, Bristol, PA, 1990.
  42. Luczak, H., Ge, S., "Fuzzy modelling of relations between physical weight and perceived heaviness: the effect illusion in industrial lifting tasks", **Ergonomics**, 32, 823-837, 1989.
  43. Chen, J.G., Jung, H.S., Peacock, B.J., "A Fuzzy sets modelling approach for ergonomic workload stress analysis", **International Journal of Industrial Ergonomics**, 13(3), 189-216, 1994.

