

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE
ERGONOMİK ODA SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal BİDERCİ

1711110132

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ

İSTANBUL

Mayıs 2019

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI



**SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİYLE
ERGONOMİK ODA SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal BİDERCİ

1711110132

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ

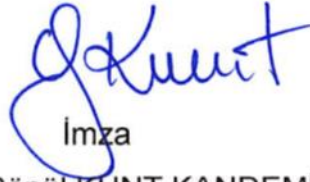
İSTANBUL

Mayıs 2019

T.C.
YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

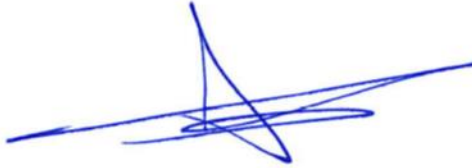
İş Sağlığı Ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı
çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından
Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 22/05/2019



İmza

Prof. Dr. Gönül KUNT KANDEMİR
Yeni Yüzyıl Üniversitesi
Jüri Başkanı



İmza

Dr. Öğr. Üyesi Beyrul CANBAZ
Yeni Yüzyıl Üniversitesi



İmza

Doç. Dr. Fatih YILMAZ
Yıldız Teknik Üniversitesi

ÖZGÜNLÜK BİLDİRİSİ

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntıların, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,

2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul, 22 / 05 / 2019

Hilal BİDERCİ

İmza



İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay Sayfası.....	I
Özgünlük Bildirgesi.....	II
İçindekiler.....	III
Şekiller Dizini	V
Tablolar Dizini	VI
Kısaltmalar.....	VII
Önsöz	VIII
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.Ergonomi	3
2.1.1.Ergonomi Kavramı.....	3
2.1.2.Ergonominin Önemi ve Amacı	4
2.1.3.Ergonominin Diğer Bilim ve Alanlarla İlişkisi.....	5
2.1.4.Ergonominin Tarihsel Gelişimi.....	8
2.1.4.1. Ergonominin Dünya'daki Gelişimi.....	8
2.1.4.2.Ergonominin Türkiye'deki Gelişimi	10
2.1.5.Ergonominin Çeşitleri	12
2.1.5.1.Fiziksel Ergonomi.....	12
2.1.5.2.Bilişsel Ergonomi.....	13
2.1.5.3. Yönetmel-Organizasyonel Ergonomi.....	15
2.1.4.Ofis Ergonomisi	16
2.1.5.Fiziksel Çevre Faktörlerinin Ergonomi Açısından Değerlendirilmesi	17
2.5.1.1.Gürültü	19
2.5.1.2.Aydınlatma	21

2.5.1.3.Termal Konfor	25
2.5.1.4.Pencereler.....	29
2.5. Çok Kriterli Karar Verme	30
2.5.1.Karar Verme	30
2.5.1.1.Karar Verme Süreci.....	31
2.5.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	32
2.6. Bulanık TOPSIS.....	34
2.6.1.Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Kuramı	34
2.6.1.1.Bulanık Mantık Ve Klasik Mantık.....	36
2.6.1.2. Bulanık Mantık Avantaj Ve Dezavantajları	37
2.6.2. Üyelik Derecesi ve Üyelik Fonksiyonu.....	38
2.6.2.1 Bulanık Sayılar	39
2.6.2.2. Üçgen ve Yamuk Bulanık Sayılar	39
2.6.3. TOPSIS Yöntemi	41
2.6.4. Bulanık TOPSIS	42
3. GEREÇ VE YÖNTEM	44
3.1. Sezgisel Bulanık Küme	44
3.1.1 Sezgisel Bulanık TOPSIS	45
4. BULGULAR.....	51
5. TARTIŞMA.....	59
6. SONUÇ	66
7. ÖZET	68
8. SUMMARY.....	70
9. KAYNAKLAR	72
10.ÖZGEÇMİŞ.....	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Klasik Küme ile Bulanık Kümenin Üyelik Fonksiyonlarının Karşılaştırılması	39
Şekil 2: Üçgen Bulanık Sayılar.....	40
Şekil 3: Yamuk Bulanık Sayılar.....	41
Şekil 4: Ergonomik oda seçim kriterlerinin hiyerarşik yapısı.....	51



TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: ÇKKV problemlerinde kullanılan teknikler.....	33
Tablo 2: Bulanık mantık ve klasik mantık.....	36
Tablo 3: Ergonomik oda seçimi için değerlendirme kriterleri.....	51
Tablo 4: Alternatif odalar ve özellikleri.....	52
Tablo 5: Karar vericilerin ve kriterlerin önem derecelerini belirlemede kullanılan dilsel terimler.....	53
Tablo 6: Karar vericilerin değerlendirilmesi.....	53
Tablo 7: Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel terimler.....	54
Tablo 8: Alternatiflerin kriterlere göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.....	54
Tablo 9: Birleştirilmiş karar matrisi.....	55
Tablo 10: Kriterlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.....	55
Tablo 11: Ağırlıkları birleştirilmiş karar matrisi.....	56
Tablo 12: Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümler.....	56
Tablo 13: Alternatiflerin ayırım ölçümleri ve yakınlık katsayıları.....	57
Tablo 14: Karar vericilerin A4 alternatifi için sezgisel bulanık sayıları.....	58

KISALTMALAR

IEA : International Ergonomics Association (Uluslararası Ergonomi Derneği)

ABD : Amerika Birleşik Devleti

TDK : Türk Dil Kurumu

ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme

TOPSIS : Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

(İdeal Çözümle Benzerlikten Sipariş Tercih Tekniği)

IFWA: Intuitive Fuzzy Weight Average (Sezgisel Bulanık Ağırlık Ortalaması)

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, tecrübelerinden faydalandığım kıymetli danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Beyrul CANBAZ' a, çalışmam sırasında bana yardımcı olan Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, başta bölüm başkanı Prof.Dr.Gönül KUNT' a ve öğretim üyeleri Prof.Dr.H.Hulusi ACAR' a, Dr.Öğr.Üyesi Tahsin Aykan KEPEKLİ' ye, Öğr.Gör.Ulaş ÇINAR' a, Öğr.Gör.Tolga BARIŞIK' a yardımları ve katılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca bana maddi ve manevi her türlü desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

1.GİRİŞ

Üniversitelerde eğitim ve bilimsel araştırma çalışmalarında bulunan akademisyenlerin çalışma ortamları, onların yaratıcılığını engellemeyecek ve çalışmaya motive edecek, verimliliklerini artıracak konumda olmalıdır. Üniversitelerdeki çalışma ortamlarının iyileştirilmesi ve ergonomik olarak tasarlanması ile akademik personellerin çalışmaları daha verimli olacaktır. Böylece, üniversitelerin akademik kadrolara sağlayacakları ergonomik çalışma ortamları ile bilimsel çalışmalar ve en üst düzey eğitim verme çalışmalarında önemli bir artış olacaktır. Ergonomik koşulların sağlanması durumunda da akademik personelin verimliliği en üst düzeye çıkacaktır.¹

Akademisyenler için çalışma hayatlarının büyük bir kısmını geçirdikleri ofislerin ergonomik şartlara uygun olarak düzenlenmesi, görevlerini ve çalışmalarını daha verimli bir şekilde yapmalarını sağlar. Ergonomi, insan ile insanın kullandığı donanım ve çalışma ortamı arasındaki ilişkileri incelemesinin yanında bu ilişkileri etkileyen çevresel etkenleri de inceler. Çalışanın psikolojisi, sağlığı ve iş güvenliği üzerinde önemli bir etkisi olan fiziki çevre şartlarının, ergonomik kriterlere göre düzenlenmesi verimli ve rahat bir çalışma ortamı sağlar. Gürültü ve ses, aydınlatma, ortamın termal konforu ve havalandırması gibi etkenler başlıca fiziksel koşullardır ve bu koşullar çalışanları hem fiziksel hem de psikolojik olarak etkilemektedir². Ergonomik düzenlemelerle uygun çalışma ortamı sağlanarak çalışanların fizyolojik ve psikolojik özelliklerini en iyi şekilde kullanmaları hedeflenmektedir.³

Aynı zamanda ergonomi, daha sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturmanın yanında; çalışma ortamını, çalışanları hoşnut edecek güdüleyici bir ortama dönüştürmektir. Böylece ergonomi biliminin iyi bilinmesi ve uygulamasıyla birlikte, iş sağlığı ve güvenliğini gerekliliklerini gerçekleştirip, iş kazalarının oluşumunu önlemek, verimliliği arttırmak ve iş gücü kaybının

oluşumunu engellemek için çalışma ortamı ile çalışanlar arasında eşgüdümün sağlanması gerekmektedir.¹

Çalışanın sağlığının kötü etkilenmemesi, iş verimliliğinin ve motivasyonunun azalmaması açısından fiziki çevre faktörlerinin bilinmesi ve bu faktörlerin çalışan üzerinde ilave bir problem oluşturmaması için etkilerinin ne derece olacağıın bilinmesi gerekir. Kötü çalışma koşulları özellikle gürültü, yüksek-düşük sıcaklık ve yetersiz aydınlatma sonucunda oluşan yorgunluk ve stres çalışanların verimliliğini düşürmektedir.¹

Bu çalışmanın amacı, akademisyenler için üniversitelerdeki çalışma ortamlarının kalitesinin yükseltmekle birlikte TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metodunun sezgisel bulanık ortama genişletilerek ergonominin fiziksel faktörleri açısından değerlendirmeler ile çalışma ortamıyla bütünleşmenin sağlanmasıdır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.Ergonomi

2.1.1.Ergonomi Kavramı

Ergonomi, Yunanca ERGON (iş, çalışma) ve NOMOS (doğal yasa, kural) kelimelerinden oluşur ve "iş yasası, iş kuralı ya da işbilim" manasında kullanılmaktadır⁴. Ergonomi ifadesi farklı ülkelerde değişik terimlerle isimlendirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD), "İnsan Faktörü Mühendisliği (Human Factor Engineering)", "İnsan Mühendisliği (Human Engineering)" terimleri, İskandinav ülkelerinde "Biyoteknoloji (Biotechnology)" terimi kullanılırken, Avrupa ve öbür ülkelerde Ergonomi terimi tercih edilmektedir. Türk Dil Kurumu (TDK) ergonominin türkçe karşılığını 'işbilim' olarak ifade etmektedir. Ülkemizde ise önceleri işbilim olarak adlandırılan bu disiplin şimdilerde ergonomi adıyla kullanılmaktadır⁵.

Ergonomi, insan ile insanın kullandığı araç-gereç ve çalışma ortamı arasındaki ilişkiyi bilimsel olarak inceleyip uygulama alanlarında kullanılan disiplinler arası bir bilim dalıdır¹. IEA (International Ergonomics Association)'a göre ergonominin tanımı ise şöyledir: "Ergonomi (veya insan faktörleri) insanlar ve bir sisteme ait unsurlar arasındaki etkileşimlerle ilgili olan ve kişi rahatlığı ve genel sistem performansını artırmak için tasarıma teori, ilke, veri ve yöntemlerin uygulandığı bilimsel bir disiplindir⁶". Kısacası ergonomi insanların kullandıkları araç-gereçlerin ve çalışma ortamlarının, kişilerin iş sağlığı ve güvenliğini sağlamanın yanında rahatlığına da uygun olarak tasarlanmasıdır.

2.1.2.Ergonominin Önemi ve Amacı

İşbilimi, insan mühendisliği gibi farklı terimlerle de adlandırılan ergonomi, insan, makine ve çevrenin birbirleriyle etkileşimleri sonucu aralarındaki uyumun en iyi biçimde sağlanması amacıyla insan, iş ve çevrenin ergonomik özelliklere uygun olarak tasarlanması amaçlar. ⁷ Bununla beraber ergonomik çalışmalarda çalışma ortamını ve işi, kişiye gelebilecek tehlikeleri azaltmayı sağlamanın yanı sıra çalışma ortamını, kişilerin hoşnutluğunu sağlayacak ve kişileri çalışma isteğini güdüleyerek iş verimlerini artıracak ortamlara dönüştürmektir¹.

Ergonomik ilkelere uygun olarak insanların antropometrik özelliklerine göre tasarımı yapılan araç ve gereçler, çalışma şartlarına uygun çevre koşulları, bir işyerinde iş güvenliğinin sağlanmasıyla beraber iş kazalarının önlenmesini ve iş gücü kaybının azaltılmasını dolayısıyla da verimliliğin artmasını sağlar. Bu nedenle de işyeri çalışma ortamı ile çalışanların bütünleşmesi gerekmektedir. Bunun sağlanması için de ergonomi biliminin en iyi şekilde uygulanması şarttır.¹

İş yerinde kötü çalışma koşulları çalışanların iş performansını ve verimliliğini olumsuz etkiler ve çalışanlarda strese neden olur. Bu olumsuz etkileri azaltmak ve yok etmek için, işyeri binalarının özellikleri ve termal konforu, gürültü, titreşim ve aydınlatma, kullanılan araç ve gereçler, düzen, temizlik gibi ergonominin faktörleri çalışanların verimliliğini artıracak şekilde ve isteklerine göre düzenlenmelidir⁸. Çalışma ortamında yapılan ergonomik ve psikolojik düzenlemelerle çalışanlar için monoton bir çalışmanın olmaması ve çalışanların motivasyonunu artıracak bir çalışma ortamı oluşturmak amaçlanır⁹.

Çalışma hayatının insani şartlara uygun hale getirilmesini amaçlayan ergonomi, insanların yaşam kalitesini yükseltir. Bu doğrultuda;

çalışma esnasında bazı tehlike ihtimallerinin ortadan kaldırılması, çalışma ortamlarının sağlık koşullarına elverişli şekle getirilmesi, çalışma saatlerinde planlamalar yapılması, kişinin fizyolojik özelliklerine uygun iş düzeni sağlanması ergonominin en önemli amaçları arasındadır. Buna göre ergonomik bir tasarım kullanıcıya uygun olmalı, kullanımı kolay olmalı, rahatlığı, verimliliği, sağlık ve güvenliği arttırmalıdır. Yani ergonominin temel yaklaşımı insanın anatomik, fizyolojik ve psikolojik özelliklerine bağlı olan veri ve bilgilerin, çeşitli araç-gereç ile fiziki çevre tasarımında, çalışanların öncelikle sağlığını daha sonra da konfor ve rahatlığını tüm bunlara bağlı olarak da verimliliğini arttıracak şekilde kullanılmalıdır.^{10,11,2}

Ergonomik düzenlemeler, çalışanların fizyolojik ve psikolojik özelliklerini en iyi şekilde kullanacakları en uygun çalışma ortamı sağlamayı hedeflemektedir. Böylece ergonomik düzenlemeler sonucunda verimlilik kendiliğinden gelmektedir³. Murrel, işin insana uyarlanması ergonominin hedefi olduğunu ve bu doğrultuda insanın işini kolayca yapabilmesine olanak sağladığını bildirmiştir¹². Ergonomi bir taraftan verimliliği artırırken diğer taraftan da insanın daha az efor sarf ederek ve meslek hastalıklarına yakalanmayı önlemek daha rahat çalışmasını sağlamak gibi iki önemli fonksiyonu yerine getirmektedir¹³.

2.1.3.Ergonominin Diğer Bilim ve Alanlarla İlişkisi

Dünyada ve ülkemizde ergonomi konusunda yapılan araştırmalar, ergonomi konusunda bilgi alanını genişletmekte, bilgi alanı genişledikçe de birçok alt disiplin ortaya çıkmaktadır.

Çalışan insanın davranışları ve gereksinimleri arasında fizyolojik, anatomik ve psikolojik faktörler önemli bir yer tutmaktadır. Bu yüzden insanın tek bir bilim dalı tarafından incelenmesinin yeterli olmayacağı bilinmektedir.

Grandjean' e (1975) göre de ergonomi bilimine, insan fizyolojisi, psikolojisi ve anatomisi büyük katkılar sağlamıştır¹⁴.

Ergonomi, antropometri, biyomekanik, fizyoloji, psikoloji, toksikoloji, makine mühendisliği, endüstri ürünleri tasarımı, bilgi alma teknolojisi ve endüstriyel yönetim gibi bilimlerden bilgisini toplar, bu bilgileri ilişkilendirir ve seçer. Bu bilgiyi uygularken özel metot ve teknikler kullanılır. Ergonominin diğer alanlardan en önemli farkı disiplinler arası yaklaşımıdır. Ergonominin bu disiplinler arası yaklaşımı, birçok farklı insan karakterine hitap etmesini sağlar. Bu yapısından dolayı ergonomi, çalışma veya yaşama alanlarının insan gereksinimlerine adapte edilmesini öngörmektedir.¹⁵

Literatüre bakıldığı zaman ergonomi birçok farklı çalışma alanlarına ve disiplinlere katkıda bulunmaktadır. Sosyoloji, antropometri, fizyoloji, psikoloji, mühendislik gibi bilim dallarıyla yakın ilişki içinde olduğu görülmektedir ve bu bilim dalları ergonomiye katkıda bulunmaktadır.¹⁶

Ergonomik çalışmaların bilimsel temeli farklı bilim dallarındaki bilgi birikimlerine dayanmaktadır. Ergonomi kapsamındaki temel bilgi alanları aşağıda sıralanmaktadır.¹⁵

Antropometri: Kullanılan araç-gereçlerin ve çalışma ortamının insanın anatomik ve fizyolojik özelliklerine uygun bir şekilde tasarımlar yapmasına imkân sağlar.

Fizyoloji: Canlı organizmalardaki tüm yaşamsal işlevleri inceleyen bir bilim dalını tanımlamaktadır. Ergonomi açısından en önemli iki

ana dalı iş fizyolojisi ve çevre fizyolojisidir. İş fizyolojisi; iş-enerji ilişkisini, iş ve fiziksel hareket sırasında gerekli enerjinin sağlanmasıyla ilgili döngüyü incelemektedir. Çevre fizyolojisi; bireyler üzerinde fiziksel öğelerin etkilerini incelemektedir. Bu fiziksel öğeler arasında ortamın aydınlatması, ısı ve gürültüsü sayılabilir.

Psikoloji: Çalışanların, yaptıkları iş ve çalışma ortamından psikolojik yönden etkilenişlerini inceleyerek uygun düzenlemelerin sağlanmasını amaçlar. İş psikolojisi işin sosyal yönü üzerinde çalışır. İş psikolojisinin ana ilgi alanları arasında meslek seçimi, meslek doyumu, bireysel farklılıklar sayılabilir.

Enformasyon: Çalışan kişiye gerekli bilgileri, akustik, optik ve bu biçimdeki yollardan rahatça aktarabilecek şekilde, çalışma ortamının tasarlanması ile ilgilenir.

Organizasyon: Dinlenme, iş değişiklikleri ve maaşlar ile çalışanların işten etkilenmesinin azaltılmasını amaçlar.

İş güvenliği: Çalışanlar için çalışma ortamının ve kullanılan araç-gereçlerin, çalışanların sağlığı ve güvenliği açısından tehlike oluşmayacak şekilde tasarlanmasını amaçlar.

Biyomekanik: İnsan dokularının özellikleri ve kinetik olmayan etkilere dokuların nasıl bir tepki oluşturacağını araştıran alandır. Çalışan ile kullandığı araç gerecin etkileşimi, kassal iş ve fiziksel egzersizler biyomekaniğin konuları arasındadır.

2.1.4.Ergonominin Tarihsel Gelişimi

İnsanlar çalışma ortamlarını ve çevrelerini iyileştirmek için geçmişte çaba harcamaları ile beraber ergonominin bir bilim dalı olarak ortaya çıkması endüstri devrimiyle olmuştur. Ancak literatüre baktığımızda ergonominin tam anlamıyla gelişmesinin 2. Dünya Savaşı ile birlikte olduğunu görmekteyiz.¹⁷ Frederick Winston Taylor ergonemi alanında ilk araştırmacı olarak gösterilmektedir.¹⁸

2.1.4.1. Ergonominin Dünya'daki Gelişimi

İş sağlığının babası olarak bilinen Bernardino Ramazzini, 1713 yılında yayınladığı kitabında çalışma ortamında ideal sıcaklık derecesinden ve havalandırma yöntemlerinden bahsetmiştir. Ramazzini çalışanların sağlığı, iskelet sistemi hastalıkları ve ergonemi hakkında bilgi veren ilk kişidir.^{19,20,21}

Ergonomi tarihinde genelde F.W Taylor'ın ismi geçmektedir ve Taylor ergonemi bilimi ile endüstri mühendisliğinin babası olarak anılmaktadır²². Taylor iş sırasında çalışanların kullandığı araç gereçlerin işe uygunluğu ve çalışanların bu araçları kullanırken elde ettikleri iş verimliliğine yönelik bazı çalışmalar yapmıştır².

1760' larda insanların fabrikalarda çalışmaya başlaması ile birlikte sabit pozisyonlarda tekrarlanan hareketlerin yapıldığı yeni bir çalışma tarzı ortaya çıkmıştır. Bu durum iş yaşamında yeni rahatsızlıkları ve şikâyetleri ortaya çıkarmaya başlamıştır.²³ Bu yeni çalışma tarzı ergonemi alanında da kendini göstermiştir. Bu yüzden insanların sağlığının olumsuz etkilenmemesi

için ergonomiyle ilgili çalışmalara verimlilik faktörü de dâhil edilmiştir. Bu yeni çalışma tarzının ilk örneklerini F. W. Taylor ve Lillian Gilbreth - Frank Gilbreth çifti çalışmalarında insan unsuruna yer vererek göstermişlerdir.^{24,25} 1800"lü yıllarda elektrik ve makine gücünden daha çok yararlanma ile ergonomi konusunda ki birçok uygulama değişmiştir. Dokumacılık gibi devamlı aynı hareketin tekrar ettiği eylemlerde artık insanın değil makinenin kullanılmaya başlanması ergonomik uygulamaların ilk örneğini oluşturmaktadır.^{11,26}

Ergonomi II. Dünya Savaşı sırasında bilim adamlarının ileri düzeyde sistem ve ürünler tasarlamaya başlamaları ile birlikte ortaya çıkmıştır. Birçok yeni silah üretilmiş fakat yanlış kullanıldığı için, insan-makine sistemi düşüncesi önemsenmediği için ve insanların o güne kadar karşılaşmadıkları kadar ayrıntıya sahip oldukları için savaş da pek çok insan hayatını kaybetmiştir. Bu durum araç ve gereçlerin dizaynında insan faktörünün dikkate alınması gerektiğini göstermiştir.^{27,28}

Ergonominin ABD "deki gelişimi Avrupa'dan farklılık göstermektedir. Ergonomi ABD'de modern ve gelişmiş uçak ve silahların, kullanıcıların karar verme yeteneklerine yardımcı olmak ve onlara uygun tasarım sağlamak amacı ile başlamıştır.^{23,29}

Avrupa'da ergonomik çalışmalar ağır çalışma koşullarına, fizyolojik problemlerin çözümüne yönelmiştir.²⁹

İngilterede ise II. Dünya Savaşı'nın neden olduğu askeri problemler ergonomi uygulamalarını başlatmıştır¹⁷. Oxford Tıbbi Araştırma Birimi (Oxford Medical Research Unit) ile Cambridge Uygulamalı Psikoloji Birimi (Cambridge Applied Psychology Unit) kurulmuş ve ergonomiyle ilgili

araştırmalar başlatılmıştır. Ergonomi Araştırma Konseyi (Ergonomics Research Council) ergonomi konusundaki problemlere değinmek amacıyla kurulmuştur. Bu konseyde anatomistler fizyologlar psikologlar, mühendisler, mimarlar ve iş güvenliği profesyonelleri bir araya gelmiştir. Konsey tarafından yürütölen çalışmalar tüm dñnyada ilgi görmüş ve 1964 yılında Uluslararası Ergonomi Derneęi'nin (International Ergonomics Association- IEA) kurulmasına öncü olmuştur. Bu dernek günümüzde de çalışmalarını devam ettirmektedir.¹⁸ Günümüzde Uluslararası Ergonomi Derneęinin ilgi noktası ergonomiyi geliştirmek ve çalışmalarda gözlem çalışmalarına, biyomekaniğe, antropometriye ve insan fizyolojisine odaklanmaktır.

2.1.4.2.Ergonominin Türkiye'deki Gelişimi

Türkiye de ergonomiyle ilgili ilk çalışmalara 1960"lı yılların sonlarına doğru alışma Bakanlığı ve İstanbul Teknik Üniversitesi hemen hemen aynı zamanlarda başlamıştır.⁷

Ergonomi kavramı ilk defa 1976 yılın da Milli Prodñktivite Merkezi tarafından yapılan bir konferansta dikkate sunulmuştur.¹⁷

Ergonomi ilk kez 1971 yılında, Orta Doğu Teknik Üniversitesinde, endüstri mühendisliği bölümünde 'İnsan Faktörü Mühendisliği' adında ders olarak okutulmaya başlanmıştır. 1975 yılında yurt dışından getirilen cihazlarla bir ergonomi laboratuvarı kurulmuştur. ^{7,1}

1980"lerde Dokuz Eylül Üniversitesi, endüstri mühendisliği bölümü tarafından yurt dışından yeni laboratuvar cihazları getirilmiş ve

ergonomi dersi ders programına alınmıştır. Ayrıca Dokuz Eylül Üniversitesi 1984 ve 1986 yıllarında İzmir Batı Alman Kültür Ataşeliği ile birlikte 1. ve 2. Türk Alman Ergonomi Sempozyumlarını düzenlemiştir.^{30,31} 1986 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi ve Alman Kültür Merkezinin yapmış olduğu işbirliği ile Uluslararası Ergonomi Sempozyumlarında ergonomi iş dünyasına tanıtılmıştır.⁷ Düzenlenen seminerlerde ergonomi düşüncesinin üzerinde durulmuştur. Milli Prodüktivite Merkezi tarafından hazırlanan kitaplar ergonomi literatürüne yol göstermiştir ve iş dünyasına önemli katkılar sağlamıştır.²⁶

Milli Prodüktivite Merkezi İstanbul Teknik Üniversitesi ile birlikte 1987 yılından itibaren her iki yılda bir ergonomi kongresinin yapılmasına katkıda bulunmuştur. Daha sonra her 2 yılda bir yapılan ergonomi kongrelerine Çukurova Üniversitesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve İstanbul Üniversitelerinin de yardımları olmuştur. Toplamda altı tane düzenlenen bu ergonomi kongrelerinde iş dünyası ile akademisyenler çok sayıda bildiri sunmuşlardır.^{29,31}

Milli Prodüktivite Merkezi'nin yaptığı çalışmalara karşın ergonominin ülkemizde tam anlamıyla tanındığı ve uygulandığı söylenemez. Farklı kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan çalışmalar, üniversitelerde yapılan çalışmalar, düzenlenen kongreler, toplantılar Türkiye'nin ergonomi konusunda ilerleme göstermesini sağlamıştır ancak çalışma hayatında ergonomiden yeterince faydalanılamamaktadır. Diğer ülkelere bakıldığında ise ergonomiye verilen önem 2. Dünya Savaşından sonra büyük ölçüde artmıştır.

17

Günümüzde ise ergonomi makine mühendisliği, endüstri mühendisliği ve mimarlık gibi birçok alanı kapsadığından, son yıllarda üniversitelerde ders olarak okutulmaya başlanmıştır.²⁶

2.1.5.Ergonominin Çeşitleri

Ergonomi çeşitleri fiziksel, bilişsel, yönetsel-örgütsel başlıkları altında toplanmaktadır.

2.1.5.1.Fiziksel Ergonomi

Fiziksel ergonomi çalışan insanın sağlığına ve güvenliğine ilişkin bir şekilde makinenin uygun ve kolay bir şekilde kullanılabilmesi için tasarım sağlamaktadır.¹⁸ İnsanın anatomik, antropometrik, fizyolojik ve biyomekanik özellikleriyle ilgilendir. İnsanın çalışma sırasındaki duruşu, kullandığı ekipmanlarla ilişkisi, tekrarlanan hareketler, yapılan işle ilgili iskelet-kas sistemleri, çalışanların güvenliği ve sağlığı ele aldığı konulardır.^{32,33}

Fiziksel ergonomi, fiziki etmenlerin insanlar üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmeye çalışır. Böylece insanlara zarar vermeyecek ve onları mutlu edecek fiziki bir çalışma ortamı yaratmaya çalışır.

Fiziksel ergonomi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.³⁴

A. Fiziksel Çevrenin tasarımı

- a. Gürültü
- b. Titreşim
- c. Aydınlatma
- d. Isıtma
- e. Havalandırma

- f. Kimyasal zararlılar
- B. Sağlık ve Güvenlik Tasarımı
 - a. Yaralanma riski ve kontrol
 - b. El ile taşıma
 - c. Koruyucu araç-gereç
- C. Performans Modelleme
- D. Vücut Konumunun İncelenmesi
- E. Uzanma Mesafesi (Kol ve Eller)
- F. Mühendislik Antropometrisi
- G. Robotlu Sistemlerde İnsanın İncelenmesi
- H. Ekranlı Araçlarla Çalışmada Tasarım

2.1.5.2. Bilişsel Ergonomi

Günümüzde bilgisayar ve yazılımların gelişmesi ile bilgi gerekli yerlere ve kişilere daha kısa sürede ve doğru zamanda ulaşabilmektedir. Bu hızlı teknolojik gelişime insanın ayak uydurması daha zor hale gelmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için işletmeler bilgisayar tasarımlarını yaparken insan-makine veya insan-bilgisayar unsurunu dikkate almak zorundadır. Yani bilişsel ergonomiden faydalanmak zorundadır. Bilişsel ergonomi, ergonominin diğer bir alt koludur. Daha verimli bir çalışma için sistematik bir şekilde insan-bilgisayar sistemlerinde çalışan-görev-sistem etkileşimini incelemektedir.³⁵

Bilişsel ergonomi literatürde yazılım ergonomisi ya da bilgisayar odaklı ergonomi olarak da anılmaktadır. Bilişsel ergonomi bir kavram olarak

ise II. Dünya Savaşı esnasında pilotların hatalarının incelenmesinden sonra ortaya çıkmış bir uygulama alanıdır.³⁶

Bilişsel ergonominin öncelikli amacı, ileri teknoloji gerektiren tasarlama aşamasında, bilgiye daha rahat ulaşabilmek için yazılım geliştirmektir ve bu süreç de insan faktörü rolünü optimize etmektir.³⁷

Bilişsel ergonomi aşağıdaki gibi sıralanabilir.³⁴

- a. İnsan hatası
- b. Göstergelerin tasarımı
- c. Yetenek kazanma ve kazanılanların korunması
- d. Çalışan eğitimi
- e. Akıllı sistemler
- f. Analizlerin sınıflandırılması
- g. Test ve muayene
- h. İnsan gücü planlama ve programlama
- i. Zihinsel yük ve yüklenme
- j. Enformasyon sistemlerinin tasarımı ve kullanımı

Bilişsel ergonominin amacı işe ve işi yapacak olan kişiye en uygun sistemi ortaya koymak denilebilir.

2.1.5.3. Yönetmel-Organizasyonel Ergonomi

Yönetmel ergonomi, temel esası insan olan ergonominin, insan ve makine ilişkisinin verimliliğini ve iş sağlığı ve güvenliğini sağlayarak çalışmanın düzenli bir şekilde düzenlenmesini hedef alan, makinelerin insanın özelliklerine uygun olmasını sağlayan yönetim sürecidir. ³⁸

Örgütsel ergonomi çalışanları ve yaptıkları işi en iyi etkiyi sağlayacak şekilde örgütlemeye çalışır. Örneğin, yoğun iş temposunda çalışanlar için vardiyanın işleri aksatmayacak şekilde organize edilmesi örgütsel ergonominin işidir.

Örgütsel yapıları, politika ve aşamaları dâhil olmak üzere sosyoteknik sistemlerin en uygun duruma getirilmesiyle ilgilendir. ¹⁵

Yönetmel-Örgütsel Ergonomi konuları;

- a. İletişim,
- b. Ekip kaynak yönetimi,
- c. İş tasarımı, çalışma saatlerinin belirlenmesi,
- d. Ekip çalışması,
- e. Katılımcı tasarım,
- f. Toplum ergonomisi,
- g. Uyumlu çalışma,
- h. İş birliği içinde çalışma,
- i. Yeni iş paradigmaları,

- j. Örgütsel kültür,
- k. Sanal örgütler,
- l. Tele iş,
- m. Kalite yönetimi sayılabilir.

Örgüt kültürü, iş yerindeki işlerin nasıl yapılacağını belirler. İş yerinde ergonomik çalışmaların yapılması gerektiğinin dikkate alınıp alınmaması iş yerindeki örgüt kültürü ile ilgilidir. Örgütün benimsediği vizyon, misyon, üretim amaçları, çalışanlara bakış açısı, yönetim tarzı, çalışanların sosyalleşmesi gibi pek çok konuyu örgüt kültürü belirlemektedir. Bundan dolayı ergonomi ve örgüt kültürü birbirine bağlıdır. ³⁹

2.1.4.Ofis Ergonomisi

Ofis ergonomisi, çalışılan alanın ergonomik olarak düzenlenmesiyle ilgilidir. Ofisin ergonomik olarak dizayn edilmesi çalışan kişide yorgunluğu ve kas gerilmelerini engeller, konforu artırır. Ergonomik bir ofis yeri fiziksel çevre, masa ve koltuk tasarımı, ekran ve klavyenin konumu, aydınlatma gibi çevresel faktörleri ayarlar ve kontrol eder.⁴⁰

Çalışanlar zamanlarının çoğunu ofislerde geçirmektedir bu yüzden ergonomik bir çalışma ortamında çalışmalarını verimli çalışmalarını açısından oldukça önemlidir.

Ofislerde ergonomik olarak tasarlanmış mobilya, çalışma masası, doğru yere yerleştirilmiş bilgisayar, telefon gibi ofis araçları sayesinde çalışanların sağlığını onlara zarar vermeyecek şekilde tutmak mümkündür.

Ergonomik açıdan ofis düzenleme çalışma yerinin ve işin, insana uyumunun sağlanması için yapılmaktadır. Ofisin, çalışan insanın yeteneklerine göre tasarlanması kişinin işi ile arasında uyum sağlayacaktır ve çalışan kişiden daha fazla verim elde edilecektir.

Ofis çalışma ortamları tehlike sınıfları tebliğine bakıldığında az tehlikeli olarak görünmesine karşın, görünen ve/veya görünmeyen birçok risk faktörünü içerebilmektedir. Bu ortamlardaki ergonomik risk faktörleri çalışanların sağlığını, güvenliğini, yaşam kalitesini, iş verimini ve motivasyonunu olumsuz yönde etkilemektedir. Ofis sektörü, meslek hastalıkları ve iş kazaları yönünden göz önünde bulundurulması gereken bir sektördür. Ofislerdeki iş kazalarının diğer çok tehlikeli ve tehlikeli sektörlerdeki kazalara oranla daha düşük olması bu sektöre ilgiyi azaltmaktadır. İş kazalarının az olmasına bakılmaksızın ofislerde iş sağlığı ve güvenliği konusuna önem verilmelidir. Ofis çalışanlarında meslek hastalıklarının giderek artması ofislerde bu konunun önemini açıkça göstermektedir. Ofislerde yapılan bazı önlemler ve ergonomik düzenlemeler ile meslek hastalıklarının önüne geçilebilir ve işyerinde sağlıklı bir ortam sağlanabilir. Ofislerde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanmasında takılma, düşme ve kayma olayları, elektrik, kimyasallar, ergonomi, doğal afetler ve elektromanyetik radyasyon gibi konulara önem verilmesi gerekir.⁴¹

2.1.5.Fiziksel Çevre Faktörlerinin Ergonomi Açısından Değerlendirilmesi

Çalışanlar, çalışma ortamında güvenli hissettiklerinde daha verimli çalışma sağlayacakları açıktır. Ofislerin fiziksel ortamında, hava kalitesi, termal konfor, aydınlatma, gürültü ve çalışma alanlarının düzenleri gibi konular bulunmaktadır. Bundan dolayı çalışma ortamının fiziksel koşullara

uygunluğu göz önünde bulundurularak ofis ortamları dizayn edilmelidir. Yapılan araştırmalarda ise çalışanların memnuniyetini, fiziksel çevrenin %24 oranında etkilediği göstermektedir. Çalışanların sağlığı ve verimi açısından bu fiziksel faktörlerin bilinmesi ve çalışanların bu faktörler karşısında vereceği tepkilerin de tanınması gerekir.⁴²

Çalışanların insan olduğu ve çevreden etkilendiği gerçeği unutulmamalıdır. Ergonomi bilimi insan ve yaptığı iş, kullanılan araç-gereç, makine ve donanım arasındaki ilişkiyi ele almasının yanında bu ilişkileri etkileyen çevresel etkenleri de inceler. Ofislerde fiziksel şartların, ergonomik ögeler göz önüne alınarak düzenlenmesi ofis çalışanlarının hem sağlığını aynı zamanda iş verimini de etkiler. Ofis çalışanlarını, gürültü, az ya da fazla işık, ortamın nemi, sıcaklığı, temizlik şartları gibi etkenler hem bedenem hem de psikolojik olarak etkilemektedir. Uygunsuz evre şartları kişide işe karşı isteksizlik, baş ağrısı, yorgunluk gibi sağlık problemlerine sebep olur. Aydınlatma, ses, gürültü ve ısı, nem, havalandırma gibi atmosferik ortam, ofislerde düzenlenmesi gereken başlıca fiziksel koşullar olarak ele alınır.²

Ergonomistler, fiziksel çevrenin çeşitli faktörlerinin çalışanlar üzerinde etkili olduğunu vurgulamışlardır. Örneğin gürültü, kan basıncının artmasına ve stresin oluşmasına dolayısıyla negatif bir psikolojik duruma neden olan çevresel bir faktördür.⁴³

Çevresel faktörler, bireyler için ilave bir problem oluşturabilmektedir. Çalışanın sağlığının kötü duruma düşmemesi, iş performansının ve motivasyonunun azalmaması açısından bu faktörlerin bilinmesi ve çalışan üzerindeki etkilerinin ne derece olacağının araştırılması gerekir.

2.5.1.1.Gürültü

Ofis işleri genellikle zihinsel etkinlik gerektiren ve gürültüden önemli derecede etkilenen görevleri kapsar. Gürültü, çalışma ortamında konsantrasyon kaybına sebep olarak iş verimini düşüren ve morali bozan önemli faktörlerden birisidir. Ofis ortamlarındaki gürültü genellikle işitme kaybına sebep olacak kadar yüksek değildir fakat kesintisiz gürültü dayanılmaz bir stres oluşturabilir. Gürültü arttıkça dikkatin toplanması zorlaşmakta, insanın sinir sistemi bozulmakta buna bağlı olarak beceri isteyen işlerde de zihinsel çalışmalarda da verimlilik düşmektedir.^{44,45,46}

Çalışma ortamı gürültü düzeyinin uygun düzeye indirilmesi, desibeli yüksek ekipmanların çalışanlar üzerindeki olumsuz etkisinin uygun hale getirilmesi ve birbirleri ile kolaylıkla iletişim kurabilmelerinin sağlanması, kullanılan ekipmanların ergonomik açıdan değerlendirilmesi bir zorunluluktur²². Çünkü sürekli veya kesintili tiz sesler, bilgisayarların çıkardıkları sesler gibi sesler insanların konsantrasyonunu dağıtır, kişide yorgunluk ve baş ağrısı yapar. Bu durum da kişide verim düşüklüğüne neden olabilir.⁴⁷

Ofis ortamındaki gürültü kaynakları; çalışanların konuşmaları, havalandırma sistemi, fanlar, bilgisayarlar, telefon, faks, fotokopi makineleri ve ofis dışından gelen trafik sesleri olabilmektedir. Yapılan bir çalışmada, çalışanları en rahatsız eden gürültü kaynaklarının telefon ve zil sesleri olduğu tespit edilmiştir.³⁰

Ofislerdeki gürültü düzeyi işitme kaybına neden olacak kadar yüksek değildir ama diğer sektörlerde yüksek ses düzeyinden dolayı işitme

kayı olabilir. Gürültünün insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik olarak etkileri bulunur.

Gürültünün Fizyolojik Etkileri: Ofislerdeki gürültü şiddeti insan sağlığına fizyolojik olarak etki edebilecek veya işime kaybına neden olabilecek seviyede değildir. Ofis ortamındaki gürültü seviyesi ortalama 50-55 dB arasındadır ancak ofisin büyüklüğüne göre bu aralık değişebilmektedir.⁴⁸

Gürültünün Psikolojik Etkileri: Gürültü çalışma ortamının düzenine ve büyüklüğüne göre çalışanlar üzerinde psikolojik olarak değişik durumlar şeklinde etki gösterebilir. Çalışanlar üzerinde konsantrasyon ve dikkat eksikliği, yorgunluk, uyku düzeninin bozulması, agresif olma, iletişim bozuklukları ve algıda azalma gibi etkileri vardır.⁴⁸

Gürültü aynı zamanda istenmeyen ve rahatsızlık veren ses olarak ifade edilir. İnsan kulağı, 0 dB – 140 dB arasında bulunan ses şiddetine karşı duyarlıdır. Ofislerde ses düzeyinin 50 desibel düzeyinde tutulması uygundur. Ofislerde ses düzeyi 80 desibelin üzerine çıkarsa zamanla işitme yeteneğinde azalmaya neden olabilmektedir. Eğer gürültü konuşmaların işitilemediği bir düzeye ulaşmışsa gürültünün azaltılması için önlemler alınmalıdır. Gürültü teknik olarak kaynağında, kaynak ile alıcı arasındaki yolda veya alıcıda olmak üzere üç şekilde önlenir. Çalışanlara eğitim verilmesi, kullanılan cihazların belli aralıklarla bakımlarının yapılması ve farklı alternatiflerinin denenmesi, gereken yerde yalıtım ve susturucu kullanılması ile gürültü miktarının kabul edilebilir düzeye indirilmesi sağlanabilir.²⁹

Gürültüyü azaltmak için alınabilecek bazı önlemler:¹⁶

- Gürültüyü engellemenin en iyi yolu gürültü kaynağını yok etmek ya da kaynağın etkisini azaltmaktır.
- Dış ses yalıtımını sağlayabilmek için en önemli önlem duvarların ses yalıtımı sağlayan bir malzeme ile kaplanmasıdır. İç ses yalıtımı için ise ses emici halı ve parke sistemlerinden yararlanılabilir.
- Dışarıdan çok gürültü gelen yerlerde yaz aylarında oda havalandırması ile pencereler açılmadan gürültü büyük oranda azaltılabilir.
- Makine yerleşimlerinde aynı gürültü seviyesindeki makine ve ekipman bir bölümde toplanabilir.
- Örneğin gürültü çıkaran fotokopi makinesi ayrı bir odaya konulabilir.
- Ziyaretçisi çok olan bölümler mutlaka diğer bölümlerden ayrılmalıdır.

2.5.1.2.Aydınlatma

Ofislerde çalışanların göz sağlığının korunması ve yapılan işlerin rahatlıkla yapılabilmesi için iyi bir aydınlatma tekniği gereklidir. İyi bir aydınlatma tekniği iş yapmayı kolaylaştırır ve verimi arttırırken, kötü aydınlatma göz yorulmalarına neden olur ve dolaylı da olsa verimliliği az miktarda azaltır.⁴⁶

Karanlık bir ortamda bireyin görme kapasitesi düşer. Aydınlatma seviyesi düşük bir ortamda ise görüş yeteneği oldukça azalır. Aydınlatma arttıkça görme seviyesi artar. O halde aydınlatma çalışma ortamı için önemli bir faktördür ve çalışanların sağlıklı bir şekilde çalışabilmeleri için gereklidir. Bir işyerinde görerek algılama işlerin kusursuz bir şekilde yapılması için oldukça önemlidir.^{49,50}

Bir isin yapılabilmesi için gerekli bilgilerin %80'ni görme ile elde edildiği için iyi bir aydınlatma göz ve baş ağrısını önler.⁴⁹ Çalışma ortamının uygun bir şekilde aydınlatılması üretimi hızlandırmakta, çalışanların daha verimli çalışmasını sağlamakta ve konsantrasyonu artırmaktadır. Aydınlatmanın daha verimli olması için açık renkte badana, açık renkte eşyalar tercih edilmelidir.⁴

Ayrıca iyi bir aydınlatma çalışanın sağlığı, güvenliği, konforu için önemli bir faktördür. Bu nedenle, işyerlerinde uygun aydınlatmayı sağlamak oldukça önemlidir. Yetersiz aydınlatma, kazaları meydana getirmekte, üretimi yavaşlatmakta ve çalışanın göz sağlığını olumsuz etkilemektedir.

Aydınlatma ölçü birimi lüks' tür. 300-500 lüks' lük bir aydınlatma düzeyi ortam aydınlatması için uygundur. Ergonomik aydınlatma sistemi tasarlanırken öncelikle ortam aydınlatması için gerekli aydınlık seviyesi tespit edilmelidir. Aydınlatmanın şiddeti, ışığın yönü ve dağılımı, ışığın rengi ve yansımaları gibi etmenler bir aydınlatma sistemi tasarlanırken önemli rol oynamaktadır. Çalışanların daha sağlıklı ve verimli çalışabilmeleri için iş yeri aydınlatmada uygun renkte aydınlatma ekipmanları ve uygun aydınlatma düzeninin sağlanması, parlamaların ve ışık titreşimlerinin önlenmesi, gözlerin belirli aralıklarla dinlendirilmesi gerekmektedir. Aydınlatma aynı zamanda mekânın büyüklüğü, kullanım amacı ve yapılan işin nitelik ve niceliği ve süresine yönelik belirlenmelidir.^{49,50}

Ofislerin aydınlatılmasında ışığın çalışanın gözünü rahatsız etmemesi ve dengeli bir dağılımı sağlanmalıdır. Düşük seviyeli aydınlatma şiddeti ile çalışanların performansını düşürmemek gerekmektedir. Çalışma ortamında tavan, duvar, zemin ve masa gibi tüm yansıtıcıların ışık yansıtıcılığı iyi bir biçimde hesaplanmalı ve yansımaları doğru bir biçimde kullanılmalıdır.

Çalışma ortamında kullanılan aydınlatma sistemleri çalışanların gözünü kamaştırmamalı, titreşim olmamalı ve çalışma ortamında doğru renk ve tonlar kullanılmalıdır. İşyerleri için aydınlatma hesabı yapılırken gün ışığı da hesaba alınmalıdır.

Ofislerde aydınlatma, yapılan işe uygun olarak tasarlanmalıdır. Aydınlatma, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Doğal aydınlatma gün ışığının pencerelerden ve çatıdan tüm alanlara eşit miktarda yayılmasının sağlanması ile kullanılmasıdır. Yeşil binalara ilginin arttığı ve enerji tasarrufunun çok önemli olduğu günümüzde en uygun ve en ucuz aydınlatma şekli olan doğal aydınlatmanın önemi büyüktür. Ofislerin mimari yapısı doğal ışıktan en fazla faydanın sağlanacağı şekilde tasarlanmalıdır. Doğal aydınlatma da çalışma alanı yeri seçilirken ışığın yönü ve yoğunluğu dikkate alınmalıdır. Örneğin; Çalışılan alanda pencereler güney-doğuya veya güney-batıya açılmalı ve mümkün olduğu kadar yükseğe yapılmalıdır.⁷ Ayrıca pencere alanı odanın taban alanı ile orantılı olmalıdır. Doğal aydınlatmada temel yaklaşım ışığın tüm alanlara eşit bir şekilde dağılımını planlamaktır.

Gün ışığı en ekonomik ışık olmasının yanı sıra canlılar üzerinde biyolojik ve psikolojik olumlu etkileri vardır. Dolayısıyla gün ışığından en çok yarar sağlamaya çalışılmalıdır. Pencere yüzeyleri taban yüzeylerinin 1/3'ünden küçükse, doğal ışıktan yeterince yararlanılamıyor demektir. Çok büyük pencerelerin de çok sıcak havalarda içeriye fazla sıcaklık verdiği, soğuk havalarda ise ısı kaybına neden olduğu unutulmamalıdır.^{44,51}

Gün ışığının şiddeti gün içinde ve mevsimlere göre değişiklikler gösterir. Bazı binaların mimari özellikleri nedeniyle de gün ışığı yetersiz kalabilir. Gün ışığından faydalanmanın zor olduğu yerlerde yapay aydınlatmaya başvurulur. Yapay aydınlatma, elektrikli ışık kaynağıdır. Yapay aydınlatma öncesi yapının mimari özellikleri incelenmeli ve çalışma alanının aydınlatma açısından içerdiği olanaklar ortaya konmalıdır⁴. Yapay aydınlatma da hangi ışık kaynağı ve lamba çeşidinin seçileceğinin belirlenebilmesi için aydınlatma düzeyi ve renk ayrımı gibi faktörler dikkate alınmalıdır. Ofisler için en uygun aydınlatma beyaz aydınlatma olup, ışığın ortama eşit olarak dağıtılmasını sağlayacak şekilde olan floresan lambalardır ^{44,51}

Çalışma ortamı aydınlatması ile bilgisayar ekranının ışığı arasında çok fazla farklılıkların olması gözler için uyum bakımından sıkıntı oluşturur. Çalışma mekânı ve monitör ışığı uygun ayarlanmazsa ekranla çalışan kişi monitörde bazı parlak lekeler görebilir. Bu durumla karşılaşmamak için ışık kaynağı olarak aydınlatmada beyaz renk kullanılmalıdır. Renkli ışıkla aydınlatmayı sağlamak görsel algılamayı güçleştirir. Sadece bilgisayar çalışması yapılan iş yerleri için en ideal aydınlatma 300-500 lüks olan aydınlatma düzeyidir. Belge okuması ve bilgisayar işi birlikte yapılacaksa 500-700 lüks önerilmektedir. Bilgisayar monitörü, pencereden gelen doğal ışık ekrana parlamaya yapmayacak konumda yerleştirilmelidir. Ofislerde yansımaları en aza indirmek için parlamaya sebep olmayacak lambalar takılmalı ve pencerelerden fazla ışık geliyorsa perde ile kapatılmalıdır.⁴⁶ Yapay aydınlatma yapılan bir yerde çalışan bir kişi için ışığın geldiği yön önemlidir. Başın ve elin gölgesi yazılan ve okunan yazının üzerine gelmemesi açısından sağ eli kullanan çalışanlarda aydınlatmanın soldan gelmesi, tam tersi durumunda ise aydınlatmanın sağdan gelmesi tercih edilmelidir. Böylece okuma ve yazma işlemi engellenmemiş olacaktır. ⁵²

Tek kullanımlık ofislerin manzaralı bir çevreye taşınmasının etkilerinin incelendiği bir çalışmada, 32 bilgisayar işletmeni çalışan üzerinde yapılan analiz sonucu, görsel rahatsızlıklarda önemli bir değişim olmadığı rapor edilmiş, ışık şartları (aydınlatma) ve parlamaların görsel rahatsızlık ile ilgili önemli bir (korelasyon) ilişkisinin olmadığı belirtilmiştir.⁵³

2.5.1.3.Termal Konfor

Termal konfor, genel olarak bir işyerinde çalışanların büyük çoğunluğunun sıcaklık, nem, hava akımı gibi iklim koşulları açısından gerek bedensel gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken belli bir rahatlık içinde bulunmalarını ifade eder. Bu nedenle, çalışanların günün en az sekiz saatini geçirdiği ofislerde son derece önemli bir faktördür.

Bir işyerinin düzenli olarak havalandırılması, temiz hava ihtiyacının sağlanması, hava kirliliğinin hafifletilmesi, kötü kokunun giderilmesi çalışanların daha konforlu çalışabilmesi ve sağlıkları için oldukça önemlidir.

Özellikle küçük odalarda ve çalışan sayısının fazla olduğu yerlerde çalışma ortamı iyi bir havalandırmayı gerektirir ve havalandırmanın önemi daha da büyüktür. Bu tarz çalışma ortamlarında solunum yoluyla içerideki oksijen miktarı azalmaktadır. Bu nedenle iyi bir havalandırma sistemi ile temiz havaya daha çok ihtiyaç duyulmaktadır. Havalandırma sisteminin kullanılmasının yanında doğal havalandırmadan da yararlanılmalıdır. Kapı ve pencereler ara sıra açılarak çalışma ortamının düzenli aralıklarla havalandırılması gerekir. Bazen çalışanların yaptıkları çalışmalara göre belli bir zaman aynı ortamda bulunmaları gerekmektedir bu durumda ofisteki

yetersiz hava sađlık sorunlarına neden olarak çalıřanların verimini dűřurmektedir.^{54,55}

Havalandırma sırasında hava akımının ve sıcaklığının etkisinden dolayı çalışanların sağlıklarını olumsuz yűnde etkileyebilecek durumlardan kaçınmaları gerekmektedir. Dikkat edilmediği takdirde çalışanlarda boyun tutulması, bař ağrısı, burun tıkanıklığı, soğuk algınlığı, sık sık grip olma gibi sağlık problemleri oluşabilir. Bu da iř veriminin dűřmesine neden olur.^{2,54}

Yapılan iře gűre gerekli en az hava miktarları řyledir:³⁰

- Oturarak yapılan işler 12 m³
- Ayakta yapılan işler 15 m³
- Ağır bedensel işler 18 m³

İşyerlerinde alışanlar için gerekli hava hacmi tespiti o işyerindeki çalışan sayısı ve çalışanların yaptıkları iř dikkate alınmalıdır. Ayrıca yapay havalandırma sisteminin çalışanları rahatsız etmemesi, çalışanların fiziki ve psikolojik durumlarını olumsuz etkilememesi, ani ve yűksek sıcaklık farkı oluşturmaması gerekmektedir.

Ofis mobilyaları ve dekorasyonda kullanılan ahşap malzemelerden zamanla ayrışan formaldehit gazı da havalandırmanın yeterli olmadığı durumlarda insan sağlığına olumsuz etki yapabilir. Ofis mobilyası veya dekorasyonunda kullanılan ahşap, metal, deri vb. malzemeler ve yűzeylerinde kullanılan boya ların seçiminde titiz davranılması gerekir. Özellikle ofislerde gece boyu içerde depolanan uçucu organik bileşikler ve formaldehit gazının, iře başlamadan havalandırılarak temizlenmesi gerekir.⁵²

Çalışma ortamında yeteri düzeyde oksijen olması, kişilerin kendilerini iyi hissetmelerini sağlarken, karbondioksit gazı ve sigara dumanı gibi olumsuzluklar belli bir süre sonra uyuşukluk hissine, yorgunluk hissine ve baş ağrısına sebep olmaktadır. Toz ve benzeri zararlı maddelerin özellikle akciğer hastalıklarına sebep olduğu bilinmektedir. Çalışanların hem sağlıklarının korunması hem de iş performanslarının artırılması için imkânlar çerçevesinde en uygun havalandırma sisteminin kurulması önerilmektedir.⁵⁶

Havalandırma gibi çalışılan alanın sıcaklığı iş verimini büyük oranda etkilemektedir. Çünkü çalışanlar kendilerini rahat hissettikleri ortamda verimli çalışabilirler. Oturarak yapılan işler de 19°C Ofislerde 20°C Ayakta yapılan işler de 17°C performans açısından uygun ısı seviyeleridir. Türkiye de bölgesel koşullara göre değişebilmekle birlikte ofislerde ısı seviyesinin yazın 21-22 °C, kışın ise 24-26 °C civarlarında olması önerilmektedir.⁵⁷

Çalışma ortamının da ısı 24°C'nin üstüne çıkarsa kişide sıcak çarpması, yorgunluk gibi reaksiyonlar görülebilir. Eğer ısı 17°C'nin altına düşerse kişide titreme, soğuk algınlığı, kas ve eklem ağrıları görülebilir. Vücut sıcaklığının belli uygun bir seviyede kalması kişinin rahatlığı ve sağlığı için önemlidir.¹

Aşırı sıcakta çalışma halinde bedensel iş görme yeteneği kısıtlanır. Aşırı sıcaktan etkilenen kişinin tekrar çalışabilecek kadar vücudunun soğuma süresi, çalıştığı sürenin birkaç katı olmaktadır. Çalışma ortamı sıcak olduğunda ter buharlaşması yoluyla vücudun ısısı dağılmaktadır. Ama hava çok nemli ise ter buharlaşması olmamaktadır. Bu yüzden madenlerde, sıcaklığın yüksek olduğu ülkelerde tekstil ve dokuma işlerinde çalışma koşulları daha zordur.^{58,59}

Soğuk iş ortamındaki sorunlar, aşırı sıcak ortama göre daha kolay çözülebilmektedir. Çalışanlar soğuğa uygun giyim ve kuşam sağlandığında soğuk etkisine karşı korunabilirler. Fakat parmakları, burun ve kulakları soğuktan korumak oldukça zordur. Soğuktan etkilenen el parmakları ince işleri yapma yeteneklerini kaybeder, parmaklarda dokunma duyuları duyarlılığını kaybeder, iş verimi düşer, kişide uyuşukluk ortaya çıkar ve kaza riski artar. Ayrıca soğuktan korunmak için giyilen elbiselerin kalın olması nedeniyle iş verimi üzerinde olumsuz etki yapar.^{58,59}

Vücudun ürettiği ısı miktarı fiziksel iş yüküne bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle yapılan işin fiziksel yüküne bağlı olarak, çalışma ortamlarının sıcaklık sınırları değişiklik göstermelidir. Fiziksel harekete dayalı işlerin yapıldığı ortamlar ile ofis ortamlarındaki ısı aynı değerlerde olmamalıdır. Ofislerde ısı seviyesinin kış aylarında 20-23,5 °C civarlarında, yaz aylarında 23-26 °C olması en idealidir.⁴⁶

Isının normalin üstünde veya altında olması doğal olarak iş verimini de etkilemektedir. Isının yüksek olması su ve tuz kaybına yol açarak organik direncin azalmasına sebep olurken kalbin yükünü arttırarak adale krampları ve ısı çarpmaları oluşabilir. Aynı zamanda ısı fazlalığı ofis çalışanlarının rehavetine sebep olarak onları tembelliğe sevk eder. Isı düşüklüğü ise kan dolaşımının yavaşlamasına, el becerilerinde fonksiyon kaybına ve iş veriminde düşüşe neden olacaktır. Isıdan sonra çalışanları etkileyen bir diğer unsur da ortamdaki nem miktarıdır. Ortam ısısına bağlı olarak nemin çalışan kişi üstünde etkisi farklılıklar gösterir. Aynı ısı derecesinde nemli hava çok sıcak, kuru hava ise soğuk hissi uyandırır. Yüksek nemli ortamda çalışma kişinin fiziksel ve ruhsal olarak yorgun hale gelmesine, solunumunun sıklaşmasına, terlemesine, kalp atışlarının hızlanmasına, yüzünde kızarma ve baş dönmesine neden olurken çok kuru ortamlar da kişinin sinirli olmasına sebep olur.²

Çalışma ortamındaki nem miktarı termal konforu belirleyen bir diğer faktördür. Çalışılan ortam sıcak ve fazla nemli ise sıcağa dayanma çok daha zor olacaktır. Ortam yeterince nemli değil ise solunum yollarında tahrişlere ve kronik öksürüklere sebep olurken aynı zamanda solunum da güçleşecektir. Havanın çok kuru olması ortam sıcaklığının artmasından da kaynaklanabilir. Sıcaklık azaltılınca ortamın nem oranı dengelenebilir. Ofislerde ortalama nem %60-65 civarında olmalı ve bilgisayar donanımları nemden korunmalıdır. Ofis ortamının sıcaklığı ve bağıl nem değerleri birlikte değerlendirilmelidir. Bu sebepten dolayı, sıcaklık ve bağıl neme göre konfor bölgeleri, yaz ve kış durumu için farklı olarak belirlenir.⁶⁰

Çalışma ortamında olması gereken ideal hava akımı 150 mm/sn seviyesinde olmalıdır. Bu akım hızı 510 mm/sn seviyelerinde ortam “esintili”, 100 mm/sn seviyesinin altına düştüğünde ise ortam “havasız” olarak nitelendirilir.⁴⁸

Bütün çalışma ortamlarında olduğu gibi ofis ortamında da ortam ısısının kişiye ve yapılan işe uygunluğu şarttır. Sıcaklık dışında nem ve hava akımının da olması gereken miktarda sürekliliğinin sağlanması etkili bir havalandırma sistemi ile gerçekleştirilebilir.

2.5.1.4.Pencereler

Öncelikle çalışanlara zarar vermeyecek şekilde kolaylıkla açılabilir ve kapanabilir nitelikte olmalıdır. Çalışma ortamında mümkün olduğunca güneş ışığını yansıtmalı, tüm alanlara denk bir şekilde yaymalıdır. Pencereler açık bırakıldığında çalışana zarar verebilecek herhangi bir tehlikeli

durum oluşturmamalıdır. Mümkmn olduğunca temiz tutulmalı, temizlik esnasında kişiye ve mekânda bulunan diğer çalışanlara zararı dokunmayacak uygun donanım ve kimyasalların kullanımına özen gösterilmelidir.

2.5. Çok Kriterli Karar Verme

2.5.1.Karar Verme

Karar, sonuca bağlanması gerekli bir durumun dşişünülerek ve tartışılarak ulaşılan kesin yargıdır. Karar verme ise seçenekler arasından en çok faydayı sağlayacak seçimi yapma eylemidir.⁶¹

Karar verme sürecinde;

- Kararın içeriği; kararla ilgili olan etkenler.
- Karar verme süreci; kararın ne türlü alındığı ve karar verme aşamaları. Problemi tanıma ve tanımlanması, seçeneklerin belirlenmesi ve seçeneklerin oluşturulması, seçeneklerin karşılaştırılması, kararın verilmesi ve kararın geçerliliğini değerlendirmek.
- Karara katılma; kararın ne olduğu ve nasıl alındığının yanında karara katılanlar da önemlidir.⁶²

Karar, aslında bir sonuçtur. Verilen karar için sadece sonucu ifade eden seçimin yanında, seçim aşamasına kadar olan sürece de bakılması gerekmektedir. Karar verme, belirli bir başlangıçtan başlayan ve birbirini izleyen aşamalar sonunda bir tercihin yapılması sürecidir.⁶²

Birden fazla seçeneğin ve değerlendirme kriterinin bulunması, her seçeneğin karar vericiye sağladığı faydaların farklı olması, karar verme için gerekli bilgilerin net ve tam olmaması karar verme sürecini zorlaştırmaktadır.⁶³ Bundan dolayı karar vericinin kararının kantitatif yöntemlerin kullanılmasıyla daha objektif sonuçlar elde edilir.⁶⁴ Karar verme sürecinde faydalanılan kalitatif yaklaşım, bilgi ve deneyime dayanmasının yanında sezgi, yargı ve deneme aşamalarından oluşur. Karar verici, benzer bir problemi daha önce deneyimlemişse ya da problem basitse kalitatif yaklaşımın izlenmesi yerinde olacaktır. Ama karar vericinin benzer durumlarla ilgili deneyimleri mevcut değilse ve karmaşık bir problem varsa sezgi ve deneyimler yeterli olmayacağı için kantitatif yaklaşımın kullanılması daha doğru olacaktır. Kantitatif yaklaşımda problemler tanımlanabilir ve ölçülebilir özelliktedir. Kantitatif yaklaşım, matematiksel verilerle probleme dair modeller kurulmasını sağlar. Modellerin analiziyle problem için en iyi çözüm elde edilmeye çalışılır. Kalitatif karar verme, karar vericilerin sezgisel becerilerine bağlı olmasına karşı, kantitatif karar verme ise yöneylem araştırması kapsamındaki yaklaşım ve yöntemlerinin bilinmesini gerektirir.⁶⁵

2.5.1.1.Karar Verme Süreci

Karar sürecinde ele alınan karar problemi aşağıdaki maddeleri içerir.⁶⁶

- Karar verici: İlgili konu hakkında karar verme durumunda olan kişi veya kişilerdir.
- Amaç: Karar vericinin ulaşmak istediği hedef veya durumdur.
- Karar kriteri: Karar vericinin seçim yaparken göz önünde bulundurduğu ölçü veya değer yargısıdır.

- Alternatifler (seçenekler): Karar vericinin amacına ulaşması için kontrolünde olan ve izlenmesi gereken değişik hareket tarzları veya stratejilerdir.
- Olaylar (karar ortamı): Karar vericinin kontrolü dışında olan fakat alternatifler arasında seçimini etkileyen faktörlerdir. Diğer bir deyişle, karar vericinin içinde bulunduğu karar ortamıdır.
- Sonuçlar: Her bir alternatif ve olay bileşimi sonucu ortaya çıkan sonuç veya değerdir.

2.5.2. Çok Kriterli Karar Verme

Günümüz dünyasında insanlar hem özel hayatlarında hem de kurumsal hayatlarında karar alması gerektiğinde birden fazla kriteri göz önüne alarak karar vermek durumunda kalmaktadır. Karar aşamasında bireysel alternatifler arasında seçim yaparak karar almaya çalışırken kararlarını etkileyen kriterleri önceliklendirmesi başka bir deyimle kriterleri ağırlıklandırması gerekmektedir. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) içerisinde birden çok disiplini barındırmaktadır. Bu disiplinler arasında yönetim, matematik, ekonomi ve sosyal bilimler gibi disiplinler yer almaktadır. Çok kriterli karar verme bu disiplinler aracılığı ile karar problemlerinin birden fazla boyutla değerlendirilebilmesini ve karar alınabilmesini sağlamaktadır. ÇKKV, yöneylem araştırmasının bir dalı olup son yıllarda hızla gelişerek diğer yöneylem araştırması dalları arasında en hızlı gelişen dalı olmayı başarmıştır. ÇKKV iki temel başlıkta incelenebilmektedir. Çok kriterli karar verme ve çok amaçlı karar verme olarak inceleyebileceğimiz çok kriterli karar verme yaklaşımlarında ele alınan problemi etkilediği düşünölen kriterlere puan verilerek en iyi alternatifin seçilmesi hedefleniyor ise bu yaklaşımı çok kriterli karar verme olarak isimlendirebiliriz. Ele alınan problemde çelişen amaçlara dayalı en iyi alternatifin seçilmesi hedefleniyor ise bu yaklaşımı çok amaçlı karar verme olarak isimlendirebiliriz.⁶⁷

ÇKKV sürecinde değerlendirilen tüm problemlerde bir veya birden fazla karar verici bulunur ve birden fazla kriter yer alır. Gerçek hayatta bir karar verme sırasında karar vermemizi etkileyen yüzlerce kriter olabilmektedir. ÇKKV sırasında karar vericiler kararlarını ya da seçimlerini etkileyecek en önemli kriterleri ele almaktadır. ÇKKV problemleri genel olarak seçim, sınıflama ve sıralama olmak üzere üç ana başlıkta incelenebilmektedir. Seçim problemlerinde en iyi alternatifin seçilmesi hedeflenir. Birbirleri ile eşit ağırlığa sahip alternatifler içerisinde ya da alternatifler arasında seçim yapılmasının zor olduğu durumlarda en iyi seçimin yapılabilmesi hedeflenir. Sınıflama problemlerinde ise bazı kriterler ya da tercihler baz alınarak alternatiflerin sıralanması hedeflenir. Benzer özellik gösteren alternatiflerin bir araya getirilmesini sağlayabilmektedir.⁶⁷

Sıralama problemlerinde ise alternatifler iyiden kötüye sınıflandırılır. Bu sınıflandırma çeşitli şekillerde ve çok parçalı olarak yapılabilmektedir. ÇKKV problemlerinin çözümünde birçok teknikten faydalanabilmektedir. Bu teknikler çok kriterli karar verme problem tiplerine göre Tablo 1'de gruplandırılmıştır.⁶⁷

Tablo 1: ÇKKV problemlerinde kullanılan teknikler

Seçim Hedefi Olan Problemler İçin	Sınıflama Hedefi Olan Problemler İçin	Sıralama Hedefi Olan Problemler İçin
AHP	AHP	AHPSort
ANP	ANP	Flow Sort
MAUT/UTA	MAUT/UTA	UTADIS
ELECTRE I	ELECTRE I	ELECTE-Tri
TOPSIS	TOPSIS	
MACBETH	MACBETH	
PROMETHEE	PROMETHEE	
Hedef Programlama		

ÇKKV problemlerinin çözümünde birçok teknikten faydalanabilmektedir. Bu çalışmada ise değerlendirilen problemde seçim hedefi bulunduğu için TOPSIS yöntemi kullanılacaktır.

Çok kriterli karar verme problemlerinde genel olarak izlenecek adımlar sırasıyla ⁶⁷:

- Alternatiflerin tanımlanması,
- Kriterlerin Belirlenmesi,
- Kriterlerin karşılaştırılması ve alternatiflerin değerlendirilmesi,
- Çok kriterli karar verme tekniğinin uygulanması,
- Optimal Çözümün Bulunması

2.6. Bulanık TOPSIS

2.6.1. Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Kuramı

Bulanık kelimesi belirsiz olan, net olmayan, kesin olmayan gibi anlamları ifade etmektedir. Farklı şekillerde meydana gelen karmaşıklık ve belirsizlik ifade eden tam ya da kesin olmayan bilgi kaynakları bulanık kaynaklar olarak isimlendirilebilmektedir.⁶⁷

İnsanlar duyarak, görerek ya da hissederek elde ettiği bilgileri beyinde yorumlayarak bir yargıya varmaya çalışır. İnsanların deneyimleri arttıkça olayları daha geniş bir bakış açısı ile yorumlar ve herhangi bir konu ile ilgili vardığı yargılar netlikten ya da kesinlikten uzaklaşmaya başlar. Buna karşın bir sistem ya da bir konu ile ilgili ne kadar bilgi sahibi olursak o konu hakkındaki belirsizlikleri de o derece azaltmış oluruz. Ancak hiçbir zaman belirsizlikleri tamamen ortadan kaldıramayız. Özellikle yeterli verinin olmadığı durumlarda konunun bulanıklık durumu da artışa geçmektedir.⁶⁷

Bulanık mantık yaklaşımı, makinelere bireylerin deneyimlerinden ve çıkarımlarından yararlanılarak makinelere çalışabilme yeteneği vermektedir. Bulanık mantık yaklaşımı ile makinelere kazandırılan bu çalışma yeteneği için sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanılır ve bu sembolik ifadelerin karşılıklarının makinelerde oluşturulabilmesi bulanık kümeler kuramı ve bulanık mantık olarak isimlendirilen matematiksel temele dayanmaktadır.⁶⁷

Bulanık mantık yaklaşımı ilk olarak 1956 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir konferans sırasında ortaya atılmıştır. 1965 yılında ise Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan "Bulanık Kümeler" makalesi ile bulanık mantık yaklaşımında ilk kez ciddi bir adım atılmıştır. Zadeh bu makalesinde insan düşüncelerinin büyük oranda bulanık olduğunu ve kesin yargılardan uzak olduğunu ifade etmiştir. Bu sebeple insan mantığının kesin yargıların yanında ara değerlerinde göz önüne alınması gerektiğini belirtmiştir. "Bulanık Kümeler" makalesindeki yaklaşıma göre bir küme içerisinde yer alan her bir elemanın kümeye ait olma durumu elemanın kümeye kesin ait ise 1 değerini ve de kesin olarak ait olmaması durumunda ise 0 değerini almaktadır.⁶⁷

Elemanın kısmen ilgili kümeye ait olma durumunda ise 0 ile 1 arasındaki bir değeri almaktadır. Buna benzer olarak Zadeh'e göre bulanık mantıkta yaklaşık düşünme kullanılarak kesin değerlerden uzaklaşılır ve her şey $[0,1]$ aralığındaki bir derece ile ifade edilir. Bulanık mantığın temel fikri bir yargının doğru olup olmadığı ile ilgili kesin doğru ve kesin yanlış arasında yer alan sonsuz sayıdaki doğruluk yargılarını içeren bir kümedeki değerleri $[0,1]$ aralığında ki değerler ile ilişkilendirmektir.⁶⁷

Bulanık mantıkta dilsel ifadelerden faydalanılır. Dilsel ifadeler sayesinde insanların, düşünceleri belirli bir aralıkta yer alsa bile düşüncelerini daha doğru bir şekilde yansıtmalarını sağlamaktadır. Klasik küme kavramında evet / hayır, doğru / yanlış gibi ifadeler kullanılırken bulanık kümelerde ise kısmen evet, kısmen yanlış gibi ifadeler kullanılmaktadır⁶⁸. Bulanık mantık

yaklaşımı günlük hayatımızda birçok alanda kullanılmaktadır. Bulanık mantığın kullanım alanları aşağıda verilmektedir⁶⁷:

- Metroların işleyişlerinin kontrol edilmesinde,
- Televizyon alıcılarının ayarlanmasında,
- Klimalar, çamaşır makinelerinin ayarlanmasında,
- Buzdolaplarının buzlanma yapmasının engellenmesi,
- Asansörler ve trafik ışıklarının programlanmasında,
- Robot kollarının yönlendirilmesinde,
- Mühendislik, tıp, sosyoloji, işletme, uzman sistemler ve yapay zeka gibi alanlarda kullanılmaktadır.

2.6.1.1. Bulanık Mantık Ve Klasik Mantık

Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki karşılaştırmalar Tablo 2 de verilmiştir.⁶⁹

Tablo 2: Bulanık mantık ve klasik mantık

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A veya A Değil	A ve A Değil
Kesin	Kısmi(belirsiz)
Hepsi veya Hiçbiri	Belirli Derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 Arasında Süreklilik
İkili Birimler	Bulanık Birimler
Dijital bilgisayar	İnsan Beyni

- Klasik mantık kesin verileri içerir. Bulanık mantık ise klasik mantığın ele alamadığı bulanık durumları da içerir.
- Klasik mantıkta bir eleman bir kümeye ya aittir ya da değildir. Yani eleman kümeye aitse üyelik değeri 1, kümeye ait değilse üyelik değeri sıfırdır. Oysa bulanık mantıkta derecelendirme vardır.
- Klasik mantıkta önermeler ya 0'dır ya da 1'dir. Bulanık mantıkta ise $[0,1]$ aralığında sonsuz değerler alır.⁶⁹

İnsan beyni belirsiz bilgiyi kullanarak yaklaşık karar verebilen en üstün mantığa sahiptir.

2.6.1.2. Bulanık Mantık Avantaj Ve Dezavantajları

Bulanık mantığın sağladığı avantajları;

- İnsan düşünce tarzına çok yakındır.
- Uygulamasında çok fazla matematiksel modele gereksinim duymaz.
- Yazılımın basit olması nedeniyle, sistem daha ekonomik olarak kurulabilir.
- Bulanık Mantık kavramını anlaşılması kolaydır.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sayesinde, diğer kontrol tekniklerine göre daha esnektir. - Kesinlik bildirmeyen bilgilerin kullanılması söz konusudur.
- Doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine izin verebilir.
- Sadece uzman kişilerin tecrübelerinden faydalanılarak, kolaylıkla bulanık mantığa dayalı bir modelleme ya da sistem tasarlanabilir.
- Geleneksel kontrol teknikleriyle uyum halindedir.

- İnsanların iletişimde kullandıkları sözel ifadelerin bulanık mantıkta kullanımı ile daha olumlu sonuçlar çıkmaktadır.⁷⁰

Bulanık mantığın dezavantajları;

- Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine bağlı olması gerekir.

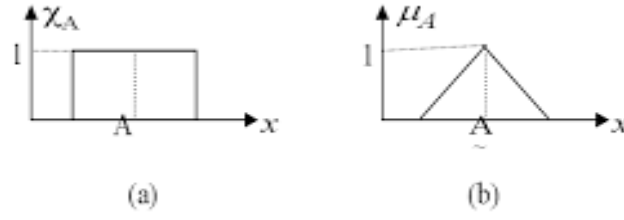
- Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem mevcut değildir. En uygun yöntem deneme yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir.

- Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmayışı bulanık mantığın temel sorunudur. Günümüzde bu sadece pahalı deneyimlerle mümkün olmaktadır.

- Kararlılık analizi yapılamadığı için sonucun ne olacağı önceden kestirilemez. Bu noktada yapılacak tek şey ise benzetim çalışmasıdır.⁷¹

2.6.2. Üyelik Derecesi ve Üyelik Fonksiyonu

Bulanık küme, klasik kümedeki keskin yargıları niteleyicilerle belirtir. Aynı zamanda bulanık küme, değişik üyelik derecelerine sahip elemanları olan bir kümedir. Üyelik derecesi bir kümeye ait olma, ait olmama ya da ne kadar ait olduğunu ifade eder. Bulanık kümelerde bir eleman kümeye ait değilse üyelik derecesi 0, kümeye tam ait ise üyelik derecesi 1 olarak tanımlanmaktadır. Kümeye ait olup olmadıkları belirsiz olan elemanlara ise belirsizlik durumuna göre 0 ile 1 arasında değerler verilir. Klasik kümelerde ise belirsiz eleman bulunmamaktadır. Bir eleman ya kümeye dahildir ya da kümenin dışındadır. Bundan dolayı kesin kümelerde bir elemanın üyelik değeri sadece 0 veya 1 olabilir.⁷²



Şekil 1: Klasik Küme (a) ile bulanık kümenin (b) üyelik fonksiyonlarının karşılaştırılması

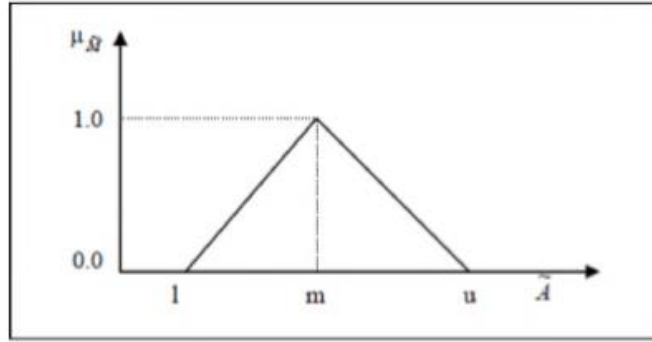
2.6.2.1 Bulanık Sayılar

Bulanık kümelerin bir alt kümesi olan bulanık sayılar normalleştirilmiş, dışbükey, sınırlı ve sürekli üyelik fonksiyonları olan bir bulanık küme olarak tanımlanmaktadır. Bulanık sayılar kesin olmayan, yaklaşık olarak tahmin edilmenin yapıldığı durumlarda oldukça yararlı olmaktadır. Literatürde çoğunlukla kullanılan bulanık sayılar üçgen ve yamuk bulanık sayılardır. İncelenen problemin yapısına göre değişik bulanık sayılar kullanılabilir. ⁶⁷

2.6.2.2. Üçgen ve Yamuk Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar üç bileşenden oluşmaktadır ve (l,m,u) şeklinde ifade edilebilmektedir. Bu bileşende ilk değer aralıktaki en alt değeri ifade etmektedir. İkinci değer ise olabilecek optimum değeri göstermekte olup üçüncü değer ise aralıktaki en üst değeri ifade etmektedir. Üçgen bulanık sayılar aslında reel sayıların komşuluğunu da ifade etmektedir. Örneğin matematikte 3'ün 2 komşuluğu $(1,3,5)$ olarak gösterilebilmektedir. Bulanık sayılarda optimum değer alt ve üst değerlere eşit olma zorunluluğu bulunmamaktadır. Üçgen bulanık sayılar işlem kolaylığı sağlaması sebebi ile literatürde en çok kullanılan bulanık sayı türüdür. ⁷³

Üçgen bulanık sayısı \tilde{A} 'nın grafiksel gösterimi Şekil 2'deki gibidir.⁷³



Şekil 2: Üçgen bulanık sayılar

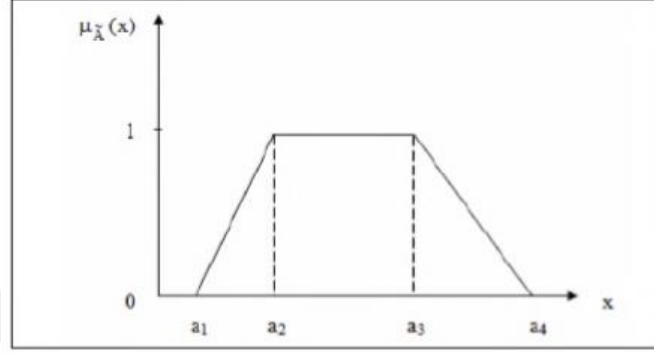
Üçgen bulanık sayıya ait üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilebilmektedir.⁷³

$$\mu(x/\tilde{A}) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m, \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u, \end{cases}$$

Yamuk bulanık sayılar ise (a, b, c, d) gibi dört parametre ile tanımlanabilmektedir, a ve d değerleri bulanık kümenin alt ve üst sınırlarını ifade etmekte olup, b ve c değerleri ise tam üyelikli sayılar kümesinin sınırlarını ifade etmektedir.⁷⁴

Bulanık mantık sayı kümesinde normal değer olarak kabul edilen iki değer bulunması durumunda yamuk üyelik fonksiyonu kullanılır.

Yamuk bulanık sayısı \tilde{A} 'nin grafiksel gösterimi Şekil 3 'deki gibi gösterilebilmektedir.⁷⁵



Şekil 3: Yamuk bulanık sayılar

Yamuk üyelik fonksiyonunun parçalı fonksiyon şeklindeki ifadesine aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir.⁷⁵

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases}$$

2.6.3. TOPSIS Yöntemi

ÇKKV tekniklerinden biri olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi, Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemi diğer karar verme tekniklerine göre karmaşık matematiksel modeller içermemesinden dolayı yaygın olarak kullanılan, kolay bir karar verme tekniğidir. Bu sebeple yaygın olarak

mühendislik, üretim sistemleri, pazarlama, işletme, tedarik zinciri gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır. Birden çok alternatifin kriterlere ve bu kriterlerin ağırlıklarına göre birbiriyle karşılaştırılması ve bir sıralama yapmayı sağlayan bir metottür.⁷⁶ TOPSIS yöntemi uygulanırken ele alınan alternatiflerin ideal çözüme yakın olması istenir. Bunun yanında ideal olmayan çözüme ise uzak olması istenen durumdur. TOPSIS yöntemi ile alternatifler arasından pozitif ideal çözüme yakın olan ve negatif ideal çözüme ise en uzak olan seçilmeye çalışılır.⁶⁷

2.6.4. Bulanık TOPSIS

Karar verme aşamasında insan yargılarının kesin olarak ifade edilememesi ve belirsiz olması doğru seçimlerin ve modellemelerin yapılabilmesini engellemektedir. Bu nedenle TOPSIS yöntemi ve bulanık mantık yaklaşımları birleştirilerek Bulanık TOPSIS yöntemi ortaya çıkmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi ile insan yargılarının ifade edilmesinde sayısal değerler yerine sözel ifadeler kullanılması, problemlerde daha doğru sonuç elde edilerek modele yansıtılabilmesini sağlamıştır.

Bulanık TOPSIS yönteminde ilk olarak önemsiz, önemli, çok önemli gibi sözel ifadeler ile problemde yer alan karar kriterlerinin ve ağırlıklarının değerlendirilmesi yapılır. Bulanık TOPSIS yönteminde öncelikle arasından seçim yapılacak alternatiflerin, bu alternatiflerin değerlendirileceği karar kriterlerinin ve de seçimi yapacak olan karar vericilerin belirlenmesi gerekir. Seçim yapacak olan karar verici grup alternatifleri ve karar kriterlerini değerlendirir. Bu değerlendirme yapılırken Bulanık TOPSIS yönteminin temel özelliği olan dilsel ifadeler kullanılır. Bu dilsel ifadeler üçgen ya da yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek alternatiflere ait yakınlık katsayıları bulunur ve sonrasında bu yakınlık sayılarından faydalanılarak alternatifler sıralanmış olur.

Bulanık TOPSIS yöntemi ile özellikle sözel belirsizliklerin olduğu, karar vericilerin kararlarının birbirinden farklılık ya da değişkenlik göstermesi gibi durumlarda kullanılması ile grup kararının daha doğru bir şekilde verilmesine olanak sağlar. Karar vericilerin alternatifleri değerlendirmek için kullandıkları karar kriterlerinin farklı ağırlıklara sahip olması Bulanık TOPSIS yönteminin esaslarındandır.

Bulanık TOPSIS yönteminde üçlü bulanık sayılar kullanılmasıyla yapılan çalışmalar ilk kez Negi (1989)'nin doktora teziyle başlamıştır. Bulanık TOPSIS yönteminin eksiklikleri üzerine bazı araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmacılardan biri olan Chen (2000) bir çalışmasında bu eksikliğı TOPSIS ve bulanık TOPSIS yöntemindeki temel fark dilsel değişkenler ve bulanık üçlü sayıların kullanılmasıdır ifadesiyle gidermiştir.⁷⁷

Bulanık TOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi ve de kriterlerin ağırlıklandırılması sırasında faydalanılan dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayı karşılıkları çeşitli kaynaklarda farklı şekilde ifade edilebilmektedir. Bu çalışmanın gereç yöntem bölümünde bulunan Tablo 5 ve Tablo 7' de dilsel terimlerin bulanık sayı karşılıkları gösterilmiştir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu bölümde sezgisel bulanık küme ve sezgisel bulanık TOPSIS ile ilgili temel bilgiler verilmiştir.

3.1. Sezgisel Bulanık Küme

X boş olmayan bir küme olsun. X ' deki sezgisel bulanık A kümesi Eş.1'de tanımlanmıştır.

$$A = [\{x, \mu_A(x), v_A(x)\} \mid x \in X] \quad (1)$$

Attonasov' un sezgisel bulanık küme teorisinde x elemanın A kümesine ait olma derecesi ($\mu_A(x)$), ait olmama derecesi ($v_A(x)$) ve tereddüt indeksi ($\pi_A(x)$) tanımlanmıştır. Sezgisel bulanık küme teorisinde ait olma derecesi ve ait olmama derecesinin toplamı 1'den küçüktür.⁷⁸

$$0 \leq \mu_A(x) + v_A(x) \leq 1 \quad (2)$$

x elemanın A kümesine ait olup olmamasının tereddüt düzeyini Tereddüt indeksi belirtmektedir.⁷⁸

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) \quad (3)$$

Eğer $\pi_A(x)$ değeri ne kadar küçükse x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha kesindir. Eğer $\pi_A(x)$ değeri büyükse x elemanı hakkındaki bilgi göreceli olarak daha belirsizdir. $\pi_A(x)$ değeri 0'a eşit olduğunda x elemanı hakkındaki bilgi kesindir. Bu durumda sezgisel bulanık küme bulanık küme olmaktadır.⁷⁸

3.1.1 Sezgisel Bulanık TOPSIS

Bu bölümde sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi açıklanmıştır. $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ alternatiflerin kümesi ve $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ kriterlerin kümesidir. Karar verme grubu aynı olmayıp l tane farklı karar vericiden oluşmaktadır. Aynı olmayan karar verme gruplarında karar vericilerin önem dereceleri birbiriyle aynı değildir. Karar vericiler farklı tecrübe ve bilgi birikimleri nedeniyle önem dereceleri diğer karar vericilere göre daha az ya da daha fazla olabilmektedir⁷⁶. $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_l\}$ karar vericilerin ağırlık vektörü olup $\lambda_k \geq 0, k = 1, 2, \dots, l$, ve $\sum_k^l \lambda_k = 1$ dir.⁷⁸

$R^{(k)} = \left(r_{ij}^{(k)} \right)_{m \times n}$ k. karar vericinin karar matrisi olup, $r_{ij}^{(k)} = (\mu_{ij}^{(k)}, v_{ij}^{(k)}, \pi_{ij}^{(k)})$ k. karar verici tarafından verilen i. alternatifin j. kriterden aldığı sezgisel bulanık değerdir. $\mu_{ij}^{(k)}$ k. karar vericiye göre i. alternatifin j. kriteri sağlama derecesi, $v_{ij}^{(k)}$ k. karar vericiye göre i. alternatifin j. kriteri sağlamama derecesi ve $\pi_{ij}^{(k)}$ k. karar vericiye göre belirsizlik düzeyini göstermektedir.⁷⁸

Boran ve ark. tarafından önerilen sezgisel bulanık TOPSIS metodu, aşağıda verilen adımlardan oluşmaktadır. ⁷⁸

Adım 1. Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar vericilerin ağırlıklarını belirlemek için dilsel terimler sezgisel bulanık sayılarla ifade edilmiştir.⁷⁸

$D_k = (\mu_k, v_k, \pi_k)$ k. karar vericinin önem derecesini gösteren bir sezgisel bulanık sayı olsun. k. karar vericinin ağırlığı Eş.4'te hesaplanmıştır.

$$\lambda_k = \frac{\left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k}\right)\right)}{\sum_{k=1}^l \left(\mu_k + \pi_k \left(\frac{\mu_k}{\mu_k + v_k}\right)\right)} \quad \lambda_k \geq 0, \quad k = 1, 2, \dots, l \quad \sum_{k=1}^l \lambda_k = 1 \quad (4)$$

Adım 2. Karar vericilerin alternatiflere yönelik yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi.

Grup karar verme sürecinde, birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi için tüm karar vericilerin düşünceleri grup düşüncesi olarak birleştirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Xu tarafından önerilen IFWA (Intuitive Fuzzy Weight Average) kullanılmıştır.⁷⁸

$$\begin{aligned} r_{ij} &= IFWA_{\lambda}(r_{ij}^{(1)}, r_{ij}^{(2)}, \dots, r_{ij}^{(l)}) = r_{ij}^{(1)} \lambda_1 \oplus r_{ij}^{(2)} \lambda_2 \oplus \dots \oplus r_{ij}^{(l)} \lambda_l \\ &= \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \prod_{k=1}^l (v_{ij}^{(k)})^{\lambda_k} \right] \end{aligned} \quad (5)$$

$r_{ij} = (\mu_{ij}, v_{ij}, \pi_{ij})$ ($i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$), R birleştirilmiş karar matrisinin elemanıdır.

$$R = \begin{bmatrix} (\mu_{11}, v_{11}, \pi_{11}) & (\mu_{12}, v_{12}, \pi_{12}) & (\mu_{1n}, v_{1n}, \pi_{1n}) \\ (\mu_{21}, v_{21}, \pi_{21}) & (\mu_{22}, v_{22}, \pi_{22}) & (\mu_{2n}, v_{2n}, \pi_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ (\mu_{m1}, v_{m1}, \pi_{m1}) & (\mu_{m2}, v_{m2}, \pi_{m2}) & (\mu_{mn}, v_{mn}, \pi_{mn}) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{mn} \end{bmatrix}$$

Adım 3. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar probleminde kriterlerin ağırlıkları birbirine eşit değildir. Karar vericiler için kriterlerin önem dereceleri farklı düzeylerde olmaktadır. Bu nedenle kriterlere verilen sezgisel bulanık değerlerin birleştirilmesi gerekmektedir.⁷⁸

$w_j^{(k)} = (\mu_j^{(k)}, v_j^{(k)}, \pi_j^{(k)})$ k. karar vericinin j. kriter için verdiği sezgisel bulanık sayı olup, kriterlerin ağırlıkları IFWA kullanılarak Eş.6'da hesaplanmıştır.⁷⁸

$$w_j = IFWA_{\lambda}(w_j^{(1)}, w_j^{(2)}, \dots, w_j^{(l)}) = \lambda_1 w_j^{(1)} \oplus \lambda_2 w_j^{(2)} \oplus \dots \oplus \lambda_l w_j^{(l)}$$

$$= \left[1 - \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (v_j^{(k)})^{\lambda_k}, \prod_{k=1}^l (1 - \mu_j^{(k)})^{\lambda_k} \prod_{k=1}^l (v_j^{(k)})^{\lambda_k} \right] \quad (6)$$

$W = \{w_1, w_2, w_3, \dots, w_j\}$ kriterlerin ağırlıkları olup $w_j = (\mu_j, v_j, \pi_j)$ ($j=1,2,\dots,n$) dir.

Adım 4. Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması.

Kriterlerin ağırlıkları ve birleştirilmiş karar matrisi oluşturulmasının ardından ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi elde edilir.⁷⁸

$$R' = R \otimes W = (\mu'_{ij}, v'_{ij}) = \{(x, \mu_{ij} \cdot \mu_j, v_{ij} + v_j - v_{ij} \cdot v_j) | x \in X\} \quad (7)$$

ve

$$\pi'_{ij} = 1 - v_{ij} - v_j - \mu_{ij} \cdot \mu_j + v_{ij} \cdot v_j \quad (8)$$

Ağırlıkları birleştirilmiş karar matrisi

$$R' = \begin{bmatrix} (\mu'_{11}, v'_{11}, \pi'_{11}) & (\mu'_{12}, v'_{12}, \pi'_{12}) & \dots & (\mu'_{1n}, v'_{1n}, \pi'_{1n}) \\ (\mu'_{21}, v'_{21}, \pi'_{21}) & (\mu'_{22}, v'_{22}, \pi'_{22}) & \dots & (\mu'_{2n}, v'_{2n}, \pi'_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu'_{m1}, v'_{m1}, \pi'_{m1}) & (\mu'_{m2}, v'_{m2}, \pi'_{m2}) & \dots & (\mu'_{mn}, v'_{mn}, \pi'_{mn}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r'_{11} & r'_{12} & \dots & r'_{1n} \\ r'_{21} & r'_{22} & \dots & r'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r'_{m1} & r'_{m2} & \dots & r'_{mn} \end{bmatrix}$$

olup, $r'_{ij} = (\mu'_{ij}, v'_{ij}, \pi'_{ij})$ ($i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$) ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin elemanıdır.

Adım 5. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözümün ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümün belirlenmesi.

J_1 fayda kriterleri, J_2 maliyet kriterleri olmak üzere, A^+ pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve A^- negatif sezgisel bulanık ideal çözüm olup, A^+ ve A^- aşağıdaki gibi elde edilir.⁷⁸

$$A^* = (r_1^* \ r_2^* \ \dots \ r_n^*), \ r_j^* = (\mu_j^*, v_j^*, \pi_j^*), j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

$$A^- = (r_1^- \ r_2^- \ \dots \ r_n^-), \ r_j^- = (\mu_j^-, v_j^-, \pi_j^-), j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

$$\mu_j^* = \{(\max_i \{\mu'_{ij}\} | j \in J_1), (\min_i \{\mu'_{ij}\} | j \in J_2)\} \quad (11)$$

$$v_j^* = \{(\max_i \{v'_{ij}\} | j \in J_1), (\min_i \{v'_{ij}\} | j \in J_2)\} \quad (12)$$

$$\pi_j^* = (1 - \max_i \{\mu'_{ij}\} - \min_i \{v'_{ij}\} | j \in J_1), (1 - \min_i \{\mu'_{ij}\} - \max_i \{v'_{ij}\} | j \in J_2) \quad (13)$$

$$\mu_j^- = \{(\min_i \{\mu'_{ij}\} | j \in J_1), (\max_i \{\mu'_{ij}\} | j \in J_2)\} \quad (14)$$

$$v_j^- = \{(\min_i \{v'_{ij}\} | j \in J_1), (\max_i \{v'_{ij}\} | j \in J_2)\} \quad (15)$$

$$\pi_j^- = (1 - \min_i \{\mu'_{ij}\} - \max_i \{v'_{ij}\} | j \in J_1), (1 - \max_i \{\mu'_{ij}\} - \min_i \{v'_{ij}\} | j \in J_2) \quad (16)$$

Adım 6. Pozitif ve negatif ayırım ölçümlerinin hesaplanması.

Alternatifler ve pozitif sezgisel bulanık ideal çözümün ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm arasındaki ayırımın ölçümü için, Hamming uzaklık ölçümü, Euclidean uzaklık ölçümü gibi uzaklık ölçümleri kullanılabilir. Bu çalışmada, Hamming uzaklık ölçümü kullanılmıştır. Alternatifler ve pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm arasındaki ayırım ölçümleri (s_i^* ve s_i^-) Eş. 17 ve 18'de hesaplanmıştır.⁷⁸

$$s_i^* = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n [|\mu'_{ij} - \mu_j^*| + |v'_{ij} - v_j^*| + |\pi'_{ij} - \pi_j^*|], \quad i=1, 2, \dots, m \quad (17)$$

$$s_i^- = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n [|\mu'_{ij} - \mu_j^-| + |v'_{ij} - v_j^-| + |\pi'_{ij} - \pi_j^-|], \quad i=1, 2, \dots, m \quad (18)$$

Adım 7. Her bir alternatif için yakınlık katsayısının hesaplanması.

Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüme göre yakınlık katsayısı Eş.19'daki gibi hesaplanır.⁷⁸

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^* + s_i^-} , \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 , i= 1,2,\dots,m \quad (19)$$

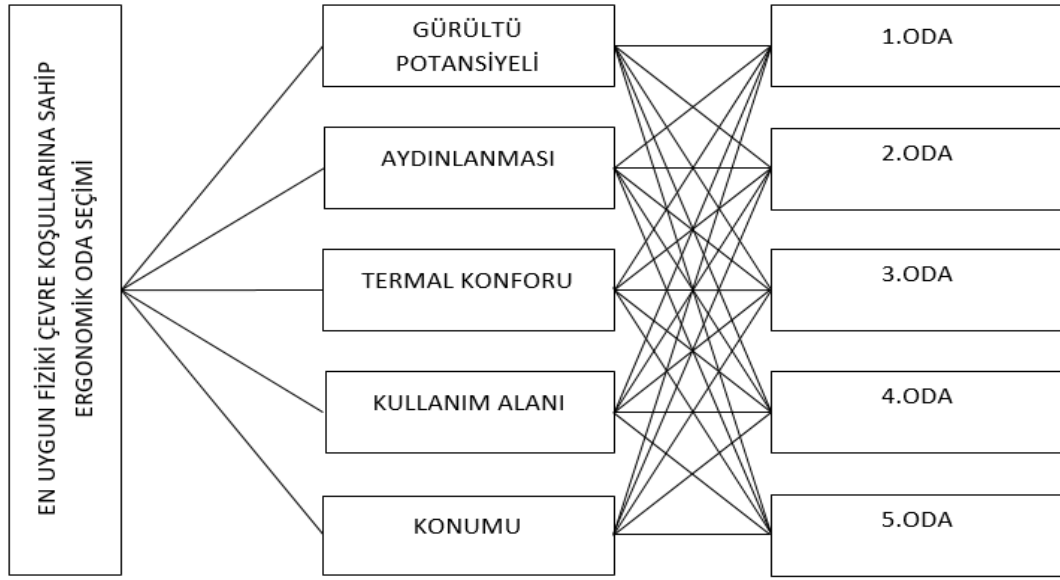
Adım 8. Alternatiflerin sıralanması.

Alternatifler, yakınlık katsayılarının büyüklüklerine göre sıralanırlar.⁷⁸

Bulanık TOPSIS yönteminin kullanılması sonucunda elde edilen alternatiflerin sıralanmasında, karar verici grup için en iyi seçim belirlenir. Seçilen bu en iyi alternatif odanın, kriterlerin karar vericiler tarafından TOPSIS metodunun 3.adımında değerlendirilmesindeki önem derecelerine göre her bir karar verici açısından ne kadar uygun bir oda seçildiğinin analizinin yapılması için tekrardan kriterlerin ağırlıkları eş.4 kullanılarak hesaplanır. Ardından en iyi seçim olarak belirlenen bu odanın kriterlerinin değerlendirilmesi IFWA kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda Tablo 5'deki dilsel terimi bulunarak en iyi seçimin her bir karar vericiye göre değerlendirilmesi yapılır.

4. BULGULAR

Bu çalışmada ergonominin fiziki çevre şartlarına göre oda seçimi için beş kriter (Tablo 3) ve beş farklı oda (Tablo 4) Şekil 4’de gösterildiği gibi belirlenmiştir. Ergonomi ile ilgili bilgisi bulunan üç akademisyenden oluşan bir uzman gruptan elde edilen bilgilerle ergonomik kriterleri en iyi şekilde sağlayan oda belirlenmiştir.



Şekil 4: Ergonomik oda seçim kriterlerinin hiyerarşik yapısı

Tablo 3. Ergonomik oda seçimi için değerlendirme kriterleri

Kriter 1	Gürültü Potansiyeli; Oda çevresinde oluşabilecek sesler (Geçiş güzergâhı ve toplanma alanları vb. gürültülü alanlara yakınlığı)
Kriter 2	Aydınlanması; Doğal ve yapay aydınlatmanın yeterliliği
Kriter 3	Termal konforu; Havalandırma ve iklimlendirmenin yeterliliği
Kriter 4	Kullanım alanı (Her odanın 3 kişilik olacağı varsayılacaktır); Odanın genişliği, yapısı ve düzeni
Kriter 5	Konumu; Manzara, cephe, daima ilişkili olan departmanlara erişim kolaylığı, dinlenme yerlerine kolay ulaşılabilirlik

Tablo 4. Alternatif odalar ve özellikleri

	A1	A2	A3	A4	A5
Bulunduğu kat	1.bodrum	1.bodrum	3.kat	3.kat	8.kat
Geçiş güzergâhı ve toplanma alanlarına mesafesi	Yakın	Yakın	Uzak	Uzak	Uzak
İlişkili departmanlara erişim mesafesi	Uzak	Uzak	Yakın	Yakın	Uzak
Dinlenme alanlarına mesafesi	Yakın	Yakın	Uzak	Uzak	Uzak
Doğal aydınlatma	Yok	Yetersiz	Yeterli	Yeterli	Yeterli
Yapay aydınlatma	Yetersiz	Yetersiz	Yeterli	Yeterli	Yeterli
Havalandırma sistemi	Yok	Yok	Var	Var	Var
Odanın genişliği	30m2	32m2	20m2	36m2	22m2
Manzara ve cephe	Yok	Yok	Sokak Manzarası/ Kuzey Cephe	Sokak Manzarası/ Kuzey-doğu Cephe	Şehir Manzarası/ Güney Cephe

Ergonomik oda seçimi için önerilen Sezgisel Bulanık TOPSIS metodu adımları aşağıdaki gibidir:

Adım 1. Karar vericilerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar vericilerin önem dereceleri dilsel değişkenler ile belirtilmiştir. Karar vericilerin ağırlıklarını belirlemek için dilsel terimler sezgisel bulanık sayılarla (SBS) ifade edilmiştir. Bu sayılar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Karar vericilerin ve kriterlerin önem derecelerini belirlemede kullanılan dilsel terimler

Dilsel Terimler	SBS
Oldukça Önemli	(0,90; 0,10)
Önemli	(0,75; 0,20)
Orta	(0,50; 0,45)
Önemsiz	(0,35 ;0,60)
Oldukça Önemsiz	(0,10 ;0,90)

Karar vericilerin önem düzeyleri ve ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Karar vericilerin değerlendirilmesi

KV1	KV2	KV3
Oldukça önemli	Önemli	Orta
0.406	0.356	0.238

$$\lambda_{KV1} = \frac{0,9}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right)} = 0,406$$

$$\lambda_{KV2} = \frac{\left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right)}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right)} = 0,356$$

$$\lambda_{KV3} = \frac{\left(0,5 + 0,05 \frac{0,5}{0,95}\right)}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right)} = 0,238$$

Adım 2. Karar vericilerin alternatiflere yönelik yapmış oldukları değerlendirmelerin birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi.

Üç karar verici tarafından alternatiflerin kriterler bazında değerlendirilmesi için Tablo 7'deki dilsel terimler kullanılmıştır. Alternatiflerin

üç karar verici tarafından kriterler bazında aldıkları dilsel ifadeler Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel terimler

Dilsel Terimler	SBS
Oldukça İyi	[0,70; 0,10; 0,15]
İyi	[0,60; 0,25; 0,15]
Orta	[0,50; 0,50; 0,00]
Kötü	[0,25; 0,60; 0,15]
Oldukça Kötü	[0,10; 0,75; 0,15]

Grup karar verme sürecinde, birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi için tüm karar vericilerin düşünceleri grup düşüncesi olarak birleştirilmesi gerekmektedir. IFWA kullanılarak üç karar verici tarafından verilen skorların birleştirilmesiyle birleştirilmiş karar matrisi Tablo 9’de elde edilmiştir.

Tablo 8. Alternatiflerin kriterlere göre karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

Karar Vericiler	Alternatifler	Kriterler				
		K1 Gürültü Potansiyeli	K2 Aydınlanması	K3 Termal konforu	K4 Kullanım alanı	K5 Konumu
KV1	A1	Oldukça Kötü	Oldukça Kötü	Oldukça Kötü	Orta	Orta
	A2	Kötü	Orta	Orta	Orta	İyi
	A3	Orta	Oldukça İyi	İyi	İyi	İyi
	A4	İyi	İyi	İyi	Oldukça İyi	İyi
	A5	İyi	Oldukça İyi	Oldukça İyi	İyi	İyi
KV2	A1	Oldukça Kötü	Oldukça Kötü	Kötü	İyi	Kötü
	A2	Oldukça Kötü	Kötü	Kötü	İyi	Orta
	A3	Kötü	İyi	İyi	Kötü	Oldukça İyi
	A4	Kötü	İyi	Orta	İyi	İyi
	A5	Kötü	Oldukça İyi	İyi	Oldukça Kötü	Orta
KV3	A1	Kötü	Oldukça Kötü	Oldukça Kötü	Orta	İyi
	A2	Oldukça Kötü	Orta	Orta	Kötü	İyi
	A3	Orta	Oldukça İyi	İyi	Orta	Orta
	A4	Orta	İyi	İyi	İyi	Orta
	A5	İyi	İyi	İyi	Oldukça Kötü	Kötü

Tablo 9. Birleştirilmiş karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0.138, 0.711, 0.151)	(0.100, 0.750, 0.150)	(0.157, 0.693, 0.151)	(0.538, 0.391, 0.071)	(0.452, 0.452, 0.095)
A2	(0.164, 0.685, 0.151)	(0.422, 0.534, 0.044)	(0.422, 0.534, 0.044)	(0.491, 0.408, 0.101)	(0.543, 0.377, 0.079)
A3	(0.422, 0.534, 0.044)	(0.704, 0.139, 0.157)	(0.600, 0.250, 0.150)	(0.472, 0.403, 0.125)	(0.643, 0.213, 0.144)
A4	(0.472, 0.403, 0.125)	(0.600, 0.250, 0.150)	(0.567, 0.320, 0.113)	(0.669, 0.172, 0.158)	(0.578, 0.295, 0.127)
A5	(0.500, 0.341, 0.159)	(0.720, 0.124, 0.155)	(0.669, 0.172, 0.158)	(0.352, 0.480, 0.167)	(0.497, 0.394, 0.109)

Adım 3. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi.

Karar probleminde her bir kriterin ağırlığı ve kriterlerin önem dereceleri her bir karar verici için farklı olmaktadır. Bu nedenle kriterlere verilen sezgisel bulanık değerlerin birleştirilmesi gerekmektedir. Üç karar verici tarafından kriterlerin önem derecelerinin değerlendirilmesi için dilsel terimler Tablo 3'te belirtilmiştir. Kriterlerin üç karar verici tarafından verilen skorlar Tablo 10'da verilmiştir. Kriterlerin ağırlıkları IFWA kullanılarak Eş.20'de hesaplanmıştır.

$$W = \{(0.761, 0.217, 0.022), (0.774, 0.203, 0.024), (0.855, 0.133, 0.013), (0.705, 0.243, 0.052), (0.705, 0.243, 0.052)\} \quad (20)$$

Tablo 10. Kriterlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi

	KV1	KV2	KV3
K1	Orta	Oldukça Önemli	Önemli
K2	Önemli	Oldukça Önemli	Önemsiz
K3	Önemli	Oldukça Önemli	Oldukça Önemli
K4	Önemli	Önemli	Orta
K5	Önemli	Önemli	Orta

Adım 4. Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması.

Kriterlerin ağırlıkları ve birleştirilmiş karar matrisi oluşturulduktan sonra ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi Tablo 11’de elde edilmiştir.

Tablo 11. Ağırlıkları birleştirilmiş karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5
A1	(0.105, 0.774, 0.121)	(0.077, 0.701, 0.122)	(0.134, 0.734, 0.132)	(0.379, 0.539, 0.082)	(0.319, 0.585, 0.096)
A2	(0.125, 0.753, 0.122)	(0.327, 0.629, 0.045)	(0.361, 0.596, 0.043)	(0.346, 0.552, 0.102)	(0.383, 0.528, 0.089)
A3	(0.321, 0.635, 0.044)	(0.545, 0.314, 0.141)	(0.513, 0.350, 0.137)	(0.333, 0.548, 0.119)	(0.453, 0.404, 0.142)
A4	(0.359, 0.533, 0.108)	(0.464, 0.402, 0.133)	(0.485, 0.410, 0.105)	(0.472, 0.373, 0.155)	(0.407, 0.466, 0.126)
A5	(0.381, 0.484, 0.135)	(0.557, 0.302, 0.141)	(0.572, 0.282, 0.146)	(0.248, 0.606, 0.145)	(0.350, 0.541, 0.108)

Adım 5. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözümün ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümün belirlenmesi.

Problemde ele alınan tüm kriterler fayda kriteridir. A^+ pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve A^- negatif sezgisel bulanık ideal çözümler Tablo 12’deki gibi elde edilmiştir.

Tablo 12. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözümler

A^+	A^-
$r_1^{f*}=(0.381,0.484, 0.135)$	$r_1^{f-}=(0.105, 0.774, 0.121)$
$r_2^{f*}=(0.557, 0.302, 0.141)$	$r_2^{f-}=(0.077, 0.701, 0.122)$
$r_3^{f*}=(0.572, 0.282, 0.146)$	$r_3^{f-}=(0.134, 0.734, 0.132)$
$r_4^{f*}=(0.472, 0.373, 0.155)$	$r_4^{f-}=(0.248, 0.606, 0.145)$
$r_5^{f*}=(0.453, 0.404, 0.142)$	$r_5^{f-}=(0.319, 0.585, 0.096)$

Adım 6. Pozitif ve negatif ayırım ölçülerinin hesaplanması.

Alternatifler ve pozitif sezgisel bulanık ideal çözümün ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüm arasındaki ayırım ölçümleri Tablo 13'de verilmiştir.

Adım 7. Her bir alternatif için yakınlık katsayısının hesaplanması.

Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüme göre alternatiflerin yakınlık katsayıları hesaplanmış ve Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. Alternatiflerin ayırım ölçüleri ve yakınlık katsayıları

Alternatiflerin ayırım ölçüleri	S_i^*	S_i^-	C_i^*
A1	1.04	0.31	0.072
A2	1.21	0.61	0.335
A3	0.406	1.3	0.762
A4	0.34	1.31	0.794
A5	0.371	1.23	0.768

Adım 8. Alternatiflerin sıralanması.

Alternatiflerin skorları anlamına da gelen yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. En yüksek yakınlık katsayısına sahip olan alternatif en yüksek puanı alarak en başarılı olan alternatif, en düşük yakınlık katsayısına sahip olan alternatif ise en düşük puanı alarak en başarısız olan alternatif anlamına gelir. Alternatifler, yakınlık katsayılarının büyüklüğüne göre; $A4 > A5 > A3 > A2 > A1$ şeklinde sıralanmıştır. A4 alternatifi, en uygun ergonomik oda olarak alternatifler arasından seçilmiştir.

Bu çalışmanın son aşamasında alternatifler arasından seçilen bu odanın, kriterlerin karar vericiler tarafından Tablo 8'de ki önem derecelerine göre her bir karar verici açısından ne kadar uygun bir oda seçildiğinin analizinde kriterlerin önem ağırlıkları eş.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\lambda_{K1} = \frac{0,9}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right) + \left(0,35 + 0,05 \frac{0,35}{0,95}\right)} = 0,348$$

$$\lambda_{K2} = \frac{\left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right)}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right) + \left(0,35 + 0,05 \frac{0,35}{0,95}\right)} = 0,305$$

$$\lambda_{K3} = \frac{\left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right)}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right) + \left(0,35 + 0,05 \frac{0,35}{0,95}\right)} = 0,204$$

$$\lambda_{K4} = \frac{\left(0,35 + 0,05 \frac{0,35}{0,95}\right)}{0,9 + \left(0,75 + 0,05 \frac{0,75}{0,95}\right) + \left(0,5 + 0,5 \frac{0,5}{0,95}\right) + \left(0,35 + 0,05 \frac{0,35}{0,95}\right)} = 0,143$$

Ardından en iyi seçim olarak belirlenen bu odanın kriterlerinin değerlendirilmesi IFWA kullanılarak Tablo 14'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

Tablo 14: Karar vericilerin A4 alternatifini için sezgisel bulanık sayıları

	KV1	KV2	KV3
A4	(0.638, 0.206, 0.156)	(0.522, 0.348, 0.130)	(0.560, 0.335, 0.105)

Bu hesaplamalar sonucunda Tablo 5'deki dilsel terimlere göre KV1'e göre iyinin biraz üstünde bir seçim, KV2 ve KV3'e göre ortanın biraz üstünde olarak ifade edilecek bir seçim yapıldığı görülmektedir.

5. TARTIŞMA

Bu alışma kapsamında akademisyenler için ergonomik kriterlere göre karşılaştırılması sonucunda en iyi oda seçimi gerçekleştirilmiştir. Ergonomi konusu hakkında bilgi sahibi olan karar vericilere göre ergonomide fiziki evre faktörleri dikkate alınarak belirlenen 5 değerlendirme kriteri açısından en uygun alternatifin seçimi sezgisel bulanık TOPSIS metoduyla gerçekleştirilmiştir.

Karar vericilerin değerlendirilmesinde akademik unvan dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucunda Profesör Doktor unvanı “KV1” oluka önemli olarak ifade edilmiş ve ağırlığı hesaplanmıştır (Tablo 6). Doktor ğretim yesi unvanı “KV2” önemli olarak ifade edilmiş ve ağırlığı hesaplanmıştır (Tablo 6). Araştırma Görevlisi unvanı “KV3” orta olarak ifade edilmiş ve ağırlığı hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 8 ya göre aşağıdaki karar vericilerin alternatif oda seçimlerinde belirlenmiş olan kriterlere göre değerlendirmesi yapılmıştır.

KV1 1. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça kötü belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir.

KV1 2. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini orta belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV1 3. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV1 4. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini oldukça iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV1 5. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini oldukça iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV2 1. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça kötü belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir.

KV2 2. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini kötü belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir.

KV2 3. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini oldukça iyi olarak belirlemiştir.

KV2 4. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV2 5. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir.

KV3 1. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça kötü belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV3 2. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini orta belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir.

KV3 3. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini oldukça iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini oldukça orta olarak belirlemiştir.

KV3 4. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini orta olarak belirlemiştir.

KV3 5. Alternatif oda seçiminde 1. Kriter olan gürültü potansiyeline göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 2. Kriter olan aydınlanmasına göre değerlendirmesini iyi belirlemiştir. 3. Kriter olan termal konfora göre değerlendirmesini iyi olarak belirlemiştir. 4. Kriter olan kullanım alanına göre değerlendirmesini oldukça kötü olarak belirlemiştir. 5. Kriter olan konuma göre değerlendirmesini kötü olarak belirlemiştir.

Karar verme sürecinde birleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi için tüm karar vericilerin düşüncelerinin grup düşüncesi olarak birleştirilmesi gerekmektedir. Tablo 7' deki dilsel terimler ile Tablo 8' de alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesinde tüm karar vericiler tarafından her bir kriterlerin önem dereceleri değerlendirilmiştir. IFWA kullanılarak üç karar verici tarafından verilen skorlar birleştirilerek birleştirilmiş karar matrisi Tablo 9'da elde edilmiştir.

Karar vericilere göre kriterlerin değerlendirilmesi Tablo 10' da verilmiştir.

K1 gürültü kriteri KV1' e göre orta, KV2' e göre oldukça önemli, KV3' e göre önemli olarak değerlendirilmiştir.

K2 aydınlatma kriteri KV1' e göre önemli, KV2' e göre oldukça önemli, KV3' e göre önemsiz olarak değerlendirilmiştir.

K3 termal konfor kriteri KV1' e göre önemli, KV2' e göre oldukça önemli, KV3' e göre oldukça önemli olarak değerlendirilmiştir.

K4 kullanım alanı kriteri KV1' e göre önemli, KV2' e göre önemli, KV3' e göre orta olarak değerlendirilmiştir.

K5 konum kriteri KV1' e göre önemli, KV2' e göre önemli, KV3' e göre orta olarak değerlendirilmiştir.

Karar vericilerin Tablo 5'de ki dilsel terimlere göre Tablo 10'da ki kriterlerin değerlendirilmesinde tüm karar vericiler tarafından her bir kriterlerin önem dereceleri değerlendirilmiştir. Eş 20'de IFWA kullanılarak üç karar vericiye göre beş kritere verilen skorlar birleştirilerek kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir.

Birleştirilmiş karar matrisi Tablo 7'de oluşturulduktan sonra sezgisel bulanık kümelerde tanımlanan çarpım operatörü kullanılarak ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisi Tablo 11'de elde edilmiştir.

Ağırlıklı birleştirilmiş karar matrisinde pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel ideal çözüm kümeleri Tablo 12'de gösterilmiştir. Tablo 11'e göre pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm, K1'e göre 5.alternatif, K2'e göre 5.alternatif, K3'e göre 5.alternatif, K4'e göre 4.alternatif ve K5'e göre 3.alternatif olmuştur. Negatif sezgisel ideal çözüm, K1'e göre

1.alternatif, K2'e göre 1.alternatif, K3'e göre 1.alternatif, K4'e göre 5.alternatif ve K5'e göre 1.alternatif olmuştur.

Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüme göre alternatiflerin yakınlık katsayıları Hamming uzaklığı ile hesaplanmıştır. Tablo 13' de alternatiflerin pozitif ayırım ölçümlerine bakıldığında 2. Alternatifin en uzak değere ve 4. Alternatifin en yakın değere sahip olduğu görülmektedir. Negatif ayırım ölçümlerine bakıldığında en yüksek değerin 4. Alternatife ait olduğu ve en düşük değerin 1. Alternatife ait olduğu görülmektedir. Pozitif sezgisel bulanık ideal çözüm ve negatif sezgisel bulanık ideal çözüme göre yakınlık katsayılarına bakıldığında en yüksek değerin 4. Alternatif bir sonraki yüksek değerin 5. Alternatifin sonraki yüksek değerin 3. Alternatif ardından gelen yüksek değerin 2. Alternatifin ve en düşük değer 1. Alternatifte olduğu görülmektedir. En yüksek yakınlık katsayısı değerin en iyi seçim olduğundan bu hesaplama sonuçlarına göre 4. Alternatif odanın en iyi seçim olduğu ortaya çıkmaktadır.

Tablo 14 'de karar vericilerin 4. Alternatif oda için sezgisel bulanık katsayılarına göre tekrar incelendiğinde 1. Karar verici için iyinin biraz üstünde bir oda seçiminden olduğu görülmekte, 2. Karar verici için ortanın biraz üzerinde bir seçim olduğu ve 3. Karar verici için ise iyinin biraz altında bir seçim olduğu, bulanık sayılar incelendiğinde görülmektedir.

6. SONUÇ

Sezgisel bulanık TOPSIS metodunda, karar vericilerin önem dereceleri dilsel terimlerle, dilsel terimler ise sezgisel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Daha sonra karar vericiler tarafından kriterlerin önem derecelerini ve alternatiflerin kriterler bazında aldıkları değerler de dilsel terimlerle, dilsel terimler ise sezgisel bulanık sayılarla ifade edilmiştir. Sezgisel bulanık sayıların birleştirilmesi için IFWA kullanılmıştır.

Sezgisel bulanık pozitif ideal çözüm ve sezgisel bulanık negatif ideal çözümler elde edilmiş, alternatiflerle ideal çözümler arasında pozitif ve negatif ayırım ölçümleri hesaplanmıştır. Daha sonra alternatifler için yakınlık katsayıları hesaplanarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Buna göre (0.794) yakınlık katsayısıyla en iyi oda A4 alternatifi, en kötü oda (0.072) yakınlık katsayısıyla A1 alternatifi olmuştur. Son aşamada ise karar verici grup için seçilen en iyi oda tablo 5'deki dilsel terimlere göre KV1'e göre iyiden biraz daha yüksek, KV2 ve KV3'e göre ortadan biraz daha yüksek bir seçim olan oda olduğu görülmüştür. Ergonominin fiziki çevre şartlarına göre karar vericiler tarafından alternatiflere göre en iyi seçim sezgisel bulanık TOPSIS yöntemiyle karar vericiler için en iyi çalışma ortamı olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu çalışmada sezgisel bulanık küme teorisi grup karar verme problemlerine uygulanmıştır. Bu yöntemle yapılan çalışma, çok kriterli karar verme yöntemlerinin, iş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılmasıyla daha anlamlı sonuçların elde edilmesi mümkün olacaktır. Bu çalışma geniş bir kapsamaya sahip olmamasına rağmen yapılacak olan daha kapsamlı ve detaylı çalışmalar için yardımcı olacak niteliktedir.

Bu çalışma ile akademisyenler için daha verimli çalışma ortamlarının sağlanması ve ofislerde karşılaşılan iş sağlığı ve güvenliği problemlerinin bilimsel bir yöntem olan sezgisel bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak sağlanmıştır. Sezgisel bulanık TOPSIS yönteminin çok kriterli karar verme problemlerinin çözümündeki kullanım kolaylığı ve başarısı nedeniyle iş sağlığı ve güvenliği uygulama alanlarında yaygınlaşmasına katkıda bulunmak amaçlanmaktadır.

Ofis ortamında bulunan tüm ergonomik risk faktörleri göz önünde bulunduran geniş bir çalışma, ileride yapılacak çalışmalar ile sağlanabilir. Yapılacak çalışmalarda sezgisel bulanık TOPSIS metodunun dışında diğer alternatif yöntemler (ELECTRE, VİKOR, VZA, PROMETHEE, AHP gibi) kullanılarak bu çalışma tekrar değerlendirilebilir ve bu yöntemlerin karşılaştırılmasıyla çalışmaya değişik boyutlar kazandırılabilir. Bu çalışmada, sezgisel bulanık TOPSIS yönteminde iki bulanık sayı arasındaki uzaklık Hamming yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır. Gelecek çalışmalarda iki bulanık sayı arasındaki mesafeyi hesaplamak için Minkowski, Vertex gibi uzaklık ölçüleri kullanılıp, sonuçlar karşılaştırılabilir.

7. ÖZET

SEZGİSEL BULANIK TOPSIS YÖNTEMİ İLE ERGONOMİK ODA SEÇİMİ

Bu çalışmada, üniversitelerdeki çalışma odalarının akademisyenler için ergonomik açıdan fiziksel risk etmenlerini göz önünde bulundurularak uygunluğu araştırılmıştır. Bu çalışma sırasında aynı çalışma ortamında bulunan akademisyenler için en uygun ergonomik oda seçimi yapılmıştır. Bu seçim TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) metodunun sezgisel bulanık ortama genişletilmesi ile sağlanmıştır.

Çalışma ortamının değerlendirilmesinde ergonominin fiziksel risk etkenleri ele alınmıştır. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda bir üniversitenin farklı özelliklere sahip beş odası alternatif olarak seçilmiştir. Alternatifler, ergonominin sadece fiziksel risk etkenleri (gürültü ve ses, aydınlatma, termal konfor ve havalandırma vb.) kriterleri açısından karar verici üç akademisyen tarafından değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın sonunda, çalışmaya katılan akademisyenler için sezgisel bulanık TOPSIS kullanılarak seçilen en uygun oda, karar vericilerin beklentilerini ne derece karşıladığı da gösterilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, grup kararına göre seçilen odanın, karar vericilerden biri için iyi, diğer ikisi için orta derecede bir seçim olan oda olduğu görülmüştür.

Bulanık mantık insan gibi düşünmeyi amaçlayan ve bu ifadeleri matematiksel fonksiyonlara çevirerek işlem yapan bir alandır. Gelişen teknoloji ile birlikte hayatımıza giren yapay zekâ tekniklerinden biri olan bulanık mantık

yöntemi, ergonominin farklı birçok çalışma alanında kullanılarak bu disiplin içerisinde yapay zekânın gelişimi ergonomiye katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ergonomi, Sezgisel Bulanık Mantık, TOPSIS

8. SUMMARY

ERGONOMIC ROOM SELECTION WITH INTUITIVE FUZZY TOPSIS METHOD

In this study, the suitability of the study rooms in universities in terms of ergonomics by considering the physical risk factors have been investigated. During this study, the most suitable ergonomic room has been chosen for the academicians who are in the same working environment. This selection has been achieved by extending the TOPSIS method (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) to the intuitive fuzzy environment.

The physical risk factors of ergonomics have been reviewed in the evaluation of the working environment. For the purpose of this study, five chambers with different characteristics of a university have been chosen as alternatives. The alternatives have been evaluated by three decision-maker academicians in terms of only the physical risk factors (noise and sound, lighting, thermal comfort and ventilation, etc.) criteria of ergonomics.

At the end of this study, it has also been shown how the most appropriate room, chosen by using intuitive fuzzy TOPSIS for the academicians participating in the study, has met the expectations of the decision makers. According to the results of the study, the room, chosen according to the decision of the group, has been found to be good for one of the decision-makers and a moderate choice for the other two.

Fuzzy logic is a field that tries to think like a human being and transforms these statements into mathematical functions. Through the use of

fuzzy logic, that is one of the artificial intelligence techniques entered into our lives along with developing technology, in several study fields of ergonomic, the development of artificial intelligence in ergonomics will contribute immensely to ergonomics.

Keywords: Ergonomics, Intuitive Fuzzy Logic, TOPSIS

9. KAYNAKLAR

[1] Düşüngülü F. Çalışma Ortamlarının Ergonomik Tasarımının Akademik Personel Üzerindeki Verimliliğine Etkisi (Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Örneği). Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Büro Yönetimi Eğitimi Ana Bilim Dalı; 2014.

[2] Uygur A., Göral R. Büro Yönetimi. MESTEK. Seri No:10. Ankara: Nobel Yayınları; 2005.

[3] Önder H.H., Kurt M. İş Güvenliği Açısından Ergonominin Önemi. I. Ulusal Ergonomi Kongresi. İstanbul: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987. s.249-256.

[4] Şimşek, M. Mühendislikte Ergonomik Faktörler. İstanbul: Marmara Üniversitesi Yayınları; 1994.

[5] Çelenk H. Ergonominin Verimliliğe ve Motivasyona Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri Ana Bilim Dalı; 1997.

[6] What is ergonomics? [internette]. [12.03.2019 okundu]. elektronik adresi: www.iea.org.cc

[7] Su A.B. Ergonomi. Ankara: Atılım Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları; 2001.

[8] Camkurt M. Z. İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. 20 (6). TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi; 2007. s.80-106.

[9] Öncer M., Özkanlı Ö. Ülkemiz İşletmelerinde Çalışma Yeri Düzenleme Tekniklerinin Uygulanma Düzeyi No:622. Ankara: 6. Ergonomi Kongresi, M.P.M Yayınları; 1998. s.231-249.

[10] Küçükçirkin M. Ergonomi- İş Değerlendirme İlişkisi. İstanbul: 1. Ulusal Ergonomi Kongresi, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987. s.233-248.

- [11] Güler Ç. Sağlık Boyutuyla Ergonomi Hekim ve Mühendisler İçin. Ankara: Palme Yayıncılık; s.1-19.
- [12] Tengilimoğlu D., Tutar H. Çağdaş Büro Yönetimi: Büro Yönetiminde Güncel Konular ve Yaklaşımlar. Ankara: Gazi Yayınları; 2003.
- [13] Özok A.F. Önsöz, I. Ulusal Ergonomi Kongresi. 3. İstanbul: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987.
- [14] Ercan M.N. Çalışma Yerlerinin ve Yaşam Ortamlarının Ergonomik Şekillendirilmelerinde Genel Prensipler. I. Ulusal Ergonomi Kongresi. İstanbul: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987. s.74-83.
- [15] Ertürk Ö. Hemşirelerin Ergonomik Çalışma Ortamına İlişkin Algıları Ve İş Doyumu Üzerine Etkileri Özel Ve Kamu Hastaneleri Karşılaştırması (Ankara İli Örneği). Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Hastane İşletmeciliği Bilim Dalı; 2018.
- [16] Saygı A.C. Seyahat Acentalarında Ergonomik Koşulların İşgörenlerin İş Doyumuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Anabilim Dalı; 2016.
- [17] Özkul E., Anagün S. Ergonomi. 1. Baskı. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları; 1996.
- [18] Hasdemir A. Bilgisayar Destekli Ergonomi ve Bir Uygulama Çalışması. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı; 2013.
- [19] Fişek A. Çok-Bilimli Eksende İş Sağlığı Güvenliği, Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi; 1995. s.50: 3-4.
- [20] Akay D., Dağdeviren M. ve Kurt M. Çalışma Duruşlarının Ergonomik Analizi. 18(3). Ankara: Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi; 2003. s.73-84.

- [21] Durdu A. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Düzenlemeleri İle İlgili İşgörenlerin Tutumlarını Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2006.
- [22] Yılmaz G. M. Ofislerdeki Çalışma İstasyonlarının (Workstationların) Tasarımını Etkileyen Ergonomi Faktörünün İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2010.
- [23] Bilgiç E.A. İşyerinde Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi; Tehlikeli Sınıfta Yer Alan Bir Fabrikanın Üretim Sahalarında Çalışan Kişilerin Kas İskelet Sistemi Yakınmaları ve Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2013.
- [24] Smith H. S. Emotional Evaluation of A Product/System. Published Doctor Thesis. Florida: University of Central Florida Orlando; 2008.
- [25] Mendes J., Sago M. Finding Aid to The Gilbreth Library of Management Papers. Purdue University Libraries Archives And Special Collections; 2010.
- [26] Ertaş Ş. Çocuk ve Spor İlişkisi Üzerine Fiziksel Biçimlenmeyi Etkileyen Ergonomik Faktörlere Dayalı Bir Model. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2012.
- [27] Barlı Ö., Çolakoğlu E., Akıncı S. İnsan Faktörü Mühendisliğinin (Ergonomi) Anlamı Tarihçesi, Önemi ve Kapsamı. 12(37). Ekev Akademi Dergisi; 2008. s.1-14.
- [28] Shaver E., Braun C. What is Human Factors and Ergonomics Benchmark Research & Safety; 2008.
- [29] Erkan N. Ergonomi (Verimlilik, Sağlık ve Güvenlik İçin İnsan Faktörü Mühendisliği), Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1988 s.373.
- [30] Kırac Y. Büro Yönetiminde Ergonomi ve Ergonominin Verimliliğe Etkisi: Ankara Emniyet Müdürlüğü'nde Bir Uygulama. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Büro Yönetimi Ana Bilim Dalı; 2005.

- [31] Yetiz A. Ofis Mobilyaları ve Ofis Mobilyalarının Tasarımını Etkileyen Ergonomi Faktörünün İncelenmesi, Adana'da Bir Banka Örneği. Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık Ana Sanat Dalı; 2009.
- [32] Karsh B., Waterson P., Holden R. J. Crossing levels in systems ergonomics. 1(10). A Framework to Support Mesoergonomic Inquiry, Applied Ergonomics; 2013. s.45-54.
- [33] Babayiğit M. A., Kurt M. Hastane Ergonomisi. İstanbul Med. 14; 2013. s.153-159.
- [34] Özok A. F. Ergonomideki Son Gelişme Alanları Ve Türkiye Açısından İrdelenmesi. 570. İstanbul: 5. Ulusal Ergonomi Kongresi. MPM Yayınları; 1995. s.3.
- [35] Armağan K. Büro Verimliliğinin Tesis Edilmesinde Ergonomik Tasarımın Önemi. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2003.
- [36] Pekcan B. Yazılım Ergonomisi ve Bir İşletme Yazılımı Üzerine Uygulanması. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2013.
- [37] Feyen L., Liu Y., Chaffin D., Jimmerson G., ve Joseph B. Computer-Aided Ergonomics: A Case Study Of Incorporating Ergonomics Analyses into Workplace Design. 31(3). Applied Ergonomics; 2000. s.291-300.
- [38] Babaç H., Aydemir B., Şahin B. Turizm İşletmelerinde Yönetmel Ergonomi: Balıkesir ili örneği. Balıkesir: 19. Ulusal Turizm Kongresi Bildiriler Kitabı; 2013. s.287-297.
- [39] Yıldız A., Aytaç S. Örgüt Kültürü ve Ergonomi. Balıkesir: 19. Ulusal Ergonomi Kongresinde Sunuldu; 27-28-29 Eylül 2013.
- [40] Baslo M. Ofis Ergonomisi – Sırt ve Boyun Ağrılarını Önlemek İçin Ofis Ortamını Düzenlemek. Baş Boyun, Bel Ağrıları Sempozyumu; 2002. s.155-165.

- [41] Turan G. Ö. Ofis Çalışmalarında Ergonomik Risklerin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2016.
- [42] Altınöz M., Göral R. Örgütsel Verimliliğin Geliştirilmesinin Açık Plan Çalışma Alanı Tasarımı İle (Açık Büro) İlişkilendirilmesi. 10 (16). SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırma Dergisi; 2008. s.429-440.
- [43] Carayon P., Smith M.J. Applied Ergonomics 31. Department of Industrial Engineering. University of Wisconsin-Madison; 2000. s.649-662.
- [44] İncir G. Ergonomi. 2.Baskı, Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1986.
- [45] Ilıcak Ş. Çevre-İşyeri Koşulları ve Ergonomik Yaklaşımlar. I. Ulusal Ergonomi Kongresi. İstanbul: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987. s.168-174.
- [46] Şaşmaz T., Öner S., Buğdaycı R., Kurt A.Ö., Öner H., Güler Ç. Büro Ergonomisi. Ankara: Palme Yayıncılık; 2004. s.345-361.
- [47] Akın G. Ekran Önü Çalışmalarında Ergonomi ve Antropometri. 39 (1-2). Akademik Tarih; 1999. s.87-101.
- [48] Ulucan H. F., Zeyrek S. Ofislerde İş Sağlığı Ve Güvenliği. Ankara: İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü Müdürlüğü; 2012.
- [49] Ayanoglu C., İşyerinde Ergonomi ve Stres. 146. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı: İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi; 2008.
- [50] Özlü G. P. ve Yayla M. Atölye Ortamındaki Ergonomik Koşulların Öğrenciler Üzerindeki Etkisi. Gaziantep: 18. Ulusal Ergonomi Kongresi Bildiriler Kitabı; 2012. s.94-102.
- [51] Saraçoğlu G.V., Oğur R., Güler Ç. Aydınlatma. Ankara: Palme Yayıncılık; 2004. s.377-394.
- [52] Tiftik E., Kastamonu Üniversitesi Bürolarında Mekân Ve Mobilyaların Ergonomik Kriterler Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi.

Kastamonu: Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı; 2016.

[53] Helland M., Horgen G., Kvikstad T.M., Garthus T., Aaras A. Will Musculoskeletal, Visual and Psychosocial Stress Change for Visual Display Unit (VDU) Operators When Moving From a Single-Occupancy Office to an Office Landscape?, 20. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE); 2008. s.259–274.

[54] Çeven S. ve Özer K. Büro Ergonomisinin Çalışma Psikolojisi ve İş Verimine Etkisi. Büro Yönetimi Özel Sayısı. Süleyman Demirel Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi; 2013.

[55] Ceran A. Bel Ağrısı Olan Ofis Çalışanlarında Ergonomi Bilgi Düzeyinin Bel Ağrısı Şiddeti ve Fonksiyonellik Üzerine Etkisi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Haliç Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2015.

[56] Topaloğlu M., Koç H. Büro Yönetimi Kavramlar ve İlkeler. 5.Baskı. Ankara: Seçkin Yayıncılık; 2010.

[57] Aktaş M., Özdemir B. M. Yaz İklimlendirme Sistemlerinde Kanal Çaplarının Bilgisayar Programı ile Hesaplanması. 7(3). Teknoloji Dergisi; 2014. s.381-386.

[58] Hayta A. B. Çalışma Ortamı Koşullarının İşletme Verimliliği Üzerine Etkisi. 1.baskı. Ticaret Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi; 2007. s. 21-41.

[59] Şimşek Ş. M. Örgütsel Etkinliğin Sağlanmasında İşgören- İş Uyumunun Ergonomik Analizi. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2010.

[60] Ercan M.N. Çalışma Yerlerinin ve Yaşam Ortamlarının Ergonomik Şekillendirilmelerinde Genel Prensipler. İstanbul: I. Ulusal Ergonomi Kongresi Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları; 1987. s.74-83.

[61] Özkan G. Bulanık TOPSIS Ve AHP Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Yönelik Hayvancılık Alanında Bir Uygulama. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı; 2013.

- [62] Koçel T. İşletme Yöneticiliği. 9. Baskı. İstanbul: Beta Yayınları; 2003.
- [63] Yılmaz R. Türkiye’de Lisansüstü Öğrenim İçin Öğrenci Seçimi: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsünde Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü; 2008.
- [64] Canhasi E. Analitik Hiyerarşi Süreci. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2010.
- [65] Karakaya K. İstanbul Boğazi’ndan Geçen Gemilerin Emniyetli Geçişinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Kullanarak Analizi. Basılmamış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü; 2003.
- [66] Doğan M. İşletmelerde Karar Verme Teknikleri. İzmir: Bilgehan Basımevi;1985.
- [67] Erdoğan K. N. Bankacılık Sektöründe Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Bulanık TOPSIS İle Finansal Performans Değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Sistem Mühendisliği Programı; 2018.
- [68] Özçakar N. ve Demir H.H. Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. 22(69). İstanbul: İstanbul Üniversitesi İşletme İktisadı Enstitüsü Dergisi; 2011. s.28-33.
- [69] Göksu A. Bulanık Analitik Hiyerarşik Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2008.
- [70] Kıyak E. Kahvecioğlu A. Bulanık Mantık ve Uçuş Problemine Uygulanması. 1(2). Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi; 2003. s. 63-72.
- [71] Karakaşoğlu N. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Uygulama. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü; 2008.
- [72] Altaş İ. H. Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. Sayı 62. Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e; 1999. s.80-85.

- [73] Öztürk A., Ertuğrul İ. ve Karakaşoğlu N. Nakliye Firması Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemlerinin Karşılaştırılması. 25(2). İstanbul: Marmara Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi;2008. s.788-789.
- [74] Kahraman C., Cebeci U. ve Ruan D. Multi-attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey. 87(2). International Journal of Production Economies; 2004. s.174.
- [75] Baskaya Z. ve Öztürk B. Bulanık TOPSIS Algoritması ile Yamuk Bulanık Sayıların Satış Elemanı Seçiminde Kullanılması. 2(2). Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi; 2011. s.77-100.
- [76] Hwang C.L. ve Yoon K. Multiple Attribute Decision Making: Methods and Application. New York: Springer; 1981.
- [77] Arslan M. Bulanık Topsis Metodu İle Türk Şeker Fabrikalarının Performansının Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı; 2010.
- [78] Efe B., Boran F., Kurt M., Sezgisel Bulanık TOPSIS Yöntemi Kullanılarak Ergonomik Ürün Konsept Seçimi. 3(3). Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi; 2015.s.433-440.

10.ÖZGEÇMİŞ

Adı: HİLAL

Soyadı: BİDERCİ

Doğum Yeri ve Tarihi: MERSİN / 08.12.1995

Eğitimi

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü/İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı/ Tezsiz Yüksek Lisans/2017-2018

Anadolu Üniversitesi/İktisat Fakültesi/Çalışma Ekonomisi Ve Endüstri İlişkileri/ Açıköğretim/2016-Devam

Üsküdar Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Fakültesi/İş Sağlığı Ve Güvenliği/Örgün Öğretim/2013 – 2017

Yabancı Dili

İNGİLİZCE