

ÇKKV ve Tamsayı Programlama Yöntemleri ile Bir Üretim İşletmesinde Uzaktan Çalışma Modelinin Oluşturulması

Creating Remote Working Model in a Production Facility with MCDM and Integer Programming Methods

Müge AKAY*
Nilsen KUNDAKCI**

ÖZ

Tüm dünyada etkisini sürdüren Covid-19, iş hayatında çalışma koşullarının değişmesinde büyük rol oynamıştır. Covid-19'un ortaya çıkmasından sonra birçok işletme uygun bir bilgi işlem altyapısı varsa uzaktan çalışma ya da dönüşümlü çalışma modeline geçmeyi tercih etmişlerdir. Bilgi işlem altyapısı eksik olan işletmeler ise altyapılarını geliştirmeye ve uzaktan çalışma modeline geçmek için gerekli şartları sağlamaya çalışmıştır. Bu süreçte ofiste bulunan çalışan sayısının azaltılması ve temasın mümkün olduğunca azaltılabilmesi açısından uzaktan çalışma modeli bir ihtiyaç haline gelmiştir.

Bu çalışmada, Denizli'de faaliyet gösteren bir üretim işletmesinde, ofiste bulunan çalışan sayısını azaltmak amacıyla öncelikle uzaktan çalışmaya uygunluğa yönelik kriterlerin ağırlıkları MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) yöntemiyle belirlenmiş, sonrasında TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile çalışanlar uzaktan çalışma modeline uygunluğa göre sıralanmış ve işletmenin uzaktan çalışma modeline göre belirlediği kurallar dikkate alınarak tamsayı programlama yöntemi ile çalışanların uzaktan çalışma ve ofisten çalışmasına yönelik dönüşümlü çalışma modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmada önerilen yöntemler yardımıyla, manuel olarak oluşturulan çizelgelere göre daha adil ve işveren taleplerini karşılayan bir çalışma modeli oluşturulmuştur.

ANAHTAR KELİMELER

MACBETH, TOPSIS, Tamsayı Programlama, Uzaktan Çalışma, Dönüşümlü Çalışma, Covid-19

ABSTRACT

Covid-19, which continues its impact all over the world, has played a major role in changing working conditions in business life. Due to Covid-19, many businesses have preferred to switch to remote working or rotational working model if there is a suitable IT infrastructure. Businesses with a lack of IT infrastructure tried to develop their infrastructure and provide the necessary conditions to switch to the remote working model. In this process, the remote working model has become a necessity to decrease the number of employees in the office and to reduce contact as much as possible.

In this study, in a production company operating in Denizli, first, the weight of the criteria for remote working eligibility were determined with the MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) method, and then the employees were ranked according to their suitability for the remote working model with the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method. Considering the rules determined by the enterprise according to the remote working model, a rotational working model was created for the employees to work remotely and work from the office, with the integer programming method. With the help of the methods proposed in this study, a working model that is fairer and meets the demands of the employer has been created compared to the manually created schedules.

KEYWORDS

MACBETH, TOPSIS, Integer Programming, Remote Working, Rotating Working, Covid-19

Makale Geliş Tarihi / Submission Date	Makale Kabul Tarihi / Date of Acceptance
09.08.2021	22.11.2021
Atf	Akay, M. ve Kundakçı, N. (2021). ÇKKV ve Tamsayı Programlama Yöntemleri ile Bir Üretim İşletmesinde Uzaktan Çalışma Modelinin Oluşturulması. <i>Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi</i> , 24 (2), 548-568.

* Yüksek Lisans öğrencisi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, makay202@posta.pau.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2282-8151

** Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, nilsenk@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7283-320X

GİRİŞ

Tüm dünyada Covid-19 ile ekonomi, sağlık sektörü, eğitim ve iş hayatında birçok değişiklik yaşanmış, hayatımıza yeni uygulamalar girmiştir. Pandemi dönemi boyunca kişiler arasındaki teması mümkün olduğunca azaltmak için eğitim alanında uzaktan eğitim metodu tercih edilirken, kamu ve özel sektör olmak üzere birçok iş yerinde ise uzaktan çalışma uygulamalarına yer verilmiştir. Uzaktan çalışma yöntemi ile dijitalleşmenin ne kadar önemli olduğu bir kez daha anlaşılmıştır. Gelişmiş, yenilikçi ve bilgi işlem yapısı uygun olan işyerleri pandemi döneminde uzaktan çalışma uygulamasına geçmekte bir sorun yaşamazken, bu altyapıya sahip olmayan işletmeler büyük zorluklar yaşamıştır.

Bilgi işlem altyapısı uygun olan işletmeler, pandemi dönemi boyunca sürekli uzaktan çalışmayı ya da dönüşümlü çalışma modeli belirleyerek kısmi zamanlı evden kısmi zamanlı ofisten çalışmayı tercih etmişlerdir. Bu durum dönüşümlü çalışma modeli uygulayan işletmelerde haftalık ya da aylık çalışma planı oluşturma sorununu doğurmuştur. Bu çalışmada, daha önce literatürde sıklıkla karşılaşılan personel çizelgeleme sorunu ele alınmıştır. Literatürde personel çizelgeleme için en çok kullanılan modellerin hedef programlama ve tamsayı programlama olduğu görülmekle birlikte en çok kullanıldıkları alanların ise hemşire çizelgeleme problemleri, öğretim elemanlarının ders programlarına atanma problemleri ve vardiya planlama problemleri olduğu görülmektedir.

Gaballa vd. (1979), satış rezervasyon ofislerinde tamsayı doğrusal programlama modeli ile işgücü planlaması oluşturmuşlardır. Şirketin hizmet standartlarına ulaşması gereken aylık personel gücünü bir bilgisayarla birlikte, operasyonel olmayan hususları da dahil ederek personel ihtiyacını optimize etmişlerdir. Nobert vd. (1998), hava kargo terminallerinde yük elleçleme çalışanlarının işgücü planlamalarını tamsayı programlama modeli kullanarak oluşturmuşlardır. Bard vd. (2003), Amerika Birleşik Devletleri Posta Servisi'nde ortaya çıkan tur zamanlama probleminin çözümünde saf tamsayı programlama modeli kullanarak, CPLEX ile çözüm sağlamıştır. Modelde hem tam zamanlı hem de yarı zamanlı çalışanları dikkate alırken sendika sözleşmesi tarafından tanımlanan temel kısıtlamaları da dahil etmişlerdir. Art arda iki gün için gereksinimleri, değişken günlük başlangıç zamanlarını, yarı zamanlı ve tam zamanlı personeli dikkate alarak çizelgelemeleri oluşturmuşlardır. Azaiez vd. (2005), 0-1 hedef programlama ile Riyadh Al-Kharj hastanesinde hemşire çizelgeleme problemini ele almış hem hastane hedeflerine hem de hemşirelerin tercihlerine göre bir planlama modeli oluşturmuş ve LINGO programını kullanmışlardır. Lezaun vd. (2006), Metro Bilbao'da çalışan sürücüler için dört tip tamsayı programlama problemi modeli geliştirerek, yıl içerisinde tüm sürücülerin aynı görevi yerine getirmesini sağlamış, haftanın günleri boyunca tek tip olmayan bir görev planlaması oluşturmuşlardır. Sungur (2008), bir güzellik salonunun vardiya çizelgeleme problemini ele almış bu problemin çözümü için karma tamsayı vardiya çizelgeleme modeli önermiştir. Bektur vd. (2013), hedef programlama modeli ile çalışanların becerileri, kıdem seviyeleri, tercihleri ve iş yerinin taleplerini dikkate alarak çalışanların izin günlerini dahil ederek bir planlama oluşturmuşlardır. Öztürkoğlu vd. (2014), bir hastanede hemşire çizelgeleme problemi için tamsayı matematiksel bir model oluşturmuştur. Çalışmalarında hemşirelerin kendi tercihlerini dikkate alarak bir çizelgeleme oluşturulmasını amaçlamışlar, önerdikleri modeli bir üniversite hastanesinin genel cerrahi bölümünde denemişler ve %99,6 oranında hemşirelerin tercihlerini yerine getiren bir model olduğunu görmüşlerdir. Varlı ve Eren (2017), AHP tekniğinden yararlanarak belirli kriterleri dikkate alarak personeli belirli kıdem seviyelerine ayırdıktan sonra fabrikada her vardiya için ihtiyaç duyulan işgücünü karşılamak, her şefin izinli günlerini düzenlemek, niteliği çok olan ve niteliği az olan personelin mümkün olduğunca aynı vardiyaya atanmasını sağlamak amacıyla hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Ciritcioğlu vd. (2017), bir üniversitede çalışan 19 güvenlik görevlisinin sabah, akşam ve gece olmak üzere vardiyalarının düzenlenmesi amacıyla bir model önerisi geliştirmişlerdir. Önerdikleri modeli hedef programlama tekniğini kullanarak ILOG Cplex Optimizasyon programı yardımı ile çözmüşlerdir. Varlı vd. (2017), bir hastanede çalışan hemşirelerin izin isteklerini dikkate alarak aylık çalışma planlarını oluşturmak için hedef programlama modeli geliştirmişlerdir. Oluşturulan matematiksel modeli ILOG Cplex Optimization programı ile çözmüşlerdir. Katrancı (2018), Denizli'de çalışan itfaiye erlerinin vardiya planlama problemini tamsayı programlama modeli ile ele almış ve modeli GAMS paket programı ile çözmüştür. Cürebal vd. (2020), Kapadokya'da turistler için düzenlenen bir etkinliğin personel çizelgeleme çalışmasını modellemişlerdir. Çalışmada etkinlikte yürütülecek görevler AHP yöntemi ile önceliklendirilmiş ve personellerin yetkinliklerini ve görevlerin önem derecelerini dikkate alan bir hedef programlama modeli kurulmuştur. Cürebal ve Eren (2021), Covid-19 pandemi risk durumunu dikkate alarak, Ankara ilinin Yenimahalle bölgesinde hizmet veren bir hastanede görev yapan güvenlik çalışanlarına yetkinlik bazlı bir vardiya çizelgeleme modeli oluşturmuşlardır. Vardiya çizelgelemesi yapılırken personelinin yetkinlik puanları ve pandemi süreci ile ilgili olarak personel risk durumları dikkate alınmıştır. Yetkinlik puanlarının

değerlendirilmesinde AHP, TOPSIS yöntemleri bütünleşmiş biçimde kullanılmış ve atamalar için ise hedef programlama yönteminden yararlanılmıştır. Keçeci (2021), Covid-19 sürecinde, bir üniversitenin öğretim üyeleri için Excel tabanlı bir karar destek sistemi ile çalışma modeli oluşturmuştur.

Bu çalışmada ise daha önceden hayatımıza giren fakat özellikle Türkiye’de Covid-19 pandemisinde sonra tercih edilen dönüşümlü çalışma modeli problemi ele alınmıştır. Uzaktan çalışmaya uygunluğa yönelik kriterlerin ağırlıkları MACBETH yöntemiyle belirlenmiş, sonrasında ise çalışanlar uzaktan çalışma modeline uygunluğa göre TOPSIS yöntemi ile sıralanmış ve işletmenin uzaktan çalışma modeline göre belirlediği kurallar dikkate alınarak 0-1 tamsayı programlama yöntemi ile çalışanların uzaktan çalışma ve ofisten çalışmasına yönelik dönüşümlü çalışma modeli oluşturulmuştur. Bu çalışma literatüre iki açıdan katkı sağlamaktadır. Bunlardan ilki Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden MACBETH ve TOPSIS yöntemleri ile tamsayı programlamanın entegre edilerek bir arada kullanılmasıdır. İkincisi ise son zamanlarda Covid-19 pandemisi ile işletmelerin başvurduğu uzaktan çalışma modelinin geliştirilerek işletmelere yardımcı olunmasıdır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde Covid-19 pandemisinin çalışma hayatına etkilerinden bahsedilmiş, Covid-19 pandemisinin ortaya çıkışı, bu kapsamda çalışma hayatında alınan önlemler, esnek çalışma modeli ve uzaktan çalışma modelleri ele alınmıştır. İkinci bölümde çalışmanın uygulama kısmında kullanılan yöntemlere yer verilmiş, MACBETH, TOPSIS ve tamsayı programlama yöntemlerine değinilmiştir. Üçüncü bölümde Denizli’de bir üretim işletmesinde insan kaynakları departmanının tecrübelerine dayanarak oluşturulan manuel hazırlanmış dönüşümlü çalışma modeli ve bu çalışma kapsamında oluşturulan yeni dönüşümlü çalışma modeline yer verilmiştir. Sonuç ve öneriler kısmında ise manuel hazırlanan çalışma modeli ile MACBETH, TOPSIS yöntemlerinden yararlanılarak oluşturulan tamsayı programlama modelinin GAMS programında çözülmesiyle oluşturulan yeni çalışma modelinin karşılaştırılmasına ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

1. COVID-19 PANDEMİSİNİN ÇALIŞMA HAYATINA ETKİSİ

1.1. Covid-19 Pandemisi

Koronavirüs (Covid-19), 2019 yılının Aralık ayında Çin’in Wuhan eyaletinde ortaya çıkan, solunum yolu enfeksiyonuna neden olan bulaşıcı bir virüsdür. İlk olarak Çin’de ortaya çıkan bu virüs kısa zaman içerisinde tüm dünyaya yayılmış, 11 Mart 2020 tarihinde ise Dünya Sağlık Örgütü tarafından “pandemi” olarak ilan edilmiştir (Serinikli, 2021: 278).

Covid-19, 2020’nin Mart ayında Türkiye de içinde olmak üzere 133 ülkeye yayılmıştır. Covid-19 başlangıçta ölümcül olmayan bir zatürre olarak tanımlansa da günümüzde yaşlı ve kronik hastalığı olan kişilerde ölümcül etkilere sebep olmaktadır. Koronavirüsün en sık görülen belirtileri yüksek ateş, kuru öksürük, balgam, baş ağrısı, kas ve eklem ağrıları, solunum güçlüğü ve halsizliktir (Buruk, 2020: 1). Bu virüsün hızla yayılması tüm dünyada farklı önlemler alınmasına neden olmuş, birçok ülkede uçuş yasakları, karantina, sıkıyönetim, sokağa çıkma yasağı, uzaktan eğitim, evden çalışma ve esnek çalışma gibi önlemler alınmıştır. Salgının yavaşlatılması amacıyla bireylerin mümkün olduğunca evde kalması bütün ülkelere benimsenmiştir (Telli, 2020: 27).

Salgından kaynaklı ülkelerin almış olduğu önlemler tedarik zinciri yapısında bozulmalara sebep olmuş, özellikle de üretimlerin aksaması gibi olumsuzlukları beraberinde getirmiştir. Tedarik zincirinin bozulmasının yanında birçok işletmede finansman sorunu yaşanmış, müşteri talepleri azalmış, müşteri alacaklarını tahsil etmekte problemler yaşanmış ve tedarikçi ödemeleri aksamıştır (Serinikli, 2021: 279).

Covid-19’un aniden meydana gelmesi işletmeleri yenilik yapmaya ve işleri yapış biçimini değiştirmeye zorlamıştır. Ofislerde çalışmak yerine evden çalışmak daha önemli bir hale gelmiştir. Dijital dönüşümün önemini anlamış olan şirketler bu konuda zorlanmazken, bu konuya önem vermeyen şirketler evden çalışma modeline hazırlıksız yakalanmışlardır. Covid-19’un ekonomi ve insanlar üzerindeki sert gerçekliği dijital dönüşüm kavramını odak noktası haline getirmiştir. Dijital dönüşüm modern bilgi teknolojilerini kullanarak tamamen yeni bir iş modeli yaratmak ile ilgilidir. Organizasyonun kültürünü, yönetim stratejisini, teknolojik karışımını ve operasyonel düzenini derinden değiştirmek için mevcut bilgiden yararlanır (Savić, 2020:101).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), 18 Mart 2020 tarihinde “Covid-19 ve İş Dünyası: Etkiler ve Yanıtlar” başlıklı bir ön değerlendirme raporu paylaşmıştır. Bu raporda yaşanacak ekonomik krizlerin çalışma hayatını üç boyutta etkileyeceğinden bahsedilmiştir. Bu üç boyut içerisinde ilk olarak iş hayatında nispeten daha savunmasız olarak görülen belirli grupların daha çok etkileneceğinden bahsedilmiş, bu grupların daha çok düşük ücretli işlerde çalışan genç, yaşlı, kadın ve göçmen çalışanlar olduğu belirtilmiştir. ILO Genel Müdürü, mağazaların ve işyerlerinin kapatılması, uzaktan çalışmaya geçilmesi, uçak, otel rezervasyonlarının iptal edilmesi gibi nedenlerle ekonomik çöküşün mümkün hale geleceğini, ilk olarak işlerini kaybedecek kişilerin

ise istihdam koşulları güvencesiz olan kişiler olacağını belirtmiştir (Erol, 2020: 215). Söz konusu raporda çalışma hayatını etkileyecek ikinci boyutun ise iş miktarı olacağı, virüs sonrasında işsizlik ve eksik istihdam ile çalışmanın artacağı ve küresel işsizliğin önemli bir şekilde artacağına değinilmiştir. Çalışma hayatını etkileyecek üçüncü boyutta ise ücret ve sosyal korumaya erişim gibi konularda işlerin kalitesinin etkilenen olmasından, kayıt dışı istihdamların artmasından, hükümetlerin gerekli önlemleri almazsa çalışanların sosyal korumadan uzaklaşarak kriz karşısında güçlük yaşayacağından bahsedilmiştir (Erol, 2020: 217).

Bu salgından dolayı tüm ülkeler ekonomik, siyasal, sağlık, eğitim, iş hayatı gibi konulardan etkilenmiştir. Ekonomik anlamda güçlük çeken üretim ve hizmet sektöründe bulunan firmalar çalışma düzenlerinde birtakım değişikliklere gitmişlerdir (Keçeci, 2021:2). Koronavirüs sebebi ile işyerlerinin ve çalışanların mümkün olduğunca az zarar görmesi adına tüm ülkelerdeki gibi Türkiye’de de birtakım önlemler alınmıştır. Bu kapsamda kısa çalışma ödeneği devreye sokulmuş, işçinin sağlık sebeplerine dayanarak fesih hakkı doğmuş, işverenin iş sözleşmelerini fesih yasağı getirilmiş, esnek ve uzaktan çalışma için teşvikler yapılmış, asgari ücret desteğinin devam edeceği bildirilmiş, telafi edici çalışma süresinin 2 aydan 4 aya çıkarılacağı bildirilmiştir (Soylu, 2020:182).

1.2. Esnek Çalışma Modeli

Esneklik, kısa sürede az maliyet ve performansla değişime uyum sağlayabilmek ve değişikliklere cevap verebilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Esnek çalışma ise çalışanların kendisine sağlanan teknoloji, iş süreçleri ve şirket politikalarını kullanarak herhangi bir yerde ve zamanda işini devam ettirdiği çalışma biçimine denir (Tilev, 2018: 126).

Esnek çalışma, çalışanlara iş ve özel hayatı arasındaki zamansal ve fiziksel sınırlar üzerinde esneklik ve kontrol sağlayarak, çalışanların işi aile taleplerine uyacak şekilde uyarlamalarına olanak tanır (Chung, 2021:219). Esnek çalışma modellerinin ortaya çıkmasını etkileyen nedenlerin başında yeni teknolojiler ile işgücü talebinin azalması, küreselleşme, rekabet, ekonomik kriz, işsizlik, sektörel değişiklikler, çalışanların ihtiyaçları ve ücret sistemleri gelmektedir. Esnek çalışma modelleri incelendiğinde tele-çalışma, evden/uzaktan çalışma, belirli süreli çalışma, part-time çalışma, çağrı üzerine çalışma, taşeronluk, dönemsel çalışma, iş paylaşımı, vardiyalı çalışma, kısa süreli çalışma, fazla çalışma ve telafi çalışması gibi çalışma türleri karşımıza çıkmaktadır (Tilev, 2018:127).

1.3. Uzaktan Çalışma Modeli

Uzaktan çalışma, normal, örgütsel mekân ve zaman sınırları dışında gerçekleştirilen örgütsel çalışmayı ifade eder. Avrupa Komisyonu raporuna göre bilgi teknolojilerini kullanarak geleneksel iş yeri dışında bir yerde yapılan bir iş modelidir. Günümüzde iletişimin yalnızca fiziksel olarak aynı yerde bulunan insanlar arasında mümkün olduğu zamanlar geride kalmıştır ve birçok şirket çalışanlara uzaktan çalışma fırsatı sunmaktadır (Klopotek, 2017: 40).

Çoğu işletme maliyetlerini azaltmak gibi nedenlerle bir esnek çalışma modeli olan uzaktan/evden çalışmayı tercih edebilmektedir. 1990’ların başında uzaktan çalışma modeli geleceğin çalışma modeli olarak belirlenmesine rağmen çoğu işletme tarafından benimsenememiştir fakat bu model Covid-19 sürecinde dikkat çekici hale gelmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerini etkin bir şekilde kullanan işletmeler Covid-19 sürecinde uzaktan çalışma modeline geçmekte bir sıkıntı yaşamamışlardır (Serinikli, 2021: 282). Uzaktan çalışma modeli incelendiğinde birçok avantajı ve dezavantajı olduğu görülmektedir. Uzaktan çalışma modelinin avantajları incelendiğinde; çalışanların yolda geçirdikleri süreyi, işverenin çalışan için ödediği yemek, servis ücretlerini ve iş yeri enerji maliyetlerini azalttığı, kalabalık ortamda bulunmayı engellediği görülmektedir. Uzaktan çalışma modelinin dezavantajları incelendiğinde ise çalışanların uzun süre bilgisayar başında zaman geçirmesi, evdeki çalışma ortamının uygun olmaması sebebi ile işe konsantre olunamaması, iş ve ev yaşamı arasındaki ilişkinin birbirine karışması, iş yoğunluğunun artması, sosyalleşememe, veri güvenliği sorunları vb. nedenler sayılabilir (Serinikli, 2021: 282).

2. UYGULAMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

2.1. MACBETH Yöntemi

MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) Yöntemi ilk kez 1990’lı yıllarda Bana e Costa ve Vansnick tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra De Corte’nin de katılmasıyla yöntem geliştirilmiştir (Burgazoğlu, 2015:259). MACBETH yöntemi, karar vericilerin kriterleri ve alternatifleri ikili karşılaştırmasına dayanır. Karar verici açısından kriter ve alternatiflerin görece olarak tercih edilme düzeylerini gösterir ve kalitatif yargıları kantitatif yapıya dönüştürür. Ordinal tercihleri kardinal sayılara çevirerek problemleri modeller ve aynı zamanda yargıların tutarsızlığını da araştırır (Ayçin,

2020:172). MACBETH yönteminin ana fikri, tercih bilgilerinden bir aralık ölçeği oluşturmaktır. Kriterler altında alternatiflerin göreceli ağırlıklı çekiciliğinin toplam değerine dayalı olarak alternatifleri sıralamaya yardımcı olur (Karande ve Chakraborty, 2014:18).

MACBETH yöntemi doğrusal programlama modellerine dayalı algoritma kullanılarak geliştirilen M-MACBETH programı (<http://www.m-macbeth.com>) tarafından desteklenmektedir (Karande ve Chakraborty, 2013:262). M-MACBETH programı kullanıcı dostu bir uygulamadır ve problemlerin hızlı ve etkin bir şekilde çözülmesini sağlar. Ayrıca tutarsızlıkları da göstermekte ve tutarlı hale getirilmesi için öneriler sunmaktadır.

Bana e Costa, Vansnick ve De Corte tarafından 1990'lı yıllarda geliştirildikten sonra MACBETH yöntemi literatürde farklı alanlara başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Bu uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Tekstil endüstrisinin karmaşık stratejik sorunlarının çözümü (Bana e Costa vd., 1999),
- Belediyeler arası yol bağlantılarının yatırım politikasında çatışmaların çözülmesi (Bana e Costa, 2001),
- Demiryolu bağlantı inşaatında çatışmalarının çözülmesi (Bana e Costa vd., 2001),
- Belediye konut stokunun yönetiminde bakım, onarım ve yenileme önceliklerinin belirlenmesi (Bana e Costa ve Oliveira, 2002),
- Stratejik şehir planlaması (Bana e Costa vd., 2002a)
- Kredi puanlaması için nitel modelleme (Bana e Costa vd., 2002b),
- Teklif değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmak için çok kriterli yaklaşım geliştirme (Bana e Costa vd., 2002c),
- Kariyer seçimi sorununu çözme (Bana e Costa ve Chagas, 2004),
- İstikrarlı hükümetlerin belirlenmesinde koalisyon oluşumu için bir model geliştirme (Roubens vd., 2006),
- Endüstriyel performans için nicel ifadelerin belirlenmesi (Cliville vd., 2007),
- Hidrojen depolama teknolojilerinin teknik performansının karşılaştırılması (Montignac vd., 2009),
- Tedarikçi seçimi (Karande ve Chakraborty, 2013),
- Otomobil lastiği atıkları için tersine lojistik alternatiflerini değerlendirme (Dhouib, 2014),
- Tesis yerleşimi seçim probleminin çözümü (Karande ve Chakraborty, 2014),
- Çok boyutlu değere dayalı nüfus sağlık endeksleri oluşturma (Rodrigues, 2014),
- Hava kompresörü seçim probleminde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi (Kundakcı ve Tuş Işık, 2016),
- Mermer işletmesi için otomobil seçiminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi (Kundakcı, 2016)
- Teknoloji seçimi (Tosun, 2017),
- Altı sigma uygulaması için robust tasarım modeli geliştirme (Yazdi ve Esfeden, 2017)
- Tedarikçi performansının değerlendirilmesi (Akyüz vd., 2018)
- Tekstil işletmesi için buhar kazanı seçiminde kriter ağırlıklarının belirlenmesi (Kundakcı, 2019)
- KOBİ'lerin finansal performansının değerlendirilmesinde kriterlerin ağırlıklandırılması (Ayçin ve Çakın, 2019)
- Kurumsal kaynak planlama sistemi seçiminde kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi (Ayçin, 2019)
- Makine seçim kriterlerinin değerlendirilmesi (Özdağoğlu vd., 2020)
- Disiplinler arası lisansüstü programların performanslarını değerlendirme (Tavares vd., 2021)

MACBETH yönteminin adımları şu şekilde özetlenebilir (Karande ve Chakraborty, 2013:262; Kundakcı, 2019:28):

1. Adım: Karar vericiler değerlendirme kriterlerini tanımladıktan sonra belirlenen bu kriterler bir değer ağacı olarak ifade edilir.

2. Adım: Bu adımda öncelikle karar vericiler tarafından alternatifler belirlenir. Daha sonra her bir kriter altındaki alternatiflerin sıralı performans seviyeleri tanımlanır. Üst referans seviyesi (100 puan) ve alt referans seviyesi (0 puan) belirlenir. Burada 0 değeri her zaman alternatifin en kötü performansını ve 100 değeri de en iyi performansını göstermez (Karande ve Chakraborty, 2013:263).

3. Adım: Alternatifler ve kriterler önem derecelerine göre soldan sağa ikili karşılaştırma matrisine yerleştirilir. Daha sonra karar vericiler, Tablo 1'de verilen ölçeği kullanarak kriterler ve alternatifler için ikili karşılaştırmalar yaparlar (Karande ve Chakraborty, 2013:263).

Tablo 1. MACBETH Semantik Ölçeği

Semantik Ölçek	Sayısal Ölçek	Önem Düzeyleri Açıklama
Yok	0	Alternatifler arasında fark yoktur.
Çok Zayıf	1	Bir alternatif diğerine göre çok zayıf derecede tercih edilir.
Zayıf	2	Bir alternatif diğerine göre zayıf derecede tercih edilir.
Orta	3	Bir alternatif diğerine göre orta derecede tercih edilir.
Güçlü	4	Bir alternatif diğerine göre güçlü derecede tercih edilir.
Çok Güçlü	5	Bir alternatif diğerine göre çok güçlü derecede tercih edilir.
Aşırı	6	Bir alternatif diğerine göre aşırı derecede tercih edilir.

4. Adım: Bu adımda ikili karşılaştırmalar yoluyla elde edilen karar vericilerin yargıları Eşitlik 1- Eşitlik 5 aralığında verilen doğrusal programlama modeli çözülerek MACBETH ölçeğine dönüştürülür. Burada $v(x)$, X seçeneğine atanan skoru gösterir. Ayrıca x^+ en az X 'in diğer seçeneği kadar çekicidir ve x^- en fazla X 'in herhangi bir seçeneği için eşit derecede çekicidir (Bana e Costa et. al, 2012; Bana e Costa et. al, 2016; Ishizakaa ve Siraj, 2018:464).

$$\text{Min}[v(x^+) - v(x^-)] \quad (1)$$

$$v(x^-) = 0 \quad (2)$$

$$\forall (x, y) \in C_0 : v(x) - v(y) = 0 \quad (3)$$

$$\forall (x, y) \in C_i \cup \dots \cup C_s \quad i, s \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \text{ ve } i \leq s : v(x) - v(y) \geq i \quad (4)$$

$$\forall (x, y) \in C_i \cup \dots \cup C_s \quad \text{ve } \forall (w, z) \in C_{i'} \cup \dots \cup C_{s'} \quad (5)$$

$$i, s, i', s' \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} \quad i \leq s, i' \leq s' \text{ ve } i > s' : v(x) - v(y) \geq v(w) - v(z) + i - s'$$

Bu doğrusal programlama modeli uygun çözüm vermez ise yargılar tutarsız bulunur. Eğer uygun çözüm varsa, alternatif (çoklu) optimal çözümler mevcut olabilir. Bu durumda ortalamaları MACBETH ölçeği olarak alınır (Bana e Costa et al., 2005).

İlk kriterlere göre alternatiflerin ikili kıyaslanmasının ardından diğer tüm kriterler altında da alternatifler kıyaslanarak alternatiflerin değerleri elde edilir. Daha sonra kriterler ikili kıyaslanır ve benzer hesaplamalar yapılarak kriter ağırlıkları belirlenir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesindeki tek fark Eşitlik 2'de meydana gelir. Alternatiflere ilişkin doğrusal programlama modelinde en kötü alternatif 0 değerine eşitlenirken kriterlerde her bir kriterin ağırlığının olması isteneceğinden en kötü kriter 1 değerine eşitlenir (Ayçin, 2020:177). Ağırlıkların toplamı 1 olması gerektiği için elde edilen sonuçlar toplamları 1 olacak şekilde oranlanarak kriter ağırlıkları belirlenir.

5. Adım: Son adımda, Eşitlik 6 yardımıyla alternatiflerin her bir kriterine göre puanları ile kriter ağırlıkları çarpılıp toplanarak her bir alternatifin genel puanları belirlenir. Burada w_j j kriterin ağırlığını göstermektedir.

$$V(A_i) = \sum_{j=1}^n w_j (v_j) \quad (6)$$

$$p \sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad w_j > 0 \quad \text{ve} \quad \begin{cases} v_j(A_i^{iyi}) = 100 \\ v_j(A_i^{nötir}) = 0 \end{cases} \quad (7)$$

Daha sonra alternatifler $V(A_i)$ değerlerine göre azalan sırada sıralanır (Bana e Costa et al., 2002b:45; Karande ve Chakraborty, 2014:20).

2.2. TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ÇKKV problemlerinde sıklıkla kullanılan pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olmak üzere iki temel noktaya dayanan bir yöntemdir.

TOPSIS yönteminin uygulaması karar matrisinin oluşturulması, normalize karar matrisinin oluşturulması, ağırlıklı normalize karar matrisinin oluşturulması, ideal ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi, ayırım ölçütlerinin hesaplanması ve ideal çözüme göre göreceli yakınlığın hesaplanması ve alternatiflerin bu değerlere göre sıralanması olmak üzere 7 adımdan oluşmaktadır (Alp, 2011: 68). TOPSIS yönteminin çözüm adımları aşağıda belirtilmiştir:

1. Adım: Öncelikle bir karar matrisi oluşturulur. Bu karar matrisinin satırlarında üstünlükleri sıralanmak istenen alternatifler, sütunlarında ise kriterler yer almaktadır. Bu karar matrisi m alternatif ve n kriterli bir matristir (Uzun, 2016: 102).

$$A = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

2. Adım: Bu adımda karar matrisi normalize edilir. Normalize etmenin amacı farklı ölçeklerdeki değerlendirmelerin aynı ölçeğe getirilerek karşılaştırılabilir olmasının sağlanmasıdır. Normalize işlemi Eşitlik 9'da görüldüğü gibi karar matrisindeki tüm bileşenlerin karelerinin toplamının kareköküne bölünmesiyle yapılır (Teodorovic, 1985: 140).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (9)$$

3. Adım: Ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulur. Bu adımda kriterlerin ağırlıkları AHP, MACBETH ve SWARA (Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis) gibi ÇKKV yöntemleri ile belirlenebilir. Ağırlıkların belirlenmesinin ardından normalize edilmiş karar matrisinin her bir elemanı ilgili kriterin ağırlıkları ile çarpılır (Teodorovic, 1985: 140).

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij} \quad i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n \quad (10)$$

w_j , j . kriterin ağırlığını ifade etmektedir.

4. Adım: Bu adımda pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri oluşturulur. Pozitif ideal çözüm kümesi için ağırlıklı normalize matrisin her bir sütunundaki en yüksek değerler, negatif ideal çözüm kümesi için ise en düşük değerler bulunur. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken noktalardan birisi değerlendirilen kriter maliyeti ifade ediyorsa pozitif ideal çözüm kümesi belirlenirken tam tersi olarak en küçük değerlerin, negatif ideal çözüm kümesi belirlenirken ise en büyük değerlerin seçilmesi gerektiğidir (Uzun, 2016: 102).

A^* ve A^- ağırlıklı normalize matrisin elemanları arasından seçilir. J_1 fayda kriterleri kümesini, J_2 ise maliyet kriterleri kümesini göstermek üzere, pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm Eşitlik 11 ve Eşitlik 12 yardımıyla bulunur (Karakaşoğlu, 2009: 36):

$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i \in 1, \dots, m \right\} \quad (11)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i \in 1, \dots, m \right\} \quad (12)$$

5. Adım: Bu adımda her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal noktalardan sapmasını bulabilmek için Öklid uzaklık fonksiyonundan yararlanılır. Bu işlem sonucu elde edilen sapma değerleri pozitif ideal çözüme uzaklık (S_i^*) ve negatif ideal çözüme uzaklık (S_i^-) olarak adlandırılır. Burada hesaplanacak (S_i^*) ve (S_i^-) sayısı alternatif sayısı kadar olur (Hwang ve Yoon, 1981: 132)

Pozitif ideal çözüme uzaklık:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (13)$$

Negatif ideal çözüme uzaklık:

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, \dots, m \quad (14)$$

6. Adım: İdeal çözüme göre görelî yakınlık Eşitlik 15'te verilen formül kullanılarak hesaplanır (Hwang ve Yoon, 1981: 132).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-} \quad i = 1, \dots, m \quad (15)$$

7. Adım: Her bir alternatif için oluşturulmuş görelî yakınlık değerine bakılarak sıralama işlemi yapılır, en büyük C_i^* değerine sahip alternatif en iyi alternatiftir (Uzun, 2016: 103).

2.3. Tamsayı Programlama

Doğrusal programlama yöntemi ile çözülebilen fakat sonucun tamsayı olması istenen problemlerde tamsayı programlama modeli kullanılır. Tamsayı programlama yönteminin; saf tamsayı programlama, karışık tamsayı programlama, 0-1 (ikili) tamsayı programlama olmak üzere farklı türleri bulunmaktadır (Karaöz, 2014: 21).

Saf tamsayı programlamada değişkenlerin hepsinin tamsayı değer alması söz konusudur. Karışık tamsayı programlama yönteminde bazı değişkenlerin tamsayı değerli olması gerekli iken diğer değişkenler kesirli değerler alabilir. 0-1 tamsayı programlama modelinde ise tüm değişkenler sadece 0 ya da 1 değerini alabilirler (Katrancı, 2018:37).

Tamsayı programlama modeli genel olarak şu şekilde ifade edilir:

$$Z_{max/min} = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (16)$$

Kısıtlayıcılar:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$x_j = 0, 1, 2, \dots \text{tam sayı } (j = 1, 2, \dots, n) \quad (18)$$

Tamsayı programlama modelleri literatürde vardiya planlaması, işçilerin makinelerle atanması, gezgin satıcı, malzeme kullanımı, yığın üretim sorunları, yap/yapma kararları, kritik yol problemleri gibi problemlerde kullanılmıştır.

3. UYGULAMA

3.1. Problemin Tanımlanması

Bu çalışmada, Denizli’de bir üretim işletmesinde Covid-19 sebebi ile uzaktan çalışma modeline geçilmesi ele alınmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle personele uzaktan çalışma modeli ile ilgili olarak departmanı, pozisyonu, aile yapısı, çalışma ortamı, uzaktan çalışma ile ilgili yaşadığı sorunlar gibi konuları kapsayan bir anket yapılmıştır. Anket sonucunda katılımcıların %59’unun dönüşümlü (hem evden hem ofisten) çalışmayı, %23’ünün sadece ofisten çalışmayı, %18’inin ise sadece evden çalışmayı tercih ettikleri görülmüştür. İşletme anket sonuçlarını dikkate alarak dönüşümlü çalışma modeli ile çalışma kararı almıştır.

Dönüşümlü çalışma modeli uygulayan işletme 5 Ekim-30 Ekim 2020 tarihi aralığında manuel olarak Tablo 2’de görülen çalışma modelini oluşturmuştur fakat bu çalışma modelinde çalışanların iki hafta üst üste evden ya da iki hafta üst üste ofisten çalışabildiği durumlar bulunmaktadır. Bu durumda üst üste iki hafta evden çalışan personelin ofise bu süre zarfında hiç gitmemesinden kaynaklı dokümantasyon işlerinin aksadığı, üst üste iki hafta ofisten çalışan personelde ise Covid-19 kaynaklı tedirginlik yaşandığı görülmüştür.

Tablo 2. Manuel oluşturulan dönüşümlü çalışma modeli

Çalışan	Görevi	5 Ekim-8 Ekim	12 Ekim-16 Ekim	19 Ekim-23 Ekim	26 Ekim-30 Ekim
x ₁	Bilgi Teknolojileri Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₂	Bilgi Teknolojileri Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
x ₃	Bilgi Teknolojileri Yönetmeni	Ofis	Ofis	Ev	Ev
x ₄	Bilgi Teknolojileri Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
x ₅	Bütçe ve Finansal Planlama Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₆	Bütçe ve Finansal Planlama Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
x ₇	Bütçe ve Finansal Planlama Uzman Yardımcısı	Ofis	Ev	Ev	Ofis
x ₈	Denetim Uzman Yardımcısı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₉	Denetim Müdürü	Ev	Ev	Ofis	Ofis
x ₁₀	Denetim Uzmanı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₁₁	Denetim Kıdemli Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
x ₁₂	İnsan Kaynakları Kıdemli Uzmanı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₁₃	İnsan Kaynakları Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
x ₁₄	İnsan Kaynakları Yönetmeni	Ofis	Ev	Ev	Ofis
x ₁₅	Şirket Asistanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
x ₁₆	Şirket Asistanı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
x ₁₇	Finansman Uzmanı	Ofis	Ev	Ofis	Ev

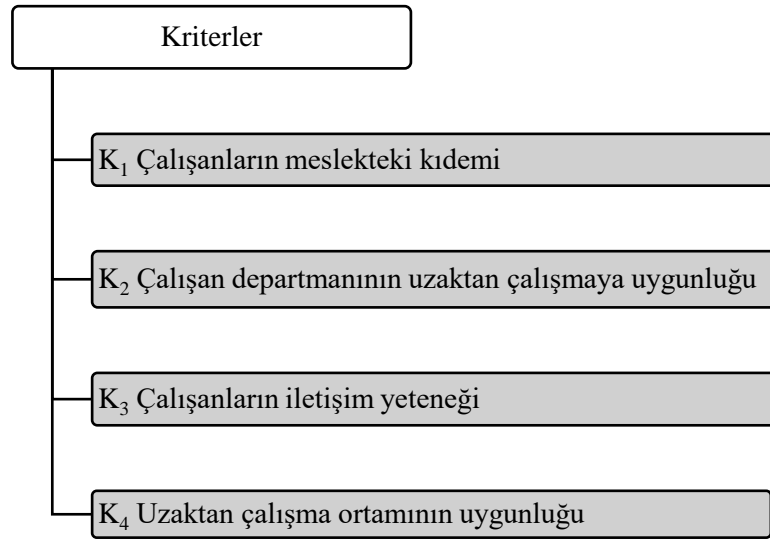
X18	Muhasebe Uzmanı	Ofis	Ev	Ofis	Ev
X19	Muhasebe Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
X20	Finansman Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X21	Muhasebe Kıdemli Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X22	Muhasebe Kıdemli Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X23	Muhasebe Müdürü	Ofis	Ev	Ofis	Ev
X24	İthalat ve İhracat Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X25	Ambar Uzmanı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X26	Sevkiyat Uzmanı	Ofis	Ev	Ev	Ofis
X27	Satın alma ve Lojistik Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
X28	Satın Alma ve Lojistik Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X29	Satış ve Pazarlama Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X30	Satış ve Pazarlama Yönetmeni	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X31	Satış ve Pazarlama Uzmanı	Ev	Ofis	Ofis	Ev
X32	Satış ve Pazarlama Uzmanı	Ofis	Ev	Ofis	Ev
X33	Üretim Kıdemli Uzmanı	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X34	Üretim Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X35	Üretim Müdürü	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X36	Bakım Uzmanı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
X37	Bakım Uzmanı	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X38	Bakım Müdürü	Ev	Ofis	Ev	Ofis
X39	Kalite Kıdemli Uzmanı	Ofis	Ev	Ofis	Ev
X40	Kalite Uzman Yardımcısı	Ev	Ev	Ofis	Ofis
X41	Kalite Müdürü	Ofis	Ofis	Ev	Ev
X41	Kalite Müdürü	Ofis	Ofis	Ev	Ev

Bu çalışmada manuel olarak oluşturulan dönüşümlü çalışma modelini daha etkin ve verimli kılabilmek amacıyla yeni bir çalışma modeli oluşturulmuştur. Öncelikle şirketin insan kaynakları departmanında görevli insan kaynakları yönetmeni, uzmanı ve kıdemli uzmanı olmak üzere üç karar verici ile evden çalışma durumunu etkileyen kriterler değerlendirilmiş ve çalışanların meslekteki kıdemi (K_1), çalışan departmanının uzaktan çalışmaya uygunluğu (K_2), çalışanların iletişim yeteneği (K_3) ve uzaktan çalışma ortamının uygunluğu (K_4) kriterlerinin dikkate alınması gerektiğine karar verilmiştir.

Çalışanların departmanına göre uzaktan çalışmaya uygunluk kriteri çalışanların masa başı bir işe mi sahip olduğu yoksa ofise, üretim alanına gelmesinin mecburi mi olduğunu görebilmek adına seçilmiştir. Bu değerlendirme yapılırken denetim, bütçe gibi departmanların uzaktan çalışmasının daha elverişli olabileceği fakat üretim, bakım, kalite gibi departmanların ofise, üretim alanına gelmesinin mecburi olduğu zamanların olduğu dikkate alınmıştır. Çalışanların kıdem seviyesinin ve iletişim yeteneğinin yüksek olmasının ise uzaktan çalışma sürecinde işin daha etkin yürütülmesinde, daha çabuk aksiyon alınabilmesinde önemli rol oynayacağı düşünülmüştür. Çalışma ortamı dikkate alındığında, ilgili ekipmanlar işveren tarafından sağlansa bile her çalışanın ev ortamının aynı olmadığı, ev içinde online eğitime giren bir diğer aile üyesi, uzaktan çalışan bir diğer aile üyesi, küçük bir çocuk olması, internet kalitesinin kötü olması gibi farklı koşulların olabileceği ve bu koşulların çalışma kalitesini etkileyebileceği düşünülmüştür.

Bu çalışmada kriter ağırlıklarının belirlenmesinde MACBETH yönteminden yararlanılmıştır. MACBETH yöntemine göre öncelikle kriterler Şekil 1’de görüldüğü gibi değer ağacı şeklinde ifade edilmiştir.

Şekil 1. Kriterler için değer ağacı



Değer ağacının oluşturulmasından sonra kriterler önem düzeylerine göre karar matrisine yerleştirilmiş ve daha sonra karar vericiler Tablo 1'deki ölçekten yararlanarak kriterleri ikili kıyaslamışlardır. Bu kıyaslama sonuçları Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3. MACBETH kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	K ₂	K ₄	K ₃	K ₁
K ₂	Yok	Çok zayıf	Orta	Güçlü
K ₄		Yok	Orta	Güçlü
K ₃			Yok	Çok zayıf
K ₁				Yok

Şirketin insan kaynakları departmanında görevli insan kaynakları yönetmeni, uzmanı ve kıdemli uzmanı olmak üzere üç karar vericinin ortak olarak fikirlerini gösteren kıyaslamalar M-MACBETH programına girilmiş ve kıyaslamaların tutarlı olduğu görülmüştür. Programda çözüldükten sonra kriterlere ilişkin ağırlıklar Tablo 5'te görüldüğü gibi elde edilmiştir.

Tablo 4. Kriter ağırlıkları için M-MACBETH programı ekran görüntüsü

	[K2]	[K4]	[K3]	[K1]	[all lower]	Current scale	
[K2]	no	very weak	moderate	strong	positive	41.18	extreme
[K4]		no	moderate	strong	positive	35.29	v. strong
[K3]			no	very weak	positive	17.65	strong
[K1]				no	positive	5.88	moderate
[all lower]					no	0.00	weak
							very weak
							no

Tablo 5. Kriter ağırlıkları

Kriterler Ağırlıkları	Meslekteki Kıdem (K ₁)	Departmanın Uzaktan Çalışmaya Uygunluğu (K ₂)	İletişim Yeteneği (K ₃)	Uzaktan Çalışma Ortamının Uygunluğu (K ₄)
w	0,0588	0,4118	0,1765	0,3529

Çalışanların belirlenen kriterlere göre evden çalışmaya uygunluğunun değerlendirilmesinde ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yönteminde karar matrisinin oluşturulma aşamasında kıdem bilgisi çalışanın işe girdiği tarihe göre personel listesinden hesaplanmış, diğer üç kriter (departmanın uzaktan çalışmaya uygunluğu, iletişim yeteneği, uzaktan çalışma ortamının uygunluğu) için ise şirketin insan kaynakları departmanı 1-10 skalası kullanarak tüm çalışanlar için değerlendirmelerini sunmuştur. Puan olarak 10 en yüksek puanı, 1 ise en düşük puanı ifade etmektedir. Bu puanlamalara göre oluşturulan karar matrisi Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Karar matrisi

Çalışan	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
X ₁	15	9	7	7
X ₂	3	9	8	9
X ₃	10	9	9	8
X ₄	4	9	6	8
X ₅	12	8	10	10
X ₆	4	8	7	10
X ₇	1	8	5	9
X ₈	1	8	6	9
X ₉	16	8	7	8
X ₁₀	5	8	8	10
X ₁₁	8	8	8	10
X ₁₂	9	5	9	7
X ₁₃	5	5	8	8
X ₁₄	11	5	10	10
X ₁₅	7	5	9	6
X ₁₆	9	5	10	5
X ₁₇	4	4	5	4
X ₁₈	5	4	4	8
X ₁₉	5	4	7	9
X ₂₀	18	4	9	7
X ₂₁	7	4	8	6
X ₂₂	6	4	7	8
X ₂₃	16	4	10	9
X ₂₄	6	6	7	7
X ₂₅	7	6	6	6
X ₂₆	3	6	8	9
X ₂₇	5	6	7	10
X ₂₈	12	6	9	8
X ₂₉	17	6	10	8
X ₃₀	8	6	9	7
X ₃₁	4	6	7	9
X ₃₂	5	6	8	9
X ₃₃	10	3	7	8
X ₃₄	4	3	5	7
X ₃₅	22	3	7	8
X ₃₆	5	3	6	9
X ₃₇	4	3	8	10
X ₃₈	12	3	9	7
X ₃₉	10	3	10	8
X ₄₀	1	3	5	9
X ₄₁	15	3	8	8

TOPSIS yönteminin adımları izlenmiş ve öncelikle Eşitlik 9 yardımıyla karar matrisi normalize edilmiştir. Eşitlik 10 kullanılarak MACBETH yönteminde elde edilen ağırlıklar ile normalize karar matrisindeki değerler çarpılmış ve ağırlıklı normalize karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra Eşitlik 13 ve 14 yardımıyla her alternatifin pozitif ideal ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları hesaplanmıştır. İdeal çözüme göre göreceli yakınlık değerleri C_i^* ise Eşitlik 15 kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra, C_i^* değerleri dikkate alınarak

çalışanlar gruplandırılmıştır. Literatür incelendiğinde, Chen vd.'nin (2006) tedarikçi alternatiflerini görece yakınlık değerlerine C_i^* göre önerilmez [0,0.2) , yüksek risk ile önerilir [0.2, 0.4), düşük risk ile önerilir [0.4, 0.6), onaylanır [0.6, 0.8) ve onaylanıp tercih edilir [0.8, 1] şeklinde beş gruba ayırdıkları görülmüştür. Bu ayırım yapılırken karar vericilerin tercihleri dikkate alınmıştır. Bu çalışmada insan kaynakları departmanından üç karar verici ile görüşülmesi sonucu, çalışanların evden çalışmaya uygunluğuna göre yüksek puanlı, orta puanlı ve düşük puanlı olmak üzere 3 gruba ayrılması uygun görülmüştür. Bu ayırım için C_i^* değerinin %41 ve üzeri olması durumunda personelin yüksek puana sahip olacağı, %31-40 arasında olan personelin orta puana sahip olacağı, %30 ve aşağısında olması durumunda ise düşük puana sahip olacağı belirlenmiştir.

Tablo 7'de yüksek puanlı personel bilgisi, Tablo 8'de orta puanlı personel bilgisi ve Tablo 9'da düşük puanlı personel bilgisi sırasıyla gösterilmiştir.

Tablo 7. Yüksek puanlı personel bilgisi

Çalışan	Pozisyon	C_i^*	Puan Türü
x ₃	Bilgi Teknolojileri Yönetmeni	0,76	Yüksek Puanlı
x ₁	Bilgi Teknolojileri Müdürü	0,75	
x ₂	Bilgi Teknolojileri Uzmanı	0,72	
x ₅	Bütçe ve Finansal Planlama Müdürü	0,72	
x ₄	Bilgi Teknolojileri Uzmanı	0,68	
x ₉	Denetim Müdürü	0,68	
x ₁₁	Denetim Kıdemli Uzmanı	0,67	
x ₁₀	Denetim Uzmanı	0,65	
x ₆	Bütçe ve Finansal Planlama Uzmanı	0,64	
x ₈	Denetim Uzman Yardımcısı	0,61	
x ₇	Bütçe ve Finansal Planlama Uzman Yardımcısı	0,59	
x ₂₉	Satış ve Pazarlama Müdürü	0,48	
x ₂₈	Satın Alma ve Lojistik Müdürü	0,43	

Tablo 8. Orta puanlı personel bilgisi

Çalışan	Pozisyon	C_i^*	Puan Türü
x ₂₇	Satın alma ve Lojistik Uzmanı	0,40	Orta Puanlı
x ₃₂	Satış ve Pazarlama Uzmanı	0,40	
x ₃₀	Satış ve Pazarlama Yönetmeni	0,40	
x ₂₆	Sevkiyat Uzmanı	0,40	
x ₁₄	İnsan Kaynakları Yönetmeni	0,39	
x ₃₁	Satış ve Pazarlama Uzmanı	0,38	
x ₂₄	İthalat ve İhracat Uzmanı	0,35	
x ₂₃	Muhasebe Müdürü	0,35	
x ₂₅	Ambar Uzmanı	0,33	
x ₁₆	Şirket Asistanı	0,33	
x ₁₂	İnsan Kaynakları Kıdemli Uzmanı	0,31	

Tablo 9. Düşük puanlı personel bilgisi

Çalışan	Pozisyon	C_i^*	Puan Türü
x ₂₀	Finansman Müdürü	0,30	Düşük Puanlı
x ₁₅	Şirket Asistanı	0,30	
x ₃₅	Üretim Müdürü	0,29	
x ₁₃	İnsan Kaynakları Uzmanı	0,29	
x ₃₉	Kalite Kıdemli Uzmanı	0,28	
x ₃₇	Bakım Uzmanı	0,26	
x ₃₈	Bakım Müdürü	0,24	
x ₄₁	Kalite Müdürü	0,24	

x ₁₉	Muhasebe Uzmanı	0,23
x ₂₂	Muhasebe Kıdemli Uzmanı	0,20
x ₂₁	Muhasebe Kıdemli Uzmanı	0,20
x ₃₆	Bakım Uzmanı	0,19
x ₃₃	Üretim Kıdemli Uzmanı	0,18
x ₄₀	Kalite Uzman Yardımcısı	0,18
x ₁₈	Muhasebe Uzmanı	0,16
x ₃₄	Üretim Uzmanı	0,10
x ₁₇	Finansman Uzmanı	0,09

Personel puanları hesaplandıktan sonra işletmede istenen çalışma modeline göre tamsayı programlama modeli oluşturulmuştur. Bu aşamada 2021 yılının mayıs ayına ilişkin çalışma modeli belirlenmiştir, çalışma günleri hafta sonu dahil olmamak üzere 20 gündür. İşletmede istenen çalışma modeli için kısıtlar şu şekilde verilmiştir:

- Her gün yüksek puanlı personelden en az 3 kişi, en fazla 5 kişi, orta puanlı personelden en az 6 en fazla 7 kişi ve yüksek puanlı personelden en az 10, en fazla 12 kişi ofiste bulunmalıdır.
- Yüksek puanlı personel planlama dönemi boyunca en az 6, en fazla 8 kere ofisten çalışmalıdır.
- Orta puanlı personel planlama dönemi boyunca en az 11, en fazla 13 kere ofisten çalışmalıdır.
- Düşük puanlı personel planlama dönemi boyunca en az 12, en fazla 14 kere ofisten çalışmalıdır.
- Bir personel aynı gün içerisinde hem evden hem de ofisten çalışmaya atanamaz.
- Bir personel en fazla 3 gün üst üste ofisten çalışabilir.

3.2. Problemin Tamsayı Programlama Matematiksel Modeli

Problemin 0-1 tamsayı programlama matematiksel modeli aşağıda verilmiştir.

Parametreler:

n= personel sayısı, n=41

m= gün sayısı, m=20

p= çalışma koşulu sayısı, p=2

İndisler:

i=1,2,3, ..., n toplam personel sayısı

j=1,2,3, ..., m toplam gün sayısı

k=1, ..., p toplam çalışma modeli sayısı (ev, ofis)

Karar Değişkenleri:

x_{ijk} = i. personel, j. gün, k. çalışma modelinde çalışıyorsa 1, değilse 0

Amac Fonksiyonu:

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p x_{ijk}$$

Kısıtlar:

1.Yüksek Puanlı Personel için Kısıtlar

a) Planlama dönemi boyunca en az 6, en çok 8 gün ofisten çalışma kısıtı

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \geq 6 \quad \forall j, \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,28,29$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \leq 8 \quad \forall j, \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,28,29$$

b) Günde en az 3, en fazla 5 yüksek puanlı personelin ofiste bulunması kısıtı

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \geq 3 \quad \forall j, \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,28,29$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \leq 5 \quad \forall j, \quad i = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,28,29$$

2.Orta Puanlı Personel İçin Kısıtlar

a) Planlama dönemi boyunca en az 11, en çok 13 gün ofisten çalışma kısıtı

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \geq 11 \quad \forall j, \quad i = 12,14,16,23,24,25,26,27,30,31,32$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \leq 13 \quad \forall j, \quad i = 12,14,16,23,24,25,26,27,30,31,32$$

b) Günde en az 6, en fazla 7 orta puanlı personelin ofiste bulunması kısıtı

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \geq 6 \quad \forall j, \quad i = 12,14,16,23,24,25,26,27,30,31,32$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \leq 7 \quad \forall j, \quad i = 12,14,16,23,24,25,26,27,30,31,32$$

3.Düşük Puanlı Personel İçin Kısıtlar

a) Planlama dönemi boyunca en az 12, en çok 14 gün ofisten çalışma kısıtı

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \geq 12 \quad \forall j, i = 13,15,17,18,19,20,21,22,33,34,35,36,37,38,39,40,41$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij1} \leq 14 \quad \forall j, i = 13,15,17,18,19,20,21,22,33,34,35,36,37,38,39,40,41$$

b) Günde en az 10, en fazla 12 düşük puanlı personelin ofiste bulunması kısıtı

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \geq 10 \quad \forall j, i = 13,15,17,18,19,20,21,22,33,34,35,36,37,38,39,40,41$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij1} \leq 12 \quad \forall j, i = 13,15,17,18,19,20,21,22,33,34,35,36,37,38,39,40,41$$

4.Tüm Personel İçin Kısıtlar

a) Bir personelin aynı anda hem ofis hem ev çalışma koşuluna atanmama kısıtı

$$\sum_{k=1}^p x_{ijk} \leq 1 \quad \forall j, i$$

b) Her personelin 3 günden fazla üst üste ofisten çalışmaya atanmama kısıtı

$$x_{ij1} + x_{i(j+1)1} + x_{i(j+2)1} + x_{i(j+3)1} \leq 3 \quad \forall j, i$$

5) 0 ya da 1 Tamsayı Olma Kısıtı

$x_{ijk} = 0$ veya 1

3.3. Problemin GAMS Programı ile Çözümü

Problem GAMS Programı kullanılarak çözülmüştür, düşük puanlı, orta puanlı ve yüksek puanlı personel için ofisten çalışma modelleri Tablo 10, 11 ve 12'de, ev ve ofisten çalışma durumunu gösteren tüm personel için dönüşümlü çalışma modeli ise Tablo 13'te gösterilmiştir.

Tablo 2'de unvanları yazan çalışanlar, Tablo 7, 8 ve 9'da puanlarına göre düşük puanlı personel, orta puanlı personel ve yüksek puanlı personel olarak sıralandıktan sonra Tablo 10, 11 ve 12'de puan türüne göre çalışması planlanan günler hesaplanmıştır. Tablo 10'da GAMS programına ait düşük puanlı personelin 0-1 tamsayılı ataması gösterilmiştir. Bu tabloda 3 Mayıs-28 Mayıs tarihleri arasında düşük puanlı personelin ilgili tarihler arasında hangi günler ofise geldiği ve ilgili günlerde ofiste kaç personel çalıştığı görülebilmektedir.

Tablo 10. Düşük puanlı personelin ofisten çalışma planı

	X13	X15	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X33	X34	X35	X36	X37	X38	X39	X40	X41	Ofiste Bulunan Personel Sayısı
3 Mayıs	1	1	1	1						1		1	1	1	1	1	1	11
4 Mayıs					1	1	1	1		1	1		1		1	1	1	10
5 Mayıs		1			1			1	1	1	1	1	1		1		1	10

6 Mayıs			1		1	1	1	1	1		1	1		1		1		10
7 Mayıs	1	1	1	1		1	1		1	1		1		1				10
10 Mayıs	1	1	1	1	1	1				1	1		1	1				10
11 Mayıs		1		1	1		1	1	1	1	1				1			10
12 Mayıs	1		1		1	1	1	1	1		1	1			1			10
13 Mayıs	1	1	1	1					1			1	1		1	1	1	10
14 Mayıs	1	1	1	1		1	1			1			1	1			1	10
17 Mayıs		1		1	1	1	1	1	1		1					1	1	10
18 Mayıs	1		1			1	1		1	1	1			1	1	1		10
19 Mayıs	1	1	1	1	1							1	1	1	1		1	10
20 Mayıs	1			1	1	1	1	1		1		1				1	1	10
21 Mayıs		1	1	1				1	1		1		1	1		1	1	10
24 Mayıs	1	1			1	1		1			1		1	1	1	1		10
25 Mayıs	1	1	1	1		1	1		1	1					1		1	10
26 Mayıs					1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1		11
27 Mayıs	1				1		1	1			1	1	1	1		1	1	10
28 Mayıs			1	1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
Çalışanın Atandığı Gün Sayısı	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	

Tablo 11’de orta puanlı personel için GAMS programında modeli kurulan 0-1 tamsayı probleminin çözümü gösterilmiştir. Tablonun en son sütununda ilgili günler için kaç personelin ofiste bulunması gerektiği, en alt satırda ise ilgili personelin bir planlama döneminde kaç kere ofise gelmesi gerektiği gösterilmiştir.

Tablo 11. Orta puanlı personelin ofisten çalışma modeli

	X12	X14	X16	X23	X24	X25	X26	X27	X30	X31	X32	Ofiste Bulunan Personel Sayısı
3 Mayıs		1			1		1	1	1		1	6
4 Mayıs	1		1	1				1		1	1	6
5 Mayıs		1			1	1	1	1	1			6
6 Mayıs	1		1	1	1				1		1	6
7 Mayıs	1	1	1	1			1	1				6
10 Mayıs	1	1			1	1		1	1			6
11 Mayıs		1	1	1	1			1	1			6
12 Mayıs	1		1	1	1	1				1		6
13 Mayıs		1	1	1		1			1	1		6
14 Mayıs	1	1			1		1			1	1	6
17 Mayıs	1	1	1	1		1	1					6
18 Mayıs			1	1				1	1	1	1	6
19 Mayıs	1			1		1	1			1	1	6
20 Mayıs		1	1			1	1			1	1	6
21 Mayıs	1			1	1		1	1	1			6
24 Mayıs			1		1	1		1		1	1	6
25 Mayıs	1		1	1			1	1	1			6
26 Mayıs	1				1	1			1	1	1	6
27 Mayıs		1				1	1		1	1	1	6
28 Mayıs		1			1	1	1			1	1	6
Çalışanın Atandığı Gün Sayısı	11	11	11	11	11	11	11	10	11	11	11	

Tablo 12’de yüksek puanlı personel için GAMS programında modeli kurulan 0-1 tamsayı probleminin çözümü gösterilmiştir. Tablonun en son sütununda ilgili günler için kaç personelin ofiste bulunması gerektiği belirtilmiş, en alt satırda ise ilgili personelin bir planlama döneminde kaç kez ofise gelmesi gerektiği gösterilmiştir.

Tablo 12. Yüksek puanlı personelin ofisten çalışma modeli

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X28	X29	Ofiste Bulunan Personel Sayısı
3 Mayıs						1		1					1	3
4 Mayıs	1		1	1			1						1	5
5 Mayıs		1	1				1						1	4
6 Mayıs	1			1					1	1		1		5
7 Mayıs								1			1	1		3
10 Mayıs		1	1				1		1		1			5
11 Mayıs					1	1				1				3
12 Mayıs								1	1		1			3
13 Mayıs		1				1	1							3
14 Mayıs		1		1				1				1		4
17 Mayıs			1		1	1				1		1		5
18 Mayıs	1			1		1					1		1	5
19 Mayıs			1		1						1			3
20 Mayıs		1					1		1	1				4
21 Mayıs			1		1					1		1	1	5
24 Mayıs				1					1				1	3
25 Mayıs	1							1	1					3
26 Mayıs	1				1		1				1			4
27 Mayıs		1		1	1	1								4
28 Mayıs	1						1			1		1		4
Çalışanın Atandığı Gün Sayısı	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

Tablo 13'te çalışanların ev ve ofisten çalışma durumunu gösteren tüm personel için dönüşümlü çalışma modeli sunulmuştur. Bu tabloda "E" evden çalışmayı, "O" ise ofisten çalışmayı ifade etmektedir.

Tablo 13. Tüm personel için dönüşümlü çalışma modeli

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X1	E	O	E	O	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E	E	O	O	E	O
X2	E	E	O	E	E	O	E	E	O	O	E	E	E	O	E	E	E	E	O	E
X3	E	O	O	E	E	O	E	E	E	E	O	E	O	E	O	E	E	E	E	E
X4	E	O	E	O	E	E	E	E	E	O	E	O	E	E	E	O	E	E	O	E
X5	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E	O	E	O	E	O	E	E	O	O	E
X6	O	E	E	E	E	E	O	E	O	E	O	O	E	E	E	E	E	E	O	E
X7	E	O	O	E	E	O	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E	O	E	O
X8	O	E	E	E	O	E	E	O	O	O	E	E	E	E	E	E	O	E	E	E
X9	E	E	E	O	E	O	E	O	E	E	E	E	E	O	E	O	O	E	E	E
X10	E	E	E	O	E	E	O	E	E	E	O	E	E	O	O	E	E	E	E	O
X11	E	E	E	E	O	O	E	O	E	E	E	O	O	E	E	E	E	O	E	E
X12	E	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	E	O	E	O	E	O	O	E	E
X13	O	E	E	E	O	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	O	E	O	E
X14	O	E	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	E	O	E	E	E	E	O	O
X15	O	E	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	O	E	E	E
X16	E	O	E	O	O	E	O	O	O	E	O	O	E	O	E	O	O	E	E	E
X17	O	E	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	O	E	O	E	O	E	E	O
X18	O	E	E	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	E	E	O
X19	E	O	O	O	E	O	O	O	E	E	O	E	O	O	E	O	E	O	O	E
X20	E	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	O	E	E
X21	E	O	E	O	O	E	O	O	E	O	O	O	E	O	E	E	O	O	O	E
X22	E	O	O	O	E	E	O	O	E	E	O	E	E	O	O	O	E	O	O	O
X23	E	O	E	O	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	E	O	E	E	E
X24	O	E	O	O	E	O	O	O	E	O	E	E	E	E	O	O	E	O	E	O
X25	E	E	O	E	E	O	E	O	O	E	O	E	O	O	E	O	E	O	O	O
X26	O	E	O	E	O	E	E	E	E	O	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O

X27	O	O	O	E	O	O	O	E	E	E	E	O	E	E	O	O	O	E	E	E
X28	E	E	E	O	O	E	E	E	E	O	O	E	E	E	O	E	E	E	E	O
X29	O	O	O	E	E	E	E	E	E	E	E	O	E	E	O	O	E	E	E	E
X30	O	E	O	O	E	O	O	E	O	E	E	O	E	E	O	E	O	O	O	E
X31	E	O	E	E	E	E	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	O
X32	O	O	E	O	E	E	E	E	E	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O	O
X33	E	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	O	E	E	O	E	O	O	E	O
X34	O	O	O	E	O	O	O	E	E	O	E	O	E	O	E	E	O	O	E	O
X35	E	O	O	O	E	O	O	O	E	E	O	O	E	E	O	O	E	E	O	O
X36	O	E	O	O	O	E	O	O	O	E	E	E	O	O	E	E	E	O	O	O
X37	O	O	O	E	E	O	E	E	O	O	E	E	O	E	O	O	E	O	O	O
X38	O	E	E	O	O	O	E	E	E	O	E	O	O	E	O	O	E	O	O	O
X39	O	O	O	E	E	E	O	O	O	E	E	O	O	E	E	O	O	O	E	O
X40	O	O	E	O	E	E	E	E	O	E	O	O	E	O	O	O	E	O	O	O
X41	O	O	O	E	E	E	E	E	O	O	O	E	O	O	O	E	O	E	O	O

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde vardiya planlaması, çalışma modeli oluşturulması gibi konulardaki çalışmaların manuel olarak hazırlanması, bu konuda program kullanmanın yaygın olmaması gibi nedenlerle çalışma planlarının oluşturulması dengesiz ve adaletsiz bir ortam yaratmaktadır.

Bu çalışmada, Denizli’de bulunan bir üretim işletmesinin manuel olarak hazırladığı dönüşümlü çalışma modeline alternatif olarak yeni bir çalışma modeli oluşturulmuştur. Öncelikle şirket içinde uzaktan çalışma modeli için önemli 4 kriter belirlenerek, kriter ağırlıkları MACBETH yöntemi ile belirlenmiştir. Literatürde kriter ağırlıklarının belirlenmesinde en çok AHP yönteminin kullanılıyor olmasından dolayı bu çalışmada MACBETH yönteminin tercih edilmesi ile farklılık yaratılmıştır. MACBETH yöntemi AHP yöntemine göre daha yeni bir yöntem olup, AHP yöntemi gibi ikili karşılaştırmalara dayanmaktadır. Ancak MACBETH yönteminin AHP yönteminden bazı farklılıkları vardır. Karar problemi, AHP yönteminde hiyerarşik bir yapıda ifade edilirken, MACBETH yönteminde bir karar ağacı olarak tanımlanır. Ayrıca iki yöntemde farklı ölçekler kullanılmaktadır. AHP yönteminde 9 kategorili oran ölçeği kullanılırken MACBETH yönteminde ise 7 kategorili aralık ölçeği kullanılır. AHP ağırlıkları belirlemek için özdeğer yönteminden, MACBETH ise doğrusal programlama yönteminden yararlanmaktadır. MACBETH yönteminin üstün yanı, yargıların bağdaşmazlık ve semantik tutarsızlık kontrolünün yapılmasıdır (Kundakcı, 2019: 28). MACBETH yöntemi, karmaşık karar problemlerini çözmek için M-MACBETH yazılımı tarafından desteklenmektedir. Kriterlere ait değer ağacının oluşturulmasından karar aşamasına kadar uygulama kolaylığı sağlamakla birlikte karşılaştırma matrisindeki tutarsızlıkları tespit ederek olası düzeltmeleri kullanıcıya önermektedir (Burgazoğlu, 2015:275).

Kriter ağırlıklarının MACBETH yöntemi ile belirlenmesinin ardından TOPSIS yöntemi ile çalışanlar uzaktan çalışma modeline uygunluğuna göre sıralanmıştır. Çalışanların sıralanmasında TOPSIS yöntemin tercih edilmesinin nedeni, yöntemin işlem kolaylığı ve sonuçların kolay yorumlanabilir olmasının yanında elde edilen yakınlık değerlerine (C_i^*) bakılarak çalışanları gruplara ayırmaya uygun bir yöntem olmasıdır. Bu çalışmada çalışanlar yakınlık değerlerine göre yüksek puanlı, orta puanlı ve düşük puanlı olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. TOPSIS yönteminin genellikle tedarikçi seçim problemlerinde tedarikçileri sıralamada, performans değerlendirmelerinde, en uygun ürün ya da malzeme seçiminin belirlenmesinde alternatiflerin sıralanmasının yapılmasının mümkün olduğu görülmüştür. Bu çalışmada da uzaktan çalışmaya en uygun personelin sıralanmasının belirlenerek gruplara ayrılmasında TOPSIS yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir. TOPSIS yöntemi seçilen alternatifin ideal çözüme en yakın olması ve ideal olmayan yani negatif ideal çözüme en uzak olmasını dikkate alan bir yöntemdir.

TOPSIS yöntemi yardımıyla çalışanlar yüksek puanlı, orta puanlı ve düşük puanlı olmak üzere üç gruba ayrıldıktan sonra, tamsayı programlama yöntemi yardımıyla her grup için planlama döneminde ne kadar ofiste çalışması gerektiği, bir günde hangi gruptan ne kadar personelin ofiste olması gerektiği gibi kısıtlar belirlenmiştir. Personel çizelgelemesi oluştururken diğer çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerin hedef programlama ve tamsayı programlama olduğu görülmekle birlikte tamsayı programlamanın hedef programlamaya göre kullanılan paket programlarda daha kolay modellenebilmesi sebebiyle bu çalışmada tamsayı programlama tercih edilmiştir. Belirlenen model GAMS paket programında yazılarak CPLEX çözücü ile çözülmüştür. GAMS paket programı sayesinde düşük puanlı personel için oluşturulan model 31 saniyede, orta puanlı personel için oluşturulan model 16 saniyede, yüksek puanlı personel için oluşturulan model ise 32 saniye gibi kısa bir sürede hesaplanabilmektedir.

Başlangıçta manuel olarak oluşturulan çalışma modelinde çalışanların üst üste iki hafta evden veya ofisten çalıştığı, bunun ise çalışanlarda motivasyon eksikliği yaşattığı, dokümantasyon işlerinin aksadığı görülmüştür. Ayrıca manuel olarak oluşturulan modelde her çalışanın eşit sayıda ofise geldiği ve eşit sayıda evden çalıştığı fakat her departmanın evden çalışabilme kolaylığının aynı olmadığı bilinmektedir.

Oluşturulan yeni modelde ise çalışanların uzaktan çalışma için departmanlarının uygunluğu, iletişim yetenekleri, evde çalışma ortamının uygunluğu ve kıdemleri de dikkate alınmış, daha adaletli ve verimli bir çalışma modeli oluşturulmuştur. Bu geliştirilen model ile işletmedeki personel yetkinlikleri ve işletmenin beklentileri karşılandığı için manuel oluşturulan modelden daha verimli bir çalışma planı elde edilmiştir.

Bu çalışmanın kısıtlılığı, departman bazında bir değerlendirme yapılmamış olmasıdır. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada uygulanan yöntem geliştirilerek daha kalabalık olan işletmeler için departman bazında da kısıtların uygulanması gerçekleştirilebilir. Bu sayede aynı departmanda çalışan kişiler de eğer aynı ofiste ve yakın temasta bulunuyorsa aynı anda ofise gelmeleri engellenebilir. Ayrıca gelecek çalışmalarda AHP, SWARA, PIPRECIA (Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment) gibi farklı ÇKKV yöntemleri ile kriter ağırlıkları belirlenebilir ve çalışanların sıralanmasında EDAS, ARAS, COPRAS gibi diğer ÇKKV yöntemlerinden yararlanılabilir.

KAYNAKÇA

- Akyüz, G., Tosun, Ö., Aka S. (2018) “Multi Criteria Decision-Making Approach for Evaluation of Supplier Performance with MACBETH Method”, *International Journal of Information and Decision Sciences* 10(3), s.249-262.
- Alp, S., Engin, T. (2011) “Trafik Kazalarının Nedenleri ve Sonuçları Arasındaki İlişkinin TOPSIS ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Analizi ve Değerlendirilmesi”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 10(19), s.65-87.
- Ayçin, E. (2019) “Kurumsal Kaynak Planlama (KKP) Sistemlerinin Seçiminde MACBETH ve MABAC Yöntemlerinin Bütünleşik Olarak Kullanılması”, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 33 (2), s.515-532.
- Ayçin, E. (2020) *Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler*, 2. Basım, Nobel Yayın, Ankara.
- Ayçin, E., Çakın, E. (2019) “KOBİ’lerin Finansal Performansının MACBETH-COPRAS Bütünleşik Yaklaşımıyla Değerlendirilmesi”, *Journal of Yasar University* 14(55), s.251-265.
- Azaiez, M. N., Al Sharif, S. S. (2005) “A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling”, *Computers & Operations Research* 32(3), s.491-507.
- Bana e Costa C.A, Costa-Lobo M.L., Ramos, I.A., Vansnic, J.C. (2002a) “Multicriteria Approach for Strategic Town Planning”, In D. Bouyssou et al. (ed.), *Aiding Decisions with Multiple Criteria*, Kluwer Academic Publishers.
- Bana e Costa C.A, Nunes da Silva, F., Vansnick, J.C. (2001) “Conflict Dissolution in The Public Sector: A Case-Study”, *European Journal of Operational Research* 130, s.388-401.
- Bana e Costa C.A., Chagas M. P. (2004) “A Career Choice Problem: An Example of How to Use MACBETH to Build a Quantitative Value Model Based on Qualitative Value Judgments”, *European Journal of Operational Research* 153, s.323–331.
- Bana e Costa C.A., Correa, E.C., De Corte, J.-M., Vansnic, J.C. (2002c) “Facilitating Bid Evaluation in Public Call For Tenders: A Socio-Technical Approach”, *Omega* 30, s.227 – 242.
- Bana e Costa C.A., De Corte J-M., Vansnick J.C. (2016) “On the Mathematical Foundations of MACBETH”, In: Greco S., Ehrgott M., Figueira J. (ed.) *Multiple Criteria Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science*, vol 233. Springer, New York.
- Bana e Costa C.A., De Corte, J.-M., Vansnick, J.-C. (2012) “MACBETH”, *International Journal of Information Technology & Decision Making* 11(2), s.359-387.
- Bana e Costa C.A., Ensslin, L., Correa E.C., Vansnick, J.C. (1999) “Decision Support Systems in action: Integrated Application in a Multicriteria Decision Aid Process”, *European Journal of Operational Research* 113, s.315-335.
- Bana e Costa C.A., Oliveira R.C. (2002) “Assigning Priorities for Maintenance, Repair and Refurbishment in Managing a Municipal Housing Stock”, *European Journal of Operational Research* 138, s.380–391.
- Bana e Costa, C.A. Barroso, L.A., Soares, J.O. (2002b) “Qualitative Modelling of Credit Scoring: A Case Study in Banking”, *European Research Studies* 5 (1-2), s.37–51.
- Bana e Costa, C.A. (2001) “The Use of Multi-Criteria Decision Analysis to Support The Search for Less Conflicting Policy Options in a Multi-Actor Context: Case Study”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 10, s.111–125.
- Bana e Costa, C.A., De Corte, J.-M., Vansnick, J.C. (2005) “On the Mathematical Foundations of MACBETH”, In: Figueira, J., Greco, S., Ehrgott, M. (ed.) *Multiple Criteria Decision Analysis: The State of the Art Surveys*, vol. 76, pp. 409–442. *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer, New York.
- Bard, J. F., Binici, C., Desilva, A. H. (2003) “Staff scheduling at the United States postal service”, *Computers & Operations Research* 30(5), s.745-771.
- Bektur, G., Hasgül, S. (2013) “Kıdem Seviyelerine Göre İşgücü Çizelgeleme Problemi: Hizmet Sektöründe Bir Uygulama”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 15(2), s.385-402.
- Burgazoğlu, H. (2015). *MACBETH*, B.F. Yıldırım, E. Önder (ed.), *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, Bursa: Dora Yayınları.
- Buruk, K., Ozlu, T. (2020) “New Coronavirus: SARS-CoV-2”, *Mucosa* 3(1), s.1-4.
- Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. (2006) “A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management”, *International Journal of Production Economics*, 102, 289–301.
- Chung, H., Birkett, H., Forbes, S., Seo, H. (2021) “Covid-19, Flexible Working, and Implications for Gender Equality in the United Kingdom”, *Gender & Society* 35(2), s.218-232.
- Ciritcioğlu, C., Akgün, S., Varlı, E., Eren, T. (2017) “Kırıkkale Üniversitesi Güvenlik Görevlileri için Vardiya Çizelgeleme Problemine Bir Çözüm Önerisi”, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 9(2), s.1-23.
- Cliville V., Berrah L., Mauris, G. (2007) “Quantitative Expression and Aggregation of Performance Measurements based on the MACBETH Multi-Criteria Method”, *International Journal of Production Economics* 105, s.171–189.
- Cürebil, A., Eren, T. (2021) “Competency-based Security Personnel Scheduling during the COVID-19 Pandemic”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 36(3), s.1483-1497.
- Cürebil, A., Koçtepe, S., Eren, T. (2020) “Tanıtım Festivalinde Personel Çizelgeleme Problemi: Bir Uygulama”, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)* 6(3), s.217-229.
- Dhouib, D. (2014) “An Extension of MACBETH Method for a Fuzzy Environment to Analyze Alternatives in Reverse Logistics for Automobile Tire Wastes”, *Omega* 42, s.25–32.
- Erol, S. (2020) “Covid-19’un Çalışma Hayatına Yansımaları: Salgından Etkilenen Bazı Ülkeler Tarafından Alınan Önlemler”, *Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 10(19), s.212-231.

- Gaballa, A., & Pearce, W. (1979). Telephone sales manpower planning at Qantas. *Interfaces*, 9(3), 1-9.
<http://www.m-macbeth.com>, Son Erişim Tarihi: 08.08.2021
- Hwang C. L., Yoon K., (1981) *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg.
- Ishizakaa, A., Siraj, S. (2018) “Are Multi-Criteria Decision-Making Tools Useful? An Experimental Comparative Study of Three Methods”, *European Journal of Operational Research* 264, s.462–471.
- Karakaşoğlu, N. (2008) “Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Karande P., Chakraborty, S. (2014) “A Facility Layout Selection Model Using MACBETH Method”, *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, January 7 – 9, Bali, Indonesia, s.17-26.
- Karande, P., Chakraborty, S. (2013) “Using MACBETH Method for Supplier Selection in Manufacturing Environment”, *International Journal of Industrial Engineering Computations* 4, s.259–272.
- Karaöz, B. (2014) “Maden Üretim Planlaması ve Çizelgelemesi Üzerine Bir Tam Sayılı Programlama Önerisi: Kar Maden Örneği”. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Katranacı, A. (2018) “Tamsayılı programlama tekniği ile vardiya planlaması: İtfaiye teşkilatı örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Keçeci, B. (2021) “Covid-19 Sürecinde Esnek Personel Çalışma Düzeni için Excel Tabanlı Planlama Sistemi”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi* 14(1), s.1-10.
- Klopotek, M. (2017) “The Advantages and Disadvantages of Remote Working from the Perspective of Young Employees”, *Organizacja i Zarządzanie: kwartalnik naukowy* 4(40), s.39-49.
- Kundakcı, N. (2016) “Combined Multi-Criteria Decision Making Approach based on MACBETH and Multi-MOORA Methods”, *Alphanumeric Journal* 4(1), s.17-26.
- Kundakcı, N. (2019) “An Integrated Method Using MACBETH and EDAS Methods for Evaluating Steam Boiler Alternatives”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 26(1-2), s.27-34.
- Kundakcı, N., Tuş Işık, A. (2016) “Integration of MACBETH and COPRAS Methods to Select Air Compressor for a Textile Company”, *Decision Science Letters* 5, s.381–394.
- Lezaun, M., Pérez, G., Sáinz de la Maza, E. (2006) “Crew Rostering Problem in a Public Transport Company”, *Journal of the Operational Research Society* 57(10), s.1173-1179.
- Montignac, F., Noirot, I., Chaudourne, S. (2009) “Multi-Criteria Evaluation of On-Board Hydrogen Storage Technologies Using the MACBETH Approach”, *International Journal hydrogen energy* 34, s.4561 – 4568.
- Nobert, Y., Roy, J. (1998) “Freight Handling Personnel Scheduling at Air Cargo Terminals”, *Transportation Science* 32(3), s.295-301.
- Özdağoğlu, A., Yılmaz, K., Keleş, M. (2020) “Evaluation of Machine Selection Criteria with MACBETH Methods in a Ginnery Factory”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 37, s.26-37.
- Öztürkoğlu, Y., Çalışkan, F. (2014) “Hemşire Çizelgelemesinde Esnek Vardiya Planlaması ve Hastane Uygulaması”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* 16(1), s.115-133.
- Rodrigues, T.C. (2014) “The MACBETH Approach to Health Value Measurement: Building a Population Health Index in Group Processes”, *Procedia Technology* 16, s.1361 – 1366.
- Roubens, M., Rusinowska, A., De Swart, H. (2006) “Using MACBETH to Determine Utilities of Governments to Parties in Coalition Formation”, *European Journal of Operational Research* 172, s.588–603.
- Savić, D. (2020) “COVID-19 and Work From Home: Digital Transformation of The Workforce”, *Grey Journal (TGJ)* 16(2), s.101-104.
- Serinikli, N. (2021) “Covid 19 Salgın Sürecinde Örgütsel Değişim: Uzaktan/Evden Çalışma Modeli”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 31(1), s.277-288.
- Soylu, Ö. B. (2020) “Türkiye Ekonomisinde COVID-19’un Sektörel Etkileri”, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi* 7(6), s.169-185.
- Sungur, B. (2008) “Bir Güzellik Salonunun Tur Çizelgeleme Problemi için Karma Tamsayılı Hedef Programlama Modelinin Geliştirilmesi”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* 37(1), s.49-64.
- Tavares, R.S., Angulo-Meza, L., Rangel, L.A.D. et al. (2021) “Interdisciplinary Graduate Programs: Application of the MACBETH Multicriteria Method for Assessing Their Performances”, *Ann Oper Res.*
<https://doi.org/10.1007/s10479-021-04108-x>
- Telli, S. G., Altun, D. (2020) “Coronavirüs ve Çevrimiçi (Online) Eğitimin Önlenemeyen Yükselişi”, *Üniversite Araştırmaları Dergisi* 3(1), s.25-34.
- Teodorović, D. (1985) “Multicriteria Ranking of Air Shuttle Alternatives”, *Transportation Research Part B: Methodological* 19(1), s.63-72.
- Tilev, F. (2018) “Esnek Çalışma ve Kadın İstihdamı”, *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 2(2), s.121-150.
- Tosun, Ö. (2017) “Using MACBETH Method for Technology Selection in Production Environment”, *American Journal of Data Mining and Knowledge Discover* 2(1), s.37-41.

- Uzun, S., Kazan, H. (2016) “Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHP TOPSIS ve PROMETHEE Karşılaştırılması: Gemi İnşada Ana Makine Seçimi Uygulaması”, *Journal of Transportation and Logistics* 1(1), s.99-113.
- Varlı, E., Eren, T. (2017) “Vardiya Çizelgeleme Problemi ve Bir Örnek Uygulama”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi* 10(2), s.185-197.
- Varlı, E., Ergişi, B., vd. (2017) “Özel Kısıtlı Hemşire Çizelgeleme Problemi: Hedef Programlama Yaklaşımı”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 49, s.189-206.
- Yazdi, A.K., Esfeden, G.A. (2017) “Designing Robust Model of Six Sigma İmplementation Based on Critical Successful Factors and MACBETH”, *International Journal of Process Management and Benchmarking* 7(2), s.158–171.