İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE MATEMATİK DERS İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNE BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ

Yüksek Lisans Tezi

End.Müh. İlkay GÜLTAŞ

507041111

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih :30.03.2007

Tezin Savunulduğu Tarih :29.01.2007

Tez Danışmanı	**:**	**Prof. Dr. Ahmet Fahri ÖZOK**
Diğer Jüri Üyeleri	**:**	**Prof.Dr. Cengiz KAHRAMAN** **Prof.Dr. Sıtkı GÖZLÜ**

OCAK 2007

ÖNSÖZ

Müfredat geliştirme, bilimsel gelişimin sürekliliğinden kaynaklanan bir biçimde birçok üniversitenin daha iyi olabilme yolunda yapageldiği çalışmalardır. Mühendislik eğitimi de, içeriğindeki bilimsel temelin sürekli gelişmesine bağlı olarak çeşitli evrimsel aşamalardan geçerek ilerlemiştir. ABET, mühendislik, mühendislik teknolojileri ve mühendislikle ilgili alanlarda akreditasyonu yürütmekle yetkili kurum, bölümlerin bir özgörev (misyon) tanımı yaparak nasıl mühendisler eğitmek istediğine karar verilmesini öncelikli yapılması gerekenler arasında ilk sıraya yerleşirmektedir. Bu özgörevin belirlenmesi kurumun eğiteceği mühendislerin eğitiminden çıkarı olan 'paydaşların' görüşlerinin alınması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Paydaşlar arasında üniversite öğretim elemanlarının da bulunduğu gerçeğinden yola çıkarak bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık AHP'i kullanarak öğretim elemanlarının belirlenmiş olan dersin içeriği ile ilgili beklentilerini ölçmeye çalıştık.

Çalışmam sırasında yoğun temposuna rağmen bana her türlü desteği veren çok saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Prof.Dr.Ahmet Fahri ÖZOK'a içten teşekkürlerimi sunuyorum. Benim için kendisiyle çalışmak gerçekten büyük bir onurdu.

Bitmek tükenmek bitmeyen desteğinden ve anlayışından ötürü İstanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı Prof.Dr.Tülin Aktin'e de teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Konu hakkında fikirlerini aldığım ve çalışmam sırasında karşılaştığım problemlerde desteğini benden esirgemeyen çalışma arkadaşım End.Y.Müh. Özlem İnce'ye de çok teşekkür ediyorum.

Aralık, 2006 İlkay GÜLTAŞ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ III

ŞEKİL LİSTESİ V

ÖZET VI

SUMMARY VIII

1. GİRİŞ 1

1.1 Meslek Olarak Mühendislik 1
1.2 Mühendislik Eğitimi ve ABET Akreditasyonu 1
1.3 Endüstri Mühendisliğinin Tarihçesi 4
1.3.1 Endüstri Mühendisliğinin Tanımı 6
1.4 Yöneylem Araştırmasının Tarihsel Gelişimi 7
1.4.1 Yöneylem Araştırmasının Tanımı 7
1.5 Yöneylem Araştırması - Endüstri Mühendisliği İlişkisi 7
1.6 Endüstri Mühendisliği Eğitimi 8

2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME 10

2.1 Temel Kavramlar ve Yöntemlerin Sınıflandırılması 10
2.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Genel Bakış 11
2.2.1 Baskınlık Yöntemi(Dominance) 12
2.2.2 İkiye Bölme Yöntemleri 12
2.2.3 Ardışık Eleme Yöntemleri 13
2.2.4 Davranışa Yönelik Yöntemler 14
2.2.5 Doğrusal Atama Yöntemi 15
2.2.6 Skor Yöntemleri 15
2.2.7 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) 16
2.2.8 ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Realite) 17
2.2.9 Nitel Veriler için Yöntemler 18

3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER 24

3.1 Bulanık Mantık 24
3.2 Bulanık Kümeler 24
3.2.1 Bulanik Kümeler ile İlgili Tanımlar 25
3.2.2 Bulanık Küme İşlemleri 26
3.2.3 Bulanık Matematik 27
3.3 Netleştirme 28
3.3.1 En Büyük Üyelik İlkesi 29
3.3.2 Sentroid Yöntemi 29
3.3.3 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi 29
3.3.4 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi 29
3.3.5 Toplamların Merkezi Yöntemi 30
3.3.6 En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi 30
3.3.7 En Büyük İlk (Son) Üyelik Derecesi Yöntemi 30

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK BULANIK ANALİTİK HİYEARŞİ YÖNTEMİ 31

4.1 Bulanık AHP 31

4.1.1 Von Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı 34
4.1.2 Buckley Yaklaşımı 37
4.1.3 Chang Yaklaşımı 40

5. ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BAZ ALINARAK MATEMATİK DERS İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNE BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ 52

5.1 Müfredat Geliştirme 52
5.1.1 Müfredat Geliştirmeye Etki Eden Felsefi Yaklaşımlar 52
5.2 Problemin Tanımı 53
5.2.1 Modelde Kullanılan Ölçütler ve Hiyerarşinin Tanımlanması 54
5.2.2 İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Ağırlıkları 55

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 64

KAYNAKLAR 67

EKLER 69

ÖZGEÇMİŞ 106

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1 :AHP Değerlendirme Ölçeği [15] 23
Tablo 4.1 :Literatürdeki Bulanık AHP Yöntemlerinin Karşılaştırmaları..... 33
Tablo 4.2 : $\mu_{w_i}(x)$ üyelik fonksiyonunun tanımı 39
Tablo 4.3 :Mertebe Analizi Yönteminde Kullanılan Bulanık Önem Dereceleri..... 43
Tablo 5.1 :Yöneylem Araştırması İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 56
Tablo 5.2 :Doğrusal Prgramlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 57
Tablo 5.3 :Doğrusal Olmayan Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 58
Tablo 5.4 :Tamsayılı Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 58
Tablo 5.5 :Stok/Envanter Modelleri İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 59
Tablo 5.6 :Tahmin Metodları İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri... 60
Tablo 5.7 :Oyun Teorisi İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri... 60
Tablo 5.8 :Karar Teorisi İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri... 61
Tablo 5.9 :Dinamik Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 62
Tablo 5.10 :Stokastik Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri 63
Tablo B.1 :Yöneylem Araştırmasına Göre Bulanık AHP Anketi 87
Tablo B.2 :Doğrusal Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi 88
Tablo B.3 :Doğrusal Olmayan Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi..... 89
Tablo B.4 :Tamsayılı Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi 90
Tablo B.5 :Stok / Envanter Modellemeye Göre Bulanık AHP Anketi 91
Tablo B.6 :Tahmin Modellerine Göre Bulanık AHP Anketi 92

Tablo B.7 : Oyun Teorisine Göre Bulanık AHP Anketi 93
Tablo B.8 : Karar Teorisine Göre Bulanık AHP Anketi 94
Tablo B.9 : Dinamik Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi 95
Tablo B.10 : Stokastik Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi 96
Tablo C.1 :Yöneylem Araştırmasına Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 98
Tablo C.2 : Doğrusal Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 98
Tablo C.3 : Doğrusal Olmayan Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 98
Tablo C.4 : Tamsayılı Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 99
Tablo C.5 : Stok / Envanter Modellemeye Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 99
Tablo C.6 : Tahmin Modellerine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 99
Tablo C.7 : Oyun Teorisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 100
Tablo C.8 : Karar Teorisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 100
Tablo C.9 : Dinamik Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi 100
Tablo C.10 : Stokastik Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi ... 101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Temel Mühendislik Süreci 2
Şekil 1.2 : Endüstri ve sistem mühendisliğinin tarihinde önemli olay ve gelişmelerin tarihçesi 6
Şekil 4.1 : $V(M_2 \geq M_1)$ 'nin grafiksel gösterimi 42

ÖZET

Müfredat geliştirme problemi günümüz eğitim dünyasında önemini artırarak sürdürmektedir. Teknolojik gelişmeler, üretim toplumundan bilgi toplumuna geçiş sürecinin yaşanıyor olması, sanayinin ihtiyaçlarının ülkesel ve bölgesel anlamda çeşitlilik gösteriyor olması ihtiyaç duyulan eğitimli personelin de, aynı ünvanı taşıyacak olsalar da, farklı eğitimsel temellere sahip olmasını gerektirmektedir.

Bu çalışmada, endüstri mühendisliği müfredatının geliştirilmesi problemine bir alt problem incelenerek bir analitik çözüm yaklaşımı geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın amacı müfedat değişikliğinden etkilenecek olan paydaşların müfredat geliştirme sürecine analitik olarak katılımlarının sağlanmasıdır.

Endüstri Mühendisliği, ilgilendiği alanların çeşitliliği dolayısıyla yüklü sayılabilecek bir müfredata sahiptir. Bunun yanında bahsedilen müfredat neredeyse her üniversitede aynı nitelikler taşımaktadır. Ancak sanayi, müfredattan etkilenen paydaşlardan biri olarak, bu denli geniş bir müfredattan beslenen endüstri mühendislerine değil, belli spesifik konularda uzmanlaşmış endüstri mühendislerine ihtiyaç duymaktadır.

Endüstri mühendisleri kullandıkları problem çözme tekniklerinin bilimsel temelinin büyük bir kısmını yöneylem araştırmasından almaktadır. Dolayısıyla bölümler müfredatlarını sanayinin ihtiyaçlarını göz önüne alarak geliştirme problemini ele aldıklarında aslında yöneylem araştırmasının müfredat içindeki yerinin ne olacağı problemi ile yüzleşmek durumunda olacaklardır.

Yöneylem araştırması çıkış noktası itibariyle disiplinlerarası bir yaklaşımdır. Yüksek matematik içermesi nedeniyle endüstri mühendislerinin en önemli araçlarından biri haline gelmiştir. Ancak her endüstri mühendisinin yöneylem araştırmasının matematiksel temelini ayrıntılı şekilde öğrenmiş olması gerekmez. Öyle ki, teorisinin gelişmesi sonrasında yöneylem araştırması kapsamına giren konuların büyük bir çoğunluğunun çözüme getirdiği yaklaşımlar belli algoritmalar yolu ile teorinin matematiksel temellerini ayrıntılı bilmeyen kullanıcılar tarafından da kullanılabilmektedir.

ABET-2000 bölümlerin akreditasyonlarının ilk adımının bir özgörev tanımlanması olduğunu belirtmektedir. Bölümler nasıl bir mühendis yetiştirmek istediklerini açıkça ortaya koyacak şekilde bir özgörev tanımlayabilmek için müfredatlarından etkilenen paydaşlardan da fikir almak durumundadırlar. Bu paydaşlar arasında üniversite öğretim elemanları da yer almaktadır.

Matematik endüstri mühendisliği bölümleri için, endüstri mühendisliği tanımı da düşünülecek olursa, önemli bir bilimsel temel olarak görülmektedir. Bunun yanında endüstri mühendisliği bilimsel alt yapısını yöneylem araştırmasından almaktadır. Dolayısıyla endüstri mühendisliği müfredatında yer alan matematik dersleri, yöneylem araştırması konularına temel hazırlamak amacını taşımaktadır.

Bu çalışma "Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Yöneylem Araştırması Baz Alınarak Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesi" problemini bir çok ölçütlü karar verme problemi olarak ele alarak, öğretim elemanlarının görüşlerinin bölümlerin özgörev tanımına katılmasını hedeflemektedir. Çok ölçütlü karar verme probleminin çözümüne yönelik bulanık AHP metodu kullanılmıştır.

Tezin birinci bölümünde giriş kısmı yer almaktadır. Bu kısımda meslek olarak mühendislikten bahsedilmiş, ABET akreditasyonunun 2000 yılı yaklaşımı özetlenmiş, endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması tanımları verilmiş ve endüstri mühendisliği ile yöneylem araştırmasının ilişkisi açıklanmaya çalışılmıştır.

İkinci ve üçüncü bölümlerde, Çok Ölçütlü Karar Verme ve Bulanık Mantık konuları anlatılmaya çalışılmıştır. Dördüncü bölüm, bir çok ölçütlü karar verme tekniği olarak Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses yaklaşımı üzerine detaylı bilgiler içermektedir.

Beşinci bölüm, "Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Yöneylem Araştırması Baz Alınarak Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesi" problemi üzerinde yapılan uygulamayı içermektedir. Tez, sonuçlar kısmıyla sonlanmıştır.

SUMMARY

Curriculum development is still a very important problem in today's education world. Technological developments, manufacturing society's transition to the knowledge society, variety of the necessities of the industry both in country and in the region necessitates that the educated staff must have different educational base.
In this study, we try to develop an analytical solution approach to the development of industrial engineering curriculum problem. The goal of the study is to obtain the participation of shareholders to the development process who will be effected by the differantiation of curriculum.
Industrial Engineering has a very comprehensive curriculum because of the variety of areas industrial engineers are interested in. However, the mentioned vurriculum is almost the same in each university. But industry, as a shareholder effected by the curriculum, requires industrial engineers specialized in some specific areas not the ones who are nourished from such a broad curriculum.
Industrial engineers take the scientific base of problem solving techniques from operations research. Consequently, departments must meet face to face with the operations research's position in the curriculum problem when took up the curriculum development problem.
Operations research is an interdisciplinary approach. Including some advanced mathematic techniques makes operations research to be the most important tool for industrial engineers. But to have a huge knowledge of the mathematical base of operations research is not necessary for all industrial engineers. In such a way that, the solution approaches developed by the operations research can be used via some special algorithms which are not required an advanced mathematical base.
ABET-2000 states that the first step of the departments accreditation is to define a mission. Departments must ask the shareholders' opinion to define a mission exposes the request of the characteristics of engineers they want to educate. Faculties in universities are also shareholders.
Mathematics is a very important scientific base for industrial engineers if we look from the industrial engineering's definition perspective. In addition to this industrial engineering took its scientific base from operations research. On account of, the mathematical courses in the industrial engineering curriculum intend to prepare a background for operations research.
This study, aims to make the faculties' opinions be added to the departments mission, by way of taking up "The Determination of the Mathematics Course Syllabuses in the Industrial Engineering Education from the Operations Research Perspective" problem as a multicriteria decision making problem. Fuzzy AHP is used as a multicriteria decision making approach.
The first chapter of the thesis is an introduction part. Here, the engineering as a profession was mentioned, ABET-2000 approach was summarized, the definitions of industrial engineering and operations research was given and relationship between industrial engineering and operations reseach was explained. In the second and third chapters, Multicriteria Decision Making and Fuzzy Logic were studied. The fourth chapter contains detailed explanation about the Fuzzy Analytical Hierarchy Process as a multicriteria decision making technique. The fifth chapter my application was described in detailed. Finally, the thesis was ended with main conclusions.

1. GİRİŞ

1.1 Meslek Olarak Mühendislik

Görüş birliği olmasa da profesyonel meslekler dört ortak özelliğe sahiptir:

1) Profesyonel meslek sahibi kişi önemli özel bilgiye sahiptir.
2) Profesyonel meslek hazırlığı, kurumsal eğitimi izleyen staj benzeri bir iş eğitimi içerir.
3) Bir mesleğe ait standartlar, ahlaki düzenlemeler de dahil olmak üzere, en iyi şekilde ve mesleği icra edenleri kontrol eden kendi kendini düzenleyen bir sistem aracılığı ile sürdürülür.
4) Her meslek üyesi topluma, müşterisine ve diğer meslek üyelerine karşı sorumluluğunu bilir.

Bu dört ortak özellik gözönüne alındığında mühendislik de profesyonel meslekler arasında ele alınacaktır. Mühendislik süreci hem sentez hem de analiz içermektedir. Şekil 1.1'de mühendislik sürecinin aşamaları gösterilmektedir. Şekilde analiz ve sentezi gösteren iki aşama arasındaki çift yönlü oklar mühendislik sürecinin ardışık özelliğini ifade etmektedir. Bu ardışık süreç; kabul edilebilir bir çözüm, sistem ya da yöntem elde edilinceye kadar tekrarlanır. [1]

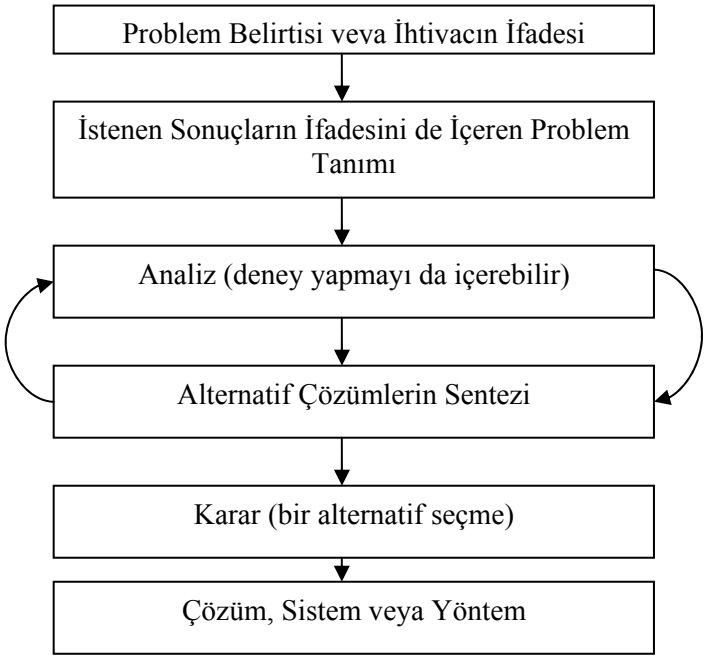
1.2 Mühendislik Eğitimi ve ABET Akreditasyonu

Bir mühendisin eğitimi en az üç tanımlanabilir aşamada gerçekleşir:

1) *Hazırlık* – Matematik ve fen konusunda lise düzeyindeki dersler
2) *Üniversite* – Kurumsal mühendislik lisans programı
3) *Sürekli Eğitim* – Mesleki uygulama ve geliştirme yoluyla sürekli öğrenme

Mühendislik eğitimi, çeşitli evrimsel aşamalardan geçerek ilerlemiştir. II. Dünya Savaşı'ndan önce mühendislik eğitimi mühendislik ilkelerinin yönü ve uygulaması

ile ilgilenmekteydi. Bu süreçte öğrenciler torna, matkap, döküm vb. mühendislik süreçlerinin uygulamalı eğitimi ile çok uzun zaman harcamaktaydılar.



Şekil 1.1: Temel Mühendislik Süreci

1955'de yayınlanan "Grinter Raporu", mühendislik eğitiminde önemli değişmeleri teşvik etti. Buna göre mühendisliğin sanat yönü çoğu mühendislik programından kaldırıldı ve mühendisliğin altında yatan temel bilimlere daha çok vurgu yapılmaya başlandı.

Grinter Raporuna bağlı gelişen eğilime gelen eleştirilerin odak noktası, birçok durumda mühendislik programlarının matematik ve fizik programlarından hemen hemen ayırt edilemez olduğu yönünde oldu. Analize daha çok önem verilmesi mühendislik tasarımına verilen önemin azalmasına yol açmıştı. Bu nedenle son yıllardaki eğilim mühendislik eğitimine daha dengeli bir yaklaşıma doğru gitmektedir.

Mühendislik eğitimindeki bu dalgalanma, mühendislik eğitimini veren kurumların bazı standartları sağlayıp sağlamadıklarının kontrolünün gerekliliğini beraberinde getirmiştir. ABET- Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurumu, mühendislik programlarını inceleyen ve onaylayan, ABD Eğitim Bakanlığı ve Ortaöğrenim sonrası akreditasyon konseyi (COPA)'nin mühendislik programları akreditasyonu konusunda tanıdığı tek yetkili kuruluştur. ABET, mühendislik, mühendislik teknolojileri ve mühendislikle ilgili alanlarda akreditasyonu yürütmekle yetkilidir. ABET belgelendirmesi, kamuoyuna ve işverenlere yönelik, mühendislik

mezunlarının bazı minimum standartları karşıladığına dair bir kalite güvence sistemidir. ABD dışındaki eğitim kurumlarına yönelik, bu eğitim kurumunun isteğine bağlı olarak, akreditasyon kriterlerine uyulduğunu belirtir bir denklik belgesi sistemi de mevcuttur. Ancak bu belgeyi alan eğitim kurumu, yalnızca eğitim programının denkliğini belgelemiş sayılmaktadır. ABET resmi internet sitesinde denklik almış kurumların formatta ve izlenilen yöntemlerde farklılık gösterebileceğini belirtmiştir. [2,3]

ABET'in 2000 yılından başlayarak izlediği yeni yaklaşıma göre her eğitim kurumu, kendisinin nasıl bir mühendis eğitmek istediğini bir özgörev (misyon) tanımı yaparak belirleyecektir. Bunun hazırlanmasında, kurumun eğiteceği mühendislerin eğitiminden çıkarı olan 'paydaşların' da görüşlerinin alınması gerekmektedir. Paydaşlar arasında üniversite öğretim elemanlarını, işverenleri, öğrencileri, mezunları, sanayii kuruluşlarının temsilcilerini saymak mümkündür. Bahsi geçen paydaşlar işletme bilimindeki "iç ve dış müşteri" kavramlarının karşılığı olarak algılanabilir. Özgörev tanımının hazırlanmasından sonra da gerek eğitim programlarının düzenlenmesinde gerekse geliştirilmesinde yine paydaşların görüşlerinden yararlanmak gerekmektedir. Böyle bir yaklaşımın esas hedefi, önerilen mühendislik programının paydaşların beklentilerine de yanıt verebilmesidir.

ABET 2000 yaklaşımı ile ortaya konulan değişimlerin nedenini, mühendislik programlarının çeşitlerinin ve sayılarının artmış olmalarına karşın, verilen eğitimin çok tekdüze bir hal almış olması şeklinde açıklamak mümkündür. Mühendislerin günümüzdeki mesleki etkinlikleri araştırma / geliştirme, ürün geliştirme, üretim, bakım / onarım, pazarlama gibi başlıklarda toplanabilir. Bu çeşitliliğe karşın, örneğin Türkiye'deki mühendislik programlarının tümü dört yıllıktır ve ders içerikleri açısından birbirine çok benzer bir eğitim verilmektedir. İşlerin çeşitliliği karşısında, her eğitim kurumunun kendine bir özgörev tanımlayarak endüstrinin beklentilerine uygun formasyonda birbirinden farklı yönleri olan mühendisler yetiştirecek programları geliştirmesi beklenmelidir. Buna göre, aynı mühendislik dalında, temel konularda öğrencilerin aynı eğitimi almaları, ancak eğitimin ilerleyen yıllarında eğitim kurumunun özgörev tanımına uygun olan bir eğitim görmeleri gerekmektedir.

ABET 2000'e göre, bir mühendislik programını tamamlayan mezunların aşağıdaki 11 özelliğe sahip olması gerekmektedir, ancak bu özelliklerin üzerine ilgili bölümler programın amaç ve hedefleri doğrultusunda eklemeler yapabilmektedir.

1) Matematik, fen ve mühendislik bilgilerini uygulama becerisi
2) Deney tasarımlama, deney yapma ile deney sonuçlarını analiz etme, yorumlama becerisi
3) Bir sistemi, parçayı ya da işlemi tasarımlama becerisi
4) Disiplinlerarası çalışma yürütecek takımlarda çalışma becerisi
5) Mühendislik problemlerini tanımlama, formüle etme ve çözme becerileri
6) Etik ve mesleki sorumluluk bilinci
7) Sözlü ve yazılı olarak etkin iletişim kurma becerisi
8) Sorunların mühendislik çözümlerinin küresel ve toplumsal etkilerini algılama becerisi
9) Yaşam boyu öğrenmenin gerekli olduğu bilincine sahip olmak ve bunu hayata geçirebilmek
10) Güncel sorunlar ve bunların meslekleriyle olan ilgisi konusunda bilgili olmak
11) Mühendisliğin gerektirdiği yöntemleri, becerileri ve modern mühendislik araçlarını kullanma yetisine sahip olmak. [4]

1.3 Endüstri Mühendisliğinin Tarihçesi

Endüstri Mühendisliğinin bir meslek olarak ortaya çıkması, endüstri devriminin ve büyük ve karmaşık sistemlerin yönetimini gerçekleştirebilecek teknik eğitim almış kişilere olan ihtiyacın bir sonucudur. Endüstri Mühendisliğinin doğuşunun hangi genel koşullarda meydana geldiğinin anlaşılması için bazı ilk gelişmeler aşağıda verilmektedir.

Charles Babbage, 1800'lerin başlarında İngiltere ve ABD'deki fabrikaları gezmiş ve birçok fabrika işlemlerini içeren ayrıntıların sistematik kayıtlarını tutmaya başlamış, bu bilgileri bir tablo haline getirerek elde ettiği bulguları Makineler ve İmalatların Ekonomisi Hakkında (On the Economy of Machinery and Manufactures(1832)) adlı kitabında yayınlamıştır.

Eli Whitney birbiriyle değiştirilebilir imalat kavramı ve minimum iş eğitimi verilmiş işçiler tarafından çalıştırılabilecek yeni makinelerin tasarım ve imalatı kavramını kullanarak ilk kütlesel üretim sistemini kurmuştur.

Frederick Taylor, maksimum etkinlik için bir işin kapsamının analizinden ve işi tasarlamaktan edinilecek potansiyel iyileştirmelerin farkına varmasıyla tanındı. Taylor'un endüstri mühendisliğinin başlangıcı kabul edilen orjinal katkısı üretkenliği iyileştiren üç aşamalı yöntemdi: (1)yapılan işin yöntemini analiz etme ve iyileştirme, (2)gerekli süreleri azaltma ve (3)gerekli zaman standartlarını belirleme.

Frank B. Gilberth, Taylor'un çalışmasını geliştirerek bir işin gerçekleştirilmesinde temel hareketlerin tanımlanması, analizi ve ölçülmesinde çalışmalarda bulundu. Bu çalışmalar ilk defa iş yapılmadan önce işin tasarlanmasına ve iş için gerekli sürenin öğrenilmesine olanak vererek endüstri mühendisliğinin sanata dayanan bir meslek olmaktan çıkıp bilime dayanan bir meslek haline gelmesinde temel adımlar olmuşlardır.

Frank Gilberth'in eşi Dr. Lillian Gilberth, mühendislik mesleğine insan refahı ve insan ilişkilerinin önemli olduğu anlayışını getirmesi ile tanındı.

Endüstri Mühendisliğinin diğer ilk öncülerinden biri Henry L. Gannt'tır. Adı ile anılan Gannt Diyagramı, iş faaliyetlerinin, planlama öncesinde ve sırasında gözden geçirilmesi ve çizelgenin güncelleştirilmesi için sistematik görsel bir yöntemdir.

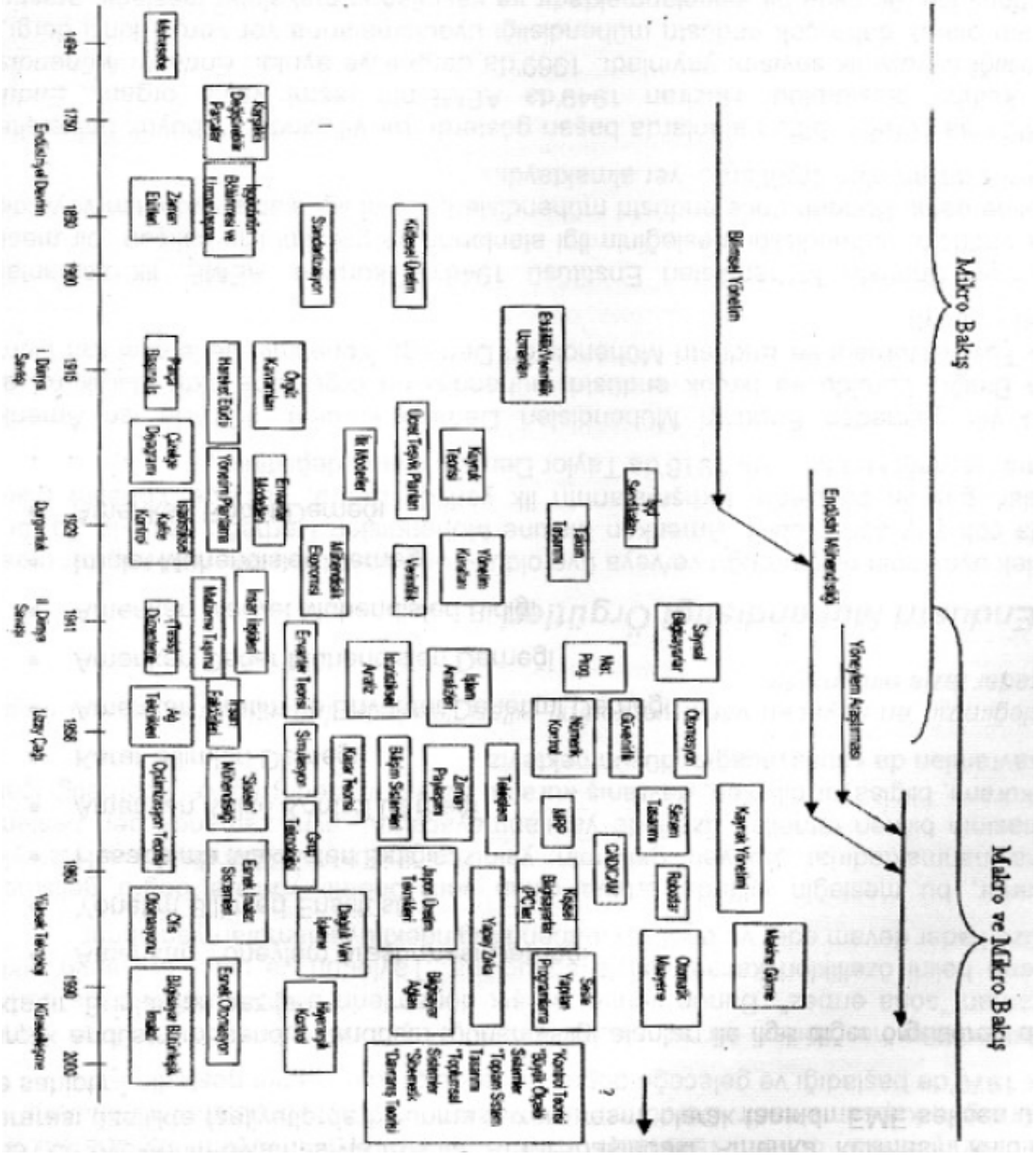
W.A.Shewart 1924'te İstatistiksel Kalite Kontrol'ün temel ilkelerini geliştirdi. Endüstri Mühendisliğinin bilimsel bir temele oturmasını sağlayan bir diğer geliştirme olarak dikkat çekicidir.

1920 ve 1930'larda yönetsel kararların ekonomik yönleri, envanter problemleri, ücret teşvik planları, fabrika düzenleme problemleri, malzeme taşıma problemleri ve örgüt ilkeleri alanlarında temel çalışmalar yapıldı.

Şekil 1.2'de Endüstri Mühendisliğinin evriminde meydana gelen bir dizi olay ve gelişme gösterilmektedir. Zaman eksenine göre her olayın konumu olayın meydana geldiği yaklaşık zamanı göstermektedir.

Şekil incelendiğinde dört önemli dönem yer almaktadır. 1900'den 1930'ların ortalarına kadar olan döneme "bilimsel yönetim", 1920'lerin sonundan başlayıp günümüze kadarki dönemin tamamına "endüstri mühendisliği", 1940'ların ortalarından başlayıp 1970'lerin sonlarına kadar yoğun gelişmelerin yaşandığı döneme "yöneylem araştırması", 1970'lerin başından geleceğe uzanan döneme de "endüstri ve sistem mühendisliği" dönemi olarak adlandırılmıştır. Burada önemli

olan her dönemin bir diğeri ile çakıştığı ve dönemlerin hiçbir zaman net olarak sona ermediğidir. [1]



Şekil 1.2 : Endüstri ve sistem mühendisliğinin tarihinde önemli olay ve gelişmelerin tarihçesi

1.3.1 Endüstri Mühendisliğinin Tanımı

IIE-Endüstri Mühendisliği Enstitüsünün benimsediği resmi tanım şöyledir:

"Endüstri Mühendisliği, insan, makine, bilişim, donanım ve enerjiden oluşan bütünleşik sistemlerin tasarımı, iyileştirilmesi ve kurulması ile ilgilenir. Bu sistemlerden elde edilen sonuçların belirlenmesi, öngörülmesi ve değerlendirilmesi

için mühendislik analiz ve tasarım ilke ve yöntemlerinin yanısıra matematiksel, fiziksel ve sosyal bilimlerdeki uzmanlaşmış bilgi ve yetenekten yararlanır."[5]

1.4 Yöneylem Araştırmasının Tarihsel Gelişimi

Yöneylem Araştırması, II. Dünya Savaşında askeri operasyonlara yönelik yapılan çalışmalarda ortaya çıkan bir problem çözme disiplinidir. Yöneylem Araştırması, günümüzde anlaşıldığı üzere, bir orgnizasyondaki operasyonların koordinasyonu ve icrası ile ilgili karmaşık gerçek problemlere matematiksel modelleme, istatistik ve algoritmalar gibi bilimsel metodlar ile yaklaşan disiplinlerarası bir yaklaşımdır. [6]

Yöneylem Araştırması'nın gelişimine katkı sağlayan ve / veya gelişimine zemin hazırlayan gelişmeler Ek 1'de verilmiştir.

1.4.1 Yöneylem Araştırmasının Tanımı

İngiliz Yöneylem Araştırması Derneği, Yöneylem Araştırması'nın tanımını aşağıdaki gibi yapmaktadır:

"Yöneylem Araştırması, daha iyi kararlar verilmesine yardımcı olmak üzere ileri analitik yöntemlerin uygulanması disiplinidir."

"Çağdaş bilimin ilgilendiği karmaşık problemler, sanayi, ticaret, devlet ve savunma alanlarındaki büyük ölçekli insan, makine, malzeme ve para sistemleri doğrultusunda ve bu sistemlerin yönetilmesinde ortaya çıkmaktadır. Ayırtedici yaklaşım, alternatif kararların, stratejilerin veya kontrollerin sonuçlarını öngörmek ve kıyaslamak için şans ve risk gibi etmenlerin ölçümünü içerecek şekilde sistemin bilimsel bir modelini geliştirmektir. Amaç, yönetimin kendi politikalarını ve faaliyetlerini bilimsel olarak belirlemesine yardım etmektir." [7]

1.5 Yöneylem Araştırması - Endüstri Mühendisliği İlişkisi

Endüstri Mühendisliği ve Yöneylem Araştırması için verilen tanımlara bakıldığında, ikisinin ortak yönlere sahip oldukları açıktır. İlgilenilen problemler itibariyle neredeyse birbiri ile örtüşen bir yapıya sahiptirler. Yöneylem Araştırması yalnızca ilgilendiği bazı kuramsal problemler nedeni ile endüstri mühendisliğinden ayrılmaktadır. Ancak yüksek düzeyde matematik içermesinden dolayı Yöneylem

Araştırması, Endüstri Mühendisliğinin ihtiyacı olan bilimsel temelin büyük bir kısmını sağlamaktadır.

Tarihsel olarak bakacak olursak, savaş sonrasında yöneylem araştırması ile ilgilenen bilim adamları endüstri ve ticaretteki problemlere yönelmeye başlamışlardır. Problem çözme yöntemlerine getirilen bu yeni düşünce ve yeni yaklaşımlar karması, endüstri mühendisliği eğitim ve uygulamaları üzerinde heyecan verici bir etki yaratmıştır.

Birçok üniversitede endüstri mühendisliği bölümleri, yöneylem araştırması alanında lisans ve lisansüstü dersler ve opsiyonlar açmaya başlamışlardır. Öyle ki, bazı bölümler isimlerini Endüstri Mühendisliği ve Yöneylem Araştırması olarak değiştirmişlerdir.

Günümüzde genel kabul gören tanımı doğrultusunda yöneylem araştırması optimal karar verme ve deterministik ve olasılıksal sistemlerin modellenmesi ile ilgilenmektedir. Endüstri mühendisliğinin de insan, makine ve materyallerden oluşan entegre sistemlerin tasarımı, geliştirilmesi ve kurulması ile ilgilendiği düşünülecek olursa; yöneylem araştırması ve endüstri mühendisliği, mühendislik ve yönetim problemlerinin çözümüne, bilimsel metodların kullanıldığı rasyonel bir yaklaşım getirmektedirler ve birbirlerinden ayrı düşünülmeleri mümkün görünmemektedir.[1]

1.6 Endüstri Mühendisliği Eğitimi

Endüstri Mühendisliği adı altında ilk bölüm Pennsylvania State University ve Syracuse University'de 1908'de kurulmuştur. Makine Mühendisliği programının altında açılan ilk endüstri mühendisliği bölümü ise 1911'de Purdue University'de kurulmuş olandır.

II.Dünya Savaşı sonrasında, daha önce makine mühendisliği bölümlerinde alt bölüm olarak kurulmuş olan endüstri mühendisliği bölümleri, ayrı birer bölüm haline gelmişlerdir. [1]

Endüstri Mühendisliği eğitim programında yer alan temel dersler incelendiğinde, bunların endüstri mühendisliğinin evrimi ile yakından ilişkili oldukları görülür.

Örneğin, Taylor'un 1874'teki Midvale Steel'in verimliliğinin arttırılmasına yönelik çalışması "bilimsel yönetim" dersinin temelini oluşturmaktadır. 1907'de

Transactions of the American Society of Mechanical Engineers'da yayınlanan çalışması endüstri mühendisliğinin geleneksel derslerinden olan "iş tasarımı" ve "metod etüdü" nün doğmasına zemin hazırlamıştır.

Frank ve Lillian Gilberth'in "therbligs" olarak adlandırdıkları, temel iş aktivitelerinde kullanılan hareketleri analiz ettikleri çalışmaları "iş etüdü" dersini meydana getirmiştir.

Endüstri Mühendisliği ile birlikte ilişkili diğer alanların da gelişmesi, sonrasında bu ilişkili alanların endüstri mühendisliğinin ana dersleri haline gelmesine zemin hazırlamıştır. Bunun en belirgin örneği, 1940'larda İngiltere'de geliştirilmeye başlanan "yöneylem araştırması"nın 1948'de ilk kez Massachusets Institute of Technology'de bir ders olarak önerilmiş olmasıdır.

Yukarıda örnek olarak verilen dersler, bir çok endüstri mühendisliği bölümü ders programının ana dersleri olmaya devam etmektedir. Bu derslerin yanında fizik, matematik ve sosyal bilim dersleri ile birlikte 4 yıllık bir lisans ders programı oluşturulmuş olmaktadır. Ancak programlar birbirinin aynı değillerdir. Bazı programlar çok daha fazla işletme bilimi ağırlıklı derslere eğilimli iken, bazıları da üretim prosesleri, mühendislk tasarımı ve mühendislik bilimine yönelik derslere ağırlık vermektedirler. [8]

2. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME

Karar verme, mevcut tüm seçenekler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir[9]. Algılanan ihtiyaçlara özgü kasıtlı ve düşünceli seçim yapmak da karar verme için verilmiş tanımlardan biridir.[10] Çok ölçütlü karar verme, birden fazla birbiriyle çatışan amaçlar olduğu durumda karar vermeyi ifade etmektedir. [11]ÇÖKV prosedürleri profesyonel hayattan, yönetime ve politikaya kadar çok geniş bir alana uygulanabilmektedir. Bir başka tanımı ile ÇOKV, sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir [12]

2.1 Temel Kavramlar ve Yöntemlerin Sınıflandırılması

ÇÖKV yöntemlerinin temel kavramları şöyle tanımlanabilmektedir:

1) Seçenekler: Karar vericinin içlerinden seçim yapabileceği durumların genel adıdır. Genellikle sonlu sayıda olmaktadırlar.

2) Ölçütler: Ölçütler hedefler veya kriterler olarak da bilinir. Problemin karakterine bağlı olarak birkaç tane veya çok fazla sayıda olabilmektedir. Ölçütlerin sayısının fazla olduğu pek çok problemde, Ölçütler hiyerarşik bir yapıya sahiptir. Bazı ölçütler temel ölçüt niteliği taşırken diğerleri bunların alt-ölçütleri, hatta bir ağaç yapısında alt-ölçütlerin de alt-ölçütleri şeklinde tanımlanabilmektedir.

3) Ölçütler arasında çekişme: Çok ölçütlü problemlerde genellikle ölçütler arasında çekişme olabilmektedir. Öyle ki bir ölçütün gerektirdiği bir durum diğer ölçüt ile çelişebilmektedir.

4) Karar Ağırlıkları: Hemen hemen her ÇÖKV problemini çözebilmek için her ölçütün göreceli önemini gösteren bir bilgiye gereksinim duyulur. Ölçütlerin göreceli önemi genellikle toplamı bir olacak şekilde normalize edilmiş bir ağırlıklar kümesi şeklinde verilir. N tane ölçüt olması durumunda, ağırlık kümesi aşağıdaki gibidir.

$$W^T = (w_1, w_2, ..., w_N) \text{ ve } \sum_{j=1}^{N} w_j = 1$$

5) Karar Matrisi: Bir ÇÖKV problemi matris formatında kolayca ifade edilebilir. Herhangi bir karar matrisi D, mxn boyutunda bir matristir ve elemanları olan x_{ij} ler, genellikle A_i ile gösterilen, i seçeneğinin, x_j ile gösterilen j ölçütüne göre performans değerlendirmesini göstermektedir.

2.2 Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerine Genel Bakış

Belli başlı çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin temel prensiplerini, ne zaman uygulanabileceklerini, avantajlarını ve dezavantajlarını belirtecek şekilde aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

2.2.1 Baskınlık Yöntemi(Dominance)

"Bir seçeneğin bir veya daha fazla sayıda ölçüt için değerleri başka bir seçenek tarafından geçilmiş ve diğer ölçütler açısından aynı ise o seçenek bastırılmıştır" prensibine dayanmaktadır. Bunu tersi olarak, bir seçenek tüm ölçütler açısından herhangi bir başka seçenek tarafından geçilememiş ise, bu seçenek bastırılamamıştır. Bastırılmamış seçeneklerin bir kümesini tanımlamak için; ilk iki seçenek kıyaslanır, eğer biri diğeri tarafından bastırılmış ise bastırılmış olan atılır. Kalan seçenek üçüncü seçenek ile kıyaslanır, bastırılan seçenek atılır. Benzer şekilde devam edilir, m-1 adından sonra bastırılmamış olan küme elde edilir.

Bu yöntem hedeflenen çözüm bastırılmış seçenekleri belirlemek olduğunda uygulanır. Basit bir yöntemdir, anlaması ve kullanması kolaydır. Ancak bazı bastırılmış ve atılmış seçenekler aslında bütün olarak bakınca bazı bastırılmamış seçeneklerden daha iyi olabilmektedir. Karar aşamasındaki olası hataları telafi etmek için önce Birleştiren Yöntemin kulanılması, sonrasında baskınlık yönteminin uygulanması önerilebilir.[12]

2.2.2 İkiye Bölme Yöntemleri

Bu yöntemler seçenekler arasında seçim yapmak için kullanılmazlar, ancak seçenekleri kabul edilebilir/edilemez olarak iki gruba ayırırlar. Her seçenek minimum şartları sağladığı sürece kabul edilebilir olarak tanımlanmıştır. Kullanılan iki tür İkiye Bölme Yöntemi vardır.

2.2.2.1 Birleştiren (Conjunctive) Yöntem

Bir seçenek ancak her ölçüt için en düşük kabul edilebilir seviyenin üzerindeyse kabul edilebilirdir. Seçenekler sadece bir ölçüt için en düşük kabul edilebilir seviyenin altında kalsalar dahi reddedilirler.

Matematiksel olarak A_i ancak ve ancak

$$x_{ij} \geq x_j^0, \quad \text{j} = 1,2,...,\text{n} \tag{2.2}$$

ise kabul edilebilirdir. Burada x_j^0 ile gösterilen x_j ölçütü için en düşük kabul edilebilir seviyedir.

Bu yöntemin uygulanabilmesi için karar verici her bir seçenek için minimum kabul edilebilir ölçüt seviyelerini belirlemek durumundadır. Böylelikle, her adımda kabul edilebilir ölçüt seviyelerini arttırarak seçenekleri teke indirmek mümkün olmaktadır. [12]

2.2.2.2 Ayıran (Disjunctive) Yöntem

Bir seçenek her ölçüt için arzu edilen seviyeler kullanılarak bu değerlere eşit veya yüksek değerde ise kabul edilebilir. Bir seçenek ölçütlerinin en büyük değerine göre değerlendirilir.

Matematiksel olarak A_i ancak ve ancak

$$x_{ij} \geq x_j^0, \quad \text{j = 1 veya j = 2 veya .....veya j = n} \tag{2.3}$$

kabul edilebilirdir. Burada x_j^0 ile gösterilen x_j ölçütü için arzu edilen seviyedir. [12]

2.2.3 Ardışık Eleme Yöntemleri

Seçenekleri ardışık bir şekilde eleyen iki yöntem mevcuttur. Her iki yöntem de belli bir zamanda bir ölçüt kullanarak seçenekleri sınarlar. Tüm seçenekler sınandığında, karar vericinin elinde hala birden fazla seçenek varsa, bir diğer ölçüt kullanılarak işlem tekrar edilir. [12]

2.2.3.1 Ardışık Sırasal (Lexicographic) Yöntem

Seçenekleri en önemli ölçüte göre kıyaslamak prensibine dayanmaktadır. Tüm seçenekler en önemli ölçüte göre kıyaslanır. Bu ölçüte göre en yüksek değere sahip seçenek seçilir. Eğer en yüksek değere sahip birden fazla seçenek varsa, bu seçenekler ikinci sıradaki önemli ölçütün değerlerine göre kıyaslanır ve bu ikinci kıyaslamada en yüksek değere sahip seçenek seçilir. Yöntem tek seçenek kalana kadar veya tüm ölçütlere göre değerlendirme yapılana kadar devam eder.

Matematiksel olarak A^1 seçeneği, ancak ve ancak

$$A^1 = \left\{ A_i \,\middle|\, \max_i x_{i1} \right\}, \text{ i=1,2,…,n} \tag{2.4}$$

olduğunda seçilecektir. $\{A^1\}$ kümesi yalnızca bir eleana sahipse, bu eleman en tercih edilen seçenek olarak adlandırılır. Eğer birden fazla seçenek varsa,

$$A^2 = \left\{A^1 \middle| \max_i x_{i1} \right\}, i \in \{A^1\} \tag{2.5}$$

durumu incelenir. Bu adımlar, karar vericinin elinde tek seçenek kalana kadar dvam eder. [12]

2.2.3.2 Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi

Ardışık Sırasal Yönteme çok benzer bir yapıya sahiptir. Karar verici her ölçüt için en düşük kabul edilebilir seviyeleri belirler. Olasılıksal olarak en yüksek ayırım gücüne sahip olan ölçüt ile başlanarak eleme işlemi yapılır. Seviye kısıtını sağlamayanlar reddedilir. Tek seçenek kalana kadar veya tüm ölçütlere göre değerlendirme yapılana kadar devam edilir. [12]

2.2.4 Davranışa Yönelik Yöntemler

Karar vericinin davranışlarını önemseyen iki yöntem mevcuttur. Karar vericinin kötümser olduğu durumlarda Maksimin yöntemi, iyimser olduğu durumlarda Maksimaks yöntemi kullanılmaktadır. [12]

2.2.4.1 Maksimin Yöntemi

Bir seçeneğin tüm performansı onun en güçsüz ölçütüne göre belirlenmektedir. Her seçenek için en zayıf ölçütünün değeri belirlenir. Bu en zayıf ölçüt için değeri en iyi olan seçenek seçilir. Matematiksel olarak, öyle bir A^* değeri seçilir ki,

$$A^* = \{A_i \left| \max_i \min_j x_{ij} \right\}, \qquad \text{j = 1,2,...,n;} \quad \text{i=l,2,....,m} \tag{2.6}$$

olur.

Ancak, bir seçenek için tek ölçüt kullanılması ve diğer (n-1) tane ölçütün göz ardı edilmesi eleştirilerine maruz kalmaktadır. [12]

2.2.4.2 Maksimaks Yöntemi

Bir seçeneğin tüm performansı onun en iyi ölçütüne göre belirlenmektedir. Her seçenek için en iyi ölçütünün değeri belirlenir. En iyi ölçüt değerleri arasında en yüksek olana sahip olan seçilir. Matematiksel olarak, öyle bir A^* değeri seçilir ki,

$$A^* = \{A_i \,|\, \max_i \max_j x_{ij}\}, \qquad \text{j = 1,2,...,n;} \quad \text{i =1,2,....,m} \tag{2.7}$$

olur.

Bu yöntem de, Maksimin yöntemindeki gibi bir seçeneğin tek bir ölçüte bağlı değerlendirilmesi yönünden eleştirilmektedir. [12]

2.2.5 Doğrusal Atama Yöntemi

"Birçok yüksek değerde sıralanmış ölçütü olan seçenek, yüksek olarak sıralanmalıdır" prensibine dayanmaktadır. Her ölçüt için seçenekler sıralandınlır. Her ölçüte önem ağırlığı atanır. Bir mxm'lik pozitif matris $\prod$ oluşturulur. Bu matrisin elemanları $\prod_{ik}$'ler, A_i seçeneğinin k. ölçütlere göre sıralamadaki değerini göstermektedir. $\prod_{ik}$ puanı A_i'nin k olarak sıralandırıldığı tüm ölçütlerinin ağırlıklarının toplamıdır. Her seçeneğe bir sıra atamak için, atama sonucu puanlannın toplamı maksimize olacak şekilde doğrusal atama yöntemi kullanılır. [12]

2.2.6 Skor Yöntemleri

Çok ölçütlü karar verme problemlerindeki seçenekler birçok elemana sahip bir vektör şeklinde gösterilebilir. Bir vektörün uygun skalar bir değere çevrilmesi bir ÇOKV çözüm yaklaşımıdır. Bu haliyle skalar değeri veya faydası en yüksek olan alternatif seçilecektir. Bu temel mantığı kullanan iki yöntem mevcuttur. [12]

2.2.6.1 Basit Toplam Ağırhkh Yöntem

Her seçeneğin, ölçüt değerlerinin önem ağırlıklarıyla çarpımlarının tüm ölçütler için toplamı şeklinde puanı hesaplanır. Uygulamadaki kolaylığı yöntemi kullanıcıla arasında popüler kılaktadır.[14] En yüksek puanı olan seçenek seçilir. Matematiksel olarak,

$$A^* = \{A_i \,|\, \max_i \sum_{j=1}^{n} w_j x_{ij} \,/\, \sum_{j=1}^{n} w_j\} \tag{2.8}$$

en tercih edilen seçenektir.

Burada x_{ij} i inci seçeneğin j inci ölçüte göre, sayısal olarak kıyaslanabilir bir skalada değeri, w_j ise j inci ölçütün önem ağırlığıdır.

2.2.6.2 Ağırlıkh Çarpım Yöntemi

Her seçenek için, her ölçütün değerinin, ölçütün ağırlığı kadar kuvveti alınır ve bu değerlerin tüm ölçütler üzerinde çarpımı yapılır. En yüksek puanı olan seçilir. Matematiksel olarak göstermek gerekirse,

$$A^* = \{A_i \,|\, \max_i \prod_{j=1}^{n} (x_{ij})^{w_{ij}}\} \tag{2.9}$$

en tercih edilen seçenektir.

Burada x_{ij} i inci seçeneğin j inci ölçüte göre, sayısal olarak kıyaslanabilir bir skalada değeri, w_j ise j inci ölçütün önem ağırlığıdır.[12]

2.2.7 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan seçeneğin seçilmesi mantığına dayanmaktadır. Bu yöntem her ölçütün monoton artan veya monoton azalan fayda sağladığını varsaymaktadır. Yöntem aşağıdaki adımları takip ederek sonuca ulaşmaktadır:

1) Normalize edilmiş karar matrisi hesaplanır. Vektör normalizasyonu aşağıda verilen r_{ij}'yi hesaplamak için kullanılmaktadır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \qquad i = 1,2,...,m; \qquad j = 1,2,...,n \tag{2.10}$$

2) Ağırlıklı normalize edilmiş değerler hesaplanır. Ağırlıklı normalize edilmiş değer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$v_{ij} = w_j r_{ij} \qquad i = 1,2,...,m; \qquad j = 1,2,...,n \tag{2.11}$$

burada w_{ij}, j inci ölçütün ağırlığıdır ve tüm w_j terin toplamı l dır.

3) Pozitif ideal ve negatif ideal çözümler belirlenir.

$$A^+ = \{(\max_i v_{ij} \,|\, j \in J), (\min_i v_{ij} \,|\, j \in J') | i = 1,2,...,m\}$$

$$= \{v_1^+, v_2^+, ..., v_j^+, ..., v_n^+\}, \qquad (2.12)$$

$$A^- = \{(\min_i v_{ij} \,|\, j \in J), (\max_i v_{ij} \,|\, j \in J') | i = 1,2,...,m\}$$

$$= \{v_1^-, v_2^-, ..., v_j^-, ..., v_n^-\}, \qquad (2.13)$$

Burada $J = (j = 1,2,...,n)$ j fayda ölçütüyle ilişkilidir.

Ve $J' = (j = 1,2,...,n)$ j maliyet ölçütüyle ilişkilidir.

4) Uzaklık değerleri hesaplanır:

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^+)^2}, \qquad i = 1,2,...,m. \qquad (2.14)$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1,2,...,m. \qquad (2.15)$$

5) Pozitif ideal çözüme yakınlıkları hesaplanır. A_i'nin A+ e göre göreceli yakınlığı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$c_i^+ = s_i^- / (s_i^+ + s_i^-), 0 < c_i^+ < 1, i = 1,2,...,m \qquad (2.16)$$

6) Seçenekler benzerliğe göre sıralanır. [12]

2.2.8 ELECTRE (Elimination et Choix Traduisant la Realite)

Eğer iki seçenek A_k ve A_i biri diğerinden matematiksel olarak baskın olmasa bile, karar verici A_k yi A_k den hemen hemen daha iyidir diye kabul etme riskini üstlenir. Üstünlük ilişkilerinin kurulmasıyla tercih edilen seçenekler ve tercih edilemeyenler diye seçenekler ikiye ayrılır. Normalizasyon, normalizasyon değerlerinin bulunması, uyumluluk ve uyumsuzluk kümelerinin bulunması, uyumluluk ve uyumsuzluk

göstergelerinin belirlenmesi ve üstünlük ilişkilerinin belirlenmesi gibi oldukça uzun bir hesaplaması olan bir yöntemdir. [12]

2.2.9 Nitel Veriler için Yöntemler

Nitel veriler, kolayca sıralama verilerine veya ikili karşılaştırma verilerine dönüştürülebilmektedir. Nitel veriler ile çalışan iki yöntem mevcuttur, daha önemli olması açısından Medyan Sıralama Yöntemine değinilmeyerek AHP aşağıda açıklanmıştır:

2.2.9.1 AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

AHP, karar verme sürecindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı veren güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntemdir. [15] İlk olarak 1971 yılında ABD Savunma Bakanlığı'nda olasılık planlama problemleri üzerinde kullanılmıştır. Yöntem gelişimini 1972 yılında, yine ABD'de "Ülke Ekonomisine Katkıda Bulunma Payına Göre Firmalara Elektriğin Dağıtımı Projesi"nde kullanılması ile sürdürmüştür. Yargılarla ilgili olarak kullanılan ölçeğin tarihi de, yine Saaty tarafından yürütülen ve "ne savaş ne barış" politikasının Mısır ekonomisi, politikası ve askeri gücüne etkilerini inceleyen projeye dayanmaktadır. AHP, 1973'te Sudan Ulaşım Projesi'nde kullanılmasıyla yetişkinlik çağına gelmiş ve teorik olarak gelişimini her yönü ile 1974-1978 yılları arasında tamamlamıştır[16].

AHP, karar analizi yöntemlerinden gerçek hayata en çok uyarlanıp başarılı sonuçlar vermiş olandır. AHP'nin başarılı uygulama alnlarından bir kısmı aşağıda verilmektedir[17]:

Mimari	:Saaty ve Beltron(1982)
Finans	:Vargas ve Saaty(1981)
	Jensen(1987)
Portföy Seçimi	:Saaty, Rogers ve Pell(1980)
	Wind ve Douglas(1981)
Enerji Tahsisi	:Saaty ve Bennett(1977)
Harp Oyunları	:Might ve Daniel(1989)
Teknoloji Transferi	:Romanujan ve Saaty(1981)

Karar Verme Süreci

AHP ile problemin çözümü üç temel prensibe dayanır:

1) Hiyerarşilerin Oluşturulması: Karar verme problemi olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konur.
2) Önceliklerin Belirlenmesi: En alt seviyedeki hiyrarşinin kapsamındaki öğelerin, en üst seviyede bulunan öğe üzerindeki göreli etkileri saptanır.
3) Sonuçların hesaplanması: Saptanan göreli etkilere göre sonuçlar hesaplanır.

Hiyerarşik Yapı

Her seviyesi üst sıralara çıktıkça azalma eğilimi gösteren ve bir üst sıradakinin amacına uygun birçok karşılaştırma faktöründen oluşan ve derecelendirme vazifesini gören her ağ yapıya "hiyerarşi" adı verilir.

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken en önemli noktalar[15]:

1) Hiyerarşik yapı, problemi en iyi şekilde temsil etmelidir,
2) Problemi etkileyen tüm yan faktörler göz önüne alınmalıdır,
3) Çözüme ışık tutabilecek tüm yayın ve belgeler dikkate alınmalıdır,
4) Problemin içerisinde rol alacak katılımcılar belirlenmelidir.

Hiyerarşilerin oluşturulmasıyla birlikte, karar verici, her düzeydeki öğelerin göreli üstünlüklerini belirlemek için önceliklendirme işlemine başlar. Her düzeydeki öğeler, bir üst düzeydeki öğeye karşı önem derecelerine göre ikili olarak karşılaştırılır. İkili karşılaştırma, hiyerarşinin en tepesinden başlar ve her düzeydeki karşılaştırmalarla kare matrisler oluşturulur. Bu kare matrislere "ikili karşılaştırma matrisleri" veya "tercih matrisleri" adı verilir.

Hiyerarşi tek bir yapı değildir, kişiden kişiye değişebilir. Farklı karar vericilerin farklı hiyerarşik yapılar kurması normaldir. Bu nedenle bir problem için hiyerarşik yapıda fikir birliği kurulabilmesi için karar vericilerin birlikte hareket etmeleri gerekmektedir[17].

Ölçme ve Yapı Oluşturma

AHP ile karar verme sürecinde karar vericinin karşısına ölçme ile ilgili üç problem çıkmaktadır. Bunlardan ilki, ölçme tekniği ile ilgilidir. Hiçbir ölçüm çeşidinde tutarlılık garanti değildir. Karar teorisinin en önemli temel taşlarından biri tutarlılık olduğundan, bir karar modeli incelenirken ulaşılan kararın ne denli tutarlı olduğu araştırılmalıdır.

Karar vericinin karşılaşacağı ikinci problem ölçümleri büyük ölçüde sabit ve değişmeyecek bir ölçüm sistemine oturtma problemidir. Özellikler değişken olduğu sürece, onların etkilerini ölçmek imkansız olacaktır. Hiyerarşi düzeyleri sırasında değişken değerlerin bir üst düzeydeki özellikleri ne şekilde etkileyebileceğini ölçecek sabit bir ölçüm sistemie ihtiyaç duyulmaktadır.

Üçüncü ve son problem ise problem yapısının oluşturulması ve önceliklerinin belirlenmesi için uygun şartların sağlanmasıdır. Hiyerarşinin oluşturulmasını takip eden seviyelerdeki ikili karşılaştırmaların yapılması için ilgili kişilerle anketler yapmak gerekmektedir. Söz konusu kişiler en azından konuyu bilen kişiler olmalıdır[16].

İkili Karşılaştırmalar Matrisi ve Ağırlıklar Kümesi

Hiyerarşinin bir düzeyindeki öğeler, bir üst düzeydeki öğelere katksıı veya önem derecesine göre, birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılırlar. Hiyerarşinin en alt seviyesindeki öğelerin toplam ağırlığı bir düzeydeki öğelerin bir üst seviyesindeki tüm öğelere göre karşılaştırılmaları sonucu bulunan ağırlıkların toplamı ile elde edilir.Bu duruma “Hiyerarşik Kompozisyon Prensibi” denir.

AHP, problemin hiyerarşik olarak gösterimi sayesinde karar alınması açısından etkili olabilecek tüm faktörler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmamızı sağlar. Söz konusu yargı yoğunlaştırılmasının en etkin yolu ise, öğeleri ikişer ikişer ele alıp onları sadece bir kritere göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterler ile ilgilenmemektir[18].

n adet faaliyetin bir grup tarafından gerçekleştirilmeye çalışıldığını düşünelim. Grubun bu amaçları;

1) Bu faaliyetlerin göreli önemlerine ilişkin yargılar geliştirme
2) Tüm faaliyetler için oluşturulacak yargıların ölçülmesini sağlayacak bir ölçü sistemi ile yargıların ölçülmesinin güvence altına alınması olsun.

Faaliyetler kümesi, $C_1, C_2, ..., C_n$ olsun. C_i, C_j faaliyet çiftinin sayısal yargıları, nxn boyutlu A matrisinde aşağıdaki gibi gösterilir.

$$A = (a_{ij}), i, j = 1,2,..., n \tag{2.17}$$

Eğer $a_{ij} = \alpha$ ise $a_{ji} = 1/\alpha, \alpha \neq 0$ 'dır.

Eğer, C_i faaliyetiyle C_j faaliyeti eşit derecede öneme sahipse o zaman $\forall i = j$ için $a_{ij} = a_{ji} = 1$'dir. Böylece A matrisi aşağıdaki gibi oluşur.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & ... & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & ... & a_{2n} \\ . & . & ... & . \\ . & . & ... & . \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & ... & 1 \end{pmatrix}$$

C_i, C_j çiftlerine ait yargıları, A ikili karşılaştırmalar matrisi üzerinde a_{ij} olarak sayıya dönüştürdükten sonra yapılması gereken iş, $C_1, C_2, ..., C_n$ adet faaliyetin n adet olasılığına ilişki sayısal ağırlıklar seti $w_1, w_2, ..., w_n$'I oluşturmaktır.

Bunu yapmak için problem kesin matematiksel değerlere dönüştürülmelidir. Problemin matematisel olarak formulasyonu ve ağırlıklar kümesinin oluşturulması üç adımda sağlanacaktır[16]:

1) Kusursuz bir ölçümün yapıldığı ideal bir durumda w_i ağırlığı ile a_{ij} yargısı arasındaki ilişki aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$w_i / w_j = a_{ij} \quad i, j = 1,2,...n \tag{2.18}$$

2) Sonuçlardaki olası sapmaların tolerans payını hesaplamak için A matrisinin i. satırını ele alacak olursak; i.satırdaki öğeler:

$$a_{i1}, a_{i2}, ..., a_{in}$$

İdeal bir durum için bu değerler (2.19)'daki oranlar için aynıdır.

$$w_i / w_1, w_i / w_2, ..., w_i / w_n \quad (2.19)$$

Bu durumda, ideal durumda bu satırdaki ilk öğeyi w_1, ikinci öğeyi w_2 vs. çarparsak tüm sonuçların w_i çıkması gerekir. Oysa gerçek hayatta söz konusu değerler tam oalrak w_i'ye eşit değildir. Dolayısıyla $w_i / w_j = a_{ij}$ ideal durumu yerine, $w_i = ort(a_{i1}w_1, a_{i2}w_2, ..., a_{in}w_n)$ kullanılması daha yerinde olacaktır. Bu durum daha açık olarak aşağıda ifade edilmiştir:

$$W_i = (1/n)\sum_{j=1}^{n} a_{ij}w_j \ , \ i = 1,2,...,n \quad (2.20)$$

3) N değerinin faaliyet sayısını belirttiği ve değişmeyeceği düşünülürse; onun yerine en büyük özdeğer $(\lambda_{\max})$ kullanılabilir. Buna göre, ideal tutarlılık durumundan sapma halinde $\lambda_{\max}$ n'ye yakın; ideal durumda ise n'ye eşit olacaktır. İdeal durumudan sapma halinde (2.20) denklemi aşağıdaki gibi ifade edilecektir:

$$W_i = (1/\lambda_{\max})\sum_{j=1}^{n} a_{ij}w_j \ , \ i = 1,2,...,n \quad (2.21)$$

Genel olarak , a_{ij}'deki sapmalar hem $\lambda_{\max}$ hem de W_i değerinde büyük sapmalara neden olacaktır. Yukarıdaki formül daha da genelleştirilirse,

$$AW = \lambda_{\max} W \quad (2.22)$$

ifadesi elde edilir. Bu ifadede $\lambda_{\max}$, A matrisinin en büyük özdeğerini, A ise ikili karşılaştırmalar matrisini göstermektedir.

Yöntemde Kullanılacak Ölçek

Analitik Hiyerarşi Prosesindeki ölçeklendirme işleminde kullanılan ölçek ve bu ölçeğe ait planlama Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: AHP Değerlendirme Ölçeği [15]

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit Önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Birinin diğerine göre orta derecede daha önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettiriyor.
7	Çok kuvvetli önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor, baskılık uygulamada rahatlıkla görülebiliyor.
9	Aşırı düzeyde önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliğe sahip.
2,4,6,8	Ortalama değerleri	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler.

Aslında bu şekilde karşılaştırmalara dayalı bir değerlendirme sırasında mükemmel bir tutarlılığa erişmek hemen hemen imkansızdır. Bir karar modelinin etkinliği irdelenirken modelin kullanımı sonucunda verilen kararın tutarsızlığının ilgili sorun açısından ne denli kötü olduğu araştırılmalıdır. AHP, incelenen sorun için tutarlılık varsayımından sayısal olarak sapma derecesi ile ilgilenir. Sayısal tutarlılık için bu gibi durumlarda kurulan hiyerarşik modelin ikili karşılaştırmalar matrislerine ait tutarsızlık oranlarının % 10'dan büyük olmaması gerekir.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir özellik ise o düzeyle ilgili tüm öğelerin hiyerarşiye dahil edilmesi ve aynı düzeydeki öğelerin birbirinden bağımsız olmaları gerekliliğidir. Eğer öğeler arasında karşılıklı ilişkiler varsa birbirleriyle birleştirilmeli veya bir tanesi devre dışı bırakılmalıdır.

3. BULANIK MANTIK VE BULANIK KÜMELER

3.1 Bulanık Mantık

Karar vericiler tercihlerini yaparken, karar verirken ve gelecekle ilgili tahminlerde bulunurken belirsizlik altında bulunduklarından, kesinlik ifade eden nicel ifadelerin yerine genellikle nitel ifadeler kullanırlar. Böylelikle, karar vericiler bazen karmaşık, belirsiz, geniş sistemleri bir insani özellik olan yaklaşık değerlendirme yapabilme yeteneklerini kullanarak yapmak durumunda kalırlar. Bulanık Mantık, bu tür karmaşık, belirsiz, geniş sistemlerin insan mantığı kullanarak modellenmesi için Lotfi Zadeh tarafından 1965'te önerilmiştir.

3.2 Bulanık Kümeler

Klasik kümeler kesin sınırlarla tanımlanmaktadırlar. Bunun yanında bulanık kümeler belirsiz özelliklerle talimatlandırılmıştır. Bu nedenle sınırları belirsizlik içermektedir. Bir bulanık küme, değişken üyelik derecelerine sahip elemanlara sahip olan kümedir.

Matematiksel açıdan bakıldığında; klasik kümelerde bir eleman bir kümeye aittir veya ait değildir. Bir başka deyişle elemanın uzaya ait olması ile ait olmaması arasındaki geçiş birdenbire ve kesindir. Fakat bulanık kümelerde üyelik sadece ait olma ve ait olmama durumlarından ibaret değildir. Bulanık bir kümenin sınırları belirsiz olduğu için, bir elemanın o kümeye ait olması [0,1] aralığındaki herhangi bir değerle ifade edilir. İşte burada bahsedilen ait olma durumu bulanık kümelerde üyelik fonksiyonu ile tanımlanır ve aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\mu_A(x) \in [0,1] \tag{3.1}$$

Bir bulanık küme elemanlar ve üyelik dereceleri kesikli ve sonlu bir fonksiyonla ifade edildiği durumlarda;

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \ldots \right\} \tag{3.2}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Elemanlar ve üyelik derecelerinin sürekli ve sonsuz bir fonksiyonla ifade edildiği durumlarda ise aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \tag{3.3}$$

Her iki gösterimde, yatay sınır çizgisidir. Her bir terimdeki pay, paydada gösterilen elemanın A bulanık kümesindeki üyelik derecesidir. Birinci gösterimdeki toplama sembolü, cebirsel toplam değil, daha çok tüm elemanların bir araya getirilmesini; aynı şekilde artı (+) sembolü de cebirsel bir toplamı değil, fonksiyon-teorik birleşimi ifade eder. İkinci gösterimdeki integral sembolü cebirsel integral değil, sürekli değişkenlerin fonksiyon-teorik birleşimini ifade eder.

3.2.1 Bulanik Kümeler ile İlgili Tanımlar

1) Bulanık Kümenin Desteği: X evrensel kümesindeki bir A bulanık kümesinin desteği A'da sıfır olmayan üyelik derecelerine sahip X kümesinin bütün elemanlarını içeren keskin kümedir [19].

   $$\text{ençok: P(x) ve ençok A} = \{x \in X, \mu_A(x) > 0\} \tag{3.3}$$

   olarak tanımlanır.

2) Bulanık Kümenin Yüksekliği: Bulanık kümede herhangi bir eleman tarafından elde edilen en yüksek üyelik derecesidir. Bir bulanık kümenin normalleştirilebilmesi için mümkün olan en yüksek üyelik derecesine, kümenin en az bir elemanının sahip olması gerekmektedir [19].

3) Bulanık Kümenin α-Kesimi: Bir Bulanık A kümesinin α-kesimi A_α olan bir klasik kümedir ve bu kümenin elemanları X kümesine ait ve α üyelik derecesinden büyük veya eşit üyelik derecesine sahip olan elemanlardır [19].

   $$A_\alpha = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\}, 0 \leq \alpha \leq 1 \tag{3.4}$$

4) Düzey Kümesi: Tüm üyelik derecelerinin kümesine bir kümenin düzey kümesi denir [19].

   $$A_\alpha = \{\alpha | \mu_A(x) = \alpha, \exists x \in X\} \tag{3.5}$$

5) Skaler Kardinalite: A ulanık kümesinde X evrensel kümesinin elemanlarının üyelik derecelerinin toplamıdır [19].

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) \tag{3.6}$$

6) Alt Küme: Eğer A bulanık kümesinde X evrensel kümesinin bütün elemanlarının üyelik dereceleri, başka bir kümenin elemanlarının üyelik derecelerinden küçük veya eşit ise; A, B kümesinin alt kümesidir [19].

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x) \Rightarrow A \subseteq B, \forall x \in X \tag{3.7}$$

3.2.2 Bulanık Küme İşlemleri

X uzayında tanımlanmış A ve B bulanık kümeleri olsun. Bu uzaya ait bir x elemanı için birleşim, kesişim ve tamlayan işlemleri şağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

1) Bulanık Tümleme Fonksiyonu: $c(\mu_A(x)) : [0,1] \rightarrow [1,0]$

   Herhangi bir fonksiyonun bulanık tümleyen olarak düşünülmesi için en az iki aksiyomu sağlaması gerekir:

   a. $c(0) = 1$ ve $c(1) = 0$; sınır koşulları

   b. $\forall a, b \in [0,1]$ için, eğer a<b iken c(a)>c(b) ise, c monoton artmayandır. Burada $x, y \in X$ için $a = \mu_A(x)$ ve $b = \mu_B(y)$ 'dir.

2) Bulanık Birleşim Fonksiyonu: $u : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$

   Fonksiyon evrensel kümenin elemanlarının A ve B bulanık kümelerinin birleşiminden oluşan bulanık kümeye üyelik derecelerini vermektedir.

$$\mu_{A \cup B}(x) = maks[\mu_A(x), \mu_B(x)] \tag{3.8}$$

3) Bulanık Kesişim Fonksiyonu: $i : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$

   Fonksiyon evrensel kümenin elemanlarının A ve B bulanık kümelerinin kesişiminden oluşan bulanık kümeye üyelik derecelerini vermektedir .[19]

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \tag{3.9}$$

3.2.3 Bulanık Matematik

Ancak ve ancak, A normal ve dışbükey bir bulanık küme ve A'nın desteği , ^{0+}A , sınırlı olmak üzere bir A sayısına bulanık sayı denilebilir. Eğer bulanık A sayısı aşağıdaki koşulları sağlıyorsa quazzi bulanık sayısı olarak isimlendirilir [20]:

$$\lim_{x\to\infty} A(x) = 0 \tag{3.10}$$

$$\lim_{x\to-\infty} A(x) = 0 \tag{3.11}$$

Pratik uygulamalarda genel olarak iki tür bulanık sayı kullanılmaktadır:

1. Üçgen Bulanık Sayılar:

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ (c-x)/(c-b), & b \le x < c \\ 0, \quad x > c \quad veya \quad x < a \end{cases} \tag{3.12}$$

   Burada a ve c, bulanık küme desteğinin alt ve üst sınır değerlerini, b ise tam üyelikli tek sayıyı gösterir.

2. Yamuk Bulanık Sayılar:

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c,d) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & a \le x < b \\ 1, & b \le x < c \\ (d-x)/(d-c), & c \le x < d \\ 0, \quad x > d \; veya \quad x < a \end{cases} \tag{3.13}$$

   Dikkat edilirse b=c olduğu zaman yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayı haline dönüşür. Bu sayıların gösterimleri Şekil'de gösterilmiştir[21].

Bulanık sayıların aritmetik işlemlerinde kullanılmak üzere, bunların belirli bir λ seviyesinden kesimleri önem kazanmaktadır. $\lambda = 1$ olduğunda sayı gerçek sayıya, $\lambda = 0$ olduğunda ise tam bulanık sayıya dönüşür. $0 < \lambda < 1$ olması durumunda aynı bulanık sayının λ seviyesinde kesik bulanık alt kümesi düşünülecektir. A bulanık alt kümesinin λ seviyesinde kesilmesi ile ortaya çıkan kesik bulanık küme

$$A_\lambda = \left\{ x \in A \middle| \mu_A(x) \ge \lambda \right\} \tag{3.14}$$

şeklinde ifade edilir.

3.2.3.1 Bulanık Sayılar ile Toplama ve Çıkarma

Şekil'de görüldüğü gibi A ve B bulanık alt kümelerinin λ seviyesinde kesimleri $A_\lambda = \left[a_\lambda^{-}, a_\lambda^{+}\right]$ ve $B_\lambda = \left[b_\lambda^{-}, b_\lambda^{+}\right]$ olsun. Bu iki bulanık alt kümenin A+B toplamı λ kesim seviyesi cinsinden

$$(A+B)_\lambda = \left[a_\lambda^{-} + b_\lambda^{-}, a_\lambda^{+} + b_\lambda^{+}\right] \tag{3.15}$$

şeklinde hesaplanır. Bu işlemin grafik gösterimi Şekil'de verilmiştir.

Bu iki bulanık kümenin birbirinden çıkarılması aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır[21].

$$(A-B)_\lambda = \left[\min(a_\lambda^{-} - b_\lambda^{-}, a_\lambda^{+} - b_\lambda^{+}), maks(a_\lambda^{-} - b_\lambda^{-}, a_\lambda^{+} - b_\lambda^{+})\right]$$

(3.16)

3.2.3.2 Bulanık Sayılar ile Çarpma ve Bölme

Bir aralık sayısı sadece alt ve üst sınır değerleri ile belirlenir. Bu alt ve üst sınırlar arasında kalan bütün sayıların üyelik derecelerinin 1'e eşit olduğu kabul edilirse, dikdörtgen bir sayı elde edilir.

Aralık sayılardan iki tanesi $A = [a,b]$ ve $B = [c,d]$ olsun. Bu iki sayının çarpımı,

$$A \cdot B = \left[\min(ac, ad, bc, bd), maks(ac, ad, bc, bd)\right] \tag{3.17}$$

şeklinde verilmektedir. Buna benzer olarak iki sayının bölünmesi,

$$A / B = \left[\min(a/c, a/d, b/c, b/d), maks(a/c, a/d, b/c, b/d)\right] \tag{3.18}$$

şeklinde yapılır. Bu işlemlerde $c \neq 0$ ve $d \neq 0$ olmalıdır.

3.3 Netleştirme

Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne "netleştirme (defuzification)" denilmektedir. Genel olarak uygulama alanlarına göre hangisinin kullanılacağına, kullanıcının karar verdiği yedi farklı netleştirme işlemi aşağıda ana hatları ile açıklanmaktadır [21].

3.3.1 En Büyük Üyelik İlkesi

Diğer adı yükseklik yöntemidir. Kullanımı için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Cebirsel olarak

$$\mu_C(z^*) \geq \mu_C(z), \text{ tüm } z \in Z \tag{3.19}$$

şeklinde ifade edilir [22].

3.3.2 Sentroid Yöntemi

Diğer adı ağırlık merkezi yöntemi olan bu yöntem netleştirme işlemlerinde en sık kullanılan yöntemdir ve cebirsel olarak

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z).zdz}{\int \mu_C(z)dz} \tag{3.20}$$

şeklinde ifade edilir[22].

3.3.3 Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu yöntem yalnızca simetrik üyelik fonksiyonları var ise kullanılabilmektedir. Cebirsel olarak

$$z^* = \frac{\sum \mu_C(z).z}{\sum \mu_C(z)} \tag{3.21}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

3.3.4 Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

Birinci netleştirme ilkesine çok benzeyen bir yapısı vardır ve cebirsel olarak

$$z^* = \frac{a+b}{2} \tag{3.22}$$

şeklinde ifade edilir[22].

3.3.5 Toplamların Merkezi Yöntemi

Netleştirme yöntemleri arasındaki en hızlı yöntemdir. İki bulanık kümenin birleşimi yerine onların cebirsel toplamı kullanılır. Örtüşen kısımların iki defa toplama girmesi ile eleştirilen bu yöntem cebirsel olarak

$$z^* = \frac{\int z.\sum \mu_C(z)dz}{\int \sum \mu_C(z)dz} \tag{3.23}$$

şeklinde ifade edilir.

3.3.6 En Büyük Alanın Merkezi Yöntemi

Eğer çıkan bulanık küme en azından iki tane dışbükey alt bulanık kümeyi içeriyorsa, dışbükey bulanık kümelerin en büyük alana sahip olanının ağırlık merkezi netleştirme işleminde kullanılır. Bu yöntem cebirsel olarak

$$z^* = \frac{\int \mu_{C_m}(z)zdz}{\int \mu_{C_m}(z)dz} \tag{3.24}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

3.3.7 En Büyük İlk (Son) Üyelik Derecesi Yöntemi

Bu yöntemde, tüm çıktıların birleşimi olarak ortaya çıkan bulanık kümede en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük (veya en büyük) bulanık küme değerini seçme esasına dayanır ve cebirsel olarak önce birleşimdeki en büyük yükseklik belirlenir:

$$yükseklik(C_k) = \underset{z \in Z}{ençok}\ \mu_{C_k}(z), \tag{3.24}$$

Sonra ilk en büyük üyelik derecesi bulunur:

$$z^* = \underset{z \in Z}{enaz}\left\{z \in Z \middle| \mu_{C_k}(z) = yükseklik(C_k)\right\} \tag{3.25}$$

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME YÖNTEMİ OLARAK BULANIK ANALİTİK HİYEARŞİ YÖNTEMİ

4.1 Bulanık AHP

Bulanık kümeler teorisinin kullanımına en uygun alanlardan biri karar analizidir. Genellikle çok ölçütlü karar problemleri içerdikleri karmaşık, değerleri sözel olabilen ancak çok iyi tanımlanamayan ölçütler nedeniyle bulanık kümeler teorisi kullanılarak modellenmeye çok uygundurlar.

Literatürde pek çok araştırmacı tarafından bulanık kümeler kuramı ve hiyerarşik yapı kullanılarak çok ölçütlü karar verme süreçlerinde en iyi seçenek belirlenmeye ve bu seçenekler sıralanmaya çalışılmıştır. Karar vericiler ikili kıyaslamalarını prosesin bulanık bir doğaya sahip olmasından dolayı sabit değerlerle ifade etmek yerine bir aralık olarak ifade etmeyi tercih etmektedirler. Bunlardan en sıklıkla kullanılanı şühesiz Bulanık AHP Yöntemidir.

Bulanık AHP konusundaki ilk çalışma 1983'te van Laarhoven ve Pedrycz tarafından yapılmıştır. Van Laarhoven ve Pedrycz bu çalışmalarında üçgensel bulanık sayılarla ifade edilen bulanık oranları kıyaslamışlardır. Buckley 1985'teki çalışmasında yamuk bulanık sayıları kullanarak karşılaştırma oranlarının bulanık önceliklerini belirlemiştir. Stam, Minghe ve Haines (1996) son geliştirilen yapay zeka tekniklerinin AHP'deki kullanımlarını açıklamışlardır.

Chang 1996'da bulanık AHP'nin ikili karşılaştırma skalasında üçgensel bulanık sayıları kullanarak ve ikili karşılaştırmaların sentetik mertebe değerleri için mertebe analizi metodunu kullanarak bulanık AHP için yeni bir yaklaşım getirmiştir. 1996'daki çalışmasında Cheng, donanmada kullanılan taktik füze sistemlerinin değerlendirilmesi için üyelik fonksiyonunun sınıf değerine dayanan bir yaklaşım geliştirmiştir. Weck, Klocke, Shell ve Rüenauver (1997), farklı üretim döngüsü alternatiflerini klasik AHP metoduna bulanık mantığın matematiksel temelini ekleyerek değerlendiren bir metod geliştirmişlerdir. Kahraman, Ulukan ve Tolga (1998) çalışmalarında ağırlıklarını AHP'den alan ve bulanık ağırlıklı değerlendirme yapan bir bulanık objektif ve subjektif metod kullanmışlardır. Deng (1999) kalitatif çok ölçütlü analiz problemlerini basit ve direkt bir tarzla ele alan bir bulanık yaklaşım sunmuştur. Lee, Pham ve Zhang (1999) AHP'nin temelindeki temel

fikirleri tekrar ele almışlar, bu temel fikirlere dayanarak karşılaştırma aralığı kavramını ortaya atmışlar, global tutarlılığı yakalamak ve karşılaştırma prosesinin bulanık doğasını yerleştirmek için stokastik optimizasyona dayalı bir metod geliştirmişlerdir. Cheng, Yang ve Hwang (1999) silah sistemlerinin analitik hiyerarşi prosesi ile değerlendirilmesi için dilsel değişken ağırlıklarına dayanan bir metod önermişlerdir. Zhu, Jing ve Chang (1999) bulanık AHP'nin bazı mertebe analizi yönemlerini ve uygulamalarını tartışmışlardır. Leung ve Cao (2000) bulanık AHP'deki alternatifler için bir tolerans sapması varsayımı ile bulanık tutarlılık tanımı önermişlerdir. Aslında, kesin tolerans sapmasına izin veren bulanık göreli önem oranları, lokal önceliklerin üyelik değerlerinde kısıtlar olarak tanımlanmışlardır. Bulanık lokal ve global ağırlıklar genişletme prensibi ile belirlenir. Alternatifler, global ağırlıklara maksimum-minimum küme sıralama metodu uygulanması ile sıralanırlar. Chan, Chan ve Tang (2000) bulanık ortamdaki somut ve somut olmayan faydaları ölçmek için bir teknoloji seçme algoritması sunmuşlardır. Chan, Jiang ve Tang (2000) esnek üretim sistemlerinin tasarımı için simulasyon ve çok ölçütlü karar verme tekniklerini kullanan bir bütünleşik yaklaşım getirmişlerdir. Kuo ve Chen (2002) yeni bir mağaza yerleşimi için bir karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Yu (2002) grup karar verme bulanık AHP problemlerinin çözümü için doğrusallaştırma tekniği ile bulanık sıralama ifadesini birleştiren bir çalışma ortaya koymuştur. Wang ve Lin (2003) yazılım seçimine yönelik bir bulanık çok ölçütlü grup karar verme yaklaşımı konusunu çalışmışlardır. Kahraman, Ruan ve Doğan (2003) tesis yeri seçimi problemine biri de bulanık AHP olmak üzere dört farklı bulanık çok ölçütlü grup karar verme yaklaşımı sunmuşlardır. Kulak ve Kahraman (2005) bulanık AHP yöntemi ile bulanık çok ölçütlü aksiyomatik tasarım yaklaşımını karşılaştırmışlardır. [23]

Tablo 4.1 teorik yapıları önemli farklılıklar barındıran, literatürdeki bulanık AHP yöntemlerinin karşılaştırmalarını vermektedir. Karşılaştırma her metod için avantaj ve dezavantajları içermektedir.

Tablo 4.1 Literatürdeki Bulanık AHP Yöntemlerinin Karşılaştırmaları

Kaynaklar	Yöntemin Temel Özellikleri	Avantajlar ve Dezavantajlar
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	• Saaty'nin AHP metodunun üçgensel bulanık sayılar kullanılarak doğrudan genişletilmesi • Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans skorları elde etmek için Lootsma'nın en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır	• (A) Karar vericilerin tercihleri ikili karşılaştırma matrisinde modellenebilmektedir. • (D) Doğrusal denklemlerin herzaman çözümü yoktur. • (D) Küçük bir problem için bile hesaplama gereksinimleri çok büyüktür. • (D) Yalnızca üçgensel bulanık sayıların kullanımına izin verir.
Buckley (1985)	• Saaty'nin AHP metodunun yamuk bulanık sayılar ile genişletilmesi • Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans skorları elde etmek için Geometrik Ortalama yöntemini kullanır.	• (A) Bulanık durumlara genişletilmesi kolaydır. • (A) İkili karşılaştırma matrisine tek bir çözüm garanti eder. • (D) Hesaplama gereksinimi çok büyüktür.
Boender ve diğerleri (1989)	• Van Laarhoven ve Pedrycz'nin yöntemini modifiye etmektedir. • Lokal önceliklerin normalize edilmesine daha sağlam bir yaklaşım sunmaktadır.	• (A) Karar vericinin fikirleri modellenebilmektedir. • (D) Hesaplama gereksinimi çok büyüktür.
Chang (1996)	• Sentetik derece değerleri • Tabakalar halinde basit sıralama	• (A) Hesaplama gereksinimi görece düşüktür. • (D) Klasik AHP adımlarını takip eder, yeni işlemler içermemktedir. • (D) Yalnızca üçgensel bulanık sayıların kullanımına izin verir.
Cheng (1996)	• Bulanık standartlar inşa eder. • Performans skorlarını üyelik fonksiyonları ile ortaya koyar. • Toplam ağırlıkların hesaplanmasında entropi kavramlarını kullanır.	• (A) Hesaplama gereksinimi çok büyük değildir. • (D) Olasılık dağılımı bilinirken entropi kullanılır. Yöntem hem olasılık hem de olabilirlik ölçümlerine dayanmaktadır.

4.1.1 Von Laarhoven ve Pedrycz Yaklaşımı

Von Laarhoven ve Pedrycz klasik AHP yönteminde sözel ifadelerin bulanık sayılarla doğrudan temsil edilmesini sağlayan bir algoritma önermiştir. Klasik AHP'de bulanıklık, doğrudan temsil edilmek yerine eşlenik matris kullanılarak dolaylı yol ile modellenir. Von Laarhoven ve Pedrycz'in önerdiği yöntemde AHP'de kullanılan eşlenik matrisin elemanları üçgen bulanık sayılarla gösterilir. Hesaplama adımları AHP'dekilerle aynıdır. Bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını elde etmek için Lootsma logaritmik en küçük kare yöntemi kullanılmıştır. Bulanık faydaları hesaplamada üçgen bulanık sayılar için geliştirilen aritmetik işlemler uygulanır. Ayrıca eşlenik matriste birden çok karar vericinin fikirleri modellenebilir.

Lootsma Logaritmik En Küçük Kare Yöntemi

Bu yöntem birden çok karar vericinin fikirlerini ele almak için uygun olduğundan ağırlık değerlendirme yöntemi olarak seçilmiştir.

A pozitif eşlenik matrisi aşağıdaki gibi gösterilmiş olsun:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & .. & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & .. & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & .. & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada a_{ij} reel sayılardır. $\underline{w} = (w_1, w_2, ..., w_n)$ vektörü [aşağıdaki toplam] en küçüklenerek elde edilir:

$$\sum_{i<j} (\ln a_{ij} - \ln(w_i / w_j))^2 \tag{4.1}$$

Birden çok karar verici olduğunda $\underline{w}$ ağırlık vektörü [aşağıdaki toplam] en küçüklenerek türetilir:

$$\sum_{i<j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (\ln a_{ijk} - \ln(w_i / w_j))^2 \tag{4.2}$$

Burada a_{ijk}, k=1,2,..., P_{ij}, w_i / w_j için P_{ij} adet tahminidir. P_{ij}, a_{ij} için fikir belirten karar verici sayısıdır. P_{ij} sıfır olabilir (hiç karşılaştırma oranı belirtilmediği durumda), 1 olabilir ve birden çok olabilir.

Eğer $y_{ijk} = \ln(a_{ijk})$, $z_i = \ln(w_i)$ ve $z_j = \ln(w_j)$ konursa, en küçüklenecek fonksiyon aşağıdaki hale gelir:

$$\sum_{i<j} \sum_{k=1}^{P_{ij}} (y_{ijk} - z_i + z_j)^2 \tag{4.3}$$

Denklem aşağdaki denklemlerin z_i için çözülmesiyle en küçüklenir:

$$z_i \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} P_{ij} z_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 1}}^{n} \sum_{k=1}^{P_{ij}} y_{ijk}, \forall i \tag{4.4}$$

e^{z_i}'ler alınarak ve çıkan sonuçlar normalize edilerek $\underline{w} = (w_1, w_2, ..., w_n)$ ağırlık vektörleri için tahminler oluşturulur.

Algoritma

Adım 1

Karar vericilere danışılarak n+1 bulanık eşlenik matris elde edilir. Elde edilen matrisler aşağıdaki gibi olmalıdır.

$$D = \begin{bmatrix} & a_{121} & & a_{1n1} \\ (1,1,1) & a_{122} & \dots & a_{1n2} \\ & \dots & & \dots \\ & a_{12P_{12}} & & a_{1nP_{1n}} \\ a_{211} & & & \\ a_{212} & (1,1,1) & \dots & \dots \\ \dots & & & \\ a_{21P_{21}} & & & \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

Burada $a_{ijP_{ij}}$ değerleri çok sayıda karar verici tarafından belirtilen bulanık oranlardır.

Adım 2

$z_i = (l_i, m_i, u_i)$ olursa aşağıdaki doğrusal denklemler çözülür:

$$l_i \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} u_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} \sum_{k=1}^{P_{ij}} \left[\ln l_{ijk}\right], \forall i \tag{4.5}$$

$$m_i \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} m_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} \sum_{k=1}^{P_{ij}} \left[\ln m_{ijk}\right], \forall i \tag{4.6}$$

$$u_i \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} - \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} P_{ij} l_j = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq 1}}^{n} \sum_{k=1}^{P_{ij}} \left[\ln u_{ijk}\right], \forall i \tag{4.7}$$

$\ln(l_{ijk})$ ve $\ln(u_{ijk})$; $\ln(a_{ijk}) = -\ln(a_{jik})$ değerlerinin alt ve üst değerleri olduğundan aşağıdaki eşitlikler sağlanmalıdır:

$$\ln(l_{ijk}) + \ln(l_{jik}) = \ln(u_{ijk}) + \ln(u_{jik}) = 0, \forall i, j, k \tag{4.8}$$

Bu yüzdendir ki yukarıdaki ilk iki denklem lineer bağımlıdır. Aynı konu [] denklemi için de geçerlidir. Genel olarak bu denklemler için çözüm, t_1 ve t_2 keyfi olarak seçilirse, şöyledir:

$$z_i = (l_i + t_1, m_i + t_2, u_i + t_1) \tag{4.9}$$

Adım 3

Yukarıdaki lineer sistemde tüm sağ taraf değerleri logaritmik fonksiyonlardır. Bu yüzden bulanık ağırlıkları almak için e üzeri l_i, m_i ve u_i'ler hesaplanmalıdır.

$$w_i = (\lambda_1 \exp(l_i), \lambda_2 \exp(m_i), \lambda_3 \exp(u_i)) \tag{4.10}$$

Denklemdeki λ'ların değerleri şöyledir:

$$\lambda_1 = \left(\sum_{i=1}^{n} \exp(u_i)\right)^{-1},\ \lambda_2 = \left(\sum_{i=1}^{n} \exp(m_i)\right)^{-1}, \lambda_3 = \left(\sum_{i=1}^{n} \exp(l_i)\right)^{-1} \tag{4.11}$$

Denklem [w] r_{ij} performans puanlarını elde etmek için de kullanılabilir.

Adım 4

Tüm eşlenik matrisler bulununcaya kadar adım 1'den adım 3'e kadarki süreç tekrarlanır. Bulanık ağırlıklar ve performans puanları hesaplanınca bulanık fayda belirlenebilir. A_i alternatifi için U_i bulanık faydası aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$U_i = \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij} \tag{4.12}$$

4.1.2 Buckley Yaklaşımı

Buckley klasik AHP yöntemini bulanık karşılaştırma oranlarını kullanarak genişletmiştir. Laarhoven ve Pedrycz'in yönteminin ise iki önemli sorunu olduğunu belirlemiştir. Bu sorunlardan ilki [Laarhoven'in üç denklemi] numaralı denklemlerden her zaman tek bir çözüm elde edilememesidir. İkincisi ise yöntemin ağırlıklar için üçgen bulanık sayı elde etmek için diretmesidir. Üçgen bulanık sayıların cebirsel işlemleri sonucunda üçgen bulanık sayı elde etme gerekliliği olmadığı için Laarhoven ve Pedrycz bulanık sayı şeklini korumaya yönelik yöntemler uygulamıştır.

Buckley bu sorunları ortadan kaldırmak için bulanık ağırlıkları ve performans puanlarını türetirken geometrik ortalama yöntemini kullanır. Bu yöntemi seçmesinin nedeni yöntemin bulanık modele uygun olması ve eşlenik karşılaştırma matrisine tek çözüm bulmayı garanti etmesidir. Buckley karar verici tarafından belirlenen bulanık oranları temsil etmek için üçgen bulanık sayı yerine yamuk bulanık sayı kullanmıştır. Fakat bulanık faydaları gösterimi yamuk sayılarla kısıtlanmamıştır.

Geometrik Ortalama Yöntemi

Pozitif karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi verilirse;

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & .. & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & .. & a_{2n} \\ . & . & . & . \\ . & . & . & . \\ a_{n1} & a_{n2} & .. & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Her satırın geometrik ortalaması şu şekilde hesaplanır:

$$z_i = \left[\prod_{j=1}^{n} a_{ij} \right]^{1/n} \tag{4.13}$$

w_i ağırlığı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$w_i = z_i / (z_i + ... + z_n), \forall i. \tag{4.14}$$

Algoritma

Algoritma bir veya daha çok karar verici için uygulanabilir. Burada algoritmanın adımları tek bir karar verici olduğu varsayılarak düzenlenmiştir.

Adım 1

Karar vericiye danışarak A karşılaştırma matrisi elde edilir. A'nın elemanları $\overline{a_{ij}} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}), \forall i, j$ yamuk bulanık sayılardır.

Adım 2

w_i bulanık ağırlıklarını hesaplamak için önce her satır için geometrik ortalamalar bulunur:

$$z_i = (\overline{a}_{i1} \otimes ... \otimes \overline{a}_{in})^{1/n}, \forall i \tag{4.15}$$

$\otimes$ işareti bulanık çarpmayı temsil etmektedir. w_i bulanık ağırlık şu şekilde verilir:

$$w_i = z_i \otimes (z_1 \oplus ... \oplus z_n)^{-1} \tag{4.16}$$

$\oplus$ işareti bulanık çarpmayı temsil etmektedir.

w_i bulanık ağırlığının türetilmesiyle ilgili detaylar verilecek olursa; $\overline{a}_{ij}$ 'nin sağ ve sol ayakları sırasıyla tanımlanmıştır:

$$f_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^{n} ((b_{ij} - a_{ij})\alpha + a_{ij}) \right]^{1/n}, \alpha \in [0,1], \tag{4.17}$$

$$g_i(\alpha) = \left[\prod_{j=1}^{n} ((c_{ij} - d_{ij})\alpha + b_{ij}) \right]^{1/n}, \alpha \in [0,1]. \tag{4.18}$$

Ayrıca

$$a_i = \left[\prod_{j=1}^{n} a_{ij} \right]^{1/n}, \tag{4.19}$$

ve

$$a = \sum_{i=1}^{m} a_i \tag{4.20}$$

olur. Benzer şekilde b,c ve d tanımlanırsa; w_i bulanık ağırlığı aşağıdaki gibi belirlenir:

$$w_i = (\frac{a_i}{a}, \frac{b_i}{b}, \frac{c_i}{c}, \frac{d_i}{d}), \forall i, \tag{4.21}$$

burada $\mu_{w_i}(x)$ üyelik fonksiyonunun tanımı x yatay eksende bir reel sayı olmak üzere aşağıdaki gibi gözterilebilir:

Tablo 4.2 : $\mu_{w_i}(x)$ üyelik fonksiyonunun tanımı

X	$\mu_{w_i}(x)$
$\leq (a_i / d)$	0
$\geq (d_i / a)$	0
$[b_i / c, c_i / b]$	1
$[a_i / d, b_i / c]$	$\alpha \in [0,1]$
$[c_i / b, d_i / a]$	$\alpha \in [0,1]$

$x \in [a_i / d, b_i / c]$ olduğunda x şu şekilde hesaplanır:

$$x = f_i(\alpha) / g_i(\alpha); \tag{4.22}$$

$x \in [c_i / b, d_i / a]$ olduğunda ise x aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$x = g_i(\alpha) / f_i(\alpha) . \tag{4.23}$$

Burada

$$f(\alpha) = \sum_{i=1}^{m} f_i(\alpha) \tag{4.24}$$

ve

$$g(\alpha) = \sum_{i=1}^{m} g_i(\alpha) \tag{4.25}$$

olarak tanımlanmaktadır.

2.adım benzer usulle $r_{ij}, \forall i, j$, bulanık performans puanları elde edilinceye kadar tekrarlanır.

Adım 3

Bulanık ağırlıklar ve bulanık performans puanları BÇÖKV problemindeki gibi toplanır. $U_i, \forall i$ bulanık faydalar aşağıdaki denkleme göre hesaplanır:

$$U_i = \sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij}, \forall i . \tag{4.26}$$

4.1.3 Chang Yaklaşımı

$X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$ bir ölçüt kümesi ve $U = \{u_1, u_2, ..., u_n\}$ bir amaç kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için mertebe analizi uygulanır. Böylece her bir ölçüt için m tane mertebe analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekide gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m, \qquad i = 1,2,...,n \tag{4.27}$$

Burada tüm $M_{g_i}^j \ (j = 1,2,...,m)$ ler üçgensel bulanık sayılardır.

Chang'in mertebe analizinin adımları şu şekilde özetlenebilir [24]

Algoritma

Adım 1

Ölçüt ı ye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} \tag{4.28}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j}$ değerini elde etmek için m mertebe analiz değerine aşağıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j, \sum_{j=1}^{m} m_j, \sum_{j=1}^{m} u_j \right) \tag{4.29}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} = \left(\sum_{i=1}^{n} l_i, \sum_{i=1}^{n} m_i, \sum_{i=1}^{n} u_i \right) \tag{4.30}$$

Daha sonra yukarıdaki vektörün tersi şu şekilde hesaplanır.

$$\left[\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^{j} \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i} \right) \tag{4.31}$$

Adım 2

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanmaktadır.

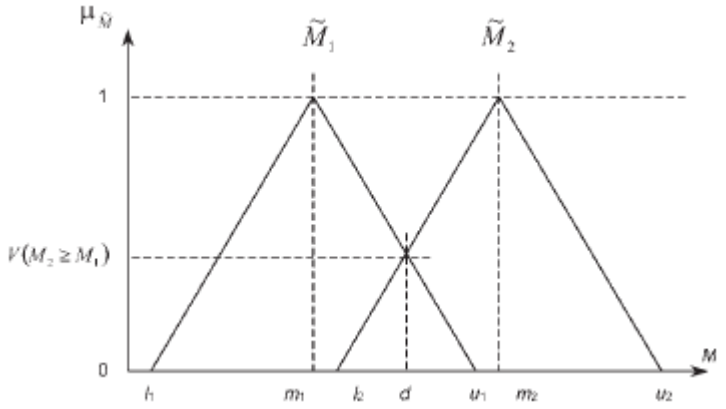
$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} \left\lfloor \min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y) \right\rfloor \tag{4.32}$$

Şu şekilde ifade etmek te mümkündür:

$$V(M_2 \geq M_1) = yükseklik(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \begin{cases} 1, & eger \quad m_2 \geq m_1 \\ 0, & eger \quad l_1 \geq u_2 \\ \dfrac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & diger \end{cases}$$

(4.33)

$V(M_2 \geq M_1)$; d, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D'nin ordinatı olmak üzere, şekildeki gibi gösterilebilir.



Şekil 4.1 : $V(M_2 \geq M_1)$ 'nin grafiksel gösterimi

M_1 ve M_2'yi kıyaslayabilmek için $V(M_2 \geq M_1)$ ve $V(M_1 \geq M_2)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 3

Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan $M_i (i = 1,2,...,k)$ büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır.

$$V(M \geq M_1, M_2, ..., M_k) = V\left[(M \geq M_1) ve (M \geq M_2) ve ... ve (M \geq M_k)\right]$$

$$= \min V(M \geq M_i), \qquad i = 1,2,...,k$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k), \tag{4.34}$$

olduğunu varsayalım, $k = 1,2,...,n; k \neq 1$ için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T \quad (4.35)$$

Burada $A_i (i = 1,2,...,n)$ n sayısı kadardır.

Adım 4

Normalize edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibidir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T \quad (4.36)$$

Chang tarafından öne sürülen mertebe analizi yönteminde kullanılan bulanık önem dereceleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 4.3 : Mertebe Analizi Yönteminde Kullanılan Bulanık Önem Dereceleri

Sözel Önem	**Bulanık Ölçek**	**Karşılık Ölçek**
Kesin Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
Eşit derecede önemli	(1/2,1,3/2)	(2/3,1,2)
Biraz daha fazla önemli	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
Kuvvetli derecede önemli	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(2,5/2,3)	(1/3,2/5,1/2)
Tamamıyla önemli	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)

5. ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE YÖNEYLEM ARAŞTIRMASI BAZ ALINARAK MATEMATİK DERS İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİNE BULANIK AHP YÖNTEMİ İLE ÇÖZÜM ÖNERİSİ

5.1 Müfredat Geliştirme

Bölüm 1'de belirtildiği üzere müfredatların geleneksel oluşumunun ardından çeşitli nedenlerle geliştirilmeleri ve / veya revize edilmeleri gerekmektedir. Sosyal, ekonomik, politik, fiziksel ve organizasyonel içerikler ulusal baskı unsurları olarak ortaya çıkarlar ve müfredat oluşumunu ve müfredat geliştirilmesini etkilemektedirler[25].

Literatürde müfredat geliştirilmesine yönelik birçok çalışmalar mevcuttur. Bunlar hem farklı bölümlere yönelik olmalarından dolayı hem de içerikleri yönünden birbirinden farklılıklar göstermektedir.

5.1.1 Müfredat Geliştirmeye Etki Eden Felsefi Yaklaşımlar

Schubert, biz hissetsek de hissetmesek de felsefi yaklaşımların herzaman müfredatların şekillenmesini etkilediğini yazmıştır.[26] Genel kabul görmüş şekli ile felsefe müfredata karar verme işleminin başlangıç noktasını oluşturur. Müfredat geliştirme süreci amaçlara karar verme ile başlar ki, amaçlar felsefi inançlara göre değerlendirilen durumlardır. Günümüzde eğitim bilimciler tarafından kullanılan iki ana felsefeden söz etmek mümkündür:

1) Sosyal yeniden yapılandırmacı: 19.yüzyılın ütopik sosyal düşünceleri temelinde gelişmiştir. Ekonomik baskılar bu felsefenin doğmasını sağlamıştır.[27] Mcneil(1996)'e göre sosyal yeniden yapılandırma felsefesi müfredat ile toplumun sosyal, ekonomik ve politik gelişimi arasındaki ilişki ile ilgilenmektedir.[28] Bu felsefeyi benimseyenlere göre öğretim kurumları toplumsal gelişime katkı getirmelidirler[oliva,1997]. Toplumun sürekli değişmektedir, dolayısıyla müfredatlar da buna paralel olarak değişmesi gerekmektedir. [27] Sosyal yeniden yapılandırmacı müfredat (1)toplumun kültürel kalıtımını eleştirel olarak incelemeli, (2)ihtilaflı konuları

2) İlericilik: 19. yüzyıl sonu ve 20. yüzyıl başında gereklicilik ve sürekliciliik dokrinlerine bir başkaldırı olarak ortaya çıkmıştır[28]. Felsefenin kökleri John Dewey'in Demokrasi ve Eğitim adlı kitabına dayanır. Dewey kitabında demokrasi ve eğitimin el ele yrümesi gerektiğinden bahsetmektedir. Felsefe nasıl düşünülmesi gerektiği ile ilgilenmektedir, ne düşünülmesi gerektiği ile değil. Böylelikle öğrencinin ihtiyaçları ve ilgi alanı öğrenim aktivitesinin baskın unsuru haline gelmektedir. İlerici felsefede bilimsel sorgulama ve problem çözme metodları öğrenimin en belirgin araçlarıdır. Öğrenci merkezli ve aktivite merkezli müfredatlar ilerici felsefeye göre yapılandırılan müfredat şekilleridir. İlericilikteki öğrenci merkezli yapılanmanın ana amaçları yaratıcılık ve özgürlük düşüncesinin gelişmesinin sağlanmasıdır. İlerici felsefeye dayalı müfredat gerçek hayattan örneklerle doludur. [27]

Gereklicilik ve süreklilik diye anılabilecek iki felsefe daha var olsa da sosyal yeniden yapılandırmacı ve ilerici felsefe baskın olarak günümüz müfredat geliştirme çalışmalarına ışık tutmaktadırlar.

5.2 Problemin Tanımı

5.1'de belirtildiği gibi müfredat geliştirilmesinde belli bir standart mevcut değildir. Problem genel hali ile müfredat geliştirme problemi olduğu halde, bulanık ahp çözüm yaklaşımını değerlendirebilmek amacı ile, problem "Endüstri Mühendisliği Lisans Eğitimi Müfredatının Geliştirilmesi" alt problemine indirgendi.

ABET-2000'de müfredatın oluşturulması ile ilgili yer alan "bir Endüstri Mühendisliği Bölümünün eğiteceği mühendislerin eğitiminden çıkarı olan paydaşların da görüşlerinin alınması gerekliliği" geliştirilen yaklaşımın çıkış noktası olmuştur. Bahsi geçen paydaşlardan biri olan üniversite öğretim üyelerinin müfredat

beklentilerinin ne olduğunun kantitatif ölçülebilmesi amacı ile yukarıdaki alt problem de "Endüstri Mühendisliği Eğitiminde Yöneylem Araştırması Baz Alınarak Matematik Ders İçeriklerinin Belirlenmesi" alt problemine indirgendi.

Bu yaklaşım müfredat geliştirmeyi etkileyen felsefeler olarak ele alınan sosyal yeniden yapılandırmacı ve ilerici felsefeye de uygun görülmektedir. Öyle ki, müfredatların toplumsal gelişimi desteklemesini hedef gösteren ve matematik kullanılan bilimlerde daha sıklıkla toplumsal problemlerin ele alınması gerekliliği açıkça vurgulanan sosyal yeniden yapılandırmacı felsefe de bilimsel sorgulama ve problem çözme metodlarını öğrenimin en belirgin araçları olarak gören ilerici felsefe de matematik-yöneylem araştırması ilişkisinin incelenmesi yoluyla dikkate alınmış olmaktadır.

Uygulamada problemin analizi için Bulanık AHP yaklaşımlarından biri olan "Chang Yaklaşımı" kullanılacaktır. Chang Yaklaşımının seçiminde son yıllarda literatürde ağırlıklı olarak kullnılıyor olmasının önemi büyüktür.

Bulanık AHP için hazırlanan anketler İstanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü öğretim elemanları tarafından doldurulacaktır.

5.2.1 Modelde Kullanılan Ölçütler ve Hiyerarşinin Tanımlanması

Problemde ele alınacak ana ölçütler Yöneylem Araştırması konularıdır. Taha, Liebermann, Winston gibi kaynaklar incelendiğinde Yöneylem Araştırmasının 9 ana konuda toplandığını görmek mümkündür. Karşılaştırma ve seçim işlemleri için belirlenen ana ölçütler olacak bu 9 ana konu şunlardır:

1) Doğrusal Programlama (LP)
2) Doğrusal Olmayan Programlama (NLP)
3) Tamsayılı Programlama (IP)
4) Stok/Envanter Modelleme (IM)
5) Tahmin Modelleri (F)
6) Oyun Teorisi (GT)
7) Karar Teorisi (DT)
8) Dinamik Programlama (DP)

9) Stokasitik Programlama (SP)

Seçenekler ise ana ölçütlerin belirlenmesinde kullanılan Yöneylem Araştırması kaynakları taranarak her bir ana ölçüt için temel teşkil eden matematik konuları olarak belirlenmiştir. Farklı kombinasyonlar ile ana ölçütlerin değerlendirilmesine katılan bu matematik konuları içerikleri ile birlikte aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1) Sayılar Teorisi (NT):
2) Küme Teorisi (ST):
3) Fonksiyonlar (F):
4) Seriler (S): Diziler, Seriler
5) Limit (L):
6) Türev (D):
7) İntegral (I):
8) Diferansiyel Denklemler (DE):
9) Kombinatorik (COM): Kombinasyon, Permütasyon, Binom
10) Olasılık Teorisi (PT):
11) İstatistik (STA):
12) Lineer Cebir (LA): Matris, Determinant, Lineer Denklem Sistemleri
13) Analitik Geometri (AG):

5.2.2 İkili Karşılaştırma Matrisleri ve Ağırlıkları

Bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı bir model olarak, Bölüm 4.1.3 te ayrıntılı olarak anlatılan Chang'in mertebe analizi yöntemi kullanılmıştır.

Yöntem sistematik olarak, Ek B'de yer alan Bulanık AHP için hazırlanan ankete verilecek olan yanıtların Tablo 4.3'ten yararlanılarak alınan aritmetik ortalamalarının ikili karşılaştırma matrisini oluşturması esasına dayanmaktadır.

Tablo C.1'de ana ölçütlere göre hazırlanmış ikili karşılaştırmalar matrisi görülmektedir. Tablo C.1'den,

$$S_{LP} = (6.62,8.64,11.58) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.06,0.09,0.17)$$
$$S_{NLP} = (4.16,4.94,6.27) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.03,0.05,0.09)$$
$$S_{IP} = (4.59,5.70,7.23) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.04,0.06,0.10)$$
$$S_{IM} = (10.05,13.13,16.90) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.08,0.14,0.24)$$
$$S_{F} = (8.55,11.41,15.01) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.07,0.12,0.21)$$
$$S_{GT} = (8.68,11.65,15.37) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.07,0.13,0.22)$$
$$S_{DT} = (9.89,13.15,16.48) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.08,0.14,0.24)$$
$$S_{DP} = (7.31,9.50,13.00) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.06,0.10,0.19)$$
$$S_{SP} = (10.19,13.53,17.42) \otimes (0.0084,0.0109,0.0143) = (0.09,0.15,0.25)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörleri kullanarak Tablo 5.1'deki değerler elde edilir. Tablo C.1'den elde edilen ağırlık vektörü $W_S = (0.10,0.01,0.03,0.16,0.14,0.14,0.16,0.11,0.16)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.1 Yöneylem Araştırması İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Sip >= Snip) = 1,00	V (Sip >= Sip) = 1,00	V (Sip >= Sim) = 0,62	V (Sip >= Sf) = 0,76
V (Snip >= Sip) = 0,88	V (Snip >= Sim) = 0,06	V (Snip >= Sf) = 0,20	V (Snip >= Sgt) = 0,19
V (Sip >= Sim) = 0,19	V (Sip >= Sf) = 0,34	V (Sip >= Sgt) = 0,32	V (Sip >= Sdt) = 0,20
V (Sim >= Sf) = 1,00	V (Sim >= Sgt) = 1,00	V (Sim >= Sdt) = 1,00	V (Sim >= Sdp) = 1,00
V (Sf >= Sgt) = 0,88	V (Sf >= Sdt) = 0,87	V (Sf >= Sdp) = 1,00	V (Sf >= Ssp) = 0,86
V (Sgt >= Sdt) = 0,89	V (Sgt >= Sdp) = 1,00	V (Sgt >= Ssp) = 0,87	V (Sgt >= Sip) = 1,00
V (Sdt >= Sdp) = 1,00	V (Sdt >= Ssp) = 0,97	V (Sdt >= Sip) = 1,00	V (Sdt >= Snip) = 1,00
V (Sdp >= Ssp) = 0,88	V (Sdp >= Sip) = 1,00	V (Sdp >= Snip) = 1,00	V (Sdp >= Sip) = 1,00
V (Ssp >= Sip) = 1,00	V (Ssp >= Snip) = 1,00	V (Ssp >= Sip) = 1,00	V (Ssp >= Sim) = 1,00
V (Sip >= Sgt) = 0,74	V (Sip >= Sdt) = 0,63	V (Sip >= Sdp) = 0,52	V (Sip >= Ssp) = 0,60
V (Snip >= Sdt) = 0,07	V (Snip >= Sdp) = 0,36	V (Snip >= Ssp) = 0,04	V (Snip >= Sip) = 0,46
V (Sip >= Sdp) = 0,60	V (Sip >= Ssp) = 0,17	V (Sip >= Sip) = 0,60	V (Sip >= Snip) = 1,00
V (Sim >= Ssp) = 0,97	V (Sim >= Sip) = 1,00	V (Sim >= Snip) = 1,00	V (Sim >= Sip) = 1,00
V (Sf >= Sip) = 1,00	V (Sf >= Snip) = 1,00	V (Sf >= Sip) = 1,00	V (Sf >= Sim) = 0,87
V (Sgt >= Snip) = 1,00	V (Sgt >= Sip) = 1,00	V (Sgt >= Sim) = 0,89	V (Sgt >= Sf) = 1,00
V (Sdt >= Sip) = 1,00	V (Sdt >= Sim) = 1,00	V (Sdt >= Sf) = 1,00	V (Sdt >= Sgt) = 1,00
V (Sdp >= Sim) = 0,72	V (Sdp >= Sf) = 0,85	V (Sdp >= Sgt) = 0,83	V (Sdp >= Sdt) = 0,72
V (Ssp >= Sf) = 1,00	V (Ssp >= Sgt) = 1,00	V (Ssp >= Sdt) = 1,00	V (Ssp >= Sdp) = 1,00

İkinci aşamada, Doğrusal Programlamaya göre alt nitelikler olan matematik konuları değerlendirilmiştir. Tablo C.2'den,

$$S_{NT} = (3.75,4.51,5.97) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.05,0.08,0.14)$$
$$S_{ST} = (4.20,5.50,7.32) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.06,0.10,0.18)$$
$$S_{F} = (6.96,9.69,12.87) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.10,0.18,0.31)$$
$$S_{D} = (6.41,8.60,11.46) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.09,0.16,0.28)$$
$$S_{ST} = (4.23,5.84,8.54) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.06,0.11,0.21)$$
$$S_{AG} = (5.69,7.85,11.00) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.08,0.14,0.26)$$
$$S_{LA} = (10.20,13.20,16.10) \otimes (0.0136,0.0181,0.0241) = (0.14,0.24,0.39)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.2'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.2'den elde edilen ağırlık vektörü $W_{LP} = (0.01,0.06,0.21,0.18,0.09,0.16,0.29)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.2 Doğrusal Prgramlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)=	0,83	V (Snt>= Sf)=	0,34	V (Snt>= Sd)=	0,43
V (Sst>= Sf)=	0,52	V (Sst>= Sd)=	0,61	V (Sst>= Sst)=	0,95
V (Sf>= Sd)=	1,00	V (Sf>= Sst)=	1,00	V (Sf>= Sag)=	1,00
V (Sd>= Sst)=	1,00	V (Sd>= Sag)=	1,00	V (Sd>= Sla)=	0,62
V (Sst>= Sag)=	0,78	V (Sst>= Sla)=	0,33	V (Sst>= Snt)=	1,00
V (Sag>= Sla)=	0,56	V (Sag>= Snt)=	1,00	V (Sag>= Sst)=	1,00
V (Sla>= Snt)=	1,00	V (Sla>= Sst)=	1,00	V (Sla>= Sf)=	1,00
V (Snt>= Sst)=	0,78	V (Snt>= Sag)=	0,52	V (Snt>= Sla)=	0,02
V (Sst>= Sag)=	0,70	V (Sst>= Sla)=	0,20	V (Sst>= Snt)=	1,00
V (Sf>= Sla)=	0,73	V (Sf>= Snt)=	1,00	V (Sf>= Sst)=	1,00
V (Sd>= Snt)=	1,00	V (Sd>= Sst)=	1,00	V (Sd>= Sf)=	0,90
V (Sst>= Sst)=	1,00	V (Sst>= Sf)=	0,61	V (Sst>= Sd)=	0,70
V (Sag>= Sf)=	0,84	V (Sag>= Sd)=	0,93	V (Sag>= Sst)=	1,00
V (Sla>= Sd)=	1,00	V (Sla>= Sst)=	1,00	V (Sla>= Sag)=	1,00

Doğrusal Olmayan Programlamaya göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.3'te değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (5.89,7.29,10.02) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.03,0.06,0.10)$$
$$S_{ST} = (7.04,9.52,13.01) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.04,0.07,0.13)$$
$$S_{F} = (11.45,15.91,20.55) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.07,0.12,0.21)$$
$$S_{L} = (8.90,11.73,15.25) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.05,0.09,0.16)$$
$$S_{D} = (9.23,12.77,17.10) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.05,0.10,0.17)$$
$$S_{I} = (8.98,11.98,15.52) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.05,0.09,0.16)$$
$$S_{S} = (6.66,8.78,12.38) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.04,0.07,0.13)$$
$$S_{AG} = (6.54,8.09,11.38) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.04,0.06,0.12)$$
$$S_{DE} = (9.21,11.80,15.38) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.05,0.09,0.16)$$
$$S_{STA} = (10.41,14.37,19.19) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.06,0.11,0.20)$$
$$S_{LA} = (13.97,18.63,23.73) \otimes (0.0058,0.0076,0.0102) = (0.08,0.14,0.24)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.3'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.3'ten elde edilen ağırlık vektörü

$W_{NLP} = (0.03,0.07,0.13,0.09,0.11,0.09,0.06,0.05,0.09,0.12,0.16)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.3 Doğrusal Olmayan Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (	Snt>= Sst	)= 0,78	V (	Snt>= Sf	)= 0,35	V (	Snt>= Sl	)= 0,60	V (	Snt>= Sd	)= 0,54	V (	Snt>= Sı	)= 0,58
V (	Sst>= Sf	)= 0,58	V (	Sst>= Sl	)= 0,83	V (	Sst>= Sd	)= 0,76	V (	Sst>= Sı	)= 0,81	V (	Sst>= Sse	)= 1,00
V (	Sf>= Sl	)= 1,00	V (	Sf>= Sd	)= 1,00	V (	Sf>= Sı	)= 1,00	V (	Sf>= Sse	)= 1,00	V (	Sf>= Sag	)= 1,00
V (	Sl>= Sd	)= 0,93	V (	Sl>= Sı	)= 0,98	V (	Sl>= Sse	)= 1,00	V (	Sl>= Sag	)= 1,00	V (	Sl>= Sde	)= 0,99
V (	Sd>= Sı	)= 1,00	V (	Sd>= Sse	)= 1,00	V (	Sd>= Sag	)= 1,00	V (	Sd>= Sde	)= 1,00	V (	Sd>= Ssta	)= 0,90
V (	Sı>= Sse	)= 1,00	V (	Sı>= Sag	)= 1,00	V (	Sı>= Sde	)= 1,00	V (	Sı>= Ssta	)= 0,84	V (	Sı>= Sla	)= 0,60
V (	Sse>= Sag	)= 1,00	V (	Sse>= Sde	)= 0,76	V (	Sse>= Ssta	)= 0,61	V (	Sse>= Sla	)= 0,38	V (	Sse>= Snt	)= 1,00
V (	Sag>= Sde	)= 0,69	V (	Sag>= Ssta	)= 0,54	V (	Sag>= Sla	)= 0,30	V (	Sag>= Snt	)= 1,00	V (	Sag>= Sst	)= 0,87
V (	Sde>= Ssta	)= 0,83	V (	Sde>= Sla	)= 0,59	V (	Sde>= Snt	)= 1,00	V (	Sde>= Sst	)= 1,00	V (	Sde>= Sf	)= 0,74
V (	Ssta>= Sla	)= 0,78	V (	Ssta>= Snt	)= 1,00	V (	Ssta>= Sst	)= 1,00	V (	Ssta>= Sf	)= 0,92	V (	Ssta>= Sl	)= 1,00
V (	Sla>= Snt	)= 1,00	V (	Sla>= Sst	)= 1,00	V (	Sla>= Sf	)= 1,00	V (	Sla>= Sl	)= 1,00	V (	Sla>= Sd	)= 1,00
V (	Snt>= Sse	)= 0,85	V (	Snt>= Sag	)= 0,91	V (	Snt>= Sde	)= 0,59	V (	Snt>= Ssta	)= 0,44	V (	Snt>= Sla	)= 0,20
V (	Sst>= Sag	)= 1,00	V (	Sst>= Sde	)= 0,82	V (	Sst>= Ssta	)= 0,66	V (	Sst>= Sla	)= 0,43	V (	Sst>= Snt	)= 1,00
V (	Sf>= Sde	)= 1,00	V (	Sf>= Ssta	)= 1,00	V (	Sf>= Sla	)= 0,86	V (	Sf>= Snt	)= 1,00	V (	Sf>= Sst	)= 1,00
V (	Sl>= Ssta	)= 0,82	V (	Sl>= Sla	)= 0,59	V (	Sl>= Snt	)= 1,00	V (	Sl>= Sst	)= 1,00	V (	Sl>= Sf	)= 0,74
V (	Sd>= Sla	)= 0,68	V (	Sd>= Snt	)= 1,00	V (	Sd>= Sst	)= 1,00	V (	Sd>= Sf	)= 0,82	V (	Sd>= Sl	)= 1,00
V (	Sı>= Snt	)= 1,00	V (	Sı>= Sst	)= 1,00	V (	Sı>= Sf	)= 0,75	V (	Sı>= Sl	)= 1,00	V (	Sı>= Sd	)= 0,94
V (	Sse>= Sst	)= 0,94	V (	Sse>= Sf	)= 0,52	V (	Sse>= Sl	)= 0,77	V (	Sse>= Sd	)= 0,70	V (	Sse>= Sı	)= 0,75
V (	Sag>= Sf	)= 0,45	V (	Sag>= Sl	)= 0,70	V (	Sag>= Sd	)= 0,64	V (	Sag>= Sı	)= 0,68	V (	Sag>= Sse	)= 0,94
V (	Sde>= Sl	)= 1,00	V (	Sde>= Sd	)= 0,93	V (	Sde>= Sı	)= 0,99	V (	Sde>= Sse	)= 1,00	V (	Sde>= Sag	)= 1,00
V (	Ssta>= Sd	)= 1,00	V (	Ssta>= Sı	)= 1,00	V (	Ssta>= Sse	)= 1,00	V (	Ssta>= Sag	)= 1,00	V (	Ssta>= Sde	)= 1,00
V (	Sla>= Sı	)= 1,00	V (	Sla>= Sse	)= 1,00	V (	Sla>= Sag	)= 1,00	V (	Sla>= Sde	)= 1,00	V (	Sla>= Ssta	)= 1,00

Tamsayılı Programlamaya göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.4'te değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (4.88,6.00,7.98) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.05,0.08,0.14)$$
$$S_{ST} = (5.00,6.17,8.09) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.05,0.08,0.14)$$
$$S_{F} = (8.47,11.49,14.38) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.09,0.16,0.26)$$
$$S_{L} = (4.41,6.51,9.48) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.05,0.09,0.17)$$
$$S_{D} = (7.36,10.14,13.39) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.08,0.14,0.24)$$
$$S_{I} = (4.90,5.87,8.23) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.05,0.08,0.15)$$
$$S_{S} = (7.19,9.79,13.17) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.08,0.13,0.23)$$
$$S_{AG} = (13.90,17.40,20.90) \otimes (0.0105,0.0136,0.0178) = (0.15,0.24,0.37)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.4'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.4'ten elde edilen ağırlık vektörü

$W_{IP} = (0.00,0.00,0.22,0.05,0.18,0.00,0.17,0.37)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.4 Tamsayılı Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (	Snt>= Sst	)= 0,97	V (	Snt>= Sf	)= 0,42	V (	Snt>= Ss	)= 0,93	V (	Snt>= Sag	)= 0,54	V (	Snt>= Scom	)= 1,00
V (	Sst>= Sf	)= 0,43	V (	Sst>= Ss	)= 0,96	V (	Sst>= Sag	)= 0,55	V (	Sst>= Scom	)= 1,00	V (	Sst>= Ssta	)= 0,58
V (	Sf>= Ss	)= 1,00	V (	Sf>= Sag	)= 1,00	V (	Sf>= Scom	)= 1,00	V (	Sf>= Ssta	)= 1,00	V (	Sf>= Sla	)= 0,58
V (	Ss>= Sag	)= 0,65	V (	Ss>= Scom	)= 1,00	V (	Ss>= Ssta	)= 0,68	V (	Ss>= Sla	)= 0,14	V (	Ss>= Snt	)= 1,00
V (	Sag>= Scom	)= 1,00	V (	Sag>= Ssta	)= 1,00	V (	Sag>= Sla	)= 0,48	V (	Sag>= Snt	)= 1,00	V (	Sag>= Sst	)= 1,00
V (	Scom>= Ssta	)= 0,57	V (	Scom>= Sla	)= 0,01	V (	Scom>= Snt	)= 0,96	V (	Scom>= Sst	)= 0,96	V (	Scom>= Sf	)= 0,43
V (	Ssta>= Sla	)= 0,46	V (	Ssta>= Snt	)= 1,00	V (	Ssta>= Sst	)= 1,00	V (	Ssta>= Sf	)= 0,86	V (	Ssta>= Ss	)= 1,00
V (	Sla>= Snt	)= 1,00	V (	Sla>= Sst	)= 1,00	V (	Sla>= Sf	)= 1,00	V (	Sla>= Ss	)= 1,00	V (	Sla>= Sag	)= 1,00
V (	Snt>= Ssta	)= 0,56	V (	Snt>= Sla	)= 0,00	V (	Sag>= Sf	)= 0,89	V (	Sag>= Ss	)= 1,00	V (	Ss>= Sst	)= 1,00
V (	Sst>= Sla	)= 0,00	V (	Sst>= Snt	)= 1,00	V (	Scom>= Ss	)= 0,92	V (	Scom>= Sag	)= 0,55	V (	Ss>= Sf	)= 0,54
V (	Sf>= Snt	)= 1,00	V (	Sf>= Sst	)= 1,00	V (	Ssta>= Sag	)= 0,97	V (	Ssta>= Scom	)= 1,00	V (	Sla>= Scom	)= 1,00
V (| Sla>= Ssta |)= 1,00												

Stok/Envanter Modellemeye göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.5'te değerlendirilmiştir. Tablodan,

$S_{NT} = (5.27,6.42,9.17) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.04,0.07,0.13)$

$S_{ST} = (5.27,6.42,9.17) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.04,0.07,0.13)$

$S_{F} = (6.28,8.15,10.43) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.05,0.09,0.15)$

$S_{D} = (8.32,11.38,14.83) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.07,0.12,0.21)$

$S_{I} = (8.07,10.87,14.15) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.07,0.12,0.20)$

$S_{S} = (5.52,7.30,9.91) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.05,0.08,0.14)$

$S_{COM} = (5.73,7.65,10.29) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.05,0.08,0.14)$

$S_{PT} = (14.93,18.90,22.99) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.12,0.20,0.32)$

$S_{STA} = (12.23,16.10,20.50) \otimes (0.0082,0.0107,0.0140) = (0.10,0.17,0.29)$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.5'teki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.5'ten elde edilen ağırlık vektörü

$W_{IM} = (0.01,0.01,0.05,0.15,0.14,0.03,0.04,0.30,0.25)^{T}$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.5 Stok/Envanter Modelleri İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)= 1,00	V (Snt>= Sf)= 0,80	V (Snt>= Sd)= 0,53	V (Snt>= Sı)= 0,56
V (Sst>= Sf)= 0,80	V (Sst>= Sd)= 0,53	V (Sst>= Sı)= 0,56	V (Sst>= Ss)= 0,90
V (Sf>= Sd)= 0,69	V (Sf>= Sı)= 0,73	V (Sf>= Ss)= 1,00	V (Sf>= Scom)= 1,00
V (Sd>= Sı)= 1,00	V (Sd>= Ss)= 1,00	V (Sd>= Scom)= 1,00	V (Sd>= Spt)= 0,51
V (Sı>= Ss)= 1,00	V (Sı>= Scom)= 1,00	V (Sı>= Spt)= 0,46	V (Sı>= Ssta)= 0,63
V (Ss>= Scom)= 0,96	V (Ss>= Spt)= 0,11	V (Ss>= Ssta)= 0,29	V (Ss>= Snt)= 1,00
V (Scom>= Spt)= 0,15	V (Scom>= Ssta)= 0,32	V (Scom>= Snt)= 1,00	V (Scom>= Sst)= 1,00
V (Spt>= Ssta)= 1,00	V (Spt>= Snt)= 1,00	V (Spt>= Sst)= 1,00	V (Spt>= Sf)= 1,00
V (Ssta>= Snt)= 1,00	V (Ssta>= Sst)= 1,00	V (Ssta>= Sf)= 1,00	V (Ssta>= Sd)= 1,00
V (Snt>= Ss)= 0,90	V (Snt>= Scom)= 0,86	V (Snt>= Spt)= 0,04	V (Snt>= Ssta)= 0,21
V (Sst>= Scom)= 0,86	V (Sst>= Spt)= 0,04	V (Sst>= Ssta)= 0,21	V (Sst>= Snt)= 1,00
V (Sf>= Spt)= 0,17	V (Sf>= Ssta)= 0,35	V (Sf>= Snt)= 1,00	V (Sf>= Sst)= 1,00
V (Sd>= Ssta)= 0,68	V (Sd>= Snt)= 1,00	V (Sd>= Sst)= 1,00	V (Sd>= Sf)= 1,00
V (Sı>= Snt)= 1,00	V (Sı>= Sst)= 1,00	V (Sı>= Sf)= 1,00	V (Sı>= Sd)= 0,96
V (Ss>= Sst)= 1,00	V (Ss>= Sf)= 0,90	V (Ss>= Sd)= 0,62	V (Ss>= Sı)= 0,65
V (Scom>= Sf)= 0,94	V (Scom>= Sd)= 0,65	V (Scom>= Sı)= 0,89	V (Scom>= Ss)= 1,00
V (Spt>= Sd)= 1,00	V (Spt>= Sı)= 1,00	V (Spt>= Ss)= 1,00	V (Spt>= Scom)= 1,00
V (Ssta>= Sı)= 1,00	V (Ssta>= Ss)= 1,00	V (Ssta>= Scom)= 1,00	V (Ssta>= Spt)= 0,84

Tahmin Metodlarına göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.6'da değerlendirilmiştir. Tablodan,

$S_{NT} = (4.52,5.21,6.17) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.09,0.14,0.21)$

$S_{ST} = (4.31,5.25,6.85) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.09,0.14,0.23)$

$S_{F} = (4.79,6.52,8.34) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.10,0.17,0.28)$

$S_{S} = (4.09,5.34,7.54) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.08,0.14,0.25)$

$S_{AG} = (4.42,5.59,7.27) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.09,0.15,0.24)$

$S_{STA} = (7.90,10.40,12.90) \otimes (0.0204,0.0261,0.0333) = (0.16,0.27,0.43)$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.6'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.6'dan elde edilen ağırlık vektörü

$W_F = (0.08,0.11,0.18,0.14,0.13,0.34)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.6 Tahmin Metodları İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)= 0,99	V (Snt>= Sf)= 0,76	V (Snt>= Sd)= 0,97	V (Snt>= Sst)= 0,92	V (Snt>= Sag)= 0,25
V (Sst>= Sf)= 0,80	V (Sst>= Sd)= 0,98	V (Sst>= Sst)= 0,94	V (Sst>= Sag)= 0,33	V (Sst>= Sla)= 1,00
V (Sf>= Sd)= 1,00	V (Sf>= Sst)= 1,00	V (Sf>= Sag)= 0,54	V (Sf>= Sla)= 1,00	V (Sf>= Snt)= 1,00
V (Sd>= Sst)= 0,96	V (Sd>= Sag)= 0,41	V (Sd>= Sla)= 1,00	V (Sd>= Snt)= 1,00	V (Sd>= Sst)= 0,83
V (Sst>= Sag)= 0,39	V (Sst>= Sla)= 1,00	V (Sst>= Snt)= 1,00	V (Sst>= Sst)= 0,86	V (Sst>= Sf)= 1,00
V (Sag>= Sla)= 1,00	V (Sag>= Snt)= 1,00	V (Sag>= Sst)= 1,00	V (Sag>= Sf)= 1,00	V (Sag>= Sd)= 1,00

Oyun Teorisine göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.7'de değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (6.76,8.81,11.67) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.05,0.09,0.15)$$
$$S_{ST} = (6.70,8.68,11.45) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.05,0.09,0.15)$$
$$S_F = (9.77,12.86,16.23) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.08,0.13,0.21)$$
$$S_S = (6.91,9.34,12.37) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.06,0.09,0.16)$$
$$S_{AG} = (4.45,5.42,6.92) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.04,0.05,0.09)$$
$$S_{COM} = (13.37,17.20,21.09) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.11,0.17,0.27)$$
$$S_{STA} = (7.67,10.56,13.88) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.06,0.11,0.18)$$
$$S_{LA} = (4.30,5.11,6.56) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.03,0.05,0.08)$$
$$S_{PT} = (17.50,21.40,25.30) \otimes (0.0080,0.0101,0.0129) = (0.14,0.22,0.33)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.7'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.7'den elde edilen ağırlık vektörü

$W_{GT} = (0.03,0.02,0.16,0.05,0.00,0.27,0.10,0.00,0.36)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.7 Oyun Teorisi İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)= 1,00	V (Snt>= Sf)= 0,64	V (Snt>= Ss)= 0,95	V (Snt>= Sag)= 1,00
V (Sst>= Sf)= 0,62	V (Sst>= Ss)= 0,93	V (Sst>= Sag)= 1,00	V (Sst>= Scom)= 0,32
V (Sf>= Ss)= 1,00	V (Sf>= Sag)= 1,00	V (Sf>= Scom)= 0,70	V (Sf>= Ssta)= 1,00
V (Ss>= Sag)= 1,00	V (Ss>= Scom)= 0,40	V (Ss>= Ssta)= 0,89	V (Ss>= Sla)= 1,00
V (Sag>= Scom)= 0,00	V (Sag>= Ssta)= 0,35	V (Sag>= Sla)= 1,00	V (Sag>= Spt)= 0,00
V (Scom>= Ssta)= 1,00	V (Scom>= Sla)= 1,00	V (Scom>= Spt)= 0,76	V (Scom>= Snt)= 1,00
V (Ssta>= Sla)= 1,00	V (Ssta>= Spt)= 0,27	V (Ssta>= Snt)= 1,00	V (Ssta>= Sst)= 1,00
V (Sla>= Spt)= 0,00	V (Sla>= Snt)= 0,45	V (Sla>= Sst)= 0,47	V (Sla>= Sf)= 0,08
V (Spt>= Snt)= 1,00	V (Spt>= Sst)= 1,00	V (Spt>= Sf)= 1,00	V (Spt>= Ss)= 1,00
V (Snt>= Scom)= 0,34	V (Snt>= Ssta)= 0,84	V (Snt>= Sla)= 1,00	V (Snt>= Spt)= 0,08
V (Sst>= Ssta)= 0,82	V (Sst>= Sla)= 1,00	V (Sst>= Spt)= 0,06	V (Sst>= Snt)= 0,99
V (Sf>= Sla)= 1,00	V (Sf>= Spt)= 0,45	V (Sf>= Snt)= 1,00	V (Sf>= Sst)= 1,00
V (Ss>= Spt)= 0,14	V (Ss>= Snt)= 1,00	V (Ss>= Sst)= 1,00	V (Ss>= Sf)= 0,70
V (Sag>= Snt)= 0,51	V (Sag>= Sst)= 0,52	V (Sag>= Sf)= 0,13	V (Sag>= Ss)= 0,46
V (Scom>= Sst)= 1,00	V (Scom>= Sf)= 1,00	V (Scom>= Ss)= 1,00	V (Scom>= Sag)= 1,00
V (Ssta>= Sf)= 0,81	V (Ssta>= Ss)= 1,00	V (Ssta>= Sag)= 1,00	V (Ssta>= Scom)= 0,52
V (Sla>= Ss)= 0,41	V (Sla>= Sag)= 0,94	V (Sla>= Scom)= 0,00	V (Sla>= Ssta)= 0,30
V (Spt>= Sag)= 1,00	V (Spt>= Scom)= 1,00	V (Spt>= Ssta)= 1,00	V (Spt>= Sla)= 1,00

Karar Teorisine göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.8'de değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (3.67,4.96,6.90) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.07,0.12,0.21)$$
$$S_{ST} = (3.93,5.29,7.54) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.07,0.12,0.23)$$
$$S_{F} = (5.30,7.20,9.02) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.10,0.17,0.27)$$
$$S_{S} = (4.89,6.62,8.64) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.09,0.16,0.26)$$
$$S_{AG} = (3.29,4.08,5.99) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.06,0.10,0.18)$$
$$S_{PT} = (11.80,14.30,16.80) \otimes (0.0182,0.0236,0.0304) = (0.22,0.34,0.51)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.8'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.8'den elde edilen ağırlık vektörü

$W_{DT} = (0.00,0.04,0.17,0.14,0.00,0.65)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.8 Karar Teorisi İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V(Snt>= Sst)= 0,95	V(Snt>= Sf)= 0,68	V(Snt>= Ss)= 0,75	V(Snt>= Sag)= 1,00	V(Snt>= Spt)= 0,00
V(Sst>= Sf)= 0,75	V(Sst>= Ss)= 0,82	V(Sst>= Sag)= 1,00	V(Sst>= Spt)= 0,06	V(Sst>= Snt)= 1,00
V(Sf>= Ss)= 1,00	V(Sf>= Sag)= 1,00	V(Sf>= Spt)= 0,26	V(Sf>= Snt)= 1,00	V(Sf>= Sst)= 1,00
V(Ss>= Sag)= 1,00	V(Ss>= Spt)= 0,21	V(Ss>= Snt)= 1,00	V(Ss>= Sst)= 1,00	V(Ss>= Sf)= 0,92
V(Sag>= Spt)= 0,00	V(Sag>= Snt)= 0,85	V(Sag>= Sst)= 0,80	V(Sag>= Sf)= 0,54	V(Sag>= Ss)= 0,61
V(Spt>= Snt)= 1,00	V(Spt>= Sst)= 1,00	V(Spt>= Sf)= 1,00	V(Spt>= Ss)= 1,00	V(Spt>= Sag)= 1,00

Dinamik Programlamaya göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.9'da değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (5.08,7.05,10.02) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.04,0.08,0.15)$$
$$S_{ST} = (6.07,8.39,11.45) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.05,0.09,0.17)$$
$$S_{F} = (8.74,12.26,16.19) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.07,0.14,0.24)$$
$$S_{S} = (5.13,6.32,8.95) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.04,0.07,0.13)$$
$$S_{L} = (5.23,6.50,9.28) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.04,0.07,0.14)$$
$$S_{COM} = (7.69,10.63,14.08) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.06,0.12,0.21)$$
$$S_{STA} = (7.14,9.91,14.06) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.06,0.11,0.21)$$
$$S_{LA} = (7.75,10.59,14.11) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.06,0.12,0.21)$$
$$S_{PT} = (14.70,18.60,22.50) \otimes (0.0083,0.0111,0.0148) = (0.12,0.21,0.33)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.9'daki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.9'dan elde edilen ağırlık vektörü

$W_{DP} = (0.05,0.08,0.17,0.02,0.03,0.13,0.13,0.13,0.27)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.9 Dinamik Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)= 0,87	V (Snt>= Sf)= 0,57	V (Snt>= Ss)= 1,00	V (Snt>= Sl)= 1,00
V (Sst>= Sf)= 0,69	V (Sst>= Ss)= 1,00	V (Sst>= Sl)= 1,00	V (Sst>= Scom)= 0,81
V (Sf>= Ss)= 1,00	V (Sf>= Sl)= 1,00	V (Sf>= Scom)= 1,00	V (Sf>= Ssta)= 1,00
V (Ss>= Sl)= 0,98	V (Ss>= Scom)= 0,59	V (Ss>= Ssta)= 0,65	V (Ss>= Sla)= 0,59
V (Sl>= Scom)= 0,62	V (Sl>= Ssta)= 0,67	V (Sl>= Sla)= 0,62	V (Sl>= Spt)= 0,10
V (Scom>= Ssta)= 1,00	V (Scom>= Sla)= 1,00	V (Scom>= Spt)= 0,50	V (Scom>= Snt)= 1,00
V (Ssta>= Sla)= 0,95	V (Ssta>= Spt)= 0,47	V (Ssta>= Snt)= 1,00	V (Ssta>= Sst)= 1,00
V (Sla>= Spt)= 0,50	V (Sla>= Snt)= 1,00	V (Sla>= Sst)= 1,00	V (Sla>= Sf)= 0,88
V (Spt>= Snt)= 1,00	V (Spt>= Sst)= 1,00	V (Spt>= Sf)= 1,00	V (Spt>= Ss)= 1,00
V (Snt>= Scom)= 0,68	V (Snt>= Ssta)= 0,74	V (Snt>= Sla)= 0,68	V (Snt>= Spt)= 0,17
V (Sst>= Ssta)= 0,87	V (Sst>= Sla)= 0,81	V (Sst>= Spt)= 0,30	V (Sst>= Snt)= 1,00
V (Sf>= Sla)= 1,00	V (Sf>= Spt)= 0,63	V (Sf>= Snt)= 1,00	V (Sf>= Sst)= 1,00
V (Ss>= Spt)= 0,07	V (Ss>= Snt)= 0,92	V (Ss>= Sst)= 0,78	V (Ss>= Sf)= 0,48
V (Sl>= Snt)= 0,94	V (Sl>= Sst)= 0,81	V (Sl>= Sf)= 0,50	V (Sl>= Ss)= 1,00
V (Scom>= Sst)= 1,00	V (Scom>= Sf)= 0,88	V (Scom>= Ss)= 1,00	V (Scom>= Sl)= 1,00
V (Ssta>= Sf)= 0,84	V (Ssta>= Ss)= 1,00	V (Ssta>= Sl)= 1,00	V (Ssta>= Scom)= 0,95
V (Sla>= Ss)= 1,00	V (Sla>= Sl)= 1,00	V (Sla>= Scom)= 1,00	V (Sla>= Ssta)= 1,00
V (Spt>= Sl)= 1,00	V (Spt>= Scom)= 1,00	V (Spt>= Ssta)= 1,00	V (Spt>= Sla)= 1,00

Stokastik Programlamaya göre alt nitelikler olan matematik konuları Tablo C.10'da değerlendirilmiştir. Tablodan,

$$S_{NT} = (5.85,7.01,9.03) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.033,0.051,0.087)$$
$$S_{ST} = (5.48,6.44,8.07) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.031,0.047,0.078)$$
$$S_{F} = (8.39,11.84,16.52) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.047,0.087,0.159)$$
$$S_{L} = (9.63,13.06,17.56) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.054,0.096,0.170)$$
$$S_{D} = (8.33,10.88,14.44) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.047,0.080,0.139)$$
$$S_{I} = (8.08,10.40,13.81) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.045,0.076,0.133)$$
$$S_{S} = (7.00,9.36,13.18) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.039,0.069,0.127)$$
$$S_{COM} = (12.24,16.67,22.00) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.068,0.122,0.212)$$
$$S_{PT} = (16.38,21.40,26.24) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.091,0.157,0.253)$$
$$S_{STA} = (11.44,15.37,20.35) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.064,0.113,0.196)$$
$$S_{LA} = (10.80,13.97,17.79) \otimes (0.0056,0.0073,0.0097) = (0.060,0.102,0.172)$$

vektörleri elde edilir. Bu vektörler kullanılarak, Tablo 5.10'deki değerler bulunur. Böylece, Tablo C.10'dan elde edilen ağırlık vektörü

$W_{SP} = (0.00,0.00,0.10,0.11,0.07,0.07,0.06,0.15,0.19,0.14,0.12)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 5.10 Stokastik Programlama İkili Karşılaştırma Matrisinden Elde Edilen Bulanık Sentetik Mertebe Dereceleri Kullanılarak Hesaplanan Olabilirlik Dereceleri

V (Snt>= Sst)= 1,00	V (Snt>= Sf)= 0,53	V (Snt>= Sl)= 0,43	V (Snt>= Sd)= 0,59	V (Snt>= Ss)= 0,63
V (Sst>= Sf)= 0,44	V (Sst>= Sl)= 0,33	V (Sst>= Sd)= 0,49	V (Sst>= Ss)= 0,53	V (Sst>= Sla)= 0,64
V (Sf>= Sl)= 0,92	V (Sf>= Sd)= 1,00	V (Sf>= Ss)= 1,00	V (Sf>= Scom)= 1,00	V (Sf>= Spt)= 0,72
V (Sl>= Sd)= 1,00	V (Sl>= Ss)= 1,00	V (Sl>= Scom)= 1,00	V (Sl>= Spt)= 0,79	V (Sl>= Ssta)= 0,56
V (Sd>= Ss)= 1,00	V (Sd>= Scom)= 1,00	V (Sd>= Spt)= 0,63	V (Sd>= Ssta)= 0,38	V (Sd>= Sla)= 0,70
V (Ss>= Scom)= 1,00	V (Ss>= Spt)= 0,59	V (Ss>= Ssta)= 0,34	V (Ss>= Sla)= 0,66	V (Ss>= Snt)= 0,74
V (Scom>= Spt)= 0,52	V (Scom>= Ssta)= 0,29	V (Scom>= Sla)= 0,59	V (Scom>= Snt)= 0,66	V (Scom>= Sst)= 1,00
V (Spt>= Ssta)= 0,78	V (Spt>= Sla)= 1,00	V (Spt>= Snt)= 1,00	V (Spt>= Sst)= 1,00	V (Spt>= Sf)= 1,00
V (Ssta>= Sla)= 1,00	V (Ssta>= Snt)= 1,00	V (Ssta>= Sst)= 1,00	V (Ssta>= Sf)= 1,00	V (Ssta>= Sl)= 1,00
V (Sla>= Snt)= 1,00	V (Sla>= Sst)= 1,00	V (Sla>= Sf)= 1,00	V (Sla>= Sl)= 1,00	V (Sla>= Sd)= 1,00
V (Snt>= Ss)= 0,74	V (Snt>= Scom)= 0,21	V (Snt>= Spt)= 0,00	V (Snt>= Ssta)= 0,27	V (Snt>= Sla)= 0,34
V (Sst>= Scom)= 0,11	V (Sst>= Spt)= 0,00	V (Sst>= Ssta)= 0,18	V (Sst>= Sla)= 0,24	V (Sst>= Snt)= 0,91
V (Sf>= Spt)= 0,49	V (Sf>= Ssta)= 0,79	V (Sf>= Sla)= 0,86	V (Sf>= Snt)= 1,00	V (Sf>= Sst)= 1,00
V (Sl>= Ssta)= 0,86	V (Sl>= Sla)= 0,94	V (Sl>= Snt)= 1,00	V (Sl>= Sst)= 1,00	V (Sl>= Sf)= 1,00
V (Sd>= Sla)= 0,78	V (Sd>= Snt)= 1,00	V (Sd>= Sst)= 1,00	V (Sd>= Sf)= 0,93	V (Sd>= Sl)= 0,84
V (Ss>= Snt)= 1,00	V (Ss>= Sst)= 1,00	V (Ss>= Sf)= 0,89	V (Ss>= Sl)= 0,80	V (Ss>= Sd)= 0,96
V (Scom>= Sst)= 1,00	V (Scom>= Sf)= 0,82	V (Scom>= Sl)= 0,73	V (Scom>= Sd)= 0,88	V (Scom>= Ss)= 0,92
V (Spt>= Sf)= 1,00	V (Spt>= Sl)= 1,00	V (Spt>= Sd)= 1,00	V (Spt>= Ss)= 1,00	V (Spt>= Scom)= 1,00
V (Ssta>= Sd)= 1,00	V (Ssta>= Sl)= 1,00	V (Ssta>= Ss)= 1,00	V (Ssta>= Scom)= 0,93	V (Ssta>= Spt)= 0,70
V (Sla>= Ss)= 1,00	V (Sla>= Ss)= 1,00	V (Sla>= Scom)= 0,84	V (Sla>= Spt)= 0,60	V (Sla>= Ssta)= 0,91

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Literatür incelendiğinde müfredat geliştirmeye analitik bir yöntem ile yaklaşılmamış olduğu görülmüştür. Öğretim elemanları bir bölümün müfredatından etkilenecek olan ve bir anlamda tatmin edilmesi gereken taraflardan biridir. Bu haliyle, öğretim görevlilerinin ana ölçüt olarak yöneylem araştırması konularını ve alt nitelikler olarak matematik konularını karşılıklı değerlendirdikleri Chang'in mertebe analizine dayanan bulanık AHP uygulaması bize hem yöneylem araştırması konularını hem de matematik konularını ağırlıklandırma imkanı vermiştir. İkili karşılaştırma matrislerini oluşturan anketlere cevap veren öğretim elemanları İstanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde (İKU EM) görevli olduklarından, ağırlık katsayılarına yönelik değerlendirmeler Ek D'de verilen İKU EM müfredatının ilgili ders içerikleri göz önüne alınarak yapılacaktır.

Buna göre Stokastik Programlama, 0.162 ağırlık katsayısı ile yöneylem araştırması konuları arasında ilk sırayı almaktadır. Karar Teorisi 0.158 ağırlık katsayısı ile ikinci sırada yer almaktadır. Stok / Envanter Modelleme, Oyun Teorisi, Tahmin Modelleri, Dinamik Programlama, Doğrusal Programlama, Tamsayılı Programlama ve Doğrusal Olmayan Programlama konularının da ağırlık katsayıları sırasıyla 0.158, 0.141, 0.137, 0.113, 0.097, 0.028 ve 0.007 olarak ortaya çıkmıştır.

Yukarıda verilen ağırlık katsayıları müfredata yönelik incelendiğinde ilk olarak İstanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü (İKU EM) müfredatında "Yöneylem Araştırması I" dersi adı altında önemli bir yeri olan doğrusal programlama konusunun ağırlık katsayıları sıralamasında ancak yedinci sırada yer bulduğu görülmektedir. Buna göre doğrusal programlamaya müfredatlarda ağırlık katsayısının üzerinde yer verildiği görülmektedir. "Yöneylem Araştırması I" dersinin bir başka konusu olan Tamsayılı Programlama da ağırlık katsayılarına bakıldığında ancak sekizinci sırada yer alabilmiştir.

Bunun yanında İKÜ EM müfredatında "Yöneylem Araştırması II" içeriğinde geniş yer bulan Stokastik Programlama konularının ağırlık katsayılarına göre ilk sırada yer alması, müfredatlardaki önemi ile paralellik göstermektedir.

Ağırlık katsayılarına göre ikinci sırada yer alan Karar Teorisi konusu da İKU EM müfredatında "Karar Analizine Giriş" dersi kapsamında ağırlık katsayısına paralellik gösteren bir şekilde yer almaktadır.

Stok / Envanter Modelleme, Oyun Teorisi ve Dinamik Programlama konuları ağırlık katsayılarına göre üçüncü, dördüncü ve altıncı sırada yer almalarına rağmen İKU EM müfredatında belirgin bir yere sahip değillerdir.

Son olarak ağırlık katsayılarına göre beşinci sırada yer alan "Tahmin Modelleri" konusu İKU EM müfredatında "Üretim Planlama I" dersinin içeriğinde yer almaktadır ve ağırlık katsayısına paralellik gösteren bir şekilde yer almaktadır.

Matematik konularına bakıldığında ise Olasılık Teorisinin 0.263 ile en yüksek ağırlık katsayısına sahip olan konu olduğu ortaya çıkmıştır. Olasılık Teorisini, Fonksiyonlar ve İstatistik konuları 0.145 ve 0.143 ağırlık katsayıları ile takip etmektedirler. Kombinatorik, Seriler, Lineer Cebir, Türev, Küme Teorisi, Analitik Geometri, İntegral, Sayılar Teorisi, Limit ve Diferansiyel Denklemler sırasıyla 0.085, 0.075, 0.073, 0.054, 0.042, 0.040, 0.033, 0.023, 0.021 ve 0.001 ağırlık katsayılarına sahiptir.

Olasılık Teorisi, ağırlık katsayısına paralellik gösterir şekilde İKU EM müfredatında "Olasılık Teorisine ve İstatistiğe Giriş" dersi içeriğinde geniş yer bulmaktadır. Kombinatorik konusunun da aynı dersin içeriğinde yer bulmakta olduğu görülmektedir.

Ağırlık katsayılarına göre üçüncü sırada yer alan İstatistik konusu ise "Olasılık Teorisine ve İstatistiğe Giriş" ve "Uygulamalı İstatistik" dersi kapsamında yer bularak İKU EM müfredatında Olasılık Teorisinden daha fazla yer almaktadır.

"Matematik I" dersi ağırlıklı olarak fonksiyonlar, limit ve türev konularını içermektedir. Fonksiyonların ağırlık katsayısı olarak ikinci sırada yer alması nedeni ile müfredatta yedinci ve onikinci sırada yer alan türev ve limitten daha fazla yer bulması gerekliliği göze çarpmaktadır. Ancak "Matematik II" ve "Matematik III" dersleri de limit, türev, seriler ve integral konularını içermektedir. Bu haliyle ağırlık katsayılarında dördüncü sırada yer alan Seriler konusunun gerekli önem ile müfredatta yer alamadığı açıktır. Ayrıca, ağırlık katsayılarına göre onuncu sırada yer alan integralin de müfredatta gereğinden fazla yer bulduğu görülmektedir.

Ağırlık katsayısı olarak sekizinci ve onbirinci sırada yer alan Küme Teorisi ve Sayılar Teorisi konuları "Matematik I"in başlangıç konuları olarak müfredatta ağırlık katsayılarına paralel yer bulmaktadırlar.

Aynı şekilde ağırlık katsayısı son sırada yer alan Diferansiyel Denklemler konusu İKU EM müfredatında "Sayısal Analiz" dersinin içerisinde işlenen bir konu olarak müfredatta ağırlık katsayısına paralel yer bulmaktadır.

Bu çalışma salt öğretim üyelerinin müfredattan beklentilerini ölçmüştür. Öğrenciler, kamu ve sanayinin beklentilerinin de ölçümü ile çok daha sağlıklı müfredatlar oluşturulabileceği görülmektedir. Gelecekte yapılabilcek olan çok geniş kapsamlı bir proje, öğretim üyelerinin düşüncelerinin diğerleri ile karşılaştırılması ve öğrenciler, kamu ve sanayi ile ne seviyede bir paralellik gösterdiğinin ölçülmesi açısından önemi gözükmektedir.

Nitelikler olarak ele alınan bazı matematik konularının ağırlık katsayılarının beklenenden düşük çıkması yöneylem araştırması problemlerinin birçoğunun algoritmalar yolu ile çözülebiliyor olmasına da bağlanabilmektedir.

Ayrıca bulanık AHP için hazırlanan anket ana ölçütleri ve nitelikleri kesin bir çizgi ile ayırmıştır. Bu noktada gelecekte yapılacak farklı çalışmalarda ana ölçütlerin bir kısmının aynı zamanda diğer ana ölçütlerin nitelikleri olarak ve niteliklerin bir kısmının diğer niteliklerin alt nitelikleri olarak ele alınması ağırlık katsayılarının dağılımını değiştirebilecektir. Örneğin sayılar teorisi bu çalışmada bir nitelik olarak ele alınmış iken gelecek çalışmalarda olasılık teorisinin bir alt niteliği olarak da değerlendirilebilir. Ancak böyle bir çalışma da geniş kapsamlı bir proje olarak ele alınıp matematik öğretim elemanları ve endüstri mühendisliği öğretim elemanlarının bulunacağı bir grup tarafından ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, bulanık AHP metodu ile elde edilen ağırlık katsayılarının sadece alteratifler arasından birinin seçilmesi problemlerinde değil, farklı alternatiflerin hangi ağırlıklarla kullanılması gerektiğine yönelik problemlerde de kullanılabileceği, böylelikle müfredat geliştirme problemlerine analitik bir yaklaşım olarak kullanılabileceği görülmüş olmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] Turner W.C., Mize J.H., Case K.E. and Nazemetz J.W., 1993. Introduction To Industrial Engineering, Prentice Hall, New Jersey, USA.

[2] http://www.abet.org/subequi.shtml

[3] http://www.elk.itu.edu.tr/abet/abetEMB.html

[4] http://www.kalder.org/preview_content.asp?contID=679&tempID=1&regID=2

[5] www.iie.org

[6] http://en.wikipedia.org/wiki/Operations_research

[7] www.orsoc.org.uk

[8] Elsayed E.A., 1999. Industrial Engineering Education:A Prospective, European Journal Of Engineering Education, **24/4**, 415-421.

[9] Evren R., Ülengin F., 1992. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.

[10] Kleindorfer, P.R., Kunreuther H.C. and Schoemaker P.J.H., 1993. Decision Sciences.An Integrated Perspective, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

[11] Ramesh R., Zionts S., 2001. Encyclopedia of Operations Research & Management Science, Kluwer Academic Publishers, Massachusets, USA.

[12] Yoon K.P., Hwang C-L., 1995. Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Sage University Paper series on Quantiative Applications in the Social Sciences, Thousand Oaks, California, USA.

[13] Triantaphyllou, E., 2000. Multi - Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Kluwer Academic Publishers, USA.

[14] Zanakis S.H., Solomon A., Wishart N., Dublish S., 1998. Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods, European Journal Of Operational Research, **107**, 507-529.

[15] Saaty T., 1990. Multicriteria Decision Making – The Analytical Hierarchy Process, 2nd Edition, RWS Publications, Pittsburg, USA.

[16] Saaty T., 1988. Decision making for leaders: the analytical hierarchy process for decisions in a complex world, RWS Publications, Pittsburgh, USA.

[17] Vargas L.G., 1990. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications, European Journal of Operational Research, **48/1**, 2-8.

[18] Tekeş, M., 2002. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[19] Klir, G. and Folger, T., 1988. Fuzzy Sets, Uncertainty and Information, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, USA.

[20] Klir, G., Yuan, B., 1995. Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications, Prentice Hall, Lebanon, Indiana, U.S.A.

[21] Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi, Bilge Sanat Yapım Yayınları, İstanbul.

[22] Ross, T.J., 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications, McGraw-Hill Inc, NY, USA.

[23] Bozbura, F.T., Beskese, A., Kahraman, C., 2006. Prioritization Of Human Capital Measurement Indicators Using Fuzzy AHP, Expert Systems With Applications.

[24] Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., 2004. Multi-attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey, International Journal of Production Economics.

[25] Posner, G.J., 1992. Analysing The Curriculum, McGraw-Hill Inc, NY, USA

[26] Schubert, W.H., 1986. Curriculum-Perspective, paradigm and possibility, Macmillan Publishing Company, USA

[27] Ornstein, A.C., Hunkins, F.P., 1998. Curriculum-Foundations, Principles, and Issues, Ally&Bacon, USA.

[28] McNeil, J.D., 1996. Curriculum- A Comprehesive Introduction, Harper Collins College Publishers, USA.

EKLER

A. Yöneylem Araştırması Kronolojisi

1654 Beklenen Değer, B. Pascal

1665 Bir fonksiyonun minimum noktasını bulmaya dair Newton Metodu, I. Newton

1733 Normal Dağılım, A. de Moivre

1736 Königsberg Köprüsü Problemi, L. Euler

1738 St. Petersburg Problemi, D. Bernoulli

1763 Bayes Kuralı, T. Bayes

1788 Lagrange Çarpanları, Mekanik Analitik, J. L. Lagrange

1789 Fayda Prensibi, J. Bentham

1795 En Küçük Kareler Metodu, C. F. Gauss, A. Legendre

1811 Kriegspiel (savaş oyunu), von Reisswitz

1826 Eşitsizliklerin Çözümü, J. Fourier

1826 Doğrusal Denklemlerin Çözümü, C. F. Gauss

1833 Analitik Motor, C. Babbage

1890 Bilimsel Yönetim, F. Taylor

1900 Gantt Grafikleri, H. Gantt, F. Taylor

1902 Eşitsizlik Sistemlerinin Çözümü, J. Farkas

1906 Pareto optimal/Etkin Çözüm, V. Pareto

1907 Markov Zincirleri, A. Markov

1909 "Olasılıklar Teorisi ve Telefon Görüşmeleri", A. K. Erlang

1914 Lanchester Denklemleri, F. W. Lanchester

1915 Doğrusal Denklemleri Pozitif Çözümleri, E. Stiemke

1928 "Olasılık Teorisi ve Mühendislikteki Kullanımı", T. C. Fry

1931 Kalite Kontrol Grafikleri, W. Shewart

1933 Hipotez Testleri, J. Neyman, E. Pearson

1936 Transposition Teoremi, Doğrusal Eşitsizlikler, T. Motzkin

1936 Tesis Yerleşimi, E. Weiszfeld aka A. Vazsonyi

1936 0 Zaman Noktası: Birleşik Krallık Askeri Uygulamaları — Yöneylem

Araştırması teriminin ilk defa kullanılması

1939 "Organizasyonda Matematiksel Metodları ve Üretimi Planlamak", L. V. Kantorovich

1939 Kısıtlı Problemler için Optimallik Durumu, W. Karush

1941 Taşıma Problemi, F. L. Hitchcock

1942 U.K. Donanması Yöneylem Araştırması Çalışmaları, P. Blackett

1942 U. S. Donanması Antidenizaltı Yöneylem Araştırması Grubu

1942 U. S. Hava Kuvvetleri Yöneylem Araştırması

1942 Araa Teorisi, P. Morse, R. Rinehart, B. Koopman, G. Kimball

1943 Sinir Ağları, W. McCulloch, W. Pitts

1944 "Oyunlar Teorisi ve Ekonomik Davranış", J. von Neumann, O. Morgenstern

1944 Fayda Teorisi, J. von Neumann, O. Morgenstern

1944 Üstel Düzeltme Yöntemi, R. Brown

1945 U. S. Donanma Operasyon Değerlendirme Grubu (OEG)

1945 "Geçim Maliyeti" (Diyet Problemi), G. Stigler

1946 "Yöneylem Araştırması Yöntemleri," OEG Raporu (Gizli), P.M. Morse , G. E. Kimball

1947 Doğrusal Programlama Modeli, G. B. Dantzig

1947 Simpleks Metodu, G. B. Dantzig

1947 SCOOP Projesi (U.S. Hava Kuvvetleri Optimal Programların Bilimsel Hesaplanması)

1947 " Oyunlar Teorisi ve Ekonomik Davranış, 2. Baskı," J. von Neumann, O. Morgenstern

1948 RAND Şirketi

1948 Johns Hopkins U. S. Ordu Yöneylem Araştırması Ofisi (ORO)

1948 Yöneylem Araştırmasına Yönelik İlk Dersler - MIT

1948 Büyük Britanya Yöneylem Araştırması Klübü

1949 Monte Carlo Simulasyonu, S. M. Ulam, J. von Neumann

1949 "Birbirine Bağlı Aktivitelerin Programlanması I, Genel Tartışma," M. Wood, G. Dantzig.

1949 " Birbirine Bağlı Aktivitelerin Programlanması II, Matematiksel Model," G. Dantzig

1949 "Dinamik Ekipman Politikası," G. Terborgh

1949 Cowles Komisyonu "Üretim ve Tahsiste Aktivite Analizi"

1950 Kalite Kontrol, W. E. Deming

1950 İlk Yöneylem Araştırması Dergisi: Operational Research Quarterly

1950 Nash Dengesi, J. Nash

1950 Simulasyon/Savaş Oyunları

1950 Karar Analizi, W. Edwards, R. Luce, H. Raiffa, R. Howard, R. Keeney

1950 "Olasılık Teorisine Giriş ve Uygulamaları, Vol. I," W. Feller

1950 Dinamik Programlama, R. Bellman

1950 En Kısa Yol Problemi

1950 Endüstride Yöneylem Araştırması: İngiliz Demir ve Çelik Endüstrisi Araştırma Kurumu

1950 Taşıma Probleminin Bir Bilgisayar Yardımı ile İlk Çözümü, SEAC, National Bureau of Standards

1951 Yöneylem Araştırması Yöntemleri'nin Gizli Olmayan Versiyonu, P. M. Morse, G. E. Kimball

1951 Bilgisayarda İlk Simpleks Algoritması, SEAC, National Bureau of Standards

1951 "Doğrusal Eşitsizlikler ve Programlama" Konusundaki İlk Sempozyum

1951 "Amerikan Ekonomisinin Yapısı,", W. Leontief

1951 "Doğrusal Olmayan Programlama", H. Kuhn, A. Tucker

1951 "Doğrusal Fonksiyonların Doğrusal Eşitsiliklere Göre Enbüyüklenmesi," (Simpleks Metod), G. Dantzig

1951 "Simpleks Metodun Taşıma Problemine Uygulanması," G. Dantzig

1951 "Programlama Problemi ile Oyun Probleminin Denkliğinin Bir Kanıtı," G. Dantzig

1951 Donanma Lisansüstü Okulu YA Programı

1951 "Ordudaki Zenci İşgücü Çalışması," Johns Hopkins YA Ofisi

1951 Primal-dual Doğrusal Programlar, J. von Neumann, G. Dantzig, A. Tucker

1952 Portfolyo Analizi, H. Markowitz

1952 Case Institute of Technology, Cleveland, Ohio – ilk YA Programı

1952 "Oyunlar Teorisine Giriş," J. McKinsey

1953 "Envanter Yönetimi Teorisi," T. Whitin

1953 "Doğrusal Programlamaya Giriş", A. Charnes, W.W. Cooper, A. Henderson,

1954 Parametrik Programlama, S. I. Gass, T. L. Saaty

1954 "Yönetim için YA," J. McCloskey, F. Trefethen

1954 FORTRAN Programlama Dili, J. Backus, I. Ziller

1954 Sıralama ve Çizelgeleme (Johnson Teoremi), S. Johnson

1954 Dual Simpleks Metodu, C. Lemke, E. Beale

1955 Askeri Savaş Modelleri

1955 Gezgin Satıcı Problemi, M. Flood

1955 Sınırlanmış Gerçeklik, H. Simon

1955 Stokastik Programlama, G. B. Dantzig

1956 Kesme Problemi, A. E. Paull

1956 CPM/PERT/MPM, J. Kelley, Jr., W. Walker/D. Malcolm, J. Roseboom, C. C. Fazar/B. Roy

1956 "Oyun Teorisi ve Doğrusal Programlama," S. Vajda,

1956 Quadratik Programlama, M. Frank, P. Wolfe

1957 Quadratik Atama Problemi, T. C. Koopmans, M. Beckmann

1957 "Dinamik Programlama," R. Bellman

1958 SIMSCRIPT, H. Markowitz

1958 Tamsayılı Programlama, R. Gomory

1958 "Kuyruklar, Stok ve Bakım," P. M. Morse

1958 "Doğrusal Programlama ve Ekonomik Analiz," R. Dorfman, P. A. Samuelson, R. Solow

1959 Olasılık Kısıtlı Programlama, A. Charnes, W. Cooper

1959 Dantzig-Wolfe Ayrışması, G. B. Dantzig, P. Wolfe

1959 "YA'nın Matematiksel Yöntemleri," T. Saaty

1959 En Kısa Rota Problemi, E. Dijkstra

1960 Dal ve Sınır, A. Land, A. Doig, R. Dakin, J. Little, K. Murty, D. Sweeney, C. Karel

1960 Tesis Yerleşimi

1960 Maliyet Analizi

1960 Değer Teorisi, P. Fishburn

1960 Planlama, Programlama and Bütçeleme (PPB)

1960 Yapay Zeka ve YA

1960 Karar Ağaçları

1960 Araç Trafiği Bilimi, R. Herman, D. Gazis, G. Newell, R. Oliver, I. Prigogine

1960 "Stokastik İşlemler," L. Takács

1960 "Sonlu Markov Zincirleri," J. G. Kemeny, J. Laurie Snell

1960 "Dinamik Programlama ve Markov Prosesleri," R. A. Howard

1960 "Üretimi Planlamak, Stoklar, ve İş Gücü," C. Holt, F. Modigliani, J. Muth, H. Simon

1961 GPSS/simulasyon dilleri, G. Gordon

1961 "Kuyruk Teorisi," T.L. Saaty

1961 "Kuyruklar," D. Cox and W. Smith

1961 "Endüstriyel Dinamikler," J. Forrester

1961 Little Kanunu, J. Little

1961 "Packet Switching" Teorisi, L. Kleinrock

1961 Geometrik Programlama, C. Zener

1962 Benders Bölme Yöntemi, J. Benders

1962 Çinli Postacılar Problemi, M. K. Kwan

1962 "Yenileme Teorisi," D. Cox

1962 "Flows in Network," L. Ford, Jr., D. Fulkerson

1962 "Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series," R. Brown

1962 Bulanık Küme Teorisi, L. Zadeh

1963 "Envanter Sistemlerinin Analizi," G. Hadley and T. Whitin

1963 "Doğrusal Programlama ve Uzantıları," G. Dantzig,

1964 Olanaksızlık Teoremi, K. Arrow

1964 "Askeri Kararların Analizi," E. S. Quade (ed.)

1964 Taşıt Rotalama Algoritmaları, Clarke and Wright

1965 "Yönetim Modelleri ve Doğrusal Programlamanın Endüstriyel Uygulamaları," A. Charnes, W. W. Cooper

1965 Komplekslik Teorisi, NP-Complete, J. Edmonds, R. Karp

1965 Amaç Programlama, A. Charnes, W. Cooper

1965 Sırt Çantası Problemi, G. B. Dantzig

1965 Seçim Bölgelerinin Yeniden Sınırlandırılması, S. Hess, J. Weaver, H. Seigfeldt, J. Whelan, P. Zitlau

1967 "Çizelgeleme Teorisi," R. Conway, W. Maxwell, L. Miller

1968 Yedek Kısıtlar, F. Glover

1968 "Doğrusal Olmayan Programlama: Sıralı Kısıtsız Enküçükleme Teknikleri," A. Fiacco, G. McCormick

1968 Karar Analizi, R. Howard

1969 Reklam, J. Little, L. Lodish

1969 "Sİstem Simulasyonu," G. Gordon

1969 İlk ARPANET/INTERNET sitesi, UCLA, L. Kleinrock

1970 "Zaman Serileri Analizi," G. Box, G. Jenkins

1971 "Pazarlama Karar Analizi," P. Kotler

1971 "Dünya Dinamikleri," J. Forrester

1971 Hesapsal Komplekslik, S. A. Cook, R. Karp

1972 "Büyümenin Limitleri," D. Meadows et al.

1973 Karar Destek Sistemleri (DSS), P. Keen, S. Morton

1974 Hiperküp kuyruk modeli, R. C. Larson

1974 SLAM, GASP/Simulasyon Dilleri, A. Pritsker

1974 "Kuyruk Teorisinin Temelleri," D. Gross, C. Harris

1975 Çokölçütlü Karar Verme, M. Zeleny, S. Zionts, J. Wallenius, W. Edwards, B. Roy

1975 "Toplumsal Kararların Analizi," E. Quade

1975 "Kuyruk Sistemleri, Vol. I: Teori," L. Kleinrock

1976 " Kuyruk Sistemleri, Vol. II: Bilgisayar Uygulamaları," L. Kleinrock

1976 Kalite Kontrol, G. Taguchi

1978 Veri Örtme Analizi (DEA), A. Charnes, W. Cooper, E. Rhodes

1978 Lagrange Gevşekliği, A. Geoffrion

1979 Elipsoid Yöntemi, L. Khachian

1980 Kısıt Programlama

1980 "Analitik Hiyerarşi Prosesi," T. Saaty

1980 Paralel Hesaplama

1980 LINDO, L. Schrage

1980 Çatışma Analizi

1980 Gelir (kazanç) Yönetimi, American Airlines, T. Cook

1982 Uzman Sistemler, A. Barr, E. Fiegenbaum

1984 Sinir Ağları, J. Hopfield

1984 İç Noktalar Yöntemi, N. Karmarkar

1984 "En İyi Ne?", S. Savage, K. Cunnigham, G. Link

1985 Havayolu Mürettebat ve Uçuş Çizelgeleme

1988 Genel Cebirsel Modelleme Sistemi/GAMS, A. Meeraus

1989 Tabu Arama, F. Glover

1990 Tedarik Zinciri Yönetimi

1990 Finansal Mühendislik, W. Ziemba, S. Zenios, J. Mulvey

1990 Coğrafi Bilgi Sistemleri

1991 YA ve Körfez Savaşı

1995 Veri Mayınlama

1995 Online Analitik İşlemleme (OLAP)

1995 İşletme Kaynakları Planlama (ERP)

1996 e-Ticaret

B. Bulanık AHP Yöntemi İçin Anket

Aşağıdaki soruları okuyarak ikili karşılaştırma matrisi üzerinde gerekli işaretlemeleri yapınız. Eğer sol tarafta yer alan bir nitelik sağ taraftaki nitelikten daha önemli ise, işaretlemenizi "Eşit önem" değerinin sol tarafına yapınız. Eğer sağ tarafta yer alan bir nitelik sol taraftaki nitelikten daha önemli ise, işaretlemenizi "Eşit önem" değerinin sağ tarafına yapınız.

SORULAR

"Yöneylem Araştırması"na göre:

S1.Doğrusal programlama (LP), doğrusal olmayan programlamaya (NLP) göre ne kadar önemlidir?

S2.Doğrusal programlama (LP), tamsayı programlamaya (IP) göre ne kadar önemlidir?

S3.Doğrusal programlama (LP), stok modellemeye (IM) göre ne kadar önemlidir?

S4.Doğrusal programlama (LP), tahmin modellerine (F) göre ne kadar önemlidir?

S5.Doğrusal programlama (LP), oyun teorisine (GT) göre ne kadar önemlidir?

S6.Doğrusal programlama (LP), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S7.Doğrusal programlama (LP), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S8.Doğrusal programlama (LP), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S9.Doğrusal olmayan programlama (NLP), tamsayı programlamaya (IP) göre ne kadar önemlidir?

S10.Doğrusal olmayan programlama (NLP), stok modellemeye (IM) göre ne kadar önemlidir?

S11.Doğrusal olmayan programlama (NLP), tahmin modellerine (F) göre ne kadar önemlidir?

S12.Doğrusal olmayan programlama (NLP), oyun teorisine (GT) göre ne kadar önemlidir?

S13.Doğrusal olmayan programlama (NLP), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S14.Doğrusal olmayan programlama (NLP), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S15.Doğrusal olmayan programlama (NLP), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S16.Tamsayılı programlama (IP), stok modellemeye (IM) göre ne kadar önemlidir?

S17. Tamsayılı programlama (IP), tahmin modellerine (F) göre ne kadar önemlidir?

S18. Tamsayılı programlama (IP), oyun teorisine (GT) göre ne kadar önemlidir?

S19. Tamsayılı programlama (IP), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S20. Tamsayılı programlama (IP), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S21. Tamsayılı programlama (IP), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S22. Stok modelleri (IM), tahmin modellerine (F) göre ne kadar önemlidir?

S23. Stok modelleri (IM), oyun teorisine (GT) göre ne kadar önemlidir?

S24. Stok modelleri (IM), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S25. Stok modelleri (IM), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S27. Stok modelleri (IM), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S28. Tahmin modelleri (F), oyun teorisine (GT) göre ne kadar önemlidir?

S29. Tahmin modelleri (F), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S30. Tahmin modelleri (F), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S31. Tahmin modelleri (F), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S32. Oyun Teorisi (GT), karar teorisine (DT) göre ne kadar önemlidir?

S33. Oyun Teorisi (GT), dinamik programlamaya (DP) göre ne kadar önemlidir?

S34. Oyun Teorisi (GT), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

S36. Dinamik programlama (DP), stokastik programlamaya (SP) göre ne kadar önemlidir?

“Doğrusal Programlama”ya göre

S.37 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

s.38 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

s.39 Sayılar teorisi (NT), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

s.40 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

s.41 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

s.42 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

s.43 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

s.44 Küme teorisi (NT), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

s.45 Küme teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

s.46 Küme teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

s.47 Küme teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

s.48 Fonksiyonlar (F), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

s.49 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

s.50 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

s.51 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

s.52 Türev (D), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

s.53 Türev (D), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

s.54 Türev (D), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

s.55 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

s.56 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

s.57 Analitik Geometri (AG), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

“Doğrusal Olmayan Programlama”ya göre

S.58 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.59 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.60 Sayılar teorisi (NT), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.61 Sayılar teorisi (NT), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.62 Sayılar teorisi (NT), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.63 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.64 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.65 Sayılar teorisi (NT), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.66 Sayılar teorisi (NT), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.67 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.68 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.69 Küme teorisi (ST), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.70 Küme teorisi (ST), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.71 Küme teorisi (ST), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.72 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.73 Küme teorisi (ST), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.74 Küme teorisi (ST), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.75 Küme teorisi (ST), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.76 Küme teorisi (ST), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.77 Fonksiyonlar (F), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.78 Fonksiyonlar (F), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.79 Fonksiyonlar (F), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.80 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.81 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.82 Fonksiyonlar (F), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.83 Fonksiyonlar (F), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.84 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.85 Limit (L), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.86 Limit (L), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.87 Limit (L), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.88 Limit (L), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.89 Limit (L), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.90 Limit (L), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.91 Limit (L), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.92 Türev (D), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.93 Türev (D), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.94 Türev (D), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.95 Türev (D), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.96 Türev (D), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.97 Türev (D), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.98 İntegral (I), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.99 İntegral (I), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.100 İntegral (I), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.101 İntegral (I), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.102 İntegral (I), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.103 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.104 Seriler (S), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.105 Seriler (S), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.106 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.107 Analitik Geometri (AG), diferansiyel denklemlere (DE) göre ne kadar önemlidir?

S.108 Analitik Geometri (AG), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.109 Analitik Geometri (AG), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.110 Diferansiyel Denklemler (DE), istatistike (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.111 Diferansiyel Denklemler (DE), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.112 İstatistik (STA), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

“Tamsayılı Programlama”ya göre

S.113 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.114 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.115 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.116 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.117 Sayılar teorisi (NT), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.118 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.119 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.120 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.121 Küme teorisi (ST), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.122 Küme teorisi (ST), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.123 Küme teorisi (ST), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.124 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.125 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.126 Fonksiyonlar (F), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.127 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.128 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.129 Seriler (S), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.130 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.131 Analitik Geometri (AG), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.132 Analitik Geometri (AG), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.133 Kombinatorik (COM), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

“Stok / Envanter Modelleme”ya göre

S.146 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.147 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.148 Sayılar teorisi (NT), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.149 Sayılar teorisi (NT), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.150 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.151 Sayılar teorisi (NT), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.152 Sayılar teorisi (NT), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.153 Sayılar teorisi (NT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.154 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.155 Küme teorisi (ST), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.156 Küme teorisi (ST), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.157 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.158 Küme teorisi (ST), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.159 Küme teorisi (ST), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.160 Küme teorisi (ST), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.161 Fonksiyonlar (F), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.162 Fonksiyonlar (F), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.163 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.164 Fonksiyonlar (F), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.165 Fonksiyonlar (F), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.166 Fonksiyonlar (F), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.167 Türev (D), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.168 Türev (D), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.169 Türev (D), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.170 Türev (D), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.171 Türev (D), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.172 İntegral (I), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.173 İntegral (I), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.174 İntegral (I), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.175 İntegral (I), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.176 Seriler (S), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.177 Seriler (S), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.178 Seriler (S), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.179 Kombinatorik (COM), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.180 Kombinatorik (COM), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.181 Olasılık Teorisi (PT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

“Stok / Envanter Modelleme”ya göre

S.182 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.183 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.184 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.185 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.186 Sayılar teorisi (NT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.187 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.188 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.189 Küme teorisi (ST), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.190 Küme teorisi (ST), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.191 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.192 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.193 Fonksiyonlar (F), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.194 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.195 Seriler (S), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.196 Analitik Geometri (AG), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

“Oyun Teorisi”ya göre

S.197 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.198 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.199 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.200 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.201 Sayılar teorisi (NT), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.202 Sayılar teorisi (NT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.203 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.204 Sayılar teorisi (NT), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.205 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.206 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.207 Küme teorisi (ST), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.208 Küme teorisi (ST), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.209 Küme teorisi (ST), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.210 Küme teorisi (ST), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.211 Küme teorisi (ST), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.212 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.213 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.214 Fonksiyonlar (F), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.215 Fonksiyonlar (F), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.216 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.217 Fonksiyonlar (F), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.218 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?

S.219 Seriler (S), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.220 Seriler (S), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.221 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.222 Seriler (S), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.223 Analitik Geometri (AG), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?
S.224 Analitik Geometri (AG), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?
S.225 Analitik Geometri (AG), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?
S.226 Analitik Geometri (AG), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.227 Kombinatorik (COM), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?
S.228 Kombinatorik (COM), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?
S.229 Kombinatorik (COM), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.230 İstatistik (STA), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?
S.231 İstatistik (STA), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.232 Lineer Cebir (LA), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
"Karar Teorisi"ya göre
S.233 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?
S.234 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?
S.235 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?
S.236 Sayılar teorisi (NT), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?
S.237 Sayılar teorisi (NT), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.238 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?
S.239 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?
S.240 Küme teorisi (ST), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?
S.241 Küme teorisi (ST), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.242 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?
S.243 Fonksiyonlar (F), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?
S.244 Fonksiyonlar (F), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.245 Seriler (S), analitik geometriye (AG) göre ne kadar önemlidir?
S.246 Seriler (S), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
S.247 Analitik Geometri (AG), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?
"Dinamik Programlama"ya göre
S.248 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?
S.249 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?
S.250 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?
S.251 Sayılar teorisi (NT), limite (L) göre ne kadar önemlidir?
S.252 Sayılar teorisi (NT), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?
S.253 Sayılar teorisi (NT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.254 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.255 Sayılar teorisi (NT), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.256 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.257 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.258 Küme teorisi (ST), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.259 Küme teorisi (ST), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.260 Küme teorisi (ST), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.261 Küme teorisi (ST), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.262 Küme teorisi (ST), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.263 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.264 Fonksiyonlar (F), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.265 Fonksiyonlar (F), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.266 Fonksiyonlar (F), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.267 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.268 Fonksiyonlar (F), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.269 Seriler (S), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.270 Seriler (S), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.271 Seriler (S), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.272 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.273 Seriler (S), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.274 Limit (L), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.275 Limit (L), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.276 Limit (L), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.277 Limit (L), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.278 Kombinatorik (COM), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.279 Kombinatorik (COM), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.280 Kombinatorik (COM), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.281 İstatistik (STA), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.282 İstatistik (STA), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.283 Lineer Cebir (LA), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

“Stokastik Programlama”ya göre

S.284 Sayılar teorisi (NT), küme teorisine (ST) göre ne kadar önemlidir?

S.285 Sayılar teorisi (NT), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.286 Sayılar teorisi (NT), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.287 Sayılar teorisi (NT), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.288 Sayılar teorisi (NT), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.289 Sayılar teorisi (NT), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.290 Sayılar teorisi (NT), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.291 Sayılar teorisi (NT), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.292 Sayılar teorisi (NT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.293 Sayılar teorisi (NT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.294 Küme teorisi (ST), fonksiyonlara (F) göre ne kadar önemlidir?

S.295 Küme teorisi (ST), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.296 Küme teorisi (ST), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.297 Küme teorisi (ST), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.298 Küme teorisi (ST), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.299 Küme teorisi (ST), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.300 Küme teorisi (ST), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.301 Küme teorisi (ST), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.302 Küme teorisi (ST), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.303 Fonksiyonlar (F), limite (L) göre ne kadar önemlidir?

S.304 Fonksiyonlar (F), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.305 Fonksiyonlar (F), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.306 Fonksiyonlar (F), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.307 Fonksiyonlar (F), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.308 Fonksiyonlar (F), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.309 Fonksiyonlar (F), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.310 Fonksiyonlar (F), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.311 Limit (L), türeve (D) göre ne kadar önemlidir?

S.312 Limit (L), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.313 Limit (L), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.314 Limit (L), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.315 Limit (L), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.316 Limit (L), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.317 Limit (L), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.318 Türev (D), integrale (I) göre ne kadar önemlidir?

S.319 Türev (D), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.320 Türev (D), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.321 Türev (D), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.322 Türev (D), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.323 Türev (D), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.324 İntegral (I), serilere (S) göre ne kadar önemlidir?

S.325 İntegral (I), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.326 İntegral (I), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.327 İntegral (I), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.328 İntegral (I), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.329 Seriler (S), kombinatoriğe (COM) göre ne kadar önemlidir?

S.330 Seriler (S), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.331 Seriler (S), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.332 Seriler (S), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.333 Kombinatorik (COM), olasılık teorisine (PT) göre ne kadar önemlidir?

S.334 Kombinatorik (COM), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.335 Kombinatorik (COM), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.336 Olasılık teorisi (PT), istatistiğe (STA) göre ne kadar önemlidir?

S.337 Olasılık teorisi (PT), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

S.338 İstatistik (STA), lineer cebire (LA) göre ne kadar önemlidir?

Tablo B.1: Yöneylem Araştırmasına Göre Bulanık AHP Anketi

Yöneylem Araştırmasına Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S1	LP		X										NLP
S2	LP			X									IP
S3	LP								X				IM
S4	LP					X							F
S5	LP							X					GT
S6	LP							X					DT
S7	LP						X						DP
S8	LP							X					SP
S9	NLP									X			IP
S10	NLP								X				IM
S11	NLP					X							F
S12	NLP							X					GT
S13	NLP								X				DT
S14	NLP						X						DP
S15	NLP							X					SP
S16	IP								X				IM
S17	IP					X							F
S18	IP							X					GT
S19	IP							X					DT
S20	IP						X						DP
S21	IP							X					SP
S22	IM		X										F
S23	IM		X										GT
S24	IM								X				DT
S25	IM							X					DP
S26	IM							X					SP
S27	F								X				GT
S28	F									X			DT
S29	F								X				DP
S30	F									X			SP
S31	GT						X						DT
S32	GT								X				DP
S33	GT										X		SP
S34	DT			X									DP
S35	DT						X						SP
S36	DP										X		SP

Tablo B.1 : Doğrusal Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi

Doğrusal Programlamaya Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşite yakın önemli	Eşit önem	Eşite yakın önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S37	NT						X						ST
S38	NT									X			F
S39	NT										X		D
S40	NT								X				S
S41	NT							X					AG
S42	NT											X	LA
S43	ST									X			F
S44	ST										X		D
S45	ST									X			S
S46	ST				X								AG
S47	ST											X	LA
S48	F						X						D
S49	F						X						S
S50	F			X									AG
S51	F					X							LA
S52	D			X									S
S53	D		X										AG
S54	D					X							LA
S55	S							X					AG
S56	S										X		LA
S57	AG								X				LA

Tablo B.2 : Doğrusal Olmayan Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi

Doğrusal Olmayan Programlamaya Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S58	NT							X					ST
S59	NT									X			F
S60	NT								X				L
S61	NT								X				D
S62	NT								X				I
S63	NT							X					S
S64	NT						X						AG
S65	NT								X				DE
S66	NT										X		STA
S67	NT											X	LA
S68	ST									X			F
S69	ST								X				L
S70	ST								X				D
S71	ST								X				I
S72	ST							X					S
S73	ST							X					AG
S74	ST									X			DE
S75	ST										X		STA
S76	ST											X	LA
S77	F							X					L
S78	F							X					D
S79	F							X					I
S80	F						X						S
S81	F				X								AG
S82	F									X			DE
S83	F										X		STA
S84	F											X	LA
S85	L						X						D
S86	L						X						I
S87	L						X						S
S88	L								X				AG
S89	L									X			DE
S90	L										X		STA
S91	L											X	LA
S92	D						X						I
S93	D						X						S
S94	D				X								AG
S95	D									X			DE
S96	D										X		STA
S97	D											X	LA
S98	I						X						S
S99	I							X					AG
S100	I									X			DE
S101	I										X		STA
S102	I											X	LA
S103	S								X				AG
S104	S									X			DE

S105	S										X		STA
S106	S											X	LA
S107	AG								X				DE
S108	AG									X			STA
S109	AG										X		LA
S110	DE						X						STA
S111	DE						X						LA
S112	STA						X						LA

Tablo B.3 : Tamsayılı Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi

Tamsayılı Programlamaya Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S118	NT						X						ST
S119	NT									X			F
S120	NT							X					S
S121	NT								X				AG
S122	NT						X						COM
S123	NT									X			STA
S124	NT											X	LA
S125	ST								X				F
S126	ST								X				S
S127	ST									X			AG
S128	ST								X				COM
S129	ST										X		STA
S130	ST											X	LA
S131	F						X						S
S132	F				X								AG
S133	F						X						COM
S134	F								X				STA
S135	F										X		LA
S136	S							X					AG
S137	S								X				COM
S138	S										X		STA
S139	S											X	LA
S140	AG							X					COM
S141	AG										X		STA
S142	AG											X	LA
S143	COM							X					STA
S144	COM										X		LA
S145	STA						X						LA

Tablo B.4 : Stok / Envanter Modellemeye Göre Bulanık AHP Anketi

Stok / Envanter Modellemeye Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S146	NT						X						ST
S147	NT							X					F
S148	NT									X			D
S149	NT									X			I
S150	NT							X					S
S151	NT							X					COM
S152	NT											X	PT
S153	NT										X		STA
S154	ST							X					F
S155	ST									X			D
S156	ST									X			I
S157	ST							X					S
S158	ST							X					COM
S159	ST											X	PT
S160	ST										X		STA
S161	F									X			D
S162	F									X			I
S163	F						X						S
S164	F						X						COM
S165	F											X	PT
S166	F										X		STA
S167	D						X						I
S168	D			X									S
S169	D			X									COM
S170	D											X	PT
S171	D		X										STA
S172	I			X									S
S173	I			X									COM
S174	I											X	PT
S175	I		X										STA
S176	S						X						COM
S177	S											X	PT
S178	S										X		STA
S179	COM											X	PT
S180	COM										X		STA
S181	PT								X				STA

Tablo B.5 : Tahmin Modellerine Göre Bulanık AHP Anketi

Tahmin Modellerine Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S182	NT						X						ST
S183	NT						X						F
S184	NT						X						S
S185	NT						X						AG
S186	NT								X				STA
S187	ST						X						F
S188	ST						X						S
S189	ST						X						AG
S190	ST								X				STA
S191	F						X						S
S192	F						X						AG
S193	F								X				STA
S194	S						X						AG
S195	S								X				STA
S196	AG								X				STA

Tablo B.6 : Oyun Teorisine Göre Bulanık AHP Anketi

Oyun Teorisine Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S197	NT						X						ST
S198	NT							X					F
S199	NT							X					S
S200	NT				X								AG
S201	NT									X			COM
S202	NT							X					STA
S203	NT			X									LA
S204	NT											X	PT
S205	ST							X					F
S206	ST							X					S
S207	ST					X							AG
S208	ST									X			COM
S209	ST							X					STA
S210	ST				X								LA
S211	ST											X	PT
S212	F						X						S
S213	F			X									AG
S214	F									X			COM
S215	F					X							STA
S216	F				X								LA
S217	F											X	PT
S218	S						X						AG
S219	S								X				COM
S220	S							X					STA
S221	S					X							LA
S222	S											X	PT
S223	AG								X				COM
S224	AG							X					STA
S225	AG						X						LA
S226	AG											X	PT
S227	COM					X							STA
S228	COM				X								LA
S229	COM						X						PT
S230	STA						X						LA
S231	STA										X		PT
S232	LA											X	PT

Tablo B.7 : Karar Teorisine Göre Bulanık AHP Anketi

Karar Teorisine Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S233	NT						X						ST
S234	NT							X					F
S235	NT							X					S
S236	NT					X							AG
S237	NT											X	PT
S238	ST					X							F
S239	ST					X							S
S240	ST					X							AG
S241	ST											X	PT
S242	F						X						S
S243	F				X								AG
S244	F											X	PT
S245	S				X								AG
S246	S											X	PT
S247	AG											X	PT

Tablo B.8 : Dinamik Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi

Dinamik Programlamaya Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S248	NT						X						ST
S249	NT							X					F
S250	NT					X							S
S251	NT					X							L
S252	NT								X				COM
S253	NT							X					STA
S254	NT								X				LA
S255	NT											X	PT
S256	ST								X				F
S257	ST							X					S
S258	ST							X					L
S259	ST									X			COM
S260	ST							X					STA
S261	ST							X					LA
S262	ST											X	PT
S263	F						X						S
S264	F							X					L
S265	F								X				COM
S266	F					X							STA
S267	F					X							LA
S268	F											X	PT
S269	S							X					L
S270	S									X			COM
S271	S								X				STA
S272	S							X					LA
S273	S											X	PT
S274	L									X			COM
S275	L								X				STA
S276	L								X				LA
S277	L											X	PT
S278	COM		X										STA
S279	COM		X										LA
S280	COM						X						PT
S281	STA			X									LA
S282	STA										X		PT
S283	LA											X	PT

Tablo B.9 : Stokastik Programlamaya Göre Bulanık AHP Anketi

Stokastik Programlamaya Göre		Bir ölçütün diğerine göre önem değeri											
Sorular	***Nitelikler***	Tamamıyla önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Kuvvetli derecede önemli	Biraz daha fazla önemli	Eşit Derecede Önemli	Kesin Eşit	Eşit Derecede Önemli	Biraz daha fazla önemli	Kuvvetli derecede önemli	Çok kuvvetli derecede önemli	Tamamıyla önemli	***Nitelikler***
S284	NT						X						ST
S285	NT								X				F
S286	NT									X			L
S287	NT									X			D
S288	NT									X			I
S289	NT								X				S
S290	NT										X		COM
S291	NT											X	PT
S292	NT								X				STA
S293	NT						X						LA
S294	ST								X				F
S295	ST									X			L
S296	ST									X			D
S297	ST									X			I
S298	ST								X				S
S299	ST										X		COM
S300	ST											X	PT
S301	ST								X				STA
S302	ST						X						LA
S303	F							X					L
S304	F							X					D
S305	F							X					I
S306	F						X						S
S307	F									X			COM
S308	F											X	PT
S309	F							X					STA
S310	F					X							LA
S311	L						X						D
S312	L						X						I
S313	L					X							S
S314	L										X		COM
S315	L											X	PT
S316	L									X			STA
S317	L								X				LA
S318	D						X						I
S319	D				X								S
S320	D									X			COM
S321	D											X	PT
S322	D			X									STA
S323	D		X										LA

S324	I			X									S
S325	I									X			COM
S326	I											X	PT
S327	I				X								STA
S328	I				X								LA
S329	S										X		COM
S330	S											X	PT
S331	S							X					STA
S332	S							X					LA
S333	COM						X						PT
S334	COM			X									STA
S335	COM	X											LA
S336	PT		X										STA
S337	PT	X											LA
S338	STA						X						LA

C. İkili Karşılaştırmalar Matrisleri

Tablo C.10 Yöneylem Araştırmasına Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

OR	IP			NLP			IP			IM			F			GT			DT			DP			SP		
IP	(1,00	1,00	1,00)	(1,20	1,80	2,20)	(1,10	1,50	1,90)	(0,50	0,67	1,00)	(0,53	0,71	0,97)	(0,59	0,83	1,45)	(0,48	0,65	0,91)	(0,63	0,83	1,08)	(0,50	0,67	1,00)
NLP	(0,45	0,56	0,77)	(1,00	1,00	1,00)	(0,63	0,83	1,25)	(0,32	0,38	0,48)	(0,36	0,45	0,56)	(0,34	0,42	0,53)	(0,34	0,42	0,55)	(0,40	0,50	0,67)	(0,33	0,40	0,50)
IP	(0,53	0,67	0,91)	(0,80	1,20	1,60)	(1,00	1,00	1,00)	(0,37	0,45	0,59)	(0,40	0,50	0,67)	(0,38	0,48	0,65)	(0,35	0,40	0,50)	(0,45	0,59	0,81)	(0,34	0,42	0,53)
IM	(1,00	1,50	2,00)	(2,10	2,60	3,10)	(1,70	2,20	2,70)	(1,00	1,00	1,00)	(0,85	1,20	1,70)	(0,75	1,10	1,60)	(0,80	0,95	1,10)	(1,15	1,60	2,20)	(0,76	1,00	1,50)
F	(1,03	1,40	1,90)	(1,80	2,30	2,80)	(1,50	2,00	2,50)	(0,59	0,85	1,20)	(1,00	1,00	1,00)	(0,67	1,00	1,32)	(0,67	0,85	1,11)	(0,71	1,14	1,59)	(0,59	0,91	1,39)
GT	(0,70	1,20	1,70)	(1,90	2,40	2,90)	(1,60	2,10	2,60)	(0,63	0,91	1,37)	(0,76	1,00	1,50)	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,00	1,67)	(0,75	1,20	1,56)	(0,63	0,83	1,08)
DT	(1,10	1,60	2,10)	(1,90	2,40	2,90)	(2,00	2,50	3,00)	(0,91	1,08	1,25)	(0,90	1,20	1,50)	(0,60	1,00	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,81	1,41	1,96)	(0,67	0,97	1,37)
DP	(0,93	1,20	1,60)	(1,50	2,00	2,50)	(1,23	1,70	2,30)	(0,45	0,63	0,88)	(0,63	0,88	1,40)	(0,64	0,83	1,33)	(0,51	0,71	1,25)	(1,00	1,00	1,00)	(0,42	0,56	0,75)
SP	(1,00	1,50	2,00)	(2,00	2,50	3,00)	(1,90	2,40	2,90)	(0,67	1,00	1,32)	(0,63	1,10	1,70)	(0,93	1,20	1,60)	(0,75	1,05	1,50)	(1,35	1,80	2,40)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.11 Doğrusal Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

LP	NT			SE			F			D			S			AG			LA		
NT	(1,00	1,00	1,00)	(0,67	0,83	1,11)	(0,36	0,43	0,56)	(0,38	0,48	0,63)	(0,59	0,83	1,45)	(0,45	0,59	0,83)	(0,29	0,34	0,42)
SE	(0,90	1,20	1,50)	(1,00	1,00	1,00)	(0,43	0,56	0,77)	(0,43	0,59	0,81)	(0,56	1,00	1,52)	(0,56	0,77	1,25)	(0,32	0,38	0,48)
F	(1,80	2,30	2,80)	(1,30	1,80	2,30)	(1,00	1,00	1,00)	(0,67	1,08	1,52)	(0,94	1,52	2,04)	(0,67	1,16	1,79)	(0,59	0,83	1,45)
D	(1,60	2,10	2,60)	(1,23	1,70	2,30)	(0,66	0,93	1,50)	(1,00	1,00	1,00)	(0,81	1,32	1,96)	(0,58	0,88	1,19)	(0,53	0,67	0,91)
S	(0,70	1,20	1,70)	(0,66	1,00	1,80)	(0,49	0,66	1,06)	(0,51	0,76	1,23)	(1,00	1,00	1,00)	(0,50	0,77	1,16)	(0,37	0,45	0,59)
AG	(1,20	1,70	2,20)	(0,80	1,30	1,80)	(0,56	0,86	1,50)	(0,84	1,13	1,73)	(0,86	1,30	2,00)	(1,00	1,00	1,00)	(0,45	0,56	0,77)
LA	(2,40	2,90	3,40)	(2,10	2,60	3,10)	(0,70	1,20	1,70)	(1,10	1,50	1,90)	(1,70	2,20	2,70)	(1,30	1,80	2,30)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.12 Doğrusal Olmayan Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

NLP	NT			SE			F			L			D			I			SE			AG			DE			STA			LA		
NT	(1,00	1,00	1,00)	(0,59	0,83	1,45)	(0,36	0,45	0,56)	(0,45	0,59	0,83)	(0,42	0,53	0,71)	(0,45	0,59	0,83)	(0,71	1,00	1,67)	(0,77	0,91	1,11)	(0,45	0,59	0,83)	(0,37	0,45	0,59)	(0,31	0,37	0,45)
SE	(0,70	1,20	1,70)	(1,00	1,00	1,00)	(0,48	0,63	0,91)	(0,67	0,91	1,45)	(0,59	0,77	1,11)	(0,63	0,83	1,25)	(0,83	1,08	1,20)	(0,65	1,08	1,45)	(0,67	0,91	1,45)	(0,45	0,63	0,88)	(0,40	0,50	0,67)
F	(1,80	2,30	2,80)	(1,10	1,60	2,10)	(1,00	1,00	1,00)	(0,83	1,25	1,59)	(0,65	1,08	1,45)	(0,83	1,25	1,59)	(1,37	1,92	2,44)	(1,59	2,13	2,65)	(0,83	1,25	1,59)	(0,77	1,14	1,67)	(0,70	1,00	1,72)
L	(1,20	1,70	2,20)	(0,70	1,10	1,50)	(0,63	0,80	1,20)	(1,00	1,00	1,00)	(0,83	1,00	1,25)	(0,91	1,00	1,11)	(0,71	1,25	1,79)	(0,83	1,37	1,89)	(1,00	1,00	1,00)	(0,63	0,88	1,45)	(0,45	0,63	0,88)
D	(1,40	1,90	2,40)	(0,90	1,30	1,70)	(0,70	0,93	1,60)	(0,80	1,00	1,20)	(1,00	1,00	1,00)	(0,67	1,00	1,32)	(0,88	1,45	1,96)	(0,94	1,52	2,04)	(0,71	1,00	1,16)	(0,70	1,00	1,72)	(0,55	0,70	1,00)
I	(1,20	1,70	2,20)	(0,80	1,20	1,60)	(0,63	0,80	1,20)	(0,90	1,00	1,10)	(0,76	1,00	1,50)	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,25	1,79)	(1,00	1,52	2,00)	(0,83	1,00	1,08)	(0,67	0,88	1,25)	(0,48	0,63	0,81)
SE	(0,60	1,00	1,40)	(0,83	0,93	1,20)	(0,41	0,52	0,73)	(0,56	0,80	1,40)	(0,51	0,70	1,13)	(0,56	0,80	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,08	1,32)	(0,63	0,83	1,25)	(0,45	0,63	0,88)	(0,40	0,50	0,67)
AG	(0,90	1,10	1,30)	(0,70	0,93	1,60)	(0,38	0,47	0,63)	(0,55	0,75	1,20)	(0,49	0,66	1,06)	(0,50	0,66	1,00)	(0,76	0,93	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,50	0,67	1,00)	(0,43	0,53	0,67)	(0,34	0,42	0,53)
DE	(1,20	1,70	2,20)	(0,70	1,10	1,50)	(0,63	0,80	1,20)	(1,00	1,00	1,00)	(0,86	1,00	1,40)	(0,93	1,00	1,20)	(0,80	1,20	1,60)	(1,00	1,50	2,00)	(1,00	1,00	1,00)	(0,65	0,91	1,47)	(0,45	0,59	0,81)
STA	(1,70	2,20	2,70)	(1,13	1,60	2,20)	(0,60	0,88	1,30)	(0,70	1,13	1,60)	(0,58	1,00	1,45)	(0,80	1,13	1,50)	(1,13	1,60	2,20)	(1,50	1,90	2,30)	(0,68	1,10	1,55)	(1,00	1,00	1,00)	(0,59	0,83	1,45)
LA	(2,20	2,70	3,20)	(1,50	2,00	2,50)	(0,58	1,00	1,45)	(1,13	1,60	2,20)	(1,00	1,45	1,90)	(1,25	1,60	2,10)	(1,50	2,00	2,50)	(1,90	2,40	2,90)	(1,25	1,70	2,30)	(0,70	1,20	1,70)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.13 Tamsayılı Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

P	NT	SE	F	S	AG	COM	STA	LA
NT	(1,00 1,00 1,00)	(0,91 1,00 1,11)	(0,38 0,48 0,63)	(0,67 1,00 2,00)	(0,45 0,59 0,83)	(0,71 1,00 1,16)	(0,45 0,59 0,83)	(0,29 0,34 0,42)
SE	(0,90 1,00 1,10)	(1,00 1,00 1,00)	(0,40 0,50 0,67)	(0,63 1,00 1,89)	(0,48 0,63 0,91)	(0,83 1,08 1,20)	(0,48 0,63 0,91)	(0,29 0,34 0,42)
F	(1,60 2,10 2,60)	(1,50 2,00 2,50)	(1,00 1,00 1,00)	(0,97 1,56 2,08)	(0,63 1,00 1,25)	(1,56 2,08 2,63)	(0,71 1,08 1,32)	(0,50 0,67 1,00)
S	(0,50 1,00 1,50)	(0,53 1,00 1,60)	(0,48 0,64 1,03)	(1,00 1,00 1,00)	(0,53 0,71 1,11)	(0,50 1,00 1,52)	(0,56 0,77 1,25)	(0,32 0,38 0,48)
AG	(1,20 1,70 2,20)	(1,10 1,60 2,10)	(0,80 1,00 1,60)	(0,90 1,40 1,90)	(1,00 1,00 1,00)	(1,32 1,85 2,33)	(0,59 1,00 1,43)	(0,45 0,59 0,83)
COM	(0,86 1,00 1,40)	(0,83 0,93 1,20)	(0,38 0,48 0,64)	(0,66 1,00 2,00)	(0,43 0,54 0,76)	(1,00 1,00 1,00)	(0,45 0,59 0,83)	(0,29 0,33 0,40)
STA	(1,20 1,70 2,20)	(1,10 1,60 2,10)	(0,76 0,93 1,40)	(0,80 1,20 1,80)	(0,70 1,00 1,70)	(1,20 1,70 2,20)	(1,00 1,00 1,00)	(0,43 0,56 0,77)
LA	(2,40 2,90 3,40)	(2,40 2,90 3,40)	(1,00 1,50 2,00)	(2,10 2,60 3,10)	(1,20 1,70 2,20)	(2,50 3,00 3,50)	(1,30 1,80 2,30)	(1,00 1,00 1,00)

Tablo C.14 Stok / Envanter Modellemeye Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

M	NT	SE	F	D	I	S	COM	PT	STA
NT	(1,00 1,00 1,00)	(1,00 1,00 1,00)	(0,56 0,77 1,25)	(0,40 0,50 0,67)	(0,42 0,53 0,71)	(0,67 1,00 2,00)	(0,63 0,91 1,67)	(0,29 0,33 0,40)	(0,32 0,38 0,48)
SE	(1,00 1,00 1,00)	(1,00 1,00 1,00)	(0,56 0,77 1,25)	(0,40 0,50 0,67)	(0,42 0,53 0,71)	(0,67 1,00 2,00)	(0,63 0,91 1,67)	(0,29 0,33 0,40)	(0,32 0,38 0,48)
F	(0,80 1,30 1,80)	(0,80 1,30 1,80)	(1,00 1,00 1,00)	(0,50 0,71 1,08)	(0,55 0,77 1,20)	(1,00 1,08 1,11)	(0,91 1,08 1,25)	(0,34 0,42 0,53)	(0,40 0,50 0,67)
D	(1,50 2,00 2,50)	(1,50 2,00 2,50)	(0,93 1,40 2,00)	(1,00 1,00 1,00)	(0,83 1,00 1,08)	(0,83 1,37 1,89)	(0,71 1,25 1,79)	(0,45 0,59 0,83)	(0,56 0,77 1,25)
I	(1,40 1,90 2,40)	(1,40 1,90 2,40)	(0,83 1,30 1,90)	(0,93 1,00 1,20)	(1,00 1,00 1,00)	(0,71 1,25 1,79)	(0,83 1,25 1,59)	(0,43 0,56 0,77)	(0,53 0,71 1,11)
S	(0,50 1,00 1,50)	(0,50 1,00 1,50)	(0,90 0,93 1,00)	(0,53 0,73 1,20)	(0,56 0,80 1,40)	(1,00 1,00 1,00)	(0,83 1,00 1,25)	(0,32 0,38 0,48)	(0,37 0,45 0,59)
COM	(0,60 1,10 1,60)	(0,60 1,10 1,60)	(0,80 0,93 1,10)	(0,56 0,80 1,40)	(0,63 0,80 1,20)	(0,80 1,00 1,20)	(1,00 1,00 1,00)	(0,34 0,42 0,53)	(0,40 0,50 0,67)
PT	(2,50 3,00 3,50)	(2,50 3,00 3,50)	(1,90 2,40 2,90)	(1,20 1,70 2,20)	(1,30 1,80 2,30)	(2,10 2,60 3,10)	(1,90 2,40 2,90)	(1,00 1,00 1,00)	(0,53 1,00 1,59)
STA	(2,10 2,60 3,10)	(2,10 2,60 3,10)	(1,50 2,00 2,50)	(0,80 1,30 1,80)	(0,90 1,40 1,90)	(1,70 2,20 2,70)	(1,50 2,00 2,50)	(0,63 1,00 1,90)	(1,00 1,00 1,00)

Tablo C.15 Tahmin Modellerine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

FM	NT	SE	F	S	AG	STA
NT	(1,00 1,00 1,00)	(0,91 1,00 1,11)	(0,59 0,71 0,91)	(0,71 1,00 1,37)	(0,91 1,00 1,11)	(0,48 0,50 0,67)
SE	(0,90 1,00 1,10)	(1,00 1,00 1,00)	(0,59 0,77 1,11)	(0,67 1,00 1,59)	(0,77 1,00 1,45)	(0,56 0,48 0,65)
F	(1,10 1,40 1,70)	(0,90 1,30 1,70)	(1,00 1,00 1,00)	(0,63 1,08 1,45)	(0,67 1,08 1,52)	(0,50 0,67 1,00)
S	(0,75 1,00 1,40)	(0,63 1,00 1,50)	(0,70 0,93 1,60)	(1,00 1,00 1,00)	(0,63 0,91 1,37)	(0,48 0,50 0,67)
AG	(0,90 1,00 1,10)	(0,70 1,00 1,50)	(0,66 0,93 1,50)	(0,73 1,10 1,60)	(1,00 1,00 1,00)	(0,43 0,56 0,77)
STA	(1,50 2,00 2,50)	(1,60 2,10 2,60)	(1,00 1,50 2,00)	(1,50 2,00 2,50)	(1,30 1,80 2,30)	(1,00 1,00 1,00)

Tablo C.16 Oyun Teorisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

GE	NT			SE			F			S			AG			COM			STA			LA			PT		
NT	(1,00	1,00	1,00)	(0,77	1,00	1,20)	(0,48	0,63	0,91)	(0,71	1,00	1,67)	(1,08	1,59	2,08)	(0,37	0,45	0,59)	(0,56	0,77	1,25)	(1,52	2,04	2,56)	(0,29	0,33	0,40)
SE	(0,83	1,00	1,30)	(1,00	1,00	1,00)	(0,48	0,63	0,91)	(0,59	0,91	1,59)	(1,08	1,59	2,08)	(0,37	0,45	0,59)	(0,56	0,71	1,00)	(1,52	2,04	2,56)	(0,29	0,34	0,42)
F	(1,10	1,60	2,10)	(1,10	1,60	2,10)	(1,00	1,00	1,00)	(0,85	1,25	1,59)	(2,04	2,56	3,03)	(0,53	0,71	1,11)	(0,67	1,04	1,59)	(2,13	2,63	3,13)	(0,37	0,45	0,59)
S	(0,60	1,00	1,40)	(0,63	1,10	1,70)	(0,63	0,80	1,20)	(1,00	1,00	1,00)	(1,37	1,89	2,38)	(0,58	0,68	0,63)	(0,63	0,83	1,25)	(1,37	1,89	2,38)	(0,30	0,36	0,45)
AG	(0,48	0,63	0,93)	(0,48	0,63	0,93)	(0,35	0,39	0,49)	(0,42	0,53	0,73)	(1,00	1,00	1,00)	(0,29	0,33	0,40)	(0,40	0,50	0,67)	(0,77	1,08	1,37)	(0,29	0,33	0,40)
COM	(1,70	2,20	2,70)	(1,70	2,20	2,70)	(0,90	1,40	1,90)	(1,60	2,10	2,60)	(2,50	3,00	3,50)	(1,00	1,00	1,00)	(1,00	1,59	2,13)	(2,38	2,94	3,45)	(0,59	0,77	1,11)
STA	(0,80	1,30	1,80)	(1,00	1,40	1,80)	(0,63	0,96	1,50)	(0,80	1,20	1,60)	(1,50	2,00	2,50)	(0,47	0,63	1,00)	(1,00	1,00	1,00)	(1,11	1,64	2,13)	(0,36	0,43	0,56)
LA	(0,39	0,49	0,66)	(0,39	0,49	0,66)	(0,32	0,38	0,47)	(0,42	0,53	0,73)	(0,73	0,93	1,30)	(0,29	0,34	0,42)	(0,47	0,61	0,90)	(1,00	1,00	1,00)	(0,29	0,34	0,42)
PT	(2,50	3,00	3,50)	(2,40	2,90	3,40)	(1,70	2,20	2,70)	(2,20	2,80	3,30)	(2,50	3,00	3,50)	(0,90	1,30	1,70)	(1,80	2,30	2,80)	(2,40	2,90	3,40)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.17 Karar Teorisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

DE	NT			SE			F			S			AG			PT		
NT	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,00	1,37)	(0,53	0,71	1,11)	(0,59	0,83	1,43)	(0,56	1,08	1,59)	(0,29	0,33	0,40)
SE	(0,73	1,00	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,56	0,77	1,25)	(0,63	0,91	1,67)	(0,71	1,25	1,79)	(0,30	0,36	0,43)
F	(0,90	1,40	1,90)	(0,80	1,30	1,80)	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,00	1,16)	(1,52	2,04	2,56)	(0,37	0,45	0,59)
S	(0,70	1,20	1,70)	(0,60	1,10	1,60)	(0,86	1,00	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(1,37	1,89	2,38)	(0,36	0,43	0,56)
AG	(0,63	0,93	1,80)	(0,56	0,80	1,40)	(0,39	0,49	0,66)	(0,42	0,53	0,73)	(1,00	1,00	1,00)	(0,29	0,33	0,40)
PT	(2,50	3,00	3,50)	(2,30	2,80	3,30)	(1,70	2,20	2,70)	(1,80	2,30	2,80)	(2,50	3,00	3,50)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.18 Dinamik Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

DP	NT			SE			F			S			L			COM			STA			LA			PT		
NT	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	0,91	1,25)	(0,45	0,59	0,83)	(0,50	1,00	1,52)	(0,50	1,00	1,52)	(0,50	0,67	1,00)	(0,59	0,83	1,43)	(0,50	0,67	1,00)	(0,32	0,38	0,48)
SE	(0,80	1,10	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,56	0,77	1,25)	(0,75	1,32	1,85)	(0,71	1,25	1,79)	(0,63	0,83	1,25)	(0,63	0,83	1,08)	(0,63	0,83	1,25)	(0,37	0,45	0,59)
F	(1,20	1,70	2,20)	(0,80	1,30	1,80)	(1,00	1,00	1,00)	(1,56	2,08	2,63)	(1,47	2,00	2,50)	(0,59	1,08	1,67)	(0,97	1,32	1,72)	(0,59	1,08	1,67)	(0,56	0,71	1,00)
S	(0,66	1,00	2,00)	(0,54	0,76	1,33)	(0,38	0,48	0,64)	(1,00	1,00	1,00)	(0,91	1,00	1,11)	(0,43	0,56	0,77)	(0,48	0,63	0,91)	(0,43	0,56	0,77)	(0,29	0,34	0,42)
L	(0,66	1,00	2,00)	(0,56	0,80	1,40)	(0,40	0,50	0,68)	(0,90	1,00	1,10)	(1,00	1,00	1,00)	(0,45	0,59	0,83)	(0,50	0,67	1,00)	(0,45	0,59	0,83)	(0,30	0,36	0,45)
COM	(1,00	1,50	2,00)	(0,80	1,20	1,60)	(0,60	0,95	1,70)	(1,50	1,80	2,30)	(1,20	1,70	2,20)	(1,00	1,00	1,00)	(0,50	0,91	1,37)	(0,83	1,00	1,08)	(0,45	0,59	0,83)
STA	(0,70	1,20	1,70)	(0,93	1,20	1,60)	(0,58	0,76	1,03)	(1,10	1,60	2,10)	(1,00	1,50	2,00)	(0,73	1,10	2,00)	(1,00	1,00	1,00)	(0,71	1,08	2,00)	(0,38	0,48	0,63)
LA	(1,00	1,50	2,00)	(0,80	1,20	1,60)	(0,60	0,93	1,70)	(1,20	1,80	2,30)	(1,20	1,70	2,20)	(0,93	1,00	1,20)	(0,50	0,93	1,40)	(1,00	1,00	1,00)	(0,42	0,53	0,71)
PT	(2,10	2,60	3,10)	(1,70	2,20	2,70)	(1,00	1,40	1,80)	(2,40	2,90	3,40)	(2,30	2,80	3,30)	(1,20	1,70	2,20)	(1,60	2,10	2,60)	(1,40	1,90	2,40)	(1,00	1,00	1,00)

Tablo C.19 Stokastik Programlamaya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi

SP	NT	SE	F	L	D	I	S	COM	PT	STA	LA
NT	(1,00 1,00 1,00)	(1,00 1,08 1,11)	(0,45 0,59 0,83)	(0,40 0,50 0,67)	(0,48 0,63 0,91)	(0,45 0,63 0,88)	(0,59 0,83 1,43)	(0,33 0,40 0,50)	(0,29 0,33 0,40)	(0,38 0,48 0,63)	(0,48 0,56 0,67)
SE	(0,90 0,93 1,00)	(1,00 1,00 1,00)	(0,42 0,53 0,71)	(0,37 0,45 0,59)	(0,43 0,56 0,77)	(0,42 0,56 0,75)	(0,53 0,71 1,11)	(0,32 0,38 0,48)	(0,29 0,33 0,40)	(0,37 0,45 0,59)	(0,43 0,53 0,67)
F	(1,20 1,70 2,20)	(1,40 1,90 2,40)	(1,00 1,00 1,00)	(0,63 1,00 1,09)	(0,53 1,00 1,59)	(0,61 1,11 1,72)	(0,83 1,16 1,37)	(0,53 0,71 1,11)	(0,42 0,53 0,71)	(0,67 0,91 1,43)	(0,58 0,81 1,10)
L	(1,50 2,00 2,50)	(1,70 2,20 2,70)	(0,53 1,00 1,60)	(1,00 1,00 1,00)	(0,91 1,16 1,43)	(1,00 1,23 1,49)	(0,63 1,16 1,67)	(0,63 0,91 1,67)	(0,45 0,59 0,83)	(0,59 0,83 1,20)	(0,70 0,97 1,47)
D	(1,10 1,60 2,10)	(1,30 1,80 2,30)	(0,63 1,00 1,90)	(0,70 0,86 1,10)	(1,00 1,00 1,00)	(1,00 1,08 1,11)	(0,70 1,11 1,56)	(0,50 0,67 1,00)	(0,38 0,48 0,63)	(0,43 0,59 0,81)	(0,58 0,70 0,93)
I	(1,13 1,60 2,20)	(1,33 1,80 2,40)	(0,58 0,90 1,65)	(0,67 0,81 1,00)	(0,90 0,93 1,00)	(1,00 1,00 1,00)	(0,65 1,00 1,35)	(0,48 0,63 0,91)	(0,37 0,45 0,59)	(0,45 0,63 0,88)	(0,52 0,65 0,85)
S	(0,70 1,20 1,70)	(0,90 1,40 1,90)	(0,75 0,86 1,20)	(0,60 0,86 1,60)	(0,64 0,90 1,43)	(0,74 1,00 1,53)	(1,00 1,00 1,00)	(0,42 0,53 0,71)	(0,34 0,42 0,53)	(0,48 0,59 0,77)	(0,45 0,61 0,81)
COM	(2,00 2,50 3,00)	(2,10 2,60 3,10)	(0,90 1,40 1,90)	(0,60 1,10 1,60)	(1,00 1,50 2,00)	(1,10 1,60 2,10)	(1,40 1,90 2,40)	(1,00 1,00 1,00)	(0,59 0,83 1,43)	(0,71 1,08 1,59)	(0,83 1,16 1,89)
PT	(2,50 3,00 3,50)	(2,50 3,00 3,50)	(1,40 1,90 2,40)	(1,20 1,70 2,20)	(1,60 2,10 2,60)	(1,70 2,20 2,70)	(1,90 2,40 2,90)	(0,70 1,20 1,70)	(1,00 1,00 1,00)	(0,75 1,32 1,85)	(1,12 1,59 1,89)
STA	(1,60 2,10 2,60)	(1,70 2,20 2,70)	(0,70 1,10 1,50)	(0,83 1,20 1,70)	(1,23 1,70 2,30)	(1,13 1,60 2,20)	(1,30 1,70 2,10)	(0,63 0,93 1,40)	(0,54 0,76 1,33)	(1,00 1,00 1,00)	(0,78 1,08 1,52)
LA	(1,50 1,80 2,10)	(1,50 1,90 2,30)	(0,91 1,25 1,73)	(0,68 1,03 1,43)	(1,08 1,43 1,75)	(1,18 1,55 1,93)	(1,25 1,63 2,20)	(0,53 0,86 1,20)	(0,53 0,63 0,89)	(0,66 0,93 1,28)	(1,00 1,00 1,00)

D. Istanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği İlgili Ders İçerikleri

1) **Matematik I, Matematik II**

Reel Sayılar ve Reel Doğru; Düzlemde Kartezyen Koordinatlar; İkinci ereceden Denklemlerin Grafikleri; Fonksiyonlar ve Grafikleri; Fonksiyonların Cebiri; Trigonometrik Fonksiyonlar; Komplex Sayılar; Fonksiyonların Limiti; Sonsuzda Limitler ve Sonsuz Limitler; Süreklilik; Limitin Formel Tanımı; Teğet Doğruları ve Bunların Eğimleri; Türev, Türev Alma Kuralları; Zincir Kuralı; Trigonometrik Fonksiyonların Türevleri; Esas Değer Teoremi; Türevleri Kullanma; Yüksek Mertebeden Türevler; Kapalı Fonksiyonların Türevi; Hız ve İvme; Ters Fonksiyonlar; Üstel ve Logaritmik Fonksiyonlar; Doğal Logaritma ve Üs alma; Ters Trigonometrik Fonksiyonlar; İlgili Oranlar ; Maksimum Minimum Değerler; Konkavlık ve Büküm Noktaları; Bir Fonksiyonun Grafiğinin Çizimi; Maksimum Minimum Problemleri; Lineer Cebire Giriş; Matrisler; Determinantlar ve Matrislerin Tersleri; Lineer Denklemler

2) **Endüstri Mühendisliğe Giriş**

Optimizasyon; Tesis kuruluş yeri belirleme ve yerleştirme; Talep tahmini; İş etüdü; Üretim planlama ve kontrol; Mühendislik ekonomisi; Kalite kontrol; Proje yönetimi

3) **Matematik III**

Fourier Serisine giriş; Fourier Serileri, Trigonometrik integraller, Fourier Serilerinde yakınsaklık,; Çift ve tek fonksiyonların integralleri, Fourier Cosinüs Serileri, Fourier Sinüs Serileri.; Vektör kavramı, bir vektörün bileşen formu, birim vektör, ; Skaler çarpım, iki vektör arasındaki açı, dik vektörler,; Vektör izdüşümü, limit, bir noktada süreklilik, ; Bir noktada türev, belirsiz integral, belirli integral,; Hız, ivme, hareket yönü,; Polar koordinatlar, simetri, ; Polar ve katezyen koordinatlar, Polar koordinatlarda alan, vektörlerde işlemler, ; Uzunluk ve yön, uzaklık, orta nokta, skaler çarpım, ; Vektör izdüşümü, vektörel çarpım, Paralel vectörler, üçlü skaler çarpım, uzayda doğru ve düzlem, ; Teğet birim vektör, eğrilik, normal birim vektör, eğrilik yarıçapı, yay uzunluğu; İki değişkenli fonksiyonlar, seviye eğri grafiği, yüzey, seviye yüzeyi,;Limitler and yüksek boyutlarda süreklilik, kısmi türevler, Zincir kuralı, Gradyent.

4) **Olasılık Teorisi ve İstatistiğe Giriş**

İstatistik ve Veri analizine Giriş; Temel Olasılık Kavramlarına giriş; Koşullu Olasılık, Bayes' Kuralı, Rassal Değişkenler ve Kesikli Olasılık Dağılımları; Sürekli Olasılık Dağılımları; Birleşik Olasılık Dağılımları; Beklenen Değer (Ortalama, varyans, kovaryans, korelasyon vb.) ; Chebyshev's Teoremi, Kovaryans, Regresyon Analizi; Bazı Kesikli Olasılık Dağılımları (Kesikli Uniform, Binomial, Multinomial ve Hiper geometrik Dağılımlar) ; Negatif Binomial, Geometric ve Poisson Dağılımları ve Poisson Prosesi; Bazı Sürekli Dağılımlar (Sürekli Uniform ve Normal Dağılım ve Normal Dağılım Uygulamaları); Binomial Dağılım-Normal Dağılım İlişkisi,;Gamma ve Exponential Dağılım; Gamma ve Exponential Dağılım Uygulamaları, Poisson ve Exponential Dağılım arasındaki ilişki

5) **Matematik IV**

Diferansiyel denklemler hakkında genel bilgiler; birinci mertebeden diferansiyel denklemler; sabit değişkenli yüksek mertebeden homojen diferansiyel denklemler; sabit değişkenli yüksek mertebeden homojen olmayan diferansiyel denklemler; Euler diferansiyel denklemleri ve genelleştirilmeleri; diferansiyel denklem sistemleri; Laplace dönüşümleri; Laplace dönüşümleri yardımıyla diferansiyel denklemlerin çözümleri.

6) **Sayısal Analiz**

Matematiğe giriş ; Matematiğe genel bir bakış; Hata analizi, kararlı ve karasız hesaplama, sayısal yazılımlar; Bir değişkenli denklem çözümleri – Yarılama Yöntemi, Sabit Nokta ve Fonksiyonel İterasyon, Newton Yöntemi ve Kiriş Yöntemi ; Enterpolasyon ve Polinomal Enterpolasyon, Bölünmüş Farklar ve Lagrange Enterpolasyonu ; Kübik Ara Enterpolasyonu ; En Küçük Kareler Yöntemi, Parametrik Eğriler; Sayısal Entegral, Sayısal Türev; Adi Diferansiyel Denklemler, Taylor Serileri Yöntemi; Runge-Kutta Yöntemi, Çok adım Yöntemi

7) **Uygulamalı İstatistik**

Verilerin tarifi ve veri grafikleri; Örnekleme dağılımları; Parametre ve aralık tahmini; Varsayım tetsleri; Basit doğrusal regresyon; Çok değişkenli doğrusal regresyon

8) **Yöneylem Araştırması I**

Yöneylem araştırmasına giriş; modelleme ve doğrusal programlama modelleri; grafiksel çözüm yöntemi; simpleks ve dual simpleks yöntemleri; dualite ve duyarlılık analizi; ulaşım, konaklamalı ulaşım ve atama problemleri; tamsayı programlama.

9) **Yöneylem Araştırması II**

Kesikli Zaman Markov Zincirleri; Poisson Süreci ve Üssel Dağılım; Doğum ve Ölüm Süreçleri; Sürekli Zaman markov Zincirleri ; Kuyruk Teorisi; Deterministik ve Stokastik Dinamik Programlama

10) **Üretim Planlama I**

Üretim sistemlerine giriş; Ürün tasarımı ve süreç planlama; Talep tahmini; Kapasite planlaması; Tesis kuruluş yeri belirleme ve yerleştirme

11) **Mühendislikte Deney Tasarımı**

Temel istatistiksel kavramların gözden geçirilmesi; Tek Faktör varyans analizi; Örnek Büyüklüğünün Belirlenmesi; İki yada daha fazla faktör varyans analizi; Faktöryel Tasarımlar; Kesirli Faktöryel Tasarımlar

12) **Üretim Planlama II**

Üretim planlamaya giriş; Statik modeller; Dinamik modeller; Envanter yönetimi; Malzeme ihtiyaç planlaması; Sıralama ve çizelgeleme

13) **Matematiksel Modellemede Vaka Çalışmaları**

Doğrusal programlama, tamsayı programlama ve doğrusal olmayan programlama modellerinin uygulama alanları, varsayımları; konu ile ilgili çeşitli vaka çalışmaları ile makalelerin tartışılması.

14) **Karar Analizine Giriş**

Karar verme süreçinin bileşenleri ve farklı karar verme ortamlarının sınıflandırılması; Belirsizlik altında karar verme; Bilginin Değeri; Yarar Teorisi; Çok Kriterli Karar Verme

15) **Tedarik Zinciri Yönetimi**

Tedarik zinciri yönetimine giriş ; Lojistik şebeke konfigürasyonu; Talep tahmini; Üretim planlama ve envanter kontrole giriş; Sabit talep ; Zamana bağlı olarak değişen talep; Talep yenileme koordinasyonu; İki safhalı örnek; Tedarik zinciri şebekelerine giriş; Tedarik zinciri ve elektronik ticaret
Lojistik fonksiyonlar : Müşteri servisi ve envanter yönetimi ; Teraik zinciri yönetimi: Vaka çalışmaları – tüm konular

ÖZGEÇMİŞ

İlkay GÜLTAŞ 1982'de Tekirdağ'da doğdu. 1999'da İzmir Fen Lisesi'nden mezun oldu. Lisans eğitimini İstanbul Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde tamamladı. 2004 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisansüstü eğitimine başladı. 2003'ten bu yana İstanbul Kültür Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışan Gültaş'ın çeşitli konferanslarda yayınlanmış bildirileri bulunmaktadır:

- Gultas, I., Ozdemir, R.G. and Ayag, Z. (2005) "*Equipment selection for assembly lines using investment analysis techniques under uncertain demand*", YA/EM 2005 National Congress - Koc University
- Gultas, I., Ince, O. (2006) "*A Fuzzy AHP Approach To the Machine Replacement Problem*", UAS 2006 National Symposium– Istanbul Kultur University