International Journal of Information, Control and Computer Sciences
ISSN: 2517-9942
Vol:12, No:5, 2018

Multidimensional Performance Tracking

C. Ardil

Abstract—In this study, a model, together with a software tool that implements it, has been developed to determine the performance ratings of employees in an organization operating in the information technology sector using the indicators obtained from employees' online study data. Weighted Sum (WS) Method and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method based on multidimensional decision making approach were used in the study. WS and TOPSIS methods provide multidimensional decision making (MDDM) methods that allow all dimensions to be evaluated together considering specific weights, allowing employees to objectively evaluate the problem of online performance tracking. The application of WS and TOPSIS mathematical methods, which can combine alternatives with a large number of dimensions and reach simultaneous solution, has been implemented through an online performance tracking software. In the application of WS and TOPSIS methods, objective dimension weights were calculated by using entropy information (EI) and standard deviation (SD) methods from the data obtained by employees' online performance tracking method, decision matrix was formed by using performance scores for each employee, and a single performance score was calculated for each employee. Based on the calculated performance score, employees were given a performance evaluation decision. The results of Pareto set evidence and comparative mathematical analysis validate that employees' performance preference rankings in WS and TOPSIS methods are closely related. This suggests the compatibility, applicability, and validity of the proposed method to the MDDM problems in which a large number of alternative and dimension types are taken into account. With this study, an objective, realistic, feasible and understandable mathematical method, together with a software tool that implements it has been demonstrated. This is considered to be preferable because of the subjectivity, limitations and high cost of the methods traditionally used in the measurement and performance appraisal in the information technology sector.

Keywords—Weighted sum, entropy ınformation, standard deviation, online performance tracking, performance evaluation, performance management, multidimensional decision making.

Özet—Bu çalışmada, bilgi teknolojisi sektöründe faaliyet gösteren bir organizasyonda çalışanların çevrimiçi çalışma verilerinden hareketle elde edilen göstergeler kullanılarak, çalışanların performans değerliliklerinin belirlenmesine yönelik bir model ile bu modeli uygulayan bir yazılım aracı geliştirilmiştir. Çalışmada çok boyutlu karar verme yaklaşımına dayalı ağırlıklı toplam yöntemi [Weighted Sum (WS) Method] ve ideal çözüme benzerlik bakımından sıralama tercih tekniği [Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)] yöntemi kullanılmıştır. WS ve TOPSIS yöntemleri belirli ağırlıkları dikkate alarak tüm boyutların birlikte değerlendirilmesine olanak veren çok boyutlu karar verme (ÇBKV) yöntemleri çalışanların çevrimiçi performans izleme probleminde nesnel olarak değerlendirilebilme olanağını sağlamıştır. WS ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanmasında geliştirilen yazılım aracıyla, çalışanların çevrimiçi performans izleme yöntemiyle elde edilen verilerden, entropi bilgi (EI) ve standart sapma (SD) yöntemleri kullanılarak nesnel boyut ağırlıkları hesaplanmış, her bir çalışan için performans skorları kullanılarak karar matrisi oluşturulmuş ve her biri için tek bir performans puanı hesaplanmıştır. Hesaplanan performans puanına göre çalışanların performans değerlendirme kararı verilmiştir. Pareto kümesi kanıtı ve karşılaştırmalı matematiksel analiz sonuçları, çalışanların WS ve TOPSIS yöntemlerinde performans tercih sıralamasının yakın değerler almasını geçerli kılmaktadır. Bu da önerilen yöntemin çok sayıda alternatif ve boyut türünün dikkate alındığı ÇBKV problemlerine uyumluluğunu, uygulanabilirliğini ve geçerliliğini ortaya koymaktadır. Bu çalışma ile bilgi teknolojisi sektöründe performans değerliliğinin ölçüm ve izleme sürecinde geleneksel olarak kullanılan yöntemlerin öznel, sınırlı olmaları ve yüksek maliyetleri nedeniyle onların yerine tercih edilebilecek nesnel, gerçekçi, uygulanabilir ve anlaşılabilir matematiksel bir yöntem ile bu yöntemi uygulayan bir aracın kullanılabilirliği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler—Ağırlıklı toplam, entropi bilgi, standart sapma, çevrimiçi performans izleme, performans değerlendirme, performans yönetimi, çok boyutlu karar verme.

I. GİRİŞ

A. Giriş

Gelişen teknoloji ile birlikte hızla değişen yaşam ve çalışma koşulları, bireyleri ve kurumları sürekli olarak başarıya götürecek doğru kararlar vermek mecburiyetinde bırakmaktadır. Bu dinamik koşullar ortamında, böylesi karar verme problemlerinde ayakta kalabilmek, rekabet üstünlüğü kazanmak ve sürdürmek için doğru karar verme bir gereklilik olmaktadır. Çevrimiçi performans izleme ve değerlendirme süreci, bir karar verme sürecidir ve karar verme sürecinde çeşitli karar verme yöntemleri uygulanabilmektedir. Karar verme, birbirleri ile çelişen farklı boyutlara dayalı en uygun çözümü bulmak ve karar vericilerin beklentilerini göz önüne alarak alternatifleri belirleme, değerlendirme ve seçme çalışmasıdır. Buna göre, verilen her karar, karar verilmesi gereken zamanda mevcut olan veri seti, bilgi, alternatifler, değerler, boyutlar ve tercihler toplamı olarak betimlenen bir karar ortamında yapılmaktadır. Karar verme süreci, karar vericinin mevcut alternatifler arasından belirlenen değerlendirme boyutlarını tatmin eden bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması biçiminde nihayetlenebilir. Çevrimiçi performans ölçümü ve izlenmesi çok sayıda alternatifin, birbirleri ile çelişen çok sayıda değerlendirme boyutlarına göre değerlendirildiği çok boyutlu karar verme (ÇBKV) problemi olarak bilinmektedir. ÇBKV disiplini, bir karar problemi ile ilgili olarak birden fazla alternatifi ve birbiri ile çatışan birden fazla değerlendirme boyutunu tatmin eden olası en uygun çözüme ulaşmaya çalışan matematiksel yöntemleri kapsamaktadır.

ÇBKV yöntemleri, yüksek belirsizlik, çelişen amaçlar, farklı veri ve bilgi biçimleri, çoklu ilgi alanları ve görüngeler ile karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu ÇBKV yöntemler sınıfı, çok amaçlı karar verme (ÇAKV) ve çok nitelikli karar alma (ÇNKV) süreçlerine ayrılmıştır. Bu iki

çok boyutlu karar verme yöntem grubunun temel ayrımı, değerlendirme altındaki alternatiflerin sayısına dayanmaktadır. ÇNKV yöntemleri, bir dizi nitelik karşısında az sayıdaki ayrık alternatifleri seçmek için tasarlanmıştır; ÇAKV yöntemleri ise kuramsal olarak sonsuz sayıdaki sürekli alternatifler, bir karar değişkenleri vektörü üzerinde bir dizi kısıtlama ile betimlenir. ÇAKV yöntemlerinde alternatifler önceden belirlenmez, bunun yerine bir dizi kısıtlamaya bağlı olarak bir dizi nesnel işlev eniyilenmektedir. ÇBKV yöntemleri, ÇNKV seçim problemlerinin, ÇAKV ise tasarım problemlerinin çözümünde uygun yöntemler sunmaktadır.

Bu, çalışmada geliştirilen yazılım aracında, çalışanların performans boyutlarına ait nicel verilerinden, bütünleşik yöntemle önce boyut ağırlıklarının önem dereceleri nesnel ağırlıklandırma yöntemlerinden birisi olan entropi bilgi (EI) ve standart sapma (SD) yöntemleri ile hesaplanmakta, daha sonra çok boyutlu karar verme aşamasında WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak çalışanların performans tercih sıralaması yapılmıştır. Çevrimiçi performans izleme yöntemi, bir organizasyonun tüm çalışanlar için bir nesnel derecelendirme sistemi kullanmasına ve her kurum tarafından özelleştirilebilmesine; işletmenin ünvanlı çalışanlarını bir ana veritabanına koymasına ve gerekirse yönetimin bu verilere 24/7 erişebilmesine, böylece nesnel, dürüst, ayrıntılı ve faydalı değerlendirmelerinin yapılabilmesine olanak tanımaktadır. Bu nesnel yaklaşım, çalışanların iş ortamında motivasyon ve performansını yükseltir. Geliştirilen nesnel çevrimiçi performans izleme yöntemi, çalışanların performansının sistematik olarak ölçülebilmesini ve izlenebilmesini olanaklandırmakta, ayrıca farklı sektörlerde farklı ölçekte etkinlik gösteren organizasyonlara uyarlanabilme ve genellenebilme niteliği göstermektedir.

II. Performans Bilimi ve Mühendisliği Araştırması

A. Performans Bilimi ve Mühendisliği

Performans bilimi, insan gereksinimlerinin tatmin edilmesini sağlamak üzere ortaya konulan ürün, hizmet ve düşünce performansının çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Bu nedenle performans bilimi, farklı bilimsel disiplinlerdeki araştırma, yöntem ve sonuçlarını bir araya getirmeyi ve geliştirmeyi amaçlamaktadır. Performans etkinlikleri ve deneyimlerinin temel becerilerini, mekanizmalarını ve sonuçlarını anlamak için disiplin sınırlarının ötesinde, oluşturulan çeşitli ortak takımlar sayesinde geniş bir araştırma yöntemleri çeşitliliği izlenmektedir. Performans, çoğu zaman aşırı stres altında ve/veya izleyicilerin veya değerlendiricilerin denetiminde gerçekleştirilen, yetenekli insan etkinliklerinin çeşitli alanlarına ilişkin sonuçları taşımaktadır [1]-[3]. Çevrimiçi performans izleme bilgi sistemi şeması Şekil 1.'de gösterilmektedir.

Performans bilimi, performans disiplinleri içinde ve arasında deneysel, metodolojik, teknolojik ve teorik ilerlemeleri teşvik etmeyi ve tüm bilimlerden yeni anlayışlar geliştirmeyi amaçlamaktadır. Özellikle, insan performansını araştırmak için çok disiplinlerarası bir yaklaşım benimsenmektedir. Performans bilimi, iş çalışma kümelerinde insan performansını artırmak, sürdürmek veya sağlamak için etkili stratejilerin geliştirilmesini hedeflemektedir.

Performans Girdisi	Performans Boyutları	Performans İşlemi	Performans Çıktısı
Temel Boyutlar ve Davranışlar	İşin Miktarı	Veri Toplama	Çalışan Performans Tercih Sıralaması
	İşin Kalitesi	Veri İletimi	
Yönetsel Boyutlar ve Davranışlar	İş İş Bilgisi	Veri İşleme	
	İşbirliği	Veri Analizi	
	Bağlılık	Veri Sunumu	
Fonksiyonel Boyutlar ve Davranışlar	İsteklilik	Veri Kalitesi	
		Veri Kontrolu	
		Geribildirim	

Şekil 1. Çevrimiçi Performans İzleme Bilgi Sistemi Şeması

Organizasyon yönünden performans - iş görme biçimi veya kalitesi olarak belirtilen performans - bir organizasyonda planlı ve hedefli bir etkinlikle ulaşılan sonucu, nitel veya nicel olarak belirleyen bir kavramdır. Başka bir betimlemeyle performans, organizasyonun amaçlarının ve hedeflerinin gerçekleştirilmesi için gösterilen bütün çabaların değerlendirilmesidir. Performans kavramı, organizasyonda belirli bir zaman dilimi içerisinde üretilen düşünce, mal, ve hizmet ölçüsüdür ve işlevine göre etkinlik, verim, ve çıktı olarak belirtilmekte, ayrıca bireyin yeteneği ve motivasyonu arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak bildirilir. Performans, organizasyonda görev kapsamında önceden belirlenen boyutları sağlayacak biçimde, görevin yerine getirilmesi, amaçların ve hedeflerin gerçekleştirilmesi yönünde ortaya konulan mal, hizmet veya düşünce olarak betimlenir.

Performans yönetiminin amacı, organizasyonun etkinliklerini, işgörenlerin yetenek ve kapasitelerinin açığa çıkarılmasını ve katkılarını sürekli düzeltmeleri için, bireylerin ve takımların sorumluluk üstlendikleri bir organizasyon kültürü oluşturmaktır [4]. Performans yönetimi, uzlaşılan amaçlarla organizasyonları başarıya götürecek stratejik unsurları gözönünde tutarak organizasyon tasarımının yapılmasını ve performansın incelenmesini, geri bildirme, amaç belirleme, çalışanların davranışlarını ve ürünlerini betimleme, değerlendirme ve güçlendirme yönünden bütünleştirilmiş süreçtir [5]. Gerçekte, sonuçta kazanılanların başlangıçla karşılaştırılması ancak çalışanın motivasyonu, mevcut potansiyelinin açığa çıkması, yeteneklerinin gelişmesi ve gelecekteki performanısının artması gibi faktörlerin geri bildirimi ile gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, organizasyonlar yönetsel stratejiler geliştirmek için sürekli olarak performans değerlendirme çalışmaları yapmakta, çalışanın performans değerlerini ve gelişimini sistematik olarak izlemektedir. Performansın bir başka boyutu da verimliliktir ve yönetimin çabalarını maliyet ve girdilerden yararlanma düzeyi olarak belirlemektedir.

Performans kavramı, etkinliğin ve verimliliğin ölçülmesi anlamında da kullanılmaktadır. Eğer, performans ölçme organizasyon için gerçekleşirse, organizasyonel performans etkinliğini ölçmede, çalışanlar için yapılırsa insan kaynakları performans değerlendirmesi ve insan kaynakları politikasının etkinliğini ölçmede yarar sağlamaktadır. Organizasyonda her kademedeki çalışanın belirli bir görevi yerine getirmek üzere üstleneceği sorumluluklar bulunmakta, ve performans

değerlemesi, verilen görev kapsamında çalışanın özelliklerinin ve yeteneklerinin organizasyonun performans boyutları ile karşılaştırılması sonucunda oluşmaktadır.

Performans değerlendirme süreci, organizasyonel bir çalışma sisteminin performansını belirli bir zaman süresi sonunda sağlanan çıktısına, organizasyonun amaçlarına ve hedeflerine ulaşma düzeyi olarak algılanmaktadır. Bu bağlamda performans, organizasyonun amaçlarının ve hedeflerinin gerçekleştirilmesi için gösterilen bütün çabaların değerlendirilmesi olarak betimlenmektedir. Organizasyonun performansının belirlenmesinde belli boyutlardan yararlanılmakta, bu boyutlar organizasyonun etkinlik alanındaki en iyi organizasyonların performansını, ölçülebilen bir ürünün, hizmetin ve düşüncenin amaçlara ve hedeflere erişmedeki başarı düzeyi olarak göstermektedir. Buradan performans, betimlenen boyutlara göre çalışanın davranış biçimi veya bir işin yerine getirilme düzeyi olarak betimlenmekte ve belli bir zaman dilimi içinde çalışanın verilen görevi başarıyla tamamlaması olarak belirtilmektedir.

Bir organizasyonun performans düzeyi, organizasyonun tüm varlıklarını değerlendirmek suretiyle kendisinden beklenen ekonomik değer ve faydayı gerçekleştirebilme derecesi olarak belirlenmektedir. Buna göre, beklenen değer ile gerçek değer arasındaki ilişki performans düzeyinin belirlenmesini sağlamakta, beklenen değer ile gerçek değer eşit olduğunda normal performans, sağlanan değer beklenen değerin altında ise düşük performans, şayet sağlanan değer beklenen değerin üzerinde gerçekleşmiş ise yüksek performans biçiminde nitelendirilmektedir. Buradan, düşük performansta gerçekleşen değer ile beklenen değer arasındaki fark ekonomik zarar, yüksek performansta gerçekleşen değer ile beklenen değer arasındaki fark ekonomik kâr olarak betimlenmektedir [6].

B. Performans İzleme ve Değerlendirme Boyutları

Performans izleme ve değerlendirme sürecinde çalışanın performans sonuçları mikro ve makro faktörler tarafından etkilenmektedir. Performans değerlendirme sürecinde mikro faktörlerin başında öznel yönetici etkisi gelirken, çalışanın kontrolü dışında ortaya çıkan çevresel faktörler ise makro faktörlerdir. Makro faktörler tüm çalışanları, takımları, birimleri veya bölümleri etkilemektedir. Öznel yönetici etkisi olan mikro faktör, özellikle dönem başındaki hedef belirleme ve planlama/yönlendirme süreci ile dönem sonundaki değerlendirme sürecinde belirmektedir. Gerçek performans sonucu aynı olan iki çalışanın, iki ayrı yönetici tarafından değerlendirilmesi durumunda, ölçülen performansın farklı olduğu görülmektedir. Öte yandan, yöneticilerin davranış ve beklenti farklılıkları nedeniyle, iki farklı yöneticinin aynı çalışanı değerlendirmesi durumunda da ölçülen performanslar farklı olmaktadır.

Çalışanın her bir hedefinin belirlenen boyut ve ağırlıklar kapsamında gerçekleşen değerlere göre elde edilen ağırlıklı toplam performans sonucu, çalışanın seçilme ve performans tercih sıralamasında kullanılır. Böylesi bir değerlendirmede, çalışanın performans değerlendirilmesinin nesnel olarak yapıldığı, mikro (yönetici) ya da makro (çevre) faktörlerin etkisinin olmadığı varsayımı altında yapılmaktadır. Bu değerlendirme yaklaşımında bir çalışanın performansı, başka çalışanların başarısından bağımsız olarak değerlendirilir.

Performans değerlendirme yaklaşımı, organizasyonda çalışanın çalışma göreviyle ilgili başarıları, başarısızlıkları ve güçlü yönlerinin değerlendirildiği, mesleki geliştirme danışmanlığı, insan kaynaklarının çeşitliliği üzerine bilgi sağlama ve performansı geliştirme sisteminden oluşan sistematik bir yönetim sürecidir. Performans kavramı bir bireyin sahip olduğu kapasitesini veya gerçek bilgi, beceri ve yeteneklerini hedeflerine veya beklentilerine ulaşabilmek için ne ölçüde kullanabildiğini göstermektedir [7].

TABLO I
PERFORMANS DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

Performans Boyutları		Açıklama	Performansın Nitel ve Nicel Dereceleme Boyutları				
			seçkin	yetkin	övgün	yeterli	yetersiz
K1	İşin Miktarı	İstenilen ölçülerde iş miktarına ulaşır	5	4	3	2	1
K2	İşin Kalitesi	Kalite bakımından tam ve eksiksiz çalışma yapar	5	4	3	2	1
K3	İş Bilgisi	İş gereksinimlerini ve iş boyutlarını bilir	5	4	3	2	1
K4	İşbirliği	Görevlerini ve işbirliği yapmada isteklidir	5	4	3	2	1
K5	Bağlılık	İşe katılımda ve bitirmede özenli ve dikkatli davranır	5	4	3	2	1
K6	İsteklilik	Düşünce sunma ve görevlerinin artırılmasında istekli davranır	5	4	3	2	1

Performans derecelendirme ölçeği, değerlendiricinin ölçeklendirilmiş standartları (seçkin, yetkin, övgün, yeterli, yetersiz) kullanarak değerlendirilenin performans boyutları üzerinden değerlendirilmesini gerektiren bir performans değerleme yöntemidir. Çalışanların performans değerlendirme boyutları ve davranışları bazında nitel ve nicel önem dereceleri geliştirilen derecelendirme ölçeği Tablo I'de verilmektedir.

Performans değerlendirme boyutlarının belirlenmesi sürecinde yapılan işin temel, yönetsel ve fonksiyonel boyutları gözünde tutulmaktadır. Bu yöntemin temel özellikleri, ölçülen performans boyutlarına göre değişir. Performans derecelendirme ölçekleri geliştirilirken, öncelikle iş miktarı, iş kalitesi, iş bilgisi, verimlilik, girişim, takım çalışması, işe devam, disiplin veya kişilik özellikleri, güvenilirlik, katılım, çalışkanlık, iletişim, katkı, uyum, işbirliği, yetenek, yaratıcılık, problem çözme, zamandalık ve dürüstlük biçiminde belirlenir.

Performans değerlendiricileri, çalışanların niteliklerinin ve davranışlarının ölçekte belirlenen boyutlar açısından ne dereceye kadar dahil edildiğini nicel olarak değerlendirir.

Buna ilaveten, her derecenin bir puan değeri olduğundan, değerlendirme skoru işaretlenen/belirtilen derece puanlarının toplanması ile başarı punaı elde edilir. Performans değerlendirme, organizasyonda belirli amaçlara ve hedeflere

göre potansiyele sahip işgörenin değerinin belirlenmesini kapsayan, ayrıca çalışanın çalışma görevindeki başarı düzeyinin belirlenmesi üzerine bir yargıya varma işlemi ve çalışana değer yüklediği çok zamanlı bir süreçtir. Çalışanın çalışma görevindeki başarısını veya başarısızlığını değerlendiren performans, çoğunlukla etkililiğin değerlendirmesi, verimliliğin değerlendirilmesi, yetkinliğin ölçülmesi, başarı değerlendirmesi, ve çalışmanın değerlendirilmesi olarak isimlendirilmektedir [8].

Çalışanların performans izleme süreci işletmenin yapısına ve kültürüne uygun olarak planlanır. Performans değerlendirme süreci, alternatifleri değerlendirmede kullanılacak boyutların belirlenmesi ile başlamakta ve değerlendirme sonuçlarının uygulanmaya alınması ile sonuçlanan bilimsel bir süreçtir.

Performans değerlendirme, bireyin özelliklerini, bilgisini ve yeteneklerini, potansiyelini, iş alışkanlıklarını, hal/ hareketlerini ve benzer özelliklerini diğeriyle karşılaştırarak gerçekleşen sistematik bir ölçmedir. Performans değerlendirme, çalışma sonuçlarını (ürün, hizmet ve düşünce) düzeltmek ve geliştirmek amacıyla performans verilerini toplama ve yayma işlemlerini kapsamakta, organizasyondaki bireylere ve çalışma takımlarına performans geri bildirimi sağlayan insan kaynakları yönetim sürecini oluşturmaktadır.

Klasik performans değerlendirme yöntemleri çalışanların sadece kişilik özelliklerini ve yeteneklerini değerlendiren standartlar üzerine kurulmuş yöntemleri kapsamaktadır. Bu klasik performans değerlendirme yöntemlerinde değerlendirme gizli olarak yapıldığından, değerlendirilenler değerleme sürecine etkin olarak katılmazlar ve değerlendirmeler denetim, ceza ve ödüllendirmeye yöneliktir.

Modern performans değerlendirme yöntemleri de, modern yönetim düşüncesi doğrultusunda klasik performans değerlendirme yöntemlerinin uygulamadaki sakıncalarını ortadan kaldırmak, nesnel değerlendirmeler yapabilmek ve ortaya konulmuş performans ile çalışanın gelecekte göstereceği performans potansiyelini belirlemek için geliştirilmiştir.

Klasik ve modern performans değerlendirme yöntemlerinin haricinde geliştirilen analitik performans değerlendirme yöntemlerinde ise tamamen yapılan iş miktarı veya çalışma şartları esas alınarak değerlendirme yapılmış, çalışanın kişilik özellikleri değerlendirme dışında tutulmuştur. Performans değerlendirme sürecinde klasik ve modern yöntemlerin dışında çok boyutlu karar verme yöntemleri de kullanılmıştır [9].

C. Performans Ölçümü ve Değerlendirilmesi

Uygulama sırasında oluşabilecek tüm engelleri göz önünde bulundurarak tasarlanan performans yönetim sistemi, organizasyonda bireylerin ve takımların performansını ölçmek, geliştirmek, yönetmek için önemli bir araçtır. İşletmeler toplumu oluşturan birçok farklı kesimlerle / paydaşlarla (stakeholders) - işletmenin faaliyetlerinden etkilenen ve faaliyetleriyle işletmeyi etkileyen tüm toplumsal taraflar- ilişkide olduğundan başarıları işletmelerden çıkarları olan bu paydaşlarla (bireyler ve kurumlar) olan ilişkilerinin stratejik olarak yönetilmesine bağlıdır. Paydaş, organizasyonel amaçların başarılmasını etkileyen veya başarısından etkilenen birey veya kesim olarak betimlenmektedir [61]. İşletmenin paydaşlarını iki grupta sınıflandırmak olasıdır: "kurum içi paydaşlar" - kurucu ana sahipler, hissedarlar, yöneticiler ve çalışanlardan oluşur - ve "kurum dışı paydaşlar" - toplum, hükümet, müşteriler, tedarikçiler, rakipler ve diğer kesimlerden oluşur. Tüm paydaşlar arasındaki güçlü bir bağ ve işbirliği, organizasyonun ve performans yönetim sisteminin başarısına katkı sağlamaktadır. Bunu sağlamak üzere, geliştirilen yazılım aracının, işletme sahipleri, yöneticiler, ve çalışanlar tarafından rahatça ve gerçek zamanlı olarak kullanılabilmesi, öncelikli bir ister olarak belirlenmiş bulunmaktadır.

Çalışanların katılımıyla tasarlanmış performans yönetim sistemi, çalışanların performansı, etkinliği ve verimliliğinin artmasına ve stratejik hedeflere ulaşmada daha kararlı bir işgücünün ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Çalışanların performansındaki düzelme, organizasyonel performansı artırmakta, ayrıca organizasyonun yönetici liderlik, organizasyonel altyapı, insan kaynakları politikası ve yordamları ile birlikte işyeri çalışma koşulları sayesinde varlığını sürdürebilmektedir.

Performans yönetim sisteminin uygulanmasına özgü betimlenebilen ve saptanabilen önemli sorunlar sırasıyla, çelişen amaçlar, geri bildirim, zaman kısıtlaması, yönetim tarafından düşük öncelik, net bir amacın bulunmaması, kaynak ve kapasite yetersizliği, kararsız organizasyon, yönetimden üstlenme eksikliği, uygun kurumsal kültür eksikliği, işgören katılımı eksikliği, yapısal yaklaşım yokluğu, olumlu tutum yokluğu, sistemin esnekliği, algılanan adilliği, değişim direnci, performans yönetimin sistemi tasarımında yönetsel etki ve proje yönetimidir [10].

Performans ölçülerinin özelliklerinin temel değişkenleri geçerlilik, tutarlılık, güvenilirlik, ve pratiklik olarak belirtilmektedir. Performans değerlendirme, teknik bilgi, zamanlılık, maliyet etkinliği, kalite ve çıktı miktarı gibi belirli faktörlere dayalı olarak ölçülür. Organizasyonun sunduğu ürün, hizmet ve düşüncenin istenilen sonuçları verip vermediği, etkinliği, nitelikleri ve halkı tatmin etme derecesi üzerine bilgilenmek için belirli aralıklarla düzenli verilerin toplanması performans ölçümü olarak betimlenmektedir.

Çalışanların performansının değerlendirilmesi, işin kalitesini artırmakta ve çalışanların motivasyonlarını düzeltmekte, organizasyonun geliştirilmesi ve güçlendirilmesini sağlamaktadır. Çalışanların sistematik performans değerlendirmesi, organizasyon yönetimin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlemesini sağlamakta ve insan kaynakları yönetimine yardımcı olmaktadır. Organizasyonel performans yönetimi, çalışanları motive edebilmekte, memnuniyeti artırabilmekte, bireysel gelişmenin ve organizasyonun statejik hedeflerini gerçekleştirebilmektedir.

Performans denetimi, organizasyonun belirlenmiş amaçlarına ve hedeflerine ulaşması için gerekli önlemlerin alınmasına dayanak hazırlamaktadır.Organizasyon yönetiminde performans ölçümü artan bir eğilimle karar verme sürecinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

Performans ölçümü, başarılı çalışanların ödüllendirilebilmesine olanak vermekte ve organizasyonda motivasyonu artırmaktadır.

Organizasyonlarda performans ölçümü, ayrıca etkinliğin ve verimliliğin artmasına yardımcı olmakta, çalışanların sorumluluk duygusunu güçlendirmekte, eğitim, planlama ve bütçe çalışmalarını geliştirmektedir. Organizasyonun statejik amaçları ve hedefleri, performans yönetimi sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır ve performans değerlendirme süreci boyunca göz önünde bulundurulur. Performans değerlendirme sistemi, yönetimin üstten alta doğru astlarının performansları değerlendirmek ve eğitim gereksinimini belirlemek için değerlendirme yaptığı sınırlı bir yaklaşımdır.

Çalışanların çalışma performanslarının yükselmesi, organizasyonel performansın yükselmesine de katkıda bulunmaktadır. Performans yönetimi sistemi, örgütsel adalet, bireysel değerler, takım değerleri ve ortak değerler arasındaki bağlaşmayı sağlayan organizasyonel iklim ve kültüre de katkıda bulunmaktadır [11]. Performans yönetim sistemi, çoğunlukla organizasyon performansını motive etmek, organizasyon stratejisini yürütmek ve hedeflere ulaşmak için bir yönetim aracı olarak kullanılmaktadır [12].

Performans yönetimi, bireylerin performansını ölçme ve geliştirme, performansı organizasyonel stratejik hedefler ile uyumlu hale getirme yordamının sürekli bir sürecidir [13]. Performans ölçümünde kullanılacak boyutlar, amaçlar ve hedeflerle ilişkili olmalı, hedef alınan malın, hizmetin, düşüncenin veya topluluğun niteliklerini tam ve açık biçimde yansıtmalıdır [14].

Ölçümler yapılırken organizasyonun etkinlik ve verimliliğin ölçülmesinin yanısıra toplumsal beklentilerin karşılanması, yönetime duyulan güven düzeyi, verilen hizmetlerden memnuniyet gibi göstergelere de yer verilmelidir. Performans denetiminde başvurulan performans göstergeleri, organizasyonların stratejik amaçları ve hedefleri ile performans hedeflerinin yerine getirilmesinde ulaşılan sonuçları ölçmek ve değerlendirmek için kullanılan temel araçlardır. Organizasyonlar verimliliklerini, performans göstergelerini kullanarak yaptıkları etkinliklerin her boyutunu (girdi, süreç, çıktı) ölçmekte ve değerlendirmektedir[15].

III. Karar Bilimi ve Mühendisliği Araştırması

A. Karar Bilimi ve Mühendisliği

Karar bilimi, insanların kararlarını nasıl verdikleri ve belirsizlik, karmaşıklık ve rekabet eden değerlerin varlığında nasıl daha iyi kararlar verebildiklerini araştırır. Karar bilimi alanı, daha iyi kararlar verilmesine ve uygulanmasına yardımcı olacak analitik yöntemlerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Karar bilimi, karmaşık sorunlarla karşı karşıya kalınırken uygun kararlar vermek için matematiğin kullanılmasına ilişkin bir disiplindir. Karar bilimi, nicel yöntemler uygulayarak karar verme konusuyla ilgili çeşitli alanları bir araya getiren çok disiplinli bir araştırma alanıdır. Karar bilimi, çok boyutlu karar analizi ve karar destek sistemleri alanlarında bir araştırma alanıdır [16].

Bir bilimsel araştırma alanı olarak karar bilimi, mühendislik, ekonomi, psikoloji, bilişsel ve bilgisayar bilimleri ve diğer disiplinleri de kapsamına almaktadır. Karar verme, normatif teori ve tanımlayıcı teori ile ilgilenen çeşitli araştırma disiplinlerini kapsar [17]. Normatif teori ya da karar analizi en akılcı kararın belirlenmesiyle ilgilidir. Tanımlayıcı teori ya da yargı ve karar verme psikolojisi, insanların gerçekte yaptıkları kararları açıklamakla ilgilidir. Karar bilimi, nicel analiz, optimizasyon, performans mühendisliği ve bilgi keşfi ile nicel doğrulama ve güvenlik konularını kapsar. Karar bilimi araştırma alanının bir amacı, veri analizi ve verilerin kararlara dönüştürülmesini ilerletmek ve aynı zamanda veri temelli akıl yürütmenin altında yatan nicel yöntemleri, bilgisayar bilgi sistemleri, operasyon yönetimi, işletme işlemlerini, sosyal ve etik bağlamları takdir etmektir[18].

Karar biliminin kapsamı, bireysel karar vermeyi risk altında yapanlardan, asimetrik bilgi altındaki kuruluşlardaki teşviklerden, piyasaların ve siyasi kurumların performansı, ekonomik kalkınma ve uluslararası ilişkilerden oluşur. Karar bilimi alanında, müzayedeler, mekanizma tasarımı, oyun teorisi, oy verme, bilgi toplama, örgüt içi ve kuruluşlar arasındaki stratejik davranış üzerine temel araştırmalar yapılmıştır. Karar bilimi, istatistik, üretim makine, malzeme, para ve hatta insanların yer aldığı sistemlerin tasarımını veya operasyonunu optimize etmeyi ele alabilir. Karar bilimi, sadece optimizasyon ve karar verme biliminin kuramsal çalışmasının yanı sıra, gerçek dünyadaki problemlere optimizasyon uygulamaları, çok disiplinli araştırmaları desteklemek ve araştırmanın kalitesini arttırmak için entelektüel bir uğraştır. Karar bilimi, karmaşık sistemlere uygulanan nicel yaklaşımların disiplinler arası araştırması, geliştirilmesi ve yenilenmesi yoluyla optimizasyon ve karar verme alanlarının sınırlarını genişletmektir. Karar bilimi, veri bilimi alanındaki uygulamaları ve farklı alanlardaki verilerin kullanımına genel bir bakış sağlamak için çok çeşitli konuları kapsar. Karar bilimi, üst düzey karar verme teknik becerileri geliştirmek, üst düzey eleştirel düşünme ve liderlik becerilerinin gelişimini desteklemek için karar vericilere katkı sağlar [19].

Karar bilimi, istatistiksel veri analizi ve yönetim bilim modelleri, organizasyonlarda karar, regresyon, korelasyon, tahmin modelleri, doğrusal programlama uygulamaları, proje yönetimi, simülasyon ve karar analizi, uygun teknolojinin kullanımı ve nicel modellerin uygulamaları üzerinde durulur. Karar bilimi ve sistemi, idari karar, planlama sorunları, açık artırmalar, pazar tasarımı, algoritmik oyun teorisi, büyük veri, sosyal medya, bulut ve mobil tabanlı hizmetler, hesaplamalı sosyal tercih ve çeşitli uygulamalardaki kesikli optimizasyonu içermektedir [20].

Karar bilimi, birçok stratejik karar, karara ve karar vericilere bilinçli kararlar vermeye yardımcı olmak için sağlam, sıkı deneysel, teorik analiz ve karar çerçeveleri gerektiren yüksek riskler, belirsizlik, çoklu paydaşlar ve çelişen hedefleri içerir. Karar bilimi/mühendisliği risk yönetimi, belirsizlik durumunda karar verme, istatistik ve tahmin, operasyonel araştırmalar, müzakere ve açık artırma analizi ve davranışsal karar teorisi alanlarını kapsamaktadır. Karar bilimi, insan karar verme davranışının incelenmesine

odaklanan multidisipliner bir disiplin olarak, tüketici davranışları, karar vermenin kamu politikası üzerindeki etkileri ve yargı, karar vermenin nörolojik temelleri üzerine araştırma ve anlayışı kolaylaştırmaktadır [20].

Karar mühendisliği, karar mühendisliğiyle ilgili araç ve yöntem temelleri ve uygulamaları üzerine yoğunlaşır ve karar vermedeki rollerini betimler. Karar mühendisliği, dağıtılmış organizasyonel bilgileri kullanarak, endüstri içinde, bilgilendirilmiş operasyonel ve iş karar verme araçları için karar vericilere yardımcı olur. Karar mühendisliği, karar verme yönetiminin etkililiğini artırmak için kanıtlanmış yöntemlere dayanan bir kavramdır. Karar mühendisliği, kuruluşların kötü kararları önlemelerine ve hedef bilgi teknolojisi desteği ile karmaşık karar verme durumlarını iyileştirmelerine yardımcı olmaktadır. Karar mühendisliği, karar verme sürecini desteklemek için aktif olarak yeni yöntemler üretmeye çalışır, karar verme sürecinin kalitesini artırabilir, karar verme süresini kısaltabilir ve hata riskini azaltabilir [21].

Karar mühendisliği, verimliliğini artırmak, iş zekası sistemlerinde kazanılan bilgileri kullanmak, kuruluş genelinde tutarlı kararlar almak, karar yönetimi için kapsamlı bir bilgi teknolojisi desteğinin hedefini sürdürür. Karar verme süreçleri bireysel ve toplumsal olgudur. Karar mühendisliği ve karar istihbaratı örgütsel karar verme için bir dizi uygulamayı birleştiren bir çerçevedir. Kararlar, eylemlerin sonuçlara nasıl ulaştığının anlaşılmasına dayanmaktadır. Karar istihbaratı, bu neden-sonuç zincirini analiz etmek için bir disiplindir ve karar modellemesi, bu zincirleri temsil etmek için görsel bir dildir [22].

B. Karar Verme Süreci ve Karar Verme Türleri

Küresel rekabetin geçtikçe yoğunlaştığı ve belirsizliklerin arttığı ortamda organizasyonlar varlıklarını sürdürebilmek ve rakiplerine karşı üstün olabilmeleri için tüm karar verme etkinlikerinde doğru ve tutarlı kararlar vererek uygulamak durumundadır. Verilen kararların doğruluk ve tutarlılık derecesi ise organizasyonun kısa ve uzun vadeli hedeflerine ulaşmasında çok önemli bir fonksiyonel faktör haline gelmiştir. Organizasyon yönetimi her zaman bir karar verme işlemini gerektirir ve kararların rasyonel olması gerekir. Bu nedenle karar verme, organizasyonun performansını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilen ve yönetsel başarı üzerinde kritik rol oynayan en önemli unsurdur [23].

Karar kuramı, alternatiflerin olduğu bir ortamda amaçla yönlendirilmiş davranışlarla ilgilenmektedir. Karar verme, alternatifler arasından bir seçim yapmayı gerektirir ve önceden belirlenmiş çeşitli davraniş biçimlerinin seçimi ile ilgili bir süreçtir. Karar vermenin temel problemi birbirleriyle rekabet içinde olan ve birbiriyle çatışan boyutlarla değerlendirilen alternatifler kümesinden en iyi alternatifi seçmektir. Karar verme, çevrenin sunduğu fırsatları betimleme, değerlendirme ve sorun çözme sürecidir. Karar verme, amaca erişmede ortaya çıkan sorunları çözmek, olumsuz koşulları ortadan kaldırmak ve yerine olumlu olanlarını bulmak hususunda gerekli tüm önlemlerin alınması sürecini kapsamaktadır [23].

Karar verme, belirli bir amaca ya da sonuca ulaşmak için önceden belirlenmiş tek ya da birden fazla boyuta göre belirli alternatifler arasından seçim yapma süreci olarak betimlenebilir. Karar verme sürecinde karar vericinin önünde belirli bir seçim kümesi vardır ve bu kümenin içerisinden, karar problemine en fazla fayda sağlayacak alternatif seçilmelidir. Karar verme bir süreci ifade ederken, karar ise bu sürecin sonucudur. Karar verme, karar vericinin kesikli ya da sürekli, basit ya da karmaşık olabilen mevcut alternatifler arasından belirlenen boyutlara göre birisine karar verdiği süreçte anlık bir etkinliktir [24].

Karar Verme: Karar verme, belli bir amaca ulaşabilmek için eldeki olanak ve koşullara göre olası çeşitli etkinliklerden en uygun olanını seçmektir. Karar verme, karar vericinin değişik seçeneklerle karşılaştığı durumlarda, seçenekler arasından amaçlarına en uygun olanını seçme işlemidir. Bir kararda hedef, alternatifler ve alternatiflerin sonucu olmak üzere üç temel unsur bulunur.

Karar verme, amaç, hedef ve stratejilerin bir sistem anlayışı içerisinde bütünleşik bir şekilde problemin algılanmasını gerektirir. Karar verme bir süreçtir ve bu süreç içinde bir probleme yönelik çözüm aranır. Karar, bir planlama ve programlama etkinliğidir. Karar verme süreci, bu etkinlikler çerçevesinde sonuçların çözümünü amaçladığından hem etkinliğe hem de akılcılığa dayanır. Karar verme problemlerinin modellenmesinde ortak olarak kullanılan kavramlar şunlardır [25]:

Boyutlar: Karar probleminde değerlendirme yapmak için etkinliğin esas ölçüsüdür. Boyutlar, karar vermeye rehberlik eden ölçümler, kurallar ve standartlar olarak betimlenebilir.

Amaçlar: Karar probleminde amaçlar, karar vericinin karar sürecinde gerçekleştirmesini ve ulaşmasını istediği ölçütlerdir. Karar probleminin çözüm sürecinde karar vericinin hedefi, tercihleri doğrultusunda erişmek istediği performans değerlerini maksimum ya da minimum yapmaktır.

Hedefler: Karar probleminde hedefler, tam olarak karar vericinin gereksinimleri ve istekleri olarak betimlenebilir.

Ağırlık ve Öncelikler: Karar problemindeki ağırlıklar hedeflerin önemine bağlı olarak nesnel ya da öznel yöntemlerle sıralanmaktadır. Öncelikler, karar problemindeki hedeflerin sayısal veya hiyerarşik olarak sıralanmasıdır.

Nitelikler: Karar problemindeki nitelikler, alternatiflerin ölçülebilir yönlerini ve karar hedeflerini değerlendirme boyutlarını belirtmektedir. Bu nitelikler, faktör, özellik, kalite ve performans göstergeleri gibi değerlendirme boyutlarıdır.

Alternatifler: Karar probleminde karar vericinin hedefine ulaşması için denetiminde olan ve izlemesi gereken değişik hareket tarzları veya stratejilerdir.

Olaylar: Karar probleminde karar vericinin içinde bulunduğu karar ortamıdır. Olaylar, karar vericinin kontrolü dışında meydana gelen, ama alternatifler arasından seçimi veya hedefe ulaşmayı etkileyen faktörlerdir.

Sonuçlar: Karar probleminde her bir alternatif ve olay etkileşimi sonucu ortaya çıkan sonuç veya değerdir. Herhangi bir hedef stratejinin veya belli bir olayın meydana getirdiği sonuçlardır.

Karar Verici: Karar verme sürecinde, hedefe ulaşabilmek için önceden belirlenen boyutlar çerçevesinde tüm

alternatifleri değerlendiren ve en iyi performansı gösteren alternatifi seçen kişidir.

***Karar Matrisi*:** Çok boyutlu karar verme problemlerinde, problem betimlendikten ve belirlendikten sonra probleme ilişkin alternatif, boyut, boyut ağırlıkları gibi temel unsurlar bir matris yapısı şeklinde gösterilir. Çok boyutlu karar verme problemi Şekil 2.'de gösterildiği gibi olabilir.

	C_1	C_2	C_3	.	.	C_m
S_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	.	.	x_{1m}
S_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	.	.	x_{2m}
S_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	.	.	x_{3m}
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
S_n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	.	.	x_{nm}
	ω_1	ω_2	ω_3	.	.	ω_m

Şekil 2. Çok Boyutlu Bir Karar Verme Probleminin Temsili

Bu gösterimde $S_1, S_2, \ldots, S_n$ karar vericilerin seçmek zorunda oldukları olası alternatifleri $C_1, C_2, \ldots, C_m$ performans ölçümü için alternatif boyutları, x_{ij}, C_j boyutuyla ilgili alternatifin performans değerini, ω_j, C_j boyutunun ağırlığıdır [19], [23].

Karar Ortamının Unsurları: Karar probleminde, karar ortamında bir problemi çözmek ve sonuca ulaşmak için öncelikle problemin betimlenmesi gerekir, bu noktada karar verme ortamının unsurları önemli rol oynamaktadır. Çünkü karar verme ortamında oluşabilecek sorunlar problemi yapılandırmaya engel olabilmektedir. Karar ortamının unsurlarını üç başlık altında incelenebilir [23].

Belirsizlik: Belirsizlik, karar vericinin hangi olayların meydana geleceği, neden-sonuç ilişkileri iyi kurulmadığı ve alternatiflerin belirlenemediği konusunda belirsiz olduğunda ortaya çıkar. Belirsizlik hallerinde, karar vericinin sorunun yapısı hakkında bilgi sahibi olmadığı, ancak alternatifleri belirlemede güçlüğü vardır.

Karmaşıklık: Karar verme ortamının çok geniş ve kapsamlı olmasını ve ayrıca karar verme için gerekli boyutların birbiriyle ilişkili olmasını belirtmektedir. Karmaşıklık ile belirsizlik arasındaki temel fark; belirsizliğin bir noksandan kaynaklanması, karmaşıklığın ise eldeki bilgilerin ve kararı etkileyen boyutların birbiri ile girift olmasından kaynaklanmaktadır.

Çatışma: Karar verme sürecinde, alternatiflerin ve hedeflerin karar ortamında etkileşiminden ortaya çıkan istenmeyen durumdur.

Karar Verme Süreci: Karar verme süreci, karar vericinin mevcut alternatifler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması işlemi karar problemini çözme sürecidir. Karar verme sürecinin temel unsurları; mantığa dayanma, tüm mevcut kaynakları kullanma, tüm olası alternatifleri inceleme, ve sayısal bir yöntem uygulama olarak gösterilmektedir.

Karar verme sürecinin temelinde; bilgilenme, tasarlama ve seçim olmak üzere üç temel olgu bulunmaktadır. Bilgilenme, karar verme aşamalarından ilki olan problemin belirlenmesi ve betimlenmesi aşamasının temelinde bulunur. Mevcut ve gelecekteki olası durumun güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi ile çeşitli inceleme ve sorgulamalarla karar vermeye ilişkin olarak bir takım düşüncelerin oluşmasını sağlayan olgudur. Tasarlama, karar verme aşamalarından hedeflerin belirlenmesi ve çözüm alternatiflerinin betimlenmesi aşamasının temelinde bulunur. Seçim, karar verme aşamalarının sonuncusu olan en iyi alternatifin seçilmesi ve uygulanması aşamasının temelinde bulunan olgudur [19].

Karar Verme Aşamaları: Karar verme işlemi, boyutların optimizasyon koşulu altında oluşturulan kısıtlara bağlı olarak alternatifler içerisinden optimal sonucun belirlenmesi sürecidir. Karar verme ve problem çözme aşamaları hemen hemen aynı aşamaları izlemektedir. Çok boyutlu karar verme sürecinin aşamaları Tablo II'de gösterilmektedir.

TABLO II
ÇOK BOYUTLU KARAR VERME VE PERFORMANS DEĞERLENDIRME SÜRECI

1	Sorunun tanımlanması
2	Performans değerlendirme boyutlarının belirlenmesi
3	Karar alternatiflerinin belirlenmesi
4	Performans standartlarının belirlenmesi
5	Karar probleminin hiyerarşik yapısının belirlenmesi
6	Yöntemin belirlenmesi
7	Gerçek performansın ölçümü
8	Gerçek performansın standartlarla karşılaştırma
9	Sonuçların değerlendirilmesi
10	En iyi alternatifin belirlenmesi

Karar verme sürecinin aşamalarında bir standart sözkonusu değildir. Karşılaşılan problemin yapısına ve karar ortamına göre karar verme sürecinin aşamaları değişiklik gösterebilir. Karar verme sürecinde etkili olan bir takım faktörler arasında; karar verici, ulaşılmak istenen amaçlar, alternatifler ve alternatiflerin sonuçları sayılabilir. Karar verme süreci değerlendirildiginde, en uygun karara ulaşmanın amaçlanması rasyonellik kavramını da beraberinde getirmektedir. Rasyonellik, karar verme sürecinde etkili olan bir başka faktördür ve rasyonel karar verme yaklaşımını gerektirir [26].

Karar Verme Türleri: Karar probleminde boyut sayısı, mevcut bilgi ve karar vericiler açısından olmak üzere üç farklı karar verme türü kullanılmaktadır.

a)Boyut Sayısına Göre Karar Verme

Tek Boyutlu Karar Verme: Karar probleminde klasik karar analizi yöntemleri kullanılarak tek bir boyuta göre verilen karar verme türüdür.

Çok Boyutlu Karar Verme: Karar probleminde sayılabilir sonlu ya da sonsuz sayıda alternatiften oluşan bir küme içinde en az iki boyut kullanılarak yapılan bir karar verme türüdür.

b) Mevcut Bilgiye Göre Karar Verme

Belirlilik Altında Karar Verme: Karar probleminde gerçekleşecek olay üzerindeki bilginin, tam ve kesin olarak var olduğu varsayımına dayanan kararlardır. Belirlilik karar vericinin gereksinim duyduğu tüm bilgilerin elde edilebilmesini belirtmektedir. Belirlilik altında karar vermede,

alternatiflerin hangi koşullar altında gerçekleşeceği kesin olarak bilinmektedir. Bu durumda, belirli bir alternatifin seçimi sonunda ortaya çıkacak sonuç kesinlikle bellidir. Karar verici alternatiflerin fayda, maliyet ve sonuçları konusunda tam bilgiye sahiptir. Bu durumda karar verici, kendisine en yüksek faydayı sağlayan alternatifi seçer.

Risk Altında Karar Verme: Karar probleminde ortaya çıkabilecek olaylarla ilgili eksik bilgi durumunda ortaya çıkan kararlardır. Karar verici, çeşitli durumların ortaya çıkması konusunda bilgisi yoksa, yalnızca bu tür olayların ortaya çıkma ihtimalini belirleyebilir. Bu tür kararların verilmesinde gerçekleşmesi olası olayların ortaya çıkma ihtimali bilinmektedir. Bu durumda, her koşul altında her bir alternatifin ulaşacağı sonuçlar belli bilinen olasılıkla oluşur. Bir durumu gerçekleştirmek, belirlilik ortamda kesin bilinirken, risk ortamındaki olasılıklar olarak bilinir.

Belirsizlik Altında Karar Verme: Karar probleminde olaylar üzerindeki bilgi derecesinin nesnel olasılıklarla belirlendiği kararlardır. Belirsizlik altında karar verme durumunda, probleme ilişkin belirlenmeyen ya da belirlenemeyen bir bilgi bulunmaktadır. Karar vericinin belirsizliğe düşmesine neden olan etmenler, karar sonucunda neler olacağını tahmin edememesi, çözüme ne gibi faktörlerin etki edebileceğini bilememesi ve elverişsiz bir ortamda seçim yapmak zorunda kalmasıdır. Her bir alternatifin nasıl bir sonuç vereceği karar verici tarafından bilinemediği sürece, ortaya çıkabilecek sonuçlara da herhangi bir olasılık verilemez. Belirsizlik altında karar verme sürecinde karar vericiye destek olan bir takım boyutlar mevcuttur. Bu boyutlar; eşit olasılık boyutu, kötümserlik boyutu, iyimserlik boyutu, gerçeklik boyutu şeklinde sıralanabilir. Belirsizlik altında ve risk altında karar verme arasındaki temel fark; belirsizlik durumunda olasılıkların ya bilinmiyor ya da belirlenemiyor olmasıdır [26].

c) Karar Verici Sayısına Göre Karar Verme

Bireysel Karar Verme: Karar probleminde karar vericinin bir kişi olması durumunda alınan kararlardır. Bu tür kararlar, zaman faktörünün kısıtlı olduğu durumlarda üstünlük göstermektedir. Bu durumda, kararların kısa bir süre içinde alınması gerektiğinde bireysel kararlar etkinlik göstermektedir. Bireysel kararlar, grup kararlarına göre daha çabuk alınabilmesine karşın, bu tür kararlarda az sayıda alternatif ve düşünce üretilmektedir.

Grup Kararı Verme: Karar probleminde karar vericinin bir topluluk veya grup olması durumunda alınan kararlardır. Bu karar verme türünde oy birligi sağlamak güç olabilmekte ve bireysel karar vermeye göre daha uzun bir süre almaktadır. Bununla birlikte, grup kararlarında, çok sayıda alternatif üretilebilir, alternatifler daha detaylı değerlendirilebilir, örgütsel fayda getiren sonuçlara ulaşılmaktadır [27].

C. Çok Boyutlu Karar Verme ve Yöntemleri

Çok boyutlu karar verme (ÇBKV), bir karar kümesi içinden karar vericiye ve karar verme durumuna bağlı olarak en iyi kararı verme, bir karar vericinin sayılabilir sonlu ya da sonsuz sayıda seçenekten oluşan bir kümede en az iki boyut kullanarak yaptığı seçimdir. ÇBKV yaklaşımı, karar vericinin birden fazla alternatif arasından belirli değerlendirme boyutları altında yaptığı seçim işlemidir.

Karar problemleri çoğu zaman birbiri ile çelişen birden fazla boyutu içermektedir. Karar probleminde tek bir boyuta göre karar verilerse klasik karar analizi yöntemleri kullanılmakta, birden çok boyutu içeren karar problemleri için çok boyutlu karar verme yöntemleri kullanılmaktadır [28].

ÇBKV yöntemleri, karar verme problemlerinde nitel ve nicel boyutlara dayanan, uygulanması kolay, ve farklı problemler için ortak çözümler sunmaktadır. ÇBKV yöntemleri, karar problemlerinde nicel ve nitel değerleri dikkate alarak çözümler sunmaktadır. Bu yöntemler, karar vericinin karmaşıklık, belirsizlik, ve birbiri ile çelişen hedeflerin olduğu durumlarda uygun karar verme araçları sunarak daha iyi karar vermesini sağlamaktadır [29].

ÇBKV yöntemleri, karar verme sürecini değerlendirme boyutlarına göre modelleme ve analiz etme sürecine dayanmaktadır. ÇBKV yöntemlerini kullanmanın ana amacı, alternatif ve boyut sayısının aşırı olduğu durumlarda karar verme mekanizmasını kontrol etmek ve karar sonucunu olabildiğince kolay ve çabuk yapmaktır. ÇBKV yöntemlerinde ortak amaç, farklı alternatifleri karşılaştırmak için farklı ağırlıkların verilerini toplamaktır.

Karar verici, çözüm sürecinde öncelikle hedefin gerçekleştirilmesine yönelik değerlendirme boyutlarını belirledikten sonra alternatiflerin seçilen boyutlara uygunluğunu araştırır. ÇBKV yöntemleri, çok geniş uygulama alanlarında ilgili birçok karar verme problemi ve araştırmada yöntem olarak kullanılmaktadır.

Tablo III'de matematiksel karar verme yöntemlerinin operasyonel yaklaşımı, hesaplama süresi, basitliği, matematikselliği ve analizlerde kullandıkları veri türü bakımından diğer çok boyutlu karar verme yöntemleriyle sistematik karşılaştırılması gösterilmektedir [30]:

TABLO III
ÇOK BOYUTLU KARAR VERME YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Operasyonel Yaklaşımı	ÇBKV Yöntemi	Hesaplama Zamanı	Basitlik	Matematiksellik	Veri Türü
Kıyaslanamazlığın dışlandığı tek boyutlu sentez yaklaşımı	WS	Çok az	Basit	Minimum	Nicel
	TOPSIS	Makul	Normal	Makul	Nicel
Kıyaslanamazlığın kabul edildiği üstün sentez yaklaşımı	ELECTRE	Fazla	Normal	Makul	Karma
	PROMETHÉE	Fazla	Normal	Makul	Karma
Yargılama ve hata yinelemeleriyle etkileşimli yerel kıyaslama	CP	Makul	Normal	Makul	Nicel
	GP	Makul	Normal	Makul	Nicel

ÇBKV problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme (ÇNKV) ve Çok Amaçlı Karar Verme (ÇAKV) olarak sınıflandırılır. Çok

nitelikli karar verme problemleri önceden belirlenen sayıda alternatife sahiptir ve bu alternatiflerin her birine ilişkin ulaşılacak başarı düzeyleri belirlenir [31]. Bu tür problemlerde karar, her bir alternatif için var olan niteliklerin karşılaştırılması yolu ile verilir [32].

Çok amaçlı karar verme problemlerinde kurulan modelin hedefi en iyi alternatifi belirlemek olmasına rağmen alternatiflerin sayısı önceden tayin edilememektedir. Alternatiflerin sayısının belirlenemediği bu durumda, optimizasyon tekniği, çok amaçlı karar verme problemine bir çözüm bulabilir. ÇAKV ile ÇNKV sınıfındaki problemlerin özellikleri arasındaki temel karşılaştırma Tablo IV de gösterilmektedir [23].

TABLO IV
ÇAKV VE ÇNKV YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Karşılaştırma Boyutları	ÇAKV	ÇNKV
Boyutların Tanımlanması	Amaçlar tarafından	Nitelikler tarafından
Amaçların Tanımlanması	Açık	Örtük
Niteliklerin Tanımlanması	Örtük	Açık
Kısıtların Tanımlanması	Açık	Örtük
Alternatiflerin Tanımlanması	Örtük	Açık
Alternatiflerin Sayısı	Sonsuz (süreçte belirir)	Sonlu (önceden tanımlanmış)
Karar Vericinin Kontrolü	Önemli (çoğunlukla)	Sınırlı (çok fazla değil)
Karar Modeli Paradigması	Süreç Odaklı	Sonuç Odaklı
Kısıtlılıklar	Aktif	Aktif değil
Problem Türü	Tasarım/Araştırma	Değerlendirme/Seçme

ÇAKV problemleri matematiksel olarak aşağıdaki şekilde belirtilebilmektedir:

$$Amaç : \max ya\,da \min\left[f_1(x), f_2(x), f_3(x), ..., f_m(x)\right] \quad (1)$$

$$Kısıtlar : x \in X = x : (\leq, =, \geq) \quad (2)$$

ÇBKV yöntemleri temel sınıflandırma yaklaşımının (ÇAKV ve ÇNKV) dışında pek çok değişik şekilde de sınıflandırılabilmektedir. Bu sınıflandırma yöntemlerden biri ÇBKV yöntemlerinin kullandığı bilginin türüne göre deterministik, stokastik ve bulanık çok boyutlu karar verme yöntemleri olarak sınıflandırılmasıdır. Bununla birlikte, ÇBKV yöntemlerinin sınıflandırılmasında bu üç bilgi türünü içeren kombinasyonlar da meydana gelebilmektedir. Çok boyutlu karar verme problemlerinde, karar vericiler, farklı özelliklere sahip olan alternatifleri belirlenen boyutlara göre seçme ya da derecelendirme gereksinimi duyabilmektedir. ÇBKV yöntemleri, belirli bir karar problemine aynı varsayımlar ve aynı karar vericilerle uygulandığın da bile farklı sonuçlar verebilmektedir. Farklı sonuçların ortaya çıkabilmesinin temel nedenleri ise şunlardır [33]:

- Yöntemlerin hesaplamalarında farklı ağırlıkların kullanılması
- En iyi çözümü elde etme yaklaşımlarının farklı algoritmalara dayanması
- Seçimi etkileyebilecek ilave boyutların bulunabilmesi
- Karar vericiler arasında bilgi sürecinde farklılıklar olabilmesi
- Farklı normalizasyon yöntemlerinin kullanılması

IV. ÇEVRİMİÇİ PERFORMANS İZLEME YÖNTEMLERİ

A. Çevrimiçi Performans Değerlendirme

İnsan kaynakları yönetimi, organizasyonun rekabet üstünlüklerini korumak için çalışanların performanslarının değerlendirmesi alanında etkin en kritik yönetim biridir. Bu nedenle, insan kaynakları yönetimi çalışanların performans değerlendirmesi sürecinde yüksek doğrulukta etkin değerlendirme araçları ve sistemleri kullanmayı hedeflemektedir. Klasik performans değerlendirme sürecinde öznel, eksik ve nitel boyutlar gibi sorunlarla karşılaşıldığı gerçeği göz önüne alındığında, klasik değerlendirme sistemleri artık insan kaynakları tarafından ilgi görmemektedir [34].

Ancak, gelişmiş bilgi sistemleri ile performans değerlendirme sistemleri arasındaki ilişki incelendiğinde, çalışanın çalışma prosedürünün ve verilerinin sistematik olarak kaydedilmesine ve işlenmesine yönelik derin ve anlamlı bir bakış açısı kazandırılmaktadır. Bu nedenle, bilgi sistemleri, çalışan performansının nesnel, nicel ve otomatik olarak değerlendirilebilmesi için uygun bir zemin sağlamaktadır. Bilgi sistemi temelli performans değerlendirme sürecinde yapay sinir ağları, bulanık küme kuramı ve diğer nicel sıralama yöntemleri uygulanarak geleneksel değerlendirme yöntemlerinin olumsuzlukları ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Performans değerlendirme sürecinde karşılaşılan zorluklarından başında, değerlendiricilerin geçmişteki varsayımlara dayanan öznel değerlendirme yaklaşımıdır. Bu nedenle, performans değerlendirme sürecinde değerlendiriciler çalışanların verilerinin bir kısmını yanlışlıkla veya bazen kasten göz ardı edilebilmektedir [35].

Bu bağlamda, performans değerlendirme süreçleri sistematik ve sistematik olmayan yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Sistematik olmayan yöntemler, değerlendiricilerin öznel görüşlerinin ortalamasına veya girdi ve çıktı parametrelerinin oranına dayalı olarak bireylerin mutlak performans sonucunu hesaplamaktadır. Değerlendiricilerin sistematik olmayan yöntemlerde değerlendirme sürecindeki rolü göz önüne alındığında, kimin değerlendirme sürecini tek başına yapacağını seçmek, bireyin performansını değerlendirmede büyük bir zorluk haline gelmektedir. Performans değerlendirmesinin adil olabilmesi için değerlendiriciler arasında ayrım yapılmasının imkansız olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, genellikle sıralama yöntemleri, farklı değerlendiricilerin rollerinin etkisi ve önemi farklı olarak düşünülmektedir. Her değerlendiricinin her boyuta göre görüş ve etkisi eşit kabul edilemez. Farklı bilgi ve bakış açılarından değerlendiriciler arasındaki ayrımın bazen taraflı görüşleri güçlendirebileceği unutulmamalıdır [35].

Değerlendirme için çeşitli nitel ve nicel boyutların değerlendirilebileceği göz önüne alındığında, değerlendiricilerin görüşünü uygun bir doğruluk derecesine ayıran ölçeklerin belirlenmesi çok önemlidir. Sıralama yöntemleri, girdi verisinin bağdaşık veya ayrışık olup olmadığı konusunda ayrışmaktadır. Görevlerin genişlemesi ve

karmaşıklığı nedeniyle, değerlendiriciler değerlendirilen tüm konular hakkında yeterli bilgiye sahip olamazlar. Bu nedenle, bireylerin çalışma usulleri ile çalışanlar arasındaki mesleki ilişkileri günlük etkinliklerde doğru bir şekilde analiz edebilen nesnel yöntem ve teknikleri uygulamak önemlidir.

Aksine, sistematik olmayan klasik değerlendirme süreçlerinin hem değerlendirici hem de bireyin değerlendirilmesi için maliyetli ve zaman alıcı olması ve bireylerin çalışma durumu hakkında doğru, gerçek ve nesnel veri eksikliği göz önüne alındığında sistematik yöntemler, otomatik çalışma süreçlerinden veri toplamakta ve çalışanlar tarafından kurulan mesleki ilişki ve rutin faaliyetleri kaydetmektedir. Bilgi sistemleri yaklaşımı, yapay zeka, veri ambarı yöntemleri, veri toplama algoritmaları ve uygun veri analizi uygulayarak değerlendirme sonuçlarını daha yüksek bir doğruluk derecesinde sağlamaya çalışmaktadır [36].

Böylesi bilgi sistemi temelli sistematik yöntemlerde, insan değerlendiricileri neredeyse ortadan kalkmış veya sınırlı sayıdaki boyutlarda kullanılmakta ve çalışma temelleri geliştirilmiş algoritmalar kullanılmaktadır. Organizasyonun uzun dönemde sürdürülebilir varlığı ve rekabet gücü, çalışanların performanslarının organizasyonel hedeflere ulaşma konusundaki katkılarının sürekli sistematik değerlendirilmesi suretiyle mümkün olabilmektedir [36].

Çevrimiçi girişimin yaşamın her alanında artan etkin anahtar rolü, çevrimiçi performans değerlendirme süreci giderek daha fazla organizasyon tarafından üstlenilmektedir. Organizasyonun hem kısa hem de uzun vadeli performansına bağlı olduğu temel kararlardan birisi, sürdürebilir iş geliştirme süreci boyunca doğru çalışanı değerleyebilmek ve seçebilmektir. Çevrimiçi çalışanın performansı, çalışma becerisi (mesleki bilgi, mesleki beceri ve yenilik potansiyeli), çalışma performansı (tamamlanan görevlerin niceliğine, tamamlanan görevlerin niteliğine ve görevin tamamlanma verimliliğine), ve çalışma tutumu (disiplin, işbirliği ve istek) gibi faktörlere bağlı olarak değerlendirilebilmektedir. Bununla birlikte, performans değerlendirme sürecinde doğru çalışanı değerleyebilme ve seçebilme prosedürü birçok boyutlu karar verme problemidir.

B. Çevrimiçi Performans Ölçme Yöntemi

Çevrimiçi performans değerlendirme sürecinde çalışanların çok boyutlu değerlendirme verilerinin düzenli ve sistematik olarak izlenmesi gerekir. Bu nedenle, performans değerlendirmesinin nesnel olarak yapılabilmesine yönelik performans göstergelerinin ölçü birimi, türü (nicel/nitel), yüzde ağırlığı, gösterge değerinin hesaplanacağı eşitlik, izleme dönemi (anlık/saatlik/günlük/haftalık/aylık/3 aylık/6 aylık/12 aylık) ve boyut etkisi (gösterge ile performans sonucu arasındaki pozitif veya negatif etkileşim) şeklinde hedef parametreleri ve her bir gösterge için hedef değer, alt sınır ve üst sınır belirlenir.

Buradan hareketle, çalışanların performans değerlendirme sürecinde; performans dereceleme ölçeği (Tablo V) kullanılarak nicel göstergeler için hedef değer, alt sınır ve üst sınır belirlenir. Daha sonra, performans boyutu değerlendirme sonuçları hesaplanır.

$$P_i = \left[1 - \frac{\left| x_i - T_i \right|}{Max\left\{ x_i^{\max}, T_i \right\} - Min\left\{ x_i^{\min}, T_i \right\}} \right] 100\% \qquad (3)$$

Burada P_i, hedefin performans sonucu, x_i gerçekleşen değer, T_i hedef değer, $x_i^{\max}$ maksimum, ve $x_i^{\min}$ minimum limit değerdir.

Çevrimiçi performans izleme ve değerlendirme sistemi, personelin geri bildirimlerini çevrimiçi belgeleme ve paylaşma sürecini düzene koymak üzere tasarlanmıştır. Çalışma davranışları ve işlevleri aslında iki ana kategoriye ayrılabilir:

- *Çalışma Davranışı:* Çalışma göreviyle ilgili işlevsellikleri belirtir. Bu sistem, çalışma ortamı, dinamik ve mevcut davranış ile ilgili çalışma koşullarını tahmin eder.
- *Çalışan Davranışı:* Bu sistem, çalışma göreviyle ilgili, esas olarak zihinsel çabalar (veya iş yükü) olarak tasarlanan çalışanın mevcut durumunu dikkate almaktadır.

Çevrimiçi performans izleme sistemi, bilgisayar ve /veya sensörlerden gelen gerçek zamanlı verilere dayanarak, çalışanın performansını ve çevredeki iş/takım durumunu sürekli olarak değerlendirir. Çevrimiçi sistem bir sorun tespit ettiğinde, sorunun önem derecesine bağlı olarak çalışana bir uyarı gönderir. Çevrimiçi sistemin, özellikle işletmelerde çalışanlara faydalı olması, çalışma verimliliği, performansı ve güvenliğini artırması hedeflenmektedir. Sistem, ayrıca çalışanların çalışma hızı, çalışma yeri seçimi ve çalışma yeri değiştirme davranışı izlenmesine imkan vermektedir. Bu çevrimiçi sistemin, çalışan davranışı, iş başarımlarının belirlenen optimal değerlere yakınlıkları ve uygunluğu ile kabulü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Süreç boyunca çalışma verileri sistematik olarak kaydedilerek çalışanlarının iş davranışları gözlenmiştir. Çalışanların çevrimiçi performans izleme sistemi anlayışını ve tepkisini değerlendirmek için performans boyutları kullanılmıştır [37].

Çevrimiçi sistem veri kümesi analizinden, düşük performans açısından, sistemin gerektiğinde kritik performans uyarısı ve bilgisi vermesi, bu uyarının çalışan davranışını olumlu yönde etkilemekte başarılı olduğu görülmüştür. Çevrimiçi sistem etkinleştirildiğinde çalışma esnasında duruma daha iyi uyum sağlama biçiminde olumlu etkiler bulunmuştur. Çevrimiçi izleme, tek bir durumda çalışan performansına bakmadan, üstlenilen risklerin tümünün analizine geçilmesi için yeni bir yaklaşım getirmektedir. Çalışan performansı, sistem performansı ve çevrimiçi performans değerlendirme bu hususta önemli konulardır. Çevrimiçi izleme yaklaşımı, çalışanların üstlendikleri riskleri kritik performans güvenliği (nesnel) açısından değerlendirme süreci açıklanmaktadır [38].

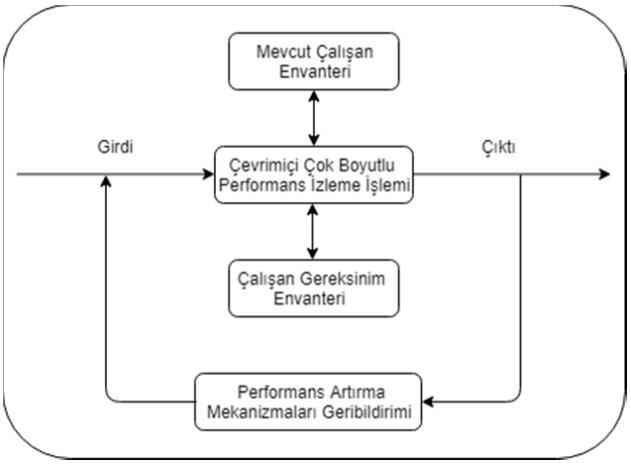
Bu çalışma kapsamında, performans veri analizleri için elde edilen gerekli verilerin nasıl işlendiğine ilişkin yöntemler ve örnekler anlatılmaktadır. Bununla birlikte, görev-zaman kritiklik önlemlerini (çalışma zamanı/dinlenme zamanı/işbirliği zamanı) ve performans değerlerinin ayrık bir zamana yakınsamasını gerçek zamanlı olarak hesaplamak için verimli bir yaklaşım sunmaktadır. Bu önlemler, çevrimiçi performans izleme sistemlerinde uyarıları ve acil davranışları

tetiklemek için kullanılabilir. Karmaşık nesne davranış modellerini işleme yeteneğine sahip sistem, gerçekçi çalışan dinamikleri ve gerçekçi acil davranış modelleri kullanılarak performans değerlerini yüksek doğrulukla hesaplar ve birden çok statik ve dinamik nesneyle senaryolarda kararlar alınmasını sağlamaktadır [39].

Bu çevrimiçi performans izleme modelinde, yüksek düzeyde çalışma davranışlarının dağılımı, özel çalışma durumlarıyla sınırlı olmayan davranış temelli performans tahmini ve kritik değerlendirme ile bütünleşmiş bir çevrimiçi performans izleme yaklaşımı açıklanmaktadır. Bu amaçla, çalışma davranışının saptanmasına ve yüksek yapılandırılmış ve yapılandırılmamış çevrelere kesintisiz uygulamanın yapılmasına izin veren optimal bir çalışma davranışı vardır. Davranış temelli olasılıklı performans tahmin modelleri her çalışanın zaman içindeki ilerlemesini önceden tahmin etmek için kullanılır. Bununla birlikte, kritik zaman metriği ile kritik çalışma olasılığı zamanı ortaya çıkarılır ve tahmin edilir. Her çalışanın tüm davranışlarının tüm belirsiz tahminleri diğer ortam çalışanlarının davranışlarının tahmini ve ilgili iş hareket varsayımlarının oluşturulması dikkate alınır. İş hareket tahmini zor bir görevdir; çünkü çevre algılamasındaki belirsizlik ve bir çalışma sahnesinin belirsizliği ile uğraşmak zorundadır [40].

Çevrimiçi izleme, bilgisayar ve sensörlerin (stereo kamera, radar) kalitesindeki son gelişmelere ve sabit algoritmik iyileştirmelere dayanılarak, otomatik kritik uyarı/durma/ yavaşlama ve performans gibi çalışanların etkin bir şekilde izlenmesine veya değerlendirilmesine olanak tanıyan bilgi sistemleri sunulmaktadır. Bu sistemlerin artan fonksiyonel potansiyelleriyle birlikte, algılayıcı ve sisteme bağlı belirsizlikleri gidermek için sistematik bir yaklaşım önermektedir. Önerilen yöntem, son derece dinamik durumlarda dahi, otomatik olarak komuta edilen bir acil uyarımlamayı mümkün kılan bir çalışma davranış sistemine uygulanabilir. Gelişmiş çevrimiçi izleme bilgi sistemleri, performans veri güvenliğini artırmaya ve çalışma konforunu arttırmaya katkıda bulunan bilgi sistemleridir [41].

Bu model bir çevrimiçi performans izleme sisteminin olası çalışan performans düşüklüğünü önleme üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde uygulanır (Şekil 3.). Bu yaklaşım, performansı etkileyen dikkat dağıtıcı etkilerin hafifletilmesini destekleyen etkili bir çalışan ve çalışma modeli problemidir. Bu çevrimiçi izleme sistemleri, çalışırken dağılmanın etkilerini hafifletir ve dikkatin dağılmasının sonuçlarına daha iyi katlanılabilmektedir. Çalışan entropisi, çalışanların performans marjlarını korumak için gösterdikleri çabaları ölçmek ve izlemek için sunulmuştur. Burada amaç, çevrimiçi performans değerlerdirmelerini/seçimlerini irdelemek ve motive etmek ve bu değerlerdirmelerden/seçimlerden sapmaların, çalışanın dikkat dağıtıcı çalışmadan elde edilen veriyle yönlendirme davranışında gözlemlenen olumlu sonuçları son değerlendirmeye yansıtmaktır [42].



Şekil. 3. Çevrimiçi Performans İzleme Sistemi

C. Matematiksel Karar Verme Yöntemleri

Karar, bir takım alternatiflerin ve bunların sonuçlarının belirlenmiş bir hedef veya hedef kümesi ile çatışmasına rağmen bir eylem rotasını seçme sürecidir. Organizasyon kaynaklarını planlama ve yönetiminde bir takım potansiyel alternatiflerden en iyi stratejiyi seçmek karmaşık bir karar verme sürecidir. Bu karar verme süreci, çelişkili nicel ve nitel boyutları ve çoklu karar vericileri içerebilir. Karar verme sürecinde, süreci daha açık, rasyonel ve verimli hale getirerek karar verme sürecini kolaylaştırmak için çok boyutlu karar verme (ÇBKV) yöntemlerinin kullanımından yararlanabilir. Alternatiflerin ÇBKV yöntemleriyle değerlendirilmesi ve sıralanması, alternatiflerin her biriyle ilişkili boyut değerlerine ve çeşitli karar vericilerin amaç ve tercihlerine dayanmaktadır.

Kaynak dağıtımı, portföy optimizasyonu ve envanter yönetimi, optimizasyon problemleri olarak modellenerek ele alınan az sayıdaki karar verme konusuna anlamlı örneklerdir.

İş süreçlerini (üretim, lojistik, finans gibi) analiz etmek için matematiksel karar verme aracı; süreçler için matematiksel modeller oluşturabilir, bunları çözmek için matematiksel yazılımları kullanabilir, bu süreçleri daha iyi hale getirmek için bu süreçlerin nasıl değiştirilebileceği konusunda iyi (hatta optimal) kararlar verir, ve bu kararları uygulamaktadır.

Matematiksel karar verme yöntemleri, karar verme süreçlerine ve analitiklere odaklanmış çok boyutlu karar verme yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Önceden belirlenmiş kısıtlar altında bir fonksiyonun maksimum ya da minimum değerini bulan matematiksel optimizasyon, bir sistemde mevcut olan kaynakların (emek, zaman, sermaye, süreçler, hammadde, kapasite, ekipman) en verimli şekilde kullanılarak belirli hedeflere (maliyet minimizasyonu, kâr maksimizasyonu, kapasite kullanımının maksimizasyonu ve verimlilik maksimizasyonu gibi) erişmeyi sağlamaktadır [57]-[60].

Bu bölümde, matematiksel karar verme sürecinde boyut ağırlıklarını ve önem derecelerini nesnel olarak hesaplayan Entropi Bilgi (EI), Standart Sapma (SD), Ortalama Ağırlık (MW) yöntemi ve matematiksel optimizasyon yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan ağırlıklı toplam (WS) ve TOPSIS

yöntemi kuramsal olarak açıklanacaktır.

1. Normalizasyon Yöntemleri

Karar matrisinin normalleştirilmiş performans derecelendirmelerinin r_{ij} (oranların) hesaplanması, sıklıkla kullanılan fayda ve maliyet boyutlarının norm varyantları (değişkeleri) üzerinden gerçekleştirilebilir [72]:

Varyant 1:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \text{ ,fayda boyutu} \quad (4)$$

$$r_{ij} = \frac{(1/x_{ij})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} (1/x_{ij}^2)}} \text{ ,maliyet boyutu} \quad (5)$$

Varyant 2:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}} \text{ ,fayda boyutu} \quad (6)$$

$$r_{ij} = \frac{(1/x_{ij})}{\sum_{i=1}^{m} (1/x_{ij})} \text{ ,maliyet boyutu} \quad (7)$$

Varyant 3:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ ,fayda boyutu} \quad (8)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \text{ ,maliyet boyutu} \quad (9)$$

Varyant 4:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{\max}} \text{ ,fayda boyutu} \quad (10)$$

$$r_{ij} = \frac{x^{\min}}{x_{ij}} \text{ , maliyet boyutu} \quad (11)$$

Burada r_{ij} ; *i*. alternatifin, *j*. amaçtaki (boyuttaki) değerinin normalleştirilmiş halidir $r_{ij} \in [0,1]$. Oran hesaplamaları (r_{ij}) için tüm değişkelerde (variant), alternatiflerin hedefler üzerindeki normalleştirilmiş yanıtlarıdır $r_{ij} \in [0; 1]$.

2. Boyut Ağırlıklarını Tanımlama

Boyut ağırlıkları, genellikle, kendi deneyimlerini, bilgi ve sorun algısı temel alınarak, öznel olarak karar vericiler tarafından atanır. Bununla birlikte, karar sürecinde yer alan karar vericilerin genellikle farklı tutumları vardır ve boyutların göreli önemi konusunda nadiren bir anlaşmaya varabilirler. Bir başka zorluk ise öznel ağırlıklandırma konusundaki tutarsızlık problemidir. Bu problemler, karar vericilerin öznel tercihlerinden bağımsız olarak gerçekleştirilen objektif bir ağırlıklandırma işlemi kullanılarak üstesinden gelinebilir. Böyle bir ağırlıklandırma işleminin arkasındaki mantık, her alternatifin, kendi performans skorlarıyla objektif olarak tanımlanması ve performans matrisindeki bu puanlar, karar vericilere verilen bilgilerin kaynaklarını temsil etmesidir. Bu çalışmada alternatifleri sıralamak için çeşitli yaklaşımlardan elde edilen farklı boyut ağırlıkları uygulanmıştır.

3. Entropi Bilgi (EI) Yöntemi

ÇBKV problemlerinin çözümünü doğrudan etkileyen önemli aşamalarından biri boyutların ağırlıklarının belirlenmesidir. Bir problem için uygulanan farklı ağırlıklandırma yöntemleri, boyutların farklı ağırlıklandırmasına neden olur. Bu durum alternatiflerin performans tercih sıralamasının değişmesine yol açmaktadır.

Boyut ağırlıklandırma yöntemleri, öznel ve nesnel boyut ağırlıklandırma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Öznel ağırlıklandırma yöntemleri karar vericinin yargıları, sahip olduğu bilgi ve deneyimlerine bağlı olarak biçimlenen yöntemlerdir. Buna karşılık nesnel ağırlıklandırma yöntemleri, karar vericinin yargılarından bağımsız olarak matematiksel modellerin kullanıldığı yöntemlerdir.

Entropi olasılıksal bir değişkenle ilişkili belirsizliğin ölçüsüdür. Entropi değeri yüksek olan veri grubunda belirsizlik daha fazladır. Bilginin düzensizlik derecesi, olasılıksal dağılımının değişkenliğinin bir ölçüsüdür ve mevcut verinin sağladığı faydalı bilginin miktarını ölçmede kullanılır. Olasılıksal dağılımın değişkenliğin büyük olması düzensizliğin fazla olduğunu ve sistemin barındırdığı bilgi miktarının küçük olduğunu gösterir. Bu durum bilginin düzensizlik derecesini yansıtır, değerin küçük olması sistemdeki düzensizliğin küçük olduğunu ve bilginin yararlılık değerinin daha büyük olduğunu gösterir. Boyutların nesnel ağırlıkları ve önemine ilişkin bilgi, alternatiflerin çıktılarından karşıtlıların ayrımı ve yoğunluğundan belirlenir. Buna göre, boyutların nesnel ağırlıkları, alternatiflerin her boyuta göre çıktılarının ne kadar ayrı veya farklılaşmış olduğu yani karşıtlığının yoğunluğu tarafından belirlenir. Bu karşıtlık ne kadar fazla ise ilgili boyut tarafından kapsanan ve iletilen bilgi miktarı o kadar fazla olmaktadır [43], [44].

TABLO V
KARAR MATRISI YAPISI

	C_1	C_2	C_3	·	·	C_m
S_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	·	·	x_{1m}
S_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	·	·	x_{2m}
S_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	·	·	x_{3m}
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
S_n	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	·	·	x_{nm}
	ω_1	ω_2	ω_3	·	·	ω_m

Entropi yöntemi ÇBKV problemlerinde boyutların ağırlıklarını bulmak için uygun bir yöntemdir. Entropi yönteminin temel prosedürü bir dizi adımda ifade edilebilir:

Adım 1: Karar Matrisinin (D_{ij}) Oluşturulması: *m* alternatifli (S_i), *n* boyutlu (C_j) ve boyut ağırlıkları (ω_j) olan çok boyutlu karar verme problemi için karar matrisi D_{ij} olsun (Tablo V).

Bu gösterimde $S_1, S_2, \ldots, S_n$ karar vericilerin seçmek zorunda oldukları olası alternatifleri $C_1, C_2, \ldots, C_m$ performans ölçümü için alternatif boyutları, x_{ij}, C_j boyutuyla ilgili alternatif derecelendirmesi, ω_j, C_j boyutunun ağırlığıdır.

Adım 2: Karar matrisi $r_{ij} = (x_{ij})_{mxn}$ normalize edilir. Karar matrisinde birbirinden farklı performans boyutlarının eşölçülemezlik üzerindeki etkilerini yok etmek için çeşitli yöntemlerle standartlaştırılır. Farklı performans boyutlarındaki aykırılıkları yok etmek için karar matrisinin normalizasyonu r_{ij} hesaplanır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} x_{ij}}; i = 1, \ldots, n \tag{12}$$

$i =$ alternatifler; $j =$ boyutlar; $r_{ij} =$ normalize edilmiş değerler; $x_{ij} =$ verilen fayda değerleri.

Adım 3: Her bir boyut için Entropi değeri e_j hesaplanır.

$$e_j = -e_0 \sum_{i=1}^{m} r_{ij} \ln r_{ij} \tag{13}$$

$e_0 = (\ln(m))^{-1}$, m=alternatif sayısı, $e_0 =$ entropi katsayısı, r_{ij} =normalize edilmiş değerler.

Adım 4: d_j içsel bilginin sapma derecesi / belirsizliği hesaplanır.

$$d_j = 1 - e_j; \forall_j \tag{14}$$

Adım 5: Her bir j boyutunun önem derecesi olarak ω_j ağırlık değeri hesaplanır.

$$\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$$

$$\omega_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j} = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^{n} (1 - e_j)}; \forall_j \tag{15}$$

$\omega_j = \in [0,1]$ ağırlık değerleri, $e_j =$ entropi değerleri,

4. Standart Sapma (SD) Yöntemi

ÇBKV problemlerinin çözümünü doğrudan etkileyen önemli aşamalarından biri boyutların ağırlıklarının belirlenmesidir. Bir problem için uygulanan farklı ağırlıklandırma yöntemleri, boyutların farklı ağırlıklandırmasına neden olur. Bu durum alternatiflerin performans tercih sıralamasının değişmesine yol açmaktadır.

Boyut ağırlıklandırma yöntemleri, öznel ve nesnel boyut ağırlıklandırma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Öznel ağırlıklandırma yöntemleri karar vericinin yargıları, sahip olduğu bilgi ve deneyimlerine bağlı olarak biçimlenen yöntemlerdir. Buna karşılık nesnel ağırlıklandırma yöntemleri, karar vericinin yargılarından bağımsız olarak matematiksel modellerin kullanıldığı yöntemlerdir.

Standart sapma (SD) yaklaşımının amacı, niteliklerin önem derecelerini ve nesnel ağırlıklarını belirlemektir. SD, çok amaçlı karar verme (MODM) veri setinden nesnel boyut ağırlıklarını belirler. SD, her boyut için nesnel ağırlıkların bulunduğu objektif ağırlıklandırma yöntemidir [29, 30]. Bir karar matrisi veri kümesinin standart sapması önemli bilgiler taşır ve MODM veri kümesi normalleştirildikten sonra boyut ağırlıklarının karşılaştırılması için uygundur.

Boyutların nesnel ağırlıklandırma yaklaşımı SD, karar matrisinin niteliklerin ağırlıklarının önemi hakkında bilgi içerdiği varsayılır [66]-[68]. ÇBKV probleminde SD yöntemi, alternatiflere ilişkin belli bir miktarda bilgiler içeren karar matrisi boyutların ağırlık değerlerini ve önem derecelerini belirlemek için kullanılır.

SD yöntemi ÇBKV problemlerinde boyutların ağırlıklarını bulmak için uygun bir yöntemdir. SD yönteminin prosedürel algoritması bir dizi adımda belirtilebilir:

Adım 1: Karar matrisinin (D_{ij}) oluşturulması. *m* alternatifli (S_i), *n* boyutlu (C_j) ve boyut ağırlıkları (ω_j) olan çok boyutlu karar verme problemi için karar matrisi D_{ij} $D_{ij} = [x_{ij}]_{mxn}$ oluşturulur (Şekil 2.).

Adım 2: Karar matrisi $r_{ij} = (x_{ij})_{mxn}$ normalize edilir. Doğrusal dönüşüm mevcut değerlerin bir ölçeğini kullanır [69]. Hesaplanan değerler, aralığın [$x_j^{\max}$, $x_j^{\min}$] büyüklüğüne bağlıdır. Göreceli sapmanın hesaplanması iyi performans gösteren bir doğrusal dönüşümdür.

Bu dönüşümün uygulanması, bir [0,1] aralığı ile sınırlıdır. Karar matrisinde birbirinden farklı performans boyutlarının eşölçülemezlik üzerindeki etkilerini izale etmek için performans değerleri çeşitli yöntemlerle standartlaştırılır. Karar matrisi, performans boyutlarındaki aykırılıkları ortadan kaldırmak için normalleştirilir r_{ij} .

$$x_{ij} = \begin{cases} \max_i x_{ij};\ j \in \Omega_{\max} \\ \min_i x_{ij};\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \tag{16}$$

$$r_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}},\ j \in \Omega_{\max} \\ \dfrac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}},\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \tag{17}$$

veya doğrusal ölçek dönüşümü (maksimum)

$$r_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{x_j^{\max}},\ j \in \Omega_{\max} \\ \dfrac{x_j^{\min}}{x_{ij}},\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \tag{18}$$

Burada x_{ij}, *j*. boyutun performans derecesini, r_{ij} normalize edilmiş değerleri, $\Omega_{\max}$ fayda boyutunu ve $\Omega_{\min}$ maliyet boyutunu belirtir.

Adım 3: Her bir boyut için SD değeri σ_j hesaplanır. Burada r_{ij}, i. alternatifin *j.* boyuttaki performans değeri, *m* alternatiflerin sayısı ve *n* ise boyut sayısıdır. Farklı alternatifler arasında boyut çelişki yoğunluğunu ölçmek için her sütun vektörünün x_j, standart sapma σ_j değeri hesaplanır. Buradan hareketle, *i.* alternatifin *j.* boyutuna karşılık gelen verilerin standart sapması σ_j bulunur.

$$\sigma_j = \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{1/2} \tag{19}$$

$\bar{x}_j$, x_{ij}'nin ortalama değeri, ve x_{ij} normalize edilmiş değer; $\bar{x}_j$, *j* boyutunun tüm alternatiflerde ortalama değeridir. σ_j değerleri ne kadar büyük olursa, çeşitli alternatiflerin dağılma derecesi o kadar belirginleşir.

Adım 4: Her bir *j* boyutunun önem derecesi olarak ω_j ağırlık değeri hesaplanır. *J.* niteliğinin objektif ağırlığı (ω_j), σ_j'nin veri kümesinin toplam standart sapmasına oranından elde edilebilir. Her bir *j* boyutunun önem derecesi olarak ω_j ağırlık değeri hesaplanır.

$$\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$$

$$\omega_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{j=1}^{n} \sigma_j},\ j = 1,\ldots,n \tag{20}$$

$\omega_j = \in [0,1]$, SD'nin atadığı *i.* alternatifin *j.* boyutun nesnel ağırlığıdır.

5. Ortalama Ağırlık (MW) Yöntemi

Ortalama ağırlık (MW) yöntemi boyutların öncelikleri hakkında bilgi bulunmaması durumunda objektif ağırlıkları ω_j türetir. Kararın boyutlarına eşit ağırlık verilmesi, karar vericinin tamamen tarafsız bir tutumunu yansıtmakta ve böyle bir tutumun değerlendirme sürecinin nesnelliğini güvence altına aldığı görülmektedir [66], [67].

$$\omega_j = 1/n,\ j = 1,2,\ldots,n$$

Burada, *n* karar probleminde alternatiflerin değerlendirildiği boyut sayısıdır.

6. Ağırlıklı Toplam (WS) Yöntemi

Ağırlıklı toplam (WS) yöntemi, çok amaçlı optimizasyon problemlerinde çok nitelikli karar verme yöntemleri arasında en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan bir matematiksel yöntemdir [62]-[64], [45], [33], [46]. Ağırlıkların doğrusal kombinasyonu yönteminin hedefi, her bir hedef fonksiyonu bir ağırlıklandırma katsayısı ile ilişkilendirmek ve hedeflerin ağırlıklı toplamını en aza indirmektir. Bu yöntem, her bir alternatifi için karşılaştırılabilir hale getirmek için tek bir puan oluşturarak, bu hedeflere tekabül eden farklı hedef ve ağırlıkları birleştirir. WS yaklaşımında, her alternatifin, tek boyutlu değer fonksiyonu değerleri yerine, farklı hedeflere ve boyutlara göre elde edilen performans değerleri kullanılırak boyut önemlerine göre ağırlıklandırılmak suretiyle toplam global puanı elde edilir. WS yöntemi, alternatifler içinden en iyi olanın seçilmesinde kullanılır. WS metoduna göre bir ÇBKV probleminde olası bir alternatifin göreli etkinliğini belirlemekte kullanılan fayda fonksiyonu, boyutların ağırlık ve değerlerinin göreli etkileri ile doğrudan orantılıdır. WS yaklaşımı her alternatifin performansını optimal alternatife göre oransal benzerliğini çıkarır. WS yönteminde bir alternatifin toplam değeri, her bir boyutun katkıları toplanarak elde edilir. Bu şekilde, karar matrisindeki nicel performans değerleri kullanılarak alternatiflerin puanını temsil eden bir vektör oluşturulur. Bir alternatifin (F_i) sonucu, x_{ij} hedef değerleri, ω_j boyut ağırlıkları ile çarpılır, ve daha sonra bu çarpımlar tüm boyutlar üzerinden hedefin değerine eklenerek hesaplanır. En yüksek ağırlıklı toplam sonucu olan alternatif, en iyi alternatif (F^*) seçilir. Böylece, bir alternatifin verimliliğini belirlerken, normalleştirilmiş bir matristeki ilgili terimler ağırlıklarla çarpılır ve toplanır. En uygun alternatifin toplamı maksimum olacaktır. WS yönteminde bir alternatifin değeri şu şekilde gösterilebilir:

$$F(x_i) = \sum_{j=1}^{n} \omega_j f_j(x_i) = \sum_{j=1}^{n} \omega_j r_{ij},\ i = 1,\ldots,m \tag{21}$$

Burada $x \in X$, $\omega_j \geq 0$ en az bir hedef için kesinlikle pozitif, öyle ki, $\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$.Baskın çözüm kümesi, objektif

fonksiyonda ağırlıkları ω_j 'yi parametrik olarak değiştirmek suretiyle oluşturulabilir. Aşağıda WS formülasyonunun sonuçları verilmektedir ve bunlara karşılık gelen kanıtlar [65] 'de bulunabilir:

- Ağırlık probleminin çözümü zayıf olarak Pareto optimaldir.
- Ağırlık probleminin çözümü, ağırlıklandırma katsayıları pozitifse, yani $\omega_j > 0$ tüm $j = 1,2,...,n$ için Pareto optimal olur.
- Ağırlık probleminin benzersiz çözümü Pareto optimaldir.
- Çoklu nesnel optimizasyon problemini dışbükey yapalım.

Eğer $x^* \in X$ Pareto optimal ise, ağırlıklandırma problemine bir çözüm olan bir ağırlık vektörü ω $(\omega_j \geq 0, j = 1,...,n, \sum_{j=1}^{n} \omega j = 1)$ vardır. Burada ω_j, normalleştirilmiş ağırlık, $\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$, $f_j(x_i)$ *j*. niteliğin değer fonksiyonu, $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{in})$, ve r_{ij} karşılaştırılabilir ölçeğe dönüştürülmüş niteliktir. Ağırlıklar niteliklerin göreceli önemini temsil eder. En çok tercih edilen alternatif, *i=1,2,...,m* için maksimum değerin $F(x_i)$ tanımlanmasıyla seçilir

Burada F_i, alternatif F_i'nin performans değerini, ω_j boyutunun ağırlığını ve r_{ij}, *j*. boyut altındaki *i*. alternatifin değeridir. r_{ij}, bir normalizasyon süreci ile elde edilebilen x_{ij} 'in karşılaştırılabilir ölçeğidir. Matematiksel olarak ağırlıklı toplam yönteminin prosedürel algoritması aşağıdaki gibidir.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması: ÇBKV problemlerinde karar matrisi *m* tane alternatif (satırlar) ve *n* tane boyuttan (sütunlar) meydana gelir.

$$x_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mj} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}, i = 1,...,m; j = 1,2,...,n \quad (22)$$

Matriste *m* alternatif sayısını, *n* boyut sayısını, $x_{ij} = \in [-1,1]$ *j* boyutuna göre *i* alternatifinin performans değerini göstermektedir. ÇBKV probleminde *j* boyutunun optimal değeri bilinmiyorsa, boyutun fayda (daha yüksek daha iyi; maksimum) ya da maliyet (daha düşük daha iyi; minimum) özelliği göstermesi durumuna göre optimal değer kullanılarak hesaplanır:

$$x_{ij} = \begin{cases} \max_i x_{ij};\ j \in \Omega_{\max} \\ \min_i x_{ij};\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \quad (23)$$

Burada x_{ij}, *j*. boyutun optimal performans derecesini, $\Omega_{\max}$ fayda boyutunu ve $\Omega_{\min}$ maliyet boyutunu belirtir.

Adım 2: Normalize Karar Matrisinin Oluşturulması: Yargılamalar, insan bilişsel davranışının tutamsal değerlendirmelerini içerir. Değerlendirmenin gerçek istatistiklerden türetilmesi durumunda, sayısal veriler orijinal verileri standartlaştırarak karşılaştırılabilir bir skorlama ölçeğine dönüştürülebilir. En sık uygulanan yöntemler ölçekleme puanı olarak maksimum ve minimum değerleri kullanarak mesafe ölçümüne dayanmaktadır. ÇBKV probleminde kullanılan boyutların performans değerleri farklı boyutlarda ve ölçeklerde olabilmektedir. Burada, farklı boyutlarda olan boyutların normalizasyon işlemi yapılarak standartlaştırılır. Böylece, tüm boyutlar [0,1] aralığında karşılaştırılabilir nicel değerlere sahip olur. Performans değerlerinin normalizasyonunda maksimum olması istenen fayda boyutları ve minimum olması istenen maliyet boyutları kullanılır. Karar matrisi standartlaştırması şu şekilde formüle edilir:

$$r_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij} - x_j^{\min}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}},\ j \in \Omega_{\max} \\ \dfrac{x_j^{\max} - x_{ij}}{x_j^{\max} - x_j^{\min}},\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \quad (24)$$

veya doğrusal ölçek dönüşümü (maksimum)

$$r_{ij} = \begin{cases} \dfrac{x_{ij}}{x_j^{\max}},\ j \in \Omega_{\max} \\ \dfrac{x_j^{\min}}{x_{ij}},\ j \in \Omega_{\min} \end{cases} \quad (25)$$

Burada r_{ij}, *i*. alternatifin *j*. boyuta göre normalleştirilmiş performans derecelendirmesini gösterir. Normalizasyon işleminin ardından, r_{ij} normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

$$r_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & \cdots & r_{1j} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & \cdots & r_{2j} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ r_{m1} & \cdots & r_{mj} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix}, i = 1,...,m; j = 1,2,...,n \quad (26)$$

Adım 3: Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin oluşturulması: r_{ij} normalize edilmiş değerler ω_j boyut ağırlıklarıyla çarpılarak, u_{ij} ağırlıklı normalize değerleri elde edilir ve ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi elde edilir. Boyut ağırlıkları $0 \leq \omega_j \leq 1$ arasında bir değer alır ve boyut ağırlıklarının toplamı 1'e eşittir ($\sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$).

$$u_{ij} = \omega_j r_{ij} \quad (27)$$

Hesaplanan u_{ij} ağırlıklı normalize değerleri kullanılarak

ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$u_{ij} = \begin{bmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1j} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & \cdots & u_{2j} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_{m1} & \cdots & u_{mj} & \cdots & u_{mn} \end{bmatrix}, i = 1,...,m; j = 1,2,...,n \quad (28)$$

Adım 4: Optimal Fonksiyon Değerlerinin Hesaplanması: Her bir alternatif için F_i optimal fonksiyon değeri hesaplanır. F_i, *i.* alternatifin optimal fonksiyon değerini göstermek üzere alternatiflerin sonuçları elde edilir.

$$F_i = \sum_{j=1}^{n} u_{ij}, i = 1,...,m \quad (29)$$

Adım 5: En Kabul Edilebilir Alternatifin Seçilmesi: Hesaplanan F_i performans dereceleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve en kabul edilebilir alternatif seçilir.

$$F_o = \{F_i \mid \max_i F_i\} \quad (30)$$

Burada, F_o en kabul edilebilir optimal alternatifi belirtmektedir, *i = 1...,m.*

Adım 6: Her bir Alternatifin Fayda Derecesinin Hesaplanması: Alternatiflerin göreceli performansları, fayda derecesi kullanılarak optimal alternatif ile ilişkili olarak belirlenir. F_i değeri büyük olan alternatif daha etkin alternatiftir. F_i değerleri F_o optimal değerine oranlanır ve Q_i fayda dereceleri hesaplanır.

$$Q_i = \frac{F_i}{F_o}, i = 1,...,m \quad (31)$$

[0,1] aralığında değer alan Q_i oranları kullanılarak alternatiflerin göreli etkinliği hesaplanır. Bu doğrultuda Q_i değerleri büyükten küçüğe sıralanarak alternatiflerin tercih sırası değerlendirilmesi yapılır.

Adım 7: Alternatiflerin Performans Skorlarına göre Sıralanması: Son olarak, alternatiflerin değerleri F_i ve Q_i azalan sırasına göre sıralanır.

7. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution / ideal bir çözüm ile benzerlik gösteren sıralama tercihi tekniği), sonlu sayıda alternatifin çözümlerini belirlemek için çok boyutlu bir yöntemdir. TOPSIS, özellikle nesnel ya da nicel verilerin kullanıldığı çok sayıda boyuta ve alternatife sahip durumlar için uygun olup, karar verici için alternatiflerin karşılaştırmaları ve sıralamaları doğrultusunda problemin çözümüne yardım eder. Karar noktalarının ideal çözüme yakınlığı ilkesine dayanarak geliştirilmiş ÇBKV yöntemlerinden biridir [45]-[47].

TOPSIS, alternatiflerin pozitif ideal çözüme yakınlığını ve negatif ideal çözüme uzaklığını dikkate alarak karar vermeyi sağlar [48], [49]. Temel ilke, seçilen alternatifin pozitif ideal çözümden en kısa mesafeye ve negatif ideal çözümün en uzak mesafesine sahip olmasıdır. Bu yöntemde her boyutun monoton artan veya azalan bir eğilime sahip olduğu varsayılır. Yöntemin temeli alternatiflerin geometrik anlamda pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme ise en uzak mesafede olması esasına dayanmaktadır. TOPSIS yöntemi, ÇBKV yöntemleri içerisinde gözde bir yöntem olması sebebiyle araştırmada yaygın bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemde, pozitif ideal çözüme en yakın mesafedeki alternatif en iyi alternatif olarak kabul edilir [50]. TOPSIS prosedürü bir dizi adımda ifade edilebilir:

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması: x_{ij} olarak verilen her alternatifin (S_i) ve boyutların (C_j) kesiştiği *m* alternatif ve *n* boyuttan oluşan bir değerlendirme matrisi $(x_{ij})_{mxn}$ oluşturulur.

Adım 2: Karar matrisinin normalleştirilmesi: $(x_{ij})_{mxn}$ karar matrisi, $R = (r_{ij})_{mxn}$ matrisini oluşturmak için normalizasyon yöntemi kullanılarak normalleştirilir.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}, i = 1,2,...,m, \ j = 1,2,...,n \quad (32)$$

Adım 3: Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması: $R = (r_{ij})_{mxn}$ normalleştirilmiş karar matrisi, boyutlara (C_j) verilen ağırlıklarla (ω_j) çarpılır. $u_{ij} = \omega_j r_{ij}$, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi hesaplanır.

$$u_{ij} = \omega_j r_{ij}, \ i = 1,2,...,m, \ j = 1,2,...,n \quad (33)$$

$$\omega_j = \frac{\omega_j}{\sum_{j=i}^{n} \omega_j}, \ j = 1,2,...,n, \ \sum_{j=1}^{n} \omega_j = 1$$

ω_j, C_j boyutuna verilmiş ağırlıktır, $j = 1,2,...,n$

Adım 4: Pozitif ideal (A^+) ve negatif ideal (A^-) çözümün belirlenmesi

$$A^+ = \{u_1^+, u_2^+, ..., u_n^+\} = \{\langle \max(u_{ij} \mid i = 1,2,...,m) \mid j \in J^+ \rangle, \langle \min(u_{ij} \mid i = 1,2,...,m) \mid j \in J^- \rangle\} \quad (34)$$

$$A^- = \left\{u_1^-, u_2^-, ..., u_n^-\right\} = \left\{\left\langle \min(u_{ij} \mid i = 1,2,...,m) \mid j \in J^+ \right\rangle, \left\langle \max(u_{ij} \mid i = 1,2,...,m) \mid j \in J^- \right\rangle\right\} \quad (35)$$

Burada, J^+ fayda boyutunu, J^- ise maliyet boyutunu belirtmektedir. Fayda boyutu için alternatifler arasından maksimum değer, maliyet boyutu için ise alternatifler arasından minimum değer gereklidir. Bu durumda, A^+ en çok tercih edilen alternatifi, A^- ise en az tercih edilen alternatifi göstermektedir.

Adım 5: Ayırım Ölçütlerinin Hesaplanması: n-boyutlu Öklid uzaklıklarını kullanarak ayırım ölçütleri hesaplanır. Her alternatifin pozitif ideal çözümden uzaklığı bulunur:

$$d_j^+ = \left\{\sum_{i=1}^{n} (u_{ij} - u_i^+)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, \; j = 1,2,...,m \quad (36)$$

Benzer şekilde, her alternatifin negatif ideal çözümden uzaklığı bulunur:

$$d_j^- = \left\{\sum_{i=1}^{n} (u_{ij} - u_i^-)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, \; j = 1,2,...,m \quad (37)$$

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması: Alternatif A_j' nin A^+ ile olan göreceli yakınlığı şu şekilde tanımlanır:

$$R_j = \frac{d_j^-}{(d_j^+ + d_j^-)}, \; j = 1,2,...,m \quad (38)$$

$R_j = \in [0,1]$ değeri $0 \le R_i \le 1$ aralığında olup alternatifler R_j değerine göre sıralanır. $R_j = 1$ ilgili alternatifin pozitif ideal çözüm noktasında bulunduğunu, $R_j = 0$ ilgili alternatifin negatif ideal çözüm noktasında bulunduğunu göstermektedir

Adım 7: Tercih sırasının sıralanması

$$Q_i = \frac{R_i}{R_i^+}, i = 1,...,n \quad (39)$$

Alternatifler sıralanır ve en iyi alternatif, Pareto kümesindeki maksimum toplam performans skoruyla seçilir.

8. Pareto Kümesi

Pareto seti, baskın alternatifleri içermeyen baskın alternatiflerden oluşur. 'A' nın en az bir amacı 'B' nin amacından daha iyi ve 'A' daki diğer tüm amaçlar en azından 'B' deki amaçlara eşitse, alternatif 'A' alternatif 'B' ye baskın durumdadır. Bu baskın alternatiflere Pareto optimal denir [51]. Burada, muhtemel ağırlıklardan ve hedeflerin sayısından bağımsız olarak, önerilen algoritmanın daima Pareto kümesi içerisinde bir alternatif belirlediğini gösteren bir kanıt sunmaktadır.

Olası ağırlık ve hedef sayısından bağımsız olarak, Pareto seti içerisinde bir alternatif seçmek mümkündür [52]-[55].

Seçilen algoritmanın (20), Pareto kümesinin bir elemanı olmayan alternatif bir $S_i^{optimum}$ seçtiği varsayılmaktadır.

$$S_i^* = \sum_{j=1}^{n} \omega_j x_{ij} = \max_i \sum_{j=1}^{n} \omega_j x_{ij} \quad (40)$$

$S_i^{optimum}$, Pareto kümesinin bir elemanı olmadığından, $S_i^{optimum}$ 'ye hükmeden bir alternatif S_i^{pareto} var demektir.

Pareto kümesinin tanımına göre, bu alternatif, diğer tüm hedefler için daha düşük bir değere sahip olmaksızın, $S_i^{optimum}$ 'den en az bir boyut için bir yüksek değere sahiptir. Ağırlık değişmeden S_i^{pareto} için sonuç daha iyi olduğundan, bu durum aşağıdaki eşitlik ile çelişmektedir [56]:

$$S_i^* = \max_i \sum_{j=1}^{n} \omega_j x_{ij} \quad (41)$$

Karar alma paradoksu karar verme ve güvenilir karar verme yöntemlerini belirleme arayışıyla ilgilidir. Çok boyutlu karar analizi (ÇBKA) / çok boyutlu karar verme (ÇBKV) ve karar analizi problemlerinde temel bir paradokstur. Bazı çok boyutlu karar verme yöntemleri, ağırlıklı toplam (WS) metodu, analitik hiyerarşi süreci (AHP), ağırlıklı çarpım (WP) metodu, ELECTRE yöntemi ve TOPSIS yöntemi gibi karar verme paradoksunu sergilemek için araştırılmıştır [29], [33].

V. Web Yazılımı Geliştirme Modeli

A. Web Yazılımı Geliştirme Uygulaması

Çevrimiçi performans izleme web yazılımı geliştirme modeli PHP framework temelli olarak inşa edilmektedir. Burada, uygulanan yazılım modelin mimarisi ve soyutlaması verilmektedir. Çevrimiçi performans izleme web yazılımı uygulamasında değerlendirme boyut sayıları / türleri, normalizasyon yöntemleri ve çok boyutlu karar verme yöntemlerinin çokluğu ve çeşitliliği nedeniyle değişik sınırlılıklar uygulanmaktadır. Uygulamada WS ve TOPSIS çok boyutlu karar verme yöntemlerinde değerlendirme boyutlarının önem ağırlıkları nesnel olarak Entropi temelli yaklaşımla hesaplanmaktadır. Uygulamada, değerleyici işletme çalışanlarını alti adet fayda boyutunu kullanarak boyut bazında 1-5 aralığında puan değerleriyle değerlemektedir. Uygulamada belirlenen altı adet fayda boyutunun önem ağırlıkları nesnel olarak Entropi Bilgi (EI) ve Standart Sapma (SD) yöntemleriyle hesaplanmaktadır. Elde edilen boyut ağırlıkları daha sonra WS ve TOPSIS yöntemlerinde alternatiflerin/çalışanların ağırlıklı performans skorlarının hesaplanmasında kullanılmaktadır. Neticede, çalışanların performans sıralamaları ayrıca Entropi bazlı WS ve TOPSIS yöntemlerine göre belirlenmektedir.

B. Web Yazılımı Geliştirme Ortamı Parçaları

Web yazılımı uygulaması geliştirirken Notepad ++, PHP (Hypertext Preprocessor) ve MVC (Model - View - Controller) tasarım deseni kullanılmaktadır [70,71]. Notepad ++, birçok dili destekleyen, C++ dilinde yazılı ücretsiz bir kaynak kodu editörü ve Notepad değiştirme aracıdır. MS Windows ortamında çalışan, kullanımı GPL Lisansı tarafından yönetilmektedir.

Notepad ++ kaynak kod editörü programlama, kodlama ve işaretleme dilleri için sözdizimi vurgulama, kod katlama ve sınırlı otomatik tamamlama özelliklerine sahiptir, ancak akıllı kod tamamlama veya sözdizimi denetimi özelliklerine sahip değildir. Notepad ++, genel olarak düz metin düzenleme deneyimini geliştiren özelliklere de sahiptir.

Uygulama geliştirirken, PHP: Hypertext Preprocessor, web geliştirme için tasarlanmış, aynı zamanda genel amaçlı bir programlama dili olarak kullanılan bir sunucu tarafı betik dili kullanılmaktadır. PHP uygulama dili C (temel olarak, bazı bileşenler C ++) de geliştirilmiş ve özellikle web geliştirmeye uygun popüler bir genel amaçlı betik dilidir.

Çevrimiçi performans izleme web yazılımı aracının geliştirme sürecinde MVC (Model - View - Controller) tasarım kalıbı kullanılmaktadır. MVC yazılım geliştirme deseni, masaüstü, web veya mobil yazılım uygulamalarının tümüne uyarlanarak kullanılabilir. Ayrıca, MVC yazılım geliştirme kalıbı özellikle web tabanlı uygulamaların yapısına uygun olduğu için tercih edilmektedir. MVC yaklaşımının çalışma ilkesi, kullanıcı bir MVC uygulama çalışmasında, tarayıcı üzerinden (Görünüm) web sayfasına bir istek yaptığında bu istek Denetleyici'ye iletilir. Bu durumda, Denetleyici isteği gerçekleştirmek ve uygun bir tepki vermek üzere Model ve bağlantılı bileşenleri ile gerekli sınıf ve metotları çağırır. Böylece, Denetleyici elde edilen uygun sonuçları Görünüm'e göndererek web sayfasının görüntülenmesini sağlar.

C. Web Yazılımı Tasarım Mimarisi

Çevrimiçi performans izleme bilgi sistemi tasarımı, sistem analizi çalışması sonucunda üretilen mantıksal modelin, fiziksel modele dönüştürülme çalışmasından oluşmaktadır. Yazılım geliştirmede bir tasarım deseni, pratik bağlamda yararlı olan ve muhtemelen başkalarına da uygulandığında sıkça karşılaşılan sorunlara tekrarlanabilir tipte kod yazılımını destekleyen bir ya da birden fazla sınıftan oluşmuş modül ve program parçaları ile yararlı çözüm sunabilen fikirdir. Tasarım desenleri altı temelde - Temel, Mimari, Yaratımsal, Yapısal, Davranışsal ve Eşzamanlılık - olarak ayrılmakta ve bir kategorideki desenler kodun yapılandırılmasında aynı temel prensiplere sahip olduklarından birbirini tamamlar.Yazılım geliştirme sürecinde en basit ve uygulaması kolay bir tasarım deseninin kullanılması, yazılımda hiçbir tasarım deseninin olmamasından üstündür. Uygulamada MVC (Model View Controller) mimari tasarım deseni kullanılmaktadır. Model-Görünüm-Denetleyici (MVC) mimari modeli bir uygulamayı üç ana bileşene ayırır: model, görünüm ve denetleyici. MVC, web uygulamalarında kullanılan standart bir tasarım modelidir. Model nesneleri, uygulamanın veri alanı için mantığı uygulayan uygulamanın bölümleridir.

Model nesneleri bir veritabanında model durumunu alır ve saklar. Örneğin, çevrimiçi performans izleme sistemi uygulamasında Çalışan nesnesi mySQL veritabanından bilgi alabilir, üzerinde çalışabilir ve ardından güncel bilgileri mySQL veritabanındaki Çalışanlar tablosuna geri yazabilir. Küçük uygulamalarda, model genellikle fiziksel olanın yerine kavramsal bir ayrımdır. Örneğin, uygulama yalnızca bir veri kümesini okur ve görüntüye gönderirse, uygulamanın fiziksel bir model katmanı ve ilişkili sınıfları yoktur. Bu durumda, veri kümesi bir model nesnenin rolünü üstlenir.

Görünümler (Views), uygulamanın kullanıcı arabirimini görüntüleyen bileşenlerdir. Tipik olarak, bu kullanıcı arabirimi model verilerinden oluşturulur. Örneğin, bir Çalışan nesnesinin geçerli durumuna göre metin kutuları, açılır listeler ve onay kutularını görüntüleyen Çalışanlar tablosunun düzenleme görünümüdür.

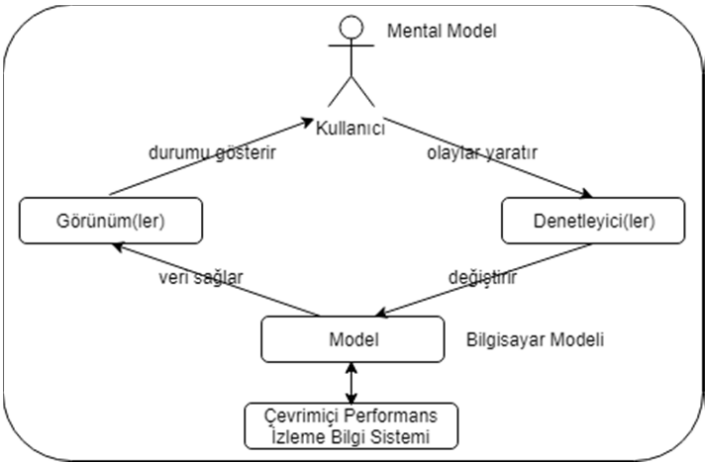
Denetleyiciler (Controllers), kullanıcı etkileşimini işleyen, modelle çalışan ve en sonunda kullanıcı arabirimi görüntülerini göstermek için bir görünüm seçen bileşenlerdir. Bir MVC uygulamasında görünüm sadece bilgi gösterir; kontrolör, kullanıcı girdisine ve etkileşime tepki verir. Örneğin, denetleyici sorgu dizesi değerlerini işler ve bu değerleri modele geçirir, bu da bu değerleri veritabanını sorgulamak için kullanabilir.

MVC deseni, yazılım sisteminin elemanları arasında gevşek bir bağlantı sağlarken, uygulamanın farklı yönlerini (giriş mantığı, iş mantığı ve kullanıcı arabirimi mantığı) ayıran uygulamalar oluşturulmasına olanak sağlar. Desen, uygulamada her bir mantığın nerede bulunacağını belirtir. Kullanıcı arabirimi mantığı görünüme aittir. Giriş mantığı kontrolöre aittir. İş mantığı modele aittir. Bu ayırma, bir uygulama oluşturulduğunda karmaşıklığın yönetilmesinde yardımcı olur, çünkü uygulamanın bir yönüne bir kerede odaklanılmasını sağlar. Örneğin, iş mantığına bağlı olmaksızın görünüme odaklanılabilir.

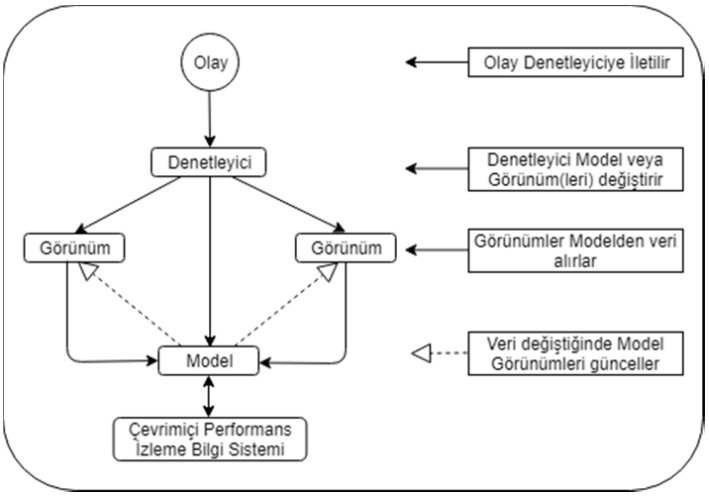
Bir MVC uygulamasının üç ana bileşeni arasındaki gevşek bağlantı, paralel gelişmeyi de destekler. Örneğin, bir geliştirici görünüm üzerinde çalışabilir, ikinci geliştirici denetleyici mantığı üzerinde çalışabilir ve üçüncü geliştirici modeldeki iş mantığına odaklanabilir.

D. MVC (Model-View-Controller) Tasarım Deseni

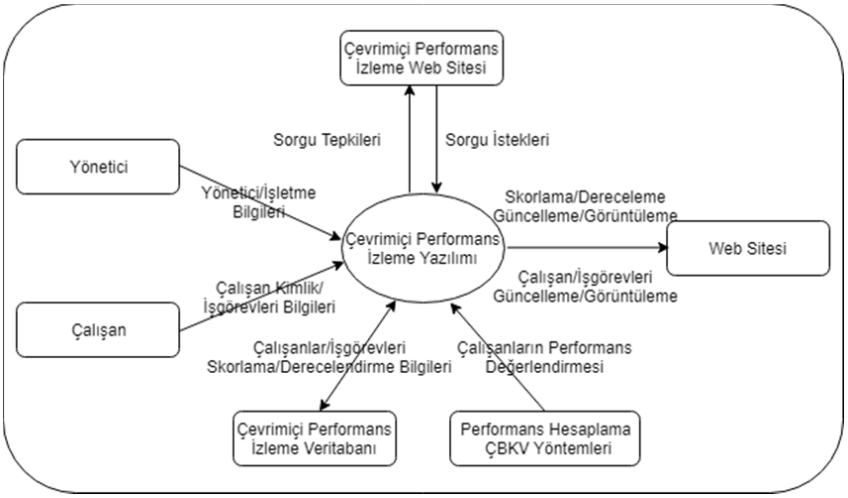
MVC tasarım kalıbının temel amacı, insanın mental modeli ile bilgisayardaki sayısal modeli arasındaki bağlantıyı kurmaktır. Yazılım uygulaması, Symfony felsefesini, uygulamaların standartlaşmasını ve birlikte çalışabilirliğini benimsemekte ve desteklemektedir. Symfony çerçevesi, Symfony bileşenleri üzerine inşa edilmiş, web siteleri ve web uygulamaları oluşturmak için önde gelen PHP çerçevesidir. MVC uygulamasında, Model, Görünüm ve Denetleyici nesne grupları arasındaki iletişim ve çalışması Şekil 4. ve Şekil 5.'te olduğu gibi gösterilebilir. Çevrimiçi performans izleme yazılım mimarisi Şekil 6.'da verilmektedir.



Şekil 4. MVC (Model-View-Controller) Deseni Mimarisi



Şekil 5. MVC (Model-View-Controller) Deseni Soyutlaması



Şekil 6. Çevrimiçi Performans İzleme Yazılım Mimarisi

PHP framework temelli MVC tasarım deseni daha hızlı ve paralel geliştirme sürecini destekler. Çoklu görünüm sağlama yeteneği ve eşzamansız (asenkron) teknik desteği vermektedir. Modifikasyon modelin tümünü etkilemediği için

model kısmı görünüm kısmına bağlı değildir. Bu nedenle, modeldeki herhangi bir değişiklik tüm mimariyi etkilemez.

VI. Çevrimiçi Performans İzleme Uygulaması

A. Çevrimiçi Performans İzleme Uygulaması

Çevrimiçi performans izleme yaklaşımı, çalışanların performans değerlendirilmesini farklı hedefleri ve katılımcı rolleri olan farklı süreçleri bilgi sistemi temelli olarak tanımlamak, nesnel uygulanabilirliğini göstermek ve izlemektir. Bu model, bilgi sistemlerinin insan kaynakları yönetiminin belirli gereksinimlerini ve stratejik hedeflerini karşılamak için iş rolleri ile hareket eden az sayıda çalışanı içeren kısmi çözümlerin yanısıra çok sayıda çalışanı kapsayan ölçeklenebilir çözümleri de gerçekleştirebilir.

Model tasarımı, organizasyonun stratejik iş hedeflerine ulaşmada sistemik değerlendirmenin daha kısa sürelerle yapılmasını, geribildirim ve düzenleyici önlemlerin zamanında alınmasını destek verebilmektedir. Modelin başarısı için çok boyutlu optimizasyon metodu, alternatifler, boyutlar ve algoritmalar açıkça tanımlanmakta, performans değerlendirme sürecinde birlikte nasıl kullanılacağı ve performans tercih sırasının belirlenmesinde bir değerlendirme bileşeni olarak organizasyon yönetimi yönünden stratejik hedeflerin ileriye taşınmasının önemi tartışılmaktadır. Böyle bir çevrimiçi performans izleme modelinin nihai olarak bir insan kaynakları ve organizasyon yönetimine en az sayıda kusur ile nesnel değerlendirme olanağı verebilmektedir.

Araştırma Problemi Boyutları ve Alternatifleri kapsamında geliştirilen modelin uygulamasında, çevrimiçi performans izleme problemi çok boyutlu karar analiz yöntemlerinden nesnel ağırlıklandırma entropi bilgi (EI) ve standart sapma (SD) yöntemleri, ve ağırlıklı toplam (WS) ve TOPSIS yöntemleriyle değerlendirilmiştir.

Performans matrisi, sütunların boyuta (K_j) ve satırların alternatiflere (A_i) karşılık geldiği performans matrisinde, A_i , (a_{ij}), boyutlara göre alternatiflerin performans göstergeleridir. Karar matrisi oluşturulduktan sonra, karar sürecinde önemli rolü olan boyutların ağırlıkları (ω_j) tanımlanır.

Geliştirilen uygulama, örnek olarak bir bilgi teknolojisi organizasyonunda lisans eğitimi ve ingilizce dil yeterliliği olan 10 çalışanın (alternatifin) belirlenen 6 boyut kapsamında performans decelendirme ölçeği (Tablo I) kullanılarak çevrimiçi izlenmesiyle elde edilen veriler ile uygulanmış ve bu bölümde sunulacak sonuçlar elde edilmiştir.

Performans değerlendirme probleminde amaç, optimizasyon boyut türleri yardımıyla belli bir hedef fonksiyonu, zorunlu eşitlik ve eşitsizlik kısıtlamalarına uyularak, eldeki değişkenleri ayarlayarak minimize ya da maksimize etmektir.

Performansı izlenen çalışanların değerlendirildiği boyutlar; işin miktarı, işin kalitesi, iş bilgisi, işbirliği, bağlılık, ve isteklilik ile birlikte 10 çalışanın performans sonuçları Tablo VI'da gösterilmektedir. Buradan hareketle, mevcut verilerin ışığında optimal performans değerlendirme, nesnel ağırlıklandırma entropi bilgi (EI) yöntemi ve standart sapma (SD) yöntemi temelli ağırlıklı toplam (WS) ve TOPSIS yöntemi kullanılarak belirlenebilir.

B. Entropi Bilgi (EI) Yönteminin Uygulanması

Entropi bilgi (EI) yöntemine göre nesnel boyut ağırlıklarının belirlenmesi, karar matrisinde yer alan belirsiz bilginin ölçülmesine dayanır ve her boyut için alternatiflerin bireysel boyut değerlerinin karşılıklı olarak karşılaştırılmasına dayanan belirli bir boyut, ve daha sonra tüm boyutlar için aynı anda doğrudan bir dizi ağırlık üretir. Entropi bilgi yöntemine göre ω_j nesnel boyut ağırlıklarının belirlenmesi şu şekilde gerçekleştirilir. Eşitlik (6) ile, karar matrisinde bulunan varyant x_{ij} 'in boyut değerleri normalleştirilir (Tablo VII). Bu şekilde normalleştirilmiş bir karar matrisi elde edilir. Normalleştirilmiş karar matrisinde yer alan bilgiler, her bir boyut K_j 'nin emisyon gücü olarak kabul edilebilir ve bir entropi değeri e_j 'yi hesaplamak için kullanılır (Eşitlik (13)). e_j 'nin (j = 1,2…,n), [0;1] aralığında olduğunu temin eden sabit bir k, ($k = 1/\ln(n)$) kullanılır. Her bir boyutun içerdiği ortalama içsel bilginin farklılığı ($d_j = 1 - e_j$) hesaplanır (Eşitlik (14)). Burada, d_j (j = 1, 2…,n) K_j boyut kontrastının doğasında (özünde) olan yoğunluğudur. d_j değeri boyut K_j 'nin yoğunluğunun spesifik bir ölçüsü olduğundan, boyutların nihai nispi ağırlığı, basit katkı normalizasyonu ile elde edilebilir (Eşitlik (15)).

Yöntem, objektif olarak kabul edilebilirken, boyut değer değişimlerinden doğrudan ölçülmüş boyutlar üretmekte ve öznellik, karar vericilerin yetersizliği veya yokluğu problemini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca, boyutların türü veya niteliği önemli değildir.

Adım 1: Tablo VI'deki karar matrisi (D_{ij}) (6) kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo VII'de görülmektedir.

Adım 2: Eşitlik (13) ile hesaplanmış e_j Değerleri Tablo VIII'de görülmektedir.

Adım 3: Eşitlik (13)-(15) ile hesaplanan Entropi değerleri (e_j), sapma derecesi (d_j) ve boyutların göreceli ağırlığı (ω_j) Tablo IX' görülmektedir.

Buna göre, entropi bilgi (EI) yöntemiyle nesnel olarak hesaplanan boyutların önem sırası: K6 $\succ$ K1 $\succ$ K2 $\succ$ K5 $\succ$ K4 $\succ$ K3.

C. Standart Sapma (SD) Yönteminin Uygulanması

ÇBKV problemlerinde her boyutun önem düzeyi aynı olmayabilir. Her bir boyuta birer nesnel/öznel ağırlık değeri atanarak, önem düzeyi belirlenebilir. Uygulamada, standart sapma (SD) yöntemi ile boyut ağırlıkları belirlendikten sonra, ağırlıklı toplam (WS) yönteminde bu nesnel boyut ağırlıkları göz önünde alınmaktadır.

TABLO VI
PERFORMANS DEĞERLENDIRME KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max maksimizasyon	Max maksimizasyon	Max maksimizasyon	Max maksimizasyon	Max maksimizasyon	Max maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	5	4	3	3	2	5
A2	4	4	5	5	3	2
A3	5	3	3	2	5	3
A4	3	4	5	3	4	4
A5	4	5	2	4	3	2
A6	2	3	5	3	2	4
A7	3	2	4	5	3	5
A8	2	5	3	2	4	4
A9	5	2	3	4	3	2
A10	3	5	4	3	2	5

TABLO VII
NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,139	0,108	0,081	0,088	0,065	0,139
A2	0,111	0,108	0,135	0,147	0,097	0,056
A3	0,139	0,081	0,081	0,059	0,161	0,083
A4	0,083	0,108	0,135	0,088	0,129	0,111
A5	0,111	0,135	0,054	0,118	0,097	0,056
A6	0,056	0,081	0,135	0,088	0,065	0,111
A7	0,083	0,054	0,108	0,147	0,097	0,139
A8	0,056	0,135	0,081	0,059	0,129	0,111
A9	0,139	0,054	0,081	0,118	0,097	0,056
A10	0,083	0,135	0,108	0,088	0,065	0,139

TABLO VIII
HESAPLANMIŞ ENTROPI DEĞERLERI (e_j)

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,119	0,104	0,088	0,093	0,077	0,119
A2	0,106	0,104	0,117	0,122	0,098	0,070
A3	0,119	0,088	0,088	0,072	0,128	0,090
A4	0,090	0,104	0,117	0,093	0,115	0,106
A5	0,106	0,117	0,068	0,109	0,098	0,070
A6	0,070	0,088	0,117	0,093	0,077	0,106
A7	0,090	0,068	0,104	0,122	0,098	0,119
A8	0,070	0,117	0,088	0,072	0,115	0,106
A9	0,119	0,068	0,088	0,109	0,098	0,070
A10	0,090	0,117	0,104	0,093	0,077	0,119

TABLO IX
ENTROPİ DEĞERLERI, SAPMA DERECESİ VE BOYUTLARIN GÖRECELİ AĞIRLIĞI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
e_j	0,979	0,980	0,984	0,980	0,980	0,974
d_j	0,021	0,020	0,016	0,020	0,020	0,026
ω_j	0,174	0,165	0,133	0,159	0,160	0,208

TABLO X
NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	1	0,8	0,6	0,6	0,4	1
A2	0,8	0,8	1	1	0,6	0,4
A3	1	0,6	0,6	0,4	1	0,6
A4	0,6	0,8	1	0,6	0,8	0,8
A5	0,8	1	0,4	0,8	0,6	0,4
A6	0,4	0,6	1	0,6	0,4	0,8
A7	0,6	0,4	0,8	1	0,6	1
A8	0,4	1	0,6	0,4	0,8	0,8
A9	1	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4
A10	0,6	1	0,8	0,6	0,4	1

TABLO XI

BOYUTLARIN HESAPLANAN SD (σ_j) DEĞERLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
σ_j	0.223	0.220	0.201	0.204	0.189	0.240

TABLO XII

SD YÖNTEMINE GÖRE HESAPLANAN BOYUT AĞIRLIKLARININ (ω_j) DEĞERLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
ω_j	0.174	0.172	0.157	0.160	0.148	0.188

TABLO XIII
ENTROPI BILGI (EI) AĞIRLIKLI NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,174	0,132	0,080	0,095	0,064	0,208
A2	0,140	0,132	0,133	0,159	0,096	0,083
A3	0,174	0,099	0,080	0,064	0,160	0,125
A4	0,105	0,132	0,133	0,095	0,128	0,166
A5	0,140	0,165	0,053	0,127	0,096	0,083
A6	0,070	0,099	0,133	0,095	0,064	0,166
A7	0,105	0,066	0,106	0,159	0,096	0,208
A8	0,070	0,165	0,080	0,064	0,128	0,166
A9	0,174	0,066	0,080	0,127	0,096	0,083
A10	0,105	0,165	0,106	0,095	0,064	0,208

Adım 1: Tablo VI'deki karar matrisi (D_{ij}) Eşitlik (10) kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo X'de görülmektedir.

Adım 2: Eşitlik (19) kullanılarak her bir boyut için SD değeri (σ_j) hesaplanır ve hesaplanan σ_j değerleri Tablo XI'de görülmektedir.

Adım 4: Eşitlik (20) kullanılarak hesaplanan boyutların ω_j değerleri Tablo XII'de görülmektedir.

Buna göre, standart sapma (SD) yöntemiyle nesnel olarak hesaplanan boyutların önem sırası: K6 $\succ$ K1 $\succ$ K2 $\succ$ K4 $\succ$ K3 $\succ$ K5.

D. Ağırlıklı Toplam (WS) Yöntemi Uygulaması

Ağırlıklı toplam (WS) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen performans değerlendirme adımları Entropi Bilgi (EI) ve Standart Sapma (SD) yöntemlerine göre aşağıda verilmektedir.

1. Entropi Bilgi (EI) – WS Yöntemi

Adım 1: Tablo VI'daki karar matrisi (D_{ij}) Eşitlik (10) kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo X'de görülmektedir.

Adım 2: Tablo X'daki normalleştirilmiş karar matrisi (R_{ij}) Entropi Bilgi (EI) yöntemiyle elde edilen boyut ağırlıkları (Tablo IX) ile çarpılır ve ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde performans sonuçları bulunur (Tablo XIII).

Adım 3: Alternatiflerin A_i tercih değerlerinin hesaplanması: Her bir boyut ağırlığı hesaplanan normalize edilmiş değerlerin çarpımı ile her bir alternatifin toplam tercih değeri bulunur (Tablo XIV).

2. Standart Sapma (SD) – WS Yöntemi

Adım 1: Tablo VI'daki karar matrisi (D_{ij}) Eşitlik (10) kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo X'da görülmektedir.

Adım 2: Tablo X'deki normalleştirilmiş karar matrisi (R_{ij}) Standart Sapma (SD) yöntemiyle elde edilen boyut ağırlıkları (Tablo XII) ile çarpılır ve ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde performans sonuçları bulunur (Tablo XV).

TABLO XIV
ENTROPİ BİLGİ (EI)-WS YÖNEMİNE GÖRE ALTERNATIFLERIN TERCIHI

A_i	F_i	P_i	Q_i
A1	0,754	0,992	2
A2	0,743	0,978	4
A3	0,702	0,924	6
A4	0,760	1,000	1
A5	0,665	0,875	8
A6	0,628	0,826	9
A7	0,740	0,974	5
A8	0,673	0,886	7
A9	0,627	0,825	10
A10	0,744	0,979	3

Adım 3: Alternatiflerin A_i tercih değerlerinin hesaplanması: Her bir boyut ağırlığı hesaplanan normalize edilmiş değerlerin çarpımı ile her bir alternatifin toplam tercih değeri bulunur (Tablo XVI).

TABLO XV
STANDART SAPMA (SD) AĞIRLIKLI NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,174	0,132	0,080	0,095	0,064	0,208
A2	0,140	0,132	0,133	0,159	0,096	0,083
A3	0,174	0,099	0,080	0,064	0,160	0,125
A4	0,105	0,132	0,133	0,095	0,128	0,166
A5	0,140	0,165	0,053	0,127	0,096	0,083
A6	0,070	0,099	0,133	0,095	0,064	0,166
A7	0,105	0,066	0,106	0,159	0,096	0,208
A8	0,070	0,165	0,080	0,064	0,128	0,166
A9	0,174	0,066	0,080	0,127	0,096	0,083
A10	0,105	0,165	0,106	0,095	0,064	0,208

TABLO XVI
STANDART SAPMA (SD)-WS YÖNEMİNE GÖRE ALTERNATIFLERIN TERCIHI

A_i	F_i	P_i	Q_i
A1	0,750	0,981	3
A2	0,759	0,992	2
A3	0,697	0,912	6
A4	0,765	1,000	1
A5	0,667	0,872	8
A6	0,636	0,832	9
A7	0,736	0,963	5
A8	0,669	0,875	7
A9	0,630	0,823	10
A10	0,746	0,976	4

Entropi Bilgi (EI) ve Standart Sapma (SD) yöntemlerine göre nesnel boyut ağırlıkları tanımlanan alternatiflerin (çalışanların), WS yöntemi kullanılarak 4 varyant (Eşitlik (4), (6), (8), (10)) için karşılaştırmalı tam sıralamaları Tablo XVII ve XVIII'de gösterilmektedir.

WS ÇBKV yöntemine göre Tablo XVII ve XVIII'deki tüm kombinasyonlarda ve objektif yöntemlerle tanımlanan boyut ağırlıkları kullanıldığında, A4 çalışanının en iyi alternatif olduğu, en kötü olanların ise A9 ve A6 çalışanları olduğu sonucuna varılabilir.

6.6. TOPSIS Yöntemi Uygulaması

TOPSIS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen performans değerlendirme adımları Entropi Bilgi (EI) ve Standart Sapma (SD) yöntemlerine göre aşağıda verilmektedir.

1. Entropi Bilgi (EI) – TOPSIS Yöntemi

Adım 1: Tablo VI'deki karar matrisi (D_{ij}) Eşitlik (4)

kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo XIX'da görülmektedir.

Adım 2: Tablo XIX'daki normalleştirilmiş karar matrisi (R_{ij}) Entropi Bilgi (EI) yöntemiyle elde edilen boyut ağırlıkları (Tablo IX) ile çarpılır ve ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde performans sonuçları bulunur (Tablo XX).

Adım 3: Eşitlik (34) ve (35) kullanılarak pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir (Tablo XXI).

Adım 4: Ayrım ölçüleri hesaplanır. Her bir alternatifin ideal çözümden ayrımı, Eşitlik (36) ve (7) kullanılarak hesaplanır (Tablo XXII ve XXIII).

TABLO XVII
ENTROPİ BİLGİ (EI) - WS YÖNTEMİNE GÖRE ALTERNATİFLERİN TERCİHİ

Boyut Ağırlıkları	WS	Çalışanlar										
Entropi Bilgi (EI)	Varyant 1	2	3	6	1	8	10	4	7	9	5	Sıralama
	Varyant 2	2	2	4	1	5	8	2	6	7	3	
	Varyant 3	2	4	6	1	8	9	5	7	10	3	
	Varyant 4	2	4	6	1	8	9	5	7	10	3	
Alternatifler		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	

TABLO XVIII
STANDART SAPMA (SD) - WS YÖNTEMİNE GÖRE ALTERNATİFLERİN TERCİHİ

Boyut Ağırlıkları	WS	Çalışanlar										
Standart Sapma (SD)	Varyant 1	3	2	6	1	8	10	4	7	9	5	Sıralama
	Varyant 2	3	2	4	1	5	7	3	5	6	3	
	Varyant 3	3	2	6	1	8	9	5	7	10	4	
	Varyant 4	3	2	6	1	8	9	5	7	10	5	
Alternatifler		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	

TABLO XIX
NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,420	0,328	0,247	0,267	0,195	0,417
A2	0,336	0,328	0,412	0,445	0,293	0,167
A3	0,420	0,246	0,247	0,178	0,488	0,250
A4	0,252	0,328	0,412	0,267	0,390	0,333
A5	0,336	0,410	0,165	0,356	0,293	0,167
A6	0,168	0,246	0,412	0,267	0,195	0,333
A7	0,252	0,164	0,330	0,445	0,293	0,417
A8	0,168	0,410	0,247	0,178	0,390	0,333
A9	0,420	0,164	0,247	0,356	0,293	0,167
A10	0,252	0,410	0,330	0,267	0,195	0,417

TABLO XX
ENTROPI BILGI (EI) AĞIRLIKLI NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,174	0,110	0,044	0,053	0,000	0,208
A2	0,116	0,110	0,133	0,159	0,053	0,000
A3	0,174	0,055	0,044	0,000	0,160	0,069
A4	0,058	0,110	0,133	0,053	0,107	0,139
A5	0,116	0,165	0,000	0,106	0,053	0,000
A6	0,000	0,055	0,133	0,053	0,000	0,139
A7	0,058	0,000	0,089	0,159	0,053	0,208
A8	0,000	0,165	0,044	0,000	0,107	0,139
A9	0,174	0,000	0,044	0,106	0,053	0,000
A10	0,058	0,165	0,089	0,053	0,000	0,208

TABLO XXI
POZİTİF İDEAL VE NEGATİF İDEAL ÇÖZÜMLER

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
N+	0,174	0,165	0,133	0,159	0,16	0,208
N-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

TABLO XXII
POZITIF İDEAL AYRIM ÖLÇÜLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,000	0,055	0,089	0,106	0,160	0,000
A2	0,058	0,055	0,000	0,000	0,107	0,208
A3	0,000	0,110	0,089	0,159	0,000	0,139
A4	0,116	0,055	0,000	0,106	0,053	0,069
A5	0,058	0,000	0,133	0,053	0,107	0,208
A6	0,174	0,110	0,000	0,106	0,160	0,069
A7	0,116	0,165	0,044	0,000	0,107	0,000
A8	0,174	0,000	0,089	0,159	0,053	0,069
A9	0,000	0,165	0,089	0,053	0,107	0,208
A10	0,116	0,000	0,044	0,106	0,160	0,000

TABLO XXIII
NEGATIF İDEAL AYRIM ÖLÇÜLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,174	0,110	0,044	0,053	0,000	0,208
A2	0,116	0,110	0,133	0,159	0,053	0,000
A3	0,174	0,055	0,044	0,000	0,160	0,069
A4	0,058	0,110	0,133	0,053	0,107	0,139
A5	0,116	0,165	0,000	0,106	0,053	0,000
A6	0,000	0,055	0,133	0,053	0,000	0,139
A7	0,058	0,000	0,089	0,159	0,053	0,208
A8	0,000	0,165	0,044	0,000	0,107	0,139
A9	0,174	0,000	0,044	0,106	0,053	0,000
A10	0,058	0,165	0,089	0,053	0,000	0,208

Adım 4: Her alternatif için ideal çözümü göreceli yakınlığı kullanarak (Eşitlik (38) ve (39)) alternatifleri ideal çözüme nispi yakınlıklarına göre azalan düzende sıralar (Tablo XXIV).

2. Standart Sapma (SD) – TOPSIS Yöntemi

Adım 1: Tablo VI'deki karar matrisi (D_{ij}) Eşitlik (4) kullanılarak normalize edilir ve hesaplanan r_{ij} değerleri Tablo XIX'da görülmektedir.

Adım 2: Tablo XIX'daki normalleştirilmiş karar matrisi (R_{ij}) Standart Sapma (SD) yöntemiyle elde edilen boyut ağırlıkları (Tablo XII) ile çarpılır ve ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinde performans sonuçları bulunur (Tablo XXV).

Adım 3: Eşitlik (34) ve (35) kullanılarak pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir (Tablo XXVI).

Adım 4:Ayrım ölçüleri hesaplanır. Her bir alternatifin ideal çözümden ayrımı, Eşitlik (36) ve (37) kullanılarak hesaplanır (Tablo XXVII ve XXVIII).

TABLO XXIV
ENTROPİ BİLGİ (EI)-TOPSIS YÖNEMİNE GÖRE ALTERNATIFLERIN TERCIHI

Alternatifler	Pozitif Ayrım Ölçüleri	Negatif Ayrım Ölçüleri	İdeal Çözüme göreli Yakınlığı	Sıralama
A_i	d^+	d^-	R^*	Q_i
A1	0,410	0,590	0,590	2
A2	0,427	0,572	0,573	3
A3	0,497	0,503	0,503	5
A4	0,399	0,600	0,600	1
A5	0,559	0,441	0,441	7
A6	0,619	0,380	0,380	8
A7	0,432	0,567	0,568	4
A8	0,545	0,455	0,455	6
A9	0,622	0,378	0,378	9
A10	0,427	0,573	0,573	3

TABLO XXV
STANDART SAPMA (SD) AĞIRLIKLI NORMALIZE EDILMIŞ KARAR MATRISI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,073	0,056	0,039	0,043	0,029	0,078
A2	0,059	0,056	0,065	0,071	0,043	0,031
A3	0,073	0,042	0,039	0,028	0,072	0,047
A4	0,044	0,056	0,065	0,043	0,058	0,063
A5	0,059	0,071	0,026	0,057	0,043	0,031
A6	0,029	0,042	0,065	0,043	0,029	0,063
A7	0,044	0,028	0,052	0,071	0,043	0,078
A8	0,029	0,071	0,039	0,028	0,058	0,063
A9	0,073	0,028	0,039	0,057	0,043	0,031
A10	0,044	0,071	0,052	0,043	0,029	0,078

TABLO XXVI
POZİTİF İDEAL VE NEGATİF İDEAL ÇÖZÜMLER

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
N+	0,073	0,071	0,065	0,071	0,072	0,078
N-	0,029	0,028	0,026	0,028	0,029	0,031

TABLO XXVII
POZİTİF İDEAL AYRIM ÖLÇÜLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,000	0,055	0,089	0,106	0,160	0,000
A2	0,058	0,055	0,000	0,000	0,107	0,208
A3	0,000	0,110	0,089	0,159	0,000	0,139
A4	0,116	0,055	0,000	0,106	0,053	0,069
A5	0,058	0,000	0,133	0,053	0,107	0,208
A6	0,174	0,110	0,000	0,106	0,160	0,069
A7	0,116	0,165	0,044	0,000	0,107	0,000
A8	0,174	0,000	0,089	0,159	0,053	0,069
A9	0,000	0,165	0,089	0,053	0,107	0,208
A10	0,116	0,000	0,044	0,106	0,160	0,000

TABLO XXVIII
NEGATİF İDEAL AYRIM ÖLÇÜLERI

Performans Boyutları	İşin Miktari	İşin Kalitesi	İş Bilgisi	İşbirliği	Bağlılık	İsteklilik
Optimizasyon Boyut Türü	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon	Max Maksimizasyon
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
A1	0,174	0,110	0,044	0,053	0,000	0,208
A2	0,116	0,110	0,133	0,159	0,053	0,000
A3	0,174	0,055	0,044	0,000	0,160	0,069
A4	0,058	0,110	0,133	0,053	0,107	0,139
A5	0,116	0,165	0,000	0,106	0,053	0,000
A6	0,000	0,055	0,133	0,053	0,000	0,139
A7	0,058	0,000	0,089	0,159	0,053	0,208
A8	0,000	0,165	0,044	0,000	0,107	0,139
A9	0,174	0,000	0,044	0,106	0,053	0,000
A10	0,058	0,165	0,089	0,053	0,000	0,208

Adım 4: Her alternatif için ideal çözümü göreceli yakınlığı kullanarak (Eşitlik (38) ve Eşitlik (39)) alternatifleri ideal çözüme nispi yakınlıklarına göre azalan düzende sıralar (Tablo XXIX).

Entropi Bilgi (EI) ve Standart Sapma (SD) yöntemlerine göre nesnel boyut ağırlıkları tanımlanan alternatiflerin (çalışanların), TOPSIS yöntemi kullanılarak 4 varyant (Eşitlik (4), (6), (8), (10)) için karşılaştırmalı tam sıralamaları Tablo XXX ve XXXI'de gösterilmektedir.

TOPSIS ÇBKV yöntemine göre Tablo XXX ve XXXI'deki tüm kombinasyonlarda ve objektif yöntemlerle tanımlanan boyut ağırlıkları kullanıldığında, A4 çalışanının en iyi alternatif olduğu, en kötü olanların ise A9 ve A6 çalışanları olduğu sonucuna varılabilir.

TABLO XXIX
STANDART SAPMA (SD)-TOPSIS YÖNEMİNE GÖRE ALTERNATIFLERIN TERCIHI

Alternatifler	Pozitif Ayrım Ölçüleri	Negatif Ayrım Ölçüleri	İdeal Çözüme göreli Yakınlığı	Sıralama
A_i	d^+	d^-	R^*	Q_i
A1	0,112	0,146	0,567	3
A2	0,105	0,154	0,595	2
A3	0,128	0,130	0,503	6
A4	0,102	0,156	0,605	1
A5	0,144	0,115	0,444	8
A6	0,160	0,099	0,382	10
A7	0,113	0,145	0,561	4
A8	0,143	0,116	0,447	7
A9	0,158	0,100	0,387	9
A10	0,114	0,144	0,558	5

TABLO XXX
ENTROPİ BİLGİ (EI) - TOPSIS YÖNTEMİNE GÖRE ALTERNATİFLERİN TERCİHİ

Boyut Ağırlıkları	TOPSIS	Çalışanlar										
Entropi Bilgi (EI)	Varyant 1	5	4	7	1	8	9	2	6	10	3	Sıralama
	Varyant 2	2	3	6	1	8	10	4	7	9	5	
	Varyant 3	2	4	6	1	8	9	5	7	10	3	
	Varyant 4	2	4	6	1	8	9	5	7	10	3	
Alternatifler		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	

TABLO XXXI
STANDART SAPMA (SD) – TOPSIS YÖNTEMİNE GÖRE ALTERNATİFLERİN TERCİHİ

Boyut Ağırlıkları	TOPSIS	Çalışanlar										
Standart Sapma (SD)	Varyant 1	3	2	6	1	8	10	4	7	9	5	Sıralama
	Varyant 2	3	2	6	1	8	10	4	7	9	5	
	Varyant 3	3	2	6	1	8	9	5	7	10	4	
	Varyant 4	3	2	6	1	8	9	5	7	10	4	
Alternatifler		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	

VII. SONUÇ

A. Sonuç

Çalışmada, yeni yaklaşımların geliştirildiği performans değerlendirme alanında, çok boyutlu karar verme yöntemleri kullanılarak bir model ve bu modeli uygulayan bir yazılım aracı geliştirilmiştir. ÇBKV yöntemleri, karar verme sürecinde birden fazla boyutu ve alternatifi bir arada değerlendirerek karar alınabilmesine olanak sağlar. ÇBKV yöntemleri, karar verme problemlerinde nitel ve nicel boyutlara dayalı, kolay uygulanabilen ve farklı problemler için ortak çözümler sunabilen yöntemlerdir. Yöntemlerin karar verme mantığı, genel olarak benzerlik gösterse de sonuca ulaşmada işlem akışı, karar verici sayıları ve sıralamadaki küçük farklılıkları ortaya koyma becerileri açısından birbirlerinden ayrılmaktadır. ÇBKV yöntemlerinden WS ve TOPSIS yöntemi, birçok alanda uygulamalara konu olan ve özellikle performans ölçümünde kullanılan yöntemdir. WS ve TOPSIS yöntemleri belirli ağırlıkları dikkate alarak, tüm boyutların değerlendirilmesini sağlayan, uygulaması kolay, boyut ile alternatifileri eş anlı çözüme ulaştırabilen bir yapıya sahiptir. Çalışmada kullanılan matematiksel ve yazılımsal yöntem sayesinde; işletmeden elde edilen çevrimiçi performans skorlarından hareketle her bir çalışanın bir performans puanına ulaşılmış ve çalışanların performans puanlarına göre sıralaması yapılarak değerlendirme kararı verilmiştir. Uygulama aşamasında kullanılan boyutlar ve bu boyutlara ait ağırlıklar göreceli olarak değişebilir.

WS ve TOPSIS yöntemleri, nicel ve nitel boyutları birlikte değerlendirerek, yapılan matematiksel işlemler ile performans değerlendirme sürecine etkin bir sonuç getirmektedir. Çalısmanın uygulama bölümünde, organizasyonda on çalışan için, EI ve SD temelli WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak performans değerlilikleri hesaplanmış ve bir performans puanı elde edilmistir. Kullanılan model, bilgi teknolojsi sektöründe faaliyet gösteren organizasyonlarda çalışanların performans değerliliklerinin performans göstergelerinden faydalanarak belirlenmesine yönelik bir modeldir. Çalışmada, performans değerlendirme sürecinde kullanılması önerilen model, kavramsal anlaşılabilirliği, kolay uygulanabilirliği, düşük maliyeti ve matematiksel hesaplanabilirliği karmaşa yaratmayan özelliğiyle üstünlük sağlamaktadır. Geliştirilen yazılım aracının da bu özellikleri desteklemesi öncelikli bir ister olarak göz önüne alınmıştır.

Bu çalışmada, çevrimiçi performans izleme ve çalışan seçimi için çok yönlü karar verme problemi, çok amaçlı optimizasyon için entropi tabanlı ağırlıklandırma ile ele alınmakta ve çözülmektedir. Çevrimiçi performans izleme çok

boyutlu karar verme sorunu, çoğunlukla, karar vericiye göre farklılık gösteren çok sayıda birbiri ile çelişen değerlendirme boyutları tarafından değerlendirilen uygulanabilir alternatiflerin bir setini içerir. Bununla birlikte, karmaşık karar verme problemlerinde genellikle karar verici, boyutların göreli önemi veya ağırlığı ile ilgili bağlı ve kesin sayısal yargılara varamayabilir veya istemeyebilir olabilir. Bilgi entropisi bir sistem içindeki olasılıksal düzensizliğin ölçüsüdür. Boyut değerleri içindeki beklenen ve yararlı bilgi içeriğini nicel olarak ölçebilir ve bir dizi performans boyutu içinde karşıtlık yoğunluğunu ölçer. Uygulanan yönteminin prosedürü, çeşitli boyutlara göre alternatiflerin toplam performansını üretmektedir. Yöntemin sonucu, A4 çalışanı alternatifinin alternatifler setinde en iyi alternatif olduğunu önermektedir. Bir alternatifte herhangi bir boyut eksikse, bu alternatif karar sürecinden çekilmeli veya eksik boyut için son derece düşük sembolik bir değer verilmelidir. Bu yöntem diğer çok amaçlı karar verme yöntemlerinin bazı üstünlüklerine sahiptir.

Her alternatifin genel performans puanı, sırasıyla yararlı ve olumsuz olmayan boyutların toplam puanı arasındaki farklar olarak hesaplanır ve sonuç olumlu veya olumsuz olabilir. Önerilen model, çalışan performans değerlendirme hedef değeri/optimum işlev değer düzeyi altında önceliklendirme boyutlarına ilişkin anlayışlar sağlayan anlaşılabilir, kapsamlı ve dengeli bir yaklaşımdır. Model, her bir alternatifin optimal seviyeye göreceli önemini vurgular.

Uygulamada nesnel nicel yöntemler kullanılarak çalışanların çevrimiçi performansını belirleyen çok boyutlu karar verme problemi ele alınmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen EI ve SD temelli WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak performans değerlendirme probleminde alternatiflerin belirlenen boyutlara göre performansının ölçülmesi hedeflenmiştir. Belirlenen boyutların önem düzeyleri, uzman görüşlerine gereksinim duyulmaksızın, EI ve SD yöntemleriyle nesnel olarak ağırlıklandırılarak atanmıştır.

İşin miktari, işin kalitesi, iş bilgisi, işbirliği, bağlılık, isteklilik boyutları kullanılarak bir organizasyon için çalışanların performans değerlendirmesi çok boyutlu analiz metoduyla değerlendirilmiştir.

Uygulamada çalışan performansın değerlendirilmesinde başvurulan nicel yöntemlerin normalizasyon prosedürleri farklıdır. Gerçekte, performans değerlendirme sürecinde, çalışanların önceden belirlenen hedef değerlere göre izlenmesi, organizasyonun stratejik hedeflerine ulaşabilmesi yönünden zorunlu ve kritik bir değerlendirmedir. Bu bağlamda, çalışan performans değerlendirme sürecinde hedeflere ulaşılırsa, başarılı performans, altında kalınırsa yetersiz performans, ve üstüne çıkılırsa, üstün performans elde edilebilir.

Bu çalışmada geliştirilen performans değerlendirme sisteminde, alternatiflerin performans tercih sıralamaları WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. Bu model sadece en iyi performans gösteren çalışanı değerleyebilmek ve seçebilmek için altı boyut hesaba katıyor. Bununla birlikte, organizasyon ölçeğine ve gereksinimlerine dayalı olarak daha fazla boyut eklenebilir ve daha fazla alternatif değerlendirilebilir. Buradaki çerçeve, çalışanların performans değerlendirmesinde kullanılabilecek bir dizi yeniden kullanılabilir işlevden oluşur.

Öte yandan, geliştirilen performans değerlendirme bilgi sistemi modeli, bir organizasyonun endüstriyel ve sektörel gereksinime dayalı olarak değerlendirmek isteyebileceği daha fazla boyut, çerçevelerin varlığı, bileşenlerin kullanılabilirliği, gerekli çalışanlarla birlikte yapılandırma kolaylığını desteklemektedir. Buna göre, çift kıyasla karşılaştırma değerleri, bir organizasyonun durumuna ve stratejik politikalarına dayalı olarak sunulan modelden farklılık gösterebilir. Örneğin, bir başlangıç organizasyonu, davranışa kıyasla verime daha fazla önem verebilir.

Ayrıca, yalnızca daha yüksek bir verimle çalışan kurulu bir organizasyon ileriye dönük olarak kalite için daha fazla önem verebilir. Buradan hareketle, geliştirilen model, organizasyonların performans değerlendirme uygulamalarını geliştirmek için yararlanabilinecek, aynı zamanda en iyi çalışanı kararlaştırabilmek ve seçebilmek için kullanabilecekleri bir temel sistem oluşturmaktadır.

B. Tartışma

Çok boyutlu karar verme yöntemleri, belirlenen somut ve soyut boyutlara/niteliklere göre potansiyel karar alternatiflerinden en iyisinin seçimini yapmaktadır. Çok boyutlu karar verme yöntemleri, birbiri ile çelişen boyutlara göre farklı özelliklere sahip alternatifler kümesinden en iyi alternatifin seçimi veya alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır.

Çok boyutlu karar verme yöntemlerinde, farklı özelliklere sahip olan alternatiflerin birden fazla boyuta göre değerlendirilerek sıralanırlar. Bilgi teknolojisindeki hızlı gelişmelerden bireyler, takımlar ve organizasyonlar yararlanırken, ortaya çıkan çeşitlilik kullanılabilecek alternatif sayısını artırmaktadır. Bu durum hem seçim yapmayı gerektirmekte hem de bu seçimi güçleştirmektedir. Bu çalışmada çevrimiçi çalışan performans izleme ve değerlendirme süreci ele alınmıştır. Alternatiflerin seçim sürecinde çok boyutlu karar verme yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan EI ve SD temelli WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. Çalışanların performansının değerlendirilmesi sürecinde etkin ve etkili bir ölçüm organizasyonun rekabet edebilirlik kapasitesini artırabilir.

Bu çalışmada, çalışanların performans değerlendirme boyutları, mevcut organizasyon senaryosu ve bu alandaki araştırma sonuçlarına ve kararlarına dayanarak kararlaştırılmıştır. Klasik performans değerlendirme yönteminden karar alıcıların karşı karşıya kaldıkları öznel yargı göz önüne alındığında, bu çalışmada geliştirilen nesnel ve nicel performans değerlendirme yöntemleri, kritikliklerine bağlı olarak ölçme ve değerlendirme kararlarının her düzeyinden daha kesin önceliğe ulaşmak için kullanılmıştır. Çalışanların tercih sıralaması WS ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak yapılmış ve değerlendirilmiştir.

Çalışmada kullanılan boyutlar ve yöntemler farklı sektör alanında faaliyet gösteren organizasyonların da doğru çalışanın seçiminde kullanabileceği ve sonuç alınabileceği yöntemlerdir. Ayrıca çalışma farklı bir organizasyonda

tekrarlanarak çalışan seçiminde yaşanan yerin ve organizasyon kültürünün etkisi araştırabilir. Bu çalışma bilgi teknolojisi endüstrisinde çalışan performansı ölçümüne katkıda bulunmaktadır. Geliştirilen model, çalışan performansı değerlendirme hedef değer / optimal fonksiyon değeri düzeyi altında önceliklendirme boyutlarına ilişkin anlayışlar sunan anlaşılabilir, kapsamlı ve dengeli bir yaklaşımdır. Model, her bir alternatifin üst düzeye göre göreli önemini vurgular.

Bu modelin uygulanması, bilgi teknolojisi endüstrisinde rekabet üstünlüğü elde etmek için en kritik alanlara odaklanarak gelecekteki performans uygulamalarında önemli olumlu etkilere ve sonuçlara yol açabilecektir. Çok boyutlu analiz metodunun kuramsal alt yapısı ve çözüm aşamalarının ayrıntılı olarak ele alındığı bu çalışmada, özellikle çalışanların performans değerlendirmesi ve seçilmesi altı boyut göz önüne alınarak bir uygulama yapılmıştır.

Çok boyutlu analiz algoritmasına göre yapılan tüm hesaplamalar sonucunda, belirlenen boyutlara göre karşılaştırılan çalışanlar arasından A4'ün performansı en çok değerlenerek seçilmiş olduğu görülmüştür. Çok boyutlu analiz tekniği, performans değerlendirme sürecinde çok boyutlu karar verme hedefini çözmek için doğru çalışanı bulmada başarıyla kullanılmaktadır. Bu karar verme problemini çözmek için etkili bir performans değerlendirme yönetim aracı tasarlanmıştır.

Her yıl gerçekleştirilen çok sayıda performans değerleme çalışmalarıyla, yöneticiler organizasyon kültürü, finansmanları ve öncelikleri ile ilgili faktörlere dayalı doğru çalışanı belirlemek için doğru ve güvenilir bir araca gereksinim duymaktadır. Yaygın olarak kullanılan yalnızca klasik performans değerlendirme modeline dayanan karar verme, insan kararında hata yapma eğilimi gösterir. Çok boyutlu analiz yaklaşımı kullanarak geliştirilen model, doğru çalışanı belirlemenin kritik gerçek yaşam kararını ele almak için tasarlanmıştır. Bu çalışma, bu bağlamda çok boyutlu karar analiz yöntemi uygulamasının eksiksiz bir örneklemesini ve uyarlanmasını göstermektedir.

Geliştirilen matematiksel model ve yazılım aracının sınırlılıkları dikkate alındığında, önerilen modelde yapay zeka, makine öğrenmesi, ve derin öğrenme yöntemlerinin algılama, yargılama, problem çözme, düşünme, dil becerileri, ve öğrenme yeteneği özellikleri kullanılarak modelin hesaplamalı zekasal işlemlerinin işlevselliği ve duyarlılığı artırılabilir. Yazılım sistemi, çevrimiçi performans izleme modelinin sadece temel işlevleri dikkate alınarak geliştirilmiştir, bununla birlikte yazılım aracının profesyonel amaçlar açısından boyutlandırılabilmesi ve geliştirilebilmesi olasıdır. Öte yandan, modelin yazılım sistemi web tabanlı ortamın dışında birçok farklı yaygın mobil sistemler üzerinde koşturulabilecek akıllı işlevsel uygulamaları da geliştirilebilir.

Önerilen modelin uygulanması, bilgi teknolojisi endüstrisinde rekabet avantajı elde etmek için en kritik alanlara odaklanarak gelecekteki performans uygulamalarında önemli olumlu etkilere ve sonuçlara neden olabilir. Çok boyutlu optimizasyon analizi yöntemi, çevrimiçi performans izlemesinin değerlendirilmesinden elde edilen tatmin edici sonuçlar nedeniyle bir dizi alternatiften sıralama veya en iyi alternatifi seçmek için uygun bir model olarak görülmektedir. Performans değerlendirme sonuçları, çalışanların performans yeteneklerini değerlendirmek için kullanılan çok boyutlu analiz yönteminin ÇBKV problemini güçlü bilgi teknolojisi yeteneği ile çözmek suretiyle bilimsel referans niteliğe ve uygulanabilirliğe sahip olduğunu göstermektedir.

REFERANSLAR

[1] Hennessy, J., Patterson, D. (2011). Computer Architecture: A Quantitative Approach.The Morgan Kaufmann Series in Computer Architecture and Design. USA
[2] Gerrish, Ed. (2015). The Impact of Performance Management on Performance in Public Organizations: A Meta-Analysis. Public Administration Review 76 (1):48–66.
[3] Torrington, D., Hall, L.(1995). Personel Management. HRM in Action (3e).
[4] Pugh, D. (1991). Organizational Behaviour. Prentice Hall Interneational (UK) Ltd.
[5] Bolton, T. (1997). Human Resource Management: An introduction. Massachusetts: Blackwell Publishers.
[6] Armstrong, M., (1996). Employee Reward, Institute of Personnel and Development IPD House, London.
[7] Schermerhorn, J.R. (1989). Management and Productivity, (Third Ed.), New York, John Wiley and Sons Inc.
[8] Barkey, J.B. (2002). Gaining and Sustaining Competitive Advantage. New Jersey: Prentice Hall.
[9] Knouse, S.B. (1996). Management Perspectives on TQM Concepts and Practices. ASQ Quality Press, (January 1996).
[10] de Waal, A. A., Counet, H. (2009). Azons Learned from Performance Management Systems Implementations. International Journal of Productivity and Performance Management, 58(4), 367–390.
[11] Paauwe, J., Boselie, P. (2005). HRM and Performance: What Next? Human Resource Management Journal, 16.29
[12] Tung, A., Baird, K., Schoch, H. P. (2011). Factors influencing the effectiveness of performance measurement systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 1287-1310.
[13] Mabey, Christopher; Salaman, Graeme; Storey, John. (1999). Human Resource Management: A Strategic Introduction, 2nd Edition. Blackwell Publishers Ltd.
[14] Locke E A, Saari L M, Shaw K N, Latham G P.(1981). Goal setting and task performance: 1969-1980. Psychol. Bull. 90:125-52.
[15] Vroom, V.H., Deci, E.L., (1983). Management and Motivation, Penguin (first published 1970)
[16] Saaty, Thomas L.(1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. Management Science, Volume 32, Issue 7, pp. 841 - 855.
[17] Zeleny, M. (1982). Multiple Criteria Decision Making. USA: McGraw-Hill Book Company.
[18] Zanakis, S. H., Solomon, A., Wisharta, N., Dublish, S. (1998). Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods, European Journal of Operational Research, Volume 107, Issue 3, 16 June 1998, pp. 507-529.
[19] Yu, P.L. (1985). Multiple-criteria Decision Making: Concepts, Techniques, and Extensions, Plenum Publishing Corporation, New York.
[20] Liu, X. (2004). On the methods of decision making under uncertainty with probability information, Int. J. Intel. Syst. 19, 1217–1238.
[21] Oraee, K. Bakhtavar, E. (2010). Selection of Tunnel Support System by Using Multi Criteria Decision-Making Tools, 29th International Conference on Ground Control in Mining.
[22] Jahanshahloo, G.R., Lotfi, F. H., Izadikhah, M. (2006).An algorithmic method to extend TOPSIS for decision-making problems with interval data, Applied Mathematics and Computation, Volume 175, Issue 2, 15 April 2006, pp. 1375-1384.
[23] Hwang, C. L., Yoon, K. (1981). Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
[24] Ribeiro, R.A. (1996). Fuzzy multiple attribute decision making: a review and new preference elicitation techniques, Fuzzy Sets Syst. 78, 155–181.
[25] Saaty, T.L. (1983). Priority Setting in Complex Problems, IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 30, no. 3,, pp. 140-155.
[26] Triantaphyllou, E., S.H. Mann (1989). An Examination of the Effectiveness of Multi-Dimensional Decision-Making Methods: A

Decision-Making Paradox. International Journal of Decision Support Systems 5, 303-312.
[27] Scheubrein, R., Zionts, S. (2006). A problem structuring front end for a multiple criteria decision support system, Computers and Operations Research 33, 18 – 31.
[28] Tzeng, G.H., Huang, J.J. (2011). Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. USA: CRC Publishers.
[29] Triantaphyllou, E., Shu, B., Nieto Sanchez, S., Ray T. (1998). Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 15: 175-186.
[30] Guarnieri, P. (2015). Decision Models in Engineering and Management, Springer International Publishing AG.
[31] Mendoza, G.A., Martins, H., (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms, Forest Ecology and Management 230 (2006) 1–22.
[32] Bernroider, W.N., Mitlöhner, J. (2005). Characteristics of the Multiple Attribute Decision Making Methodology in Enterprise Resource Planning Software Decisions. Communications of The IIMA. 5(1): 49-57.
[33] Triantaphyllou, E. (2000). Multi-criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
[34] Choo, E.U., Schoner, B., Wedley, W.C., (1999). Interpretation of Criteria Weights in Multicriteria Decision Making. Computers and Industrial Engineering. 37: 527-541.
[35] Malczewski, J. (1999). GIS and Multi-Criteria Decision Analysis. JohnWiley & Sons, Inc., New York.
[36] Al-Ahmari, A. M. A. (2008). A methodology for selection and evaluation of advanced manufacturing technologies, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, Volume 21, 2008, Issue 7, pp. 778-789.
[37] Várhelyi, A.,Kaufmann, C., Persson, A. (2015). User-related assessment of a Driver Assistance System for Continuous Support – A field trial. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Volume 30, April 2015, pp. 128-144.
[38] Huesmann, A., Farid, M., Muhrer, E. (2016). From Controllability to Safety in Use: Safety Assessment of Driver Assistance Systems,Automated Driving, pp 495-518.
[39] Tamke, A., Dang, T., Breuel, G. (2011). A flexible method for criticality assessment in driver assistance systems,Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE, 5-9 June 2011, Baden-Baden, Germany.
[40] Yu, D. (2017). Hesitant fuzzy multi-criteria decision making methods based on Heronian mean, Technological and Economic Development of Economy, Volume 23, 2017, Issue 2, pp. 296-315.
[41] Michalke, T.P., Nagarathinam, A., Schafers, L. (2011). A Dynamic Approach for Ensuring the Functional Reliability of Next-Generation Driver Assistance Systems, 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2011), October 5-7, 2011, Washington DC, US.
[42] Beg, I., Rashid, T. (2017). Modelling Uncertainties in Multi-Criteria Decision Making using Distance Measure and TOPSIS for Hesitant Fuzzy Sets, Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research, Volume 7, Issue 2 (Apr 2017).
[43] Shannon, C. (1948). A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal 27, 379-423.
[44] Xiaoxing L., Krishnan, A., Mondry, A. (2005). An Entropy-based gene selection method for cancer classification using microarray data, BMC Bioinformatics 2005, 6:76, pp.1-14.
[45] Wang, J.-q., Wu, J.-t., Wang, J., Zhang, H.-y., Chen,X.-h. (2016). Multi-criteria decision-making methods based on the Hausdorff distance of hesitant fuzzy linguistic numbers, Soft Computing, April 2016, Volume 20, Issue 4, pp. 1621–1633.
[46] Fishburn, P.C. (1967). Additive Utilities with Incomplete Product Set: Applications to Priorities and Assignments. Operations Research Society of America (ORSA), Baltimore, MD, U.S.A.
[47] Shih H. S., Shyurb, H. J., Lee, E. S. (2007). An Extension of TOPSIS for Group Decision Making. Mathematical and Computer Modelling, 45(7-8): 801–813.
[48] Chen, M. F., Tzeng, G. H. (2004). Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country. Mathematical and Computer Modelling, 40, 1473-1490.
[49] Abo-Sinna, M. A. Amer, A. H. (2005). Extensions of TOPSIS for multi-objective large-scale nonlinear programming problems, Applied Mathematics and Computation, vol. 162, pp. 243-256.
[50] Cheng, S., Chan, C. W., Huang, G. H. (2002). Using Multiple Criteria Decision Analysis For Supporting Decisions of Solid Waste Management. Journal of Environmental Science and Health, 37(6): 975-990.
[51] Zitzler, E., Thiele, L. (1999). Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach, in IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Vol. 3, No. 4. pp. 257-271.
[52] Zadeh, L. (1963). Optimality and non-scalar-valued performance criteria, in IEEE Transactions on Automatic Control.
[53] Zadeh, L.A., (1965). Fuzzy sets, Information and Control, 8, 338-353.
[54] Zimmermann, H.J. (1990). Fuzzy Set Theory and its Application, Kluwer Academic Publishers, Boston, 35-85.
[55] Yu, V. F., Hu, K. J. (2010). An Integrated Fuzzy Multi-Criteria Approach for The Performance Evaluation of Multiple Manufacturing Plants. Computers and Industrial Engineering, 58(2), 269–277.
[56] Helff, F., Gruenwald, L, d'Orazio, L. (2016). Weighted Sum Model for Multi-Objective Query Optimization for Mobile-Cloud Database Environments, in the Workshop Proceedings of the EDBT/ICDT 2016 Joint Conference (March 15, 2016, Bordeaux, France) on CEUR-WS.org (ISSN 1613-0073).
[57] Myers, J.L, Well, A.D. (2003). Research Design and Statistical Analysis (2.ed.), Lawrence Erlbaum.
[58] Chen P Y, Popovich P M. (2002). Correlation: Parametric and Nonparametric Measures. California: Sage Publications, 2002.
[59] Kendall M G, Babington-Smith B. (1939). The Problem of m Rankings. The Annals of Mathematical Statistics, 1939; 10 (3): 275- 287.
[60] Siegel S. (1956). Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. New York: McGraw- Hill, 1956.
[61] Mitchell, R. K., Agle R., B., Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. The Academy of Management Review, Vol. 22, No. 4 (Oct., 1997), pp. 853-886.
[62] Churchman, C.W., Ackoff, R.L. (1954). An Approximate Measure of Value. Journal of Operations Research Society of America 78, 367-379.
[63] MacCrimmon, K.R. (1968).Decision making among multiple – attribute alternatives: A Survey and Consolidated Approach. RAND Memorandum,RM-4823-ARPA.
[64] Klee, A.J. (1971). The Role of Decision Models in the Evaluation of Competing Environmental Health Alternatives. Management Science 18(2),52-67.
[65] Miettinen, K. M. (1998). Nonlinear Multiobjective Optimization. Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts, USA, 1998.
[66] Deng H, Yeh CH, Willis RJ. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. Comput.Oper. Res. 27 963-973.
[67] Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. Comput. Oper. Res. 22 763-770.
[68] Ying-Ming W., Ying L.(2010).Integration of correlations with standard deviations for determining attribute weights in multiple attribute decision making. Mathematical and Computer Modelling 51 (2010) 1–12.
[69] Weitendorf, D. (1976). Beitrag zur Optimierung der räumlichen Struktur eines Gebäudes. Dissertation A, Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar.
[70] The Model View Controller (MVC) Pattern Architecture, May 2018; best-practice-software-engineering.ifs.tuwien.ac.at/patterns/mvc.html
[71] The Model-View-Controller (MVC) Pattern Abstraction, May 2018; heim.ifi.uio.no/~trygver/themes/mvc/mvc-index.html
[72] Vujičić, Momčilo D.,Papić, Miloš Z., Blagojević, Marija D.(2017) Comparative Analysis of Objective Techniques for Criteria Weighing in Two MCDM Methods on Example of an Air Conditioner Selection, Tehnika – Menadžment 67 (2017) 3, pp.422-429.