



**HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ALANINDAKİ MÜHENDİSLİK
UYGULAMALARININ ADAY MÜHENDİSLİK YAPACAK
STAJYERLERİN ÇALIŞMAK İSTEDİKLERİ ALT DİSİPLİNLERE
UYGUNLUĞUNUN ARAŞTIRILMASI:
TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ A.Ş. ÖRNEĞİ**

Berat Emre İLERİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İSTATİSTİK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2024

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Berat Emre İLERİ

22 / 01 / 2024

HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ ALANINDAKİ MÜHENDİSLİK
UYGULAMALARININ ADAY MÜHENDİSLİK YAPACAK STAJYERLERİN
ÇALIŞMAK İSTEDİKLERİ ALT DİSİPLİNLERE UYGUNLUĞUNUN
ARAŞTIRILMASI: TÜRK HAVACILIK VE UZAY SANAYİİ A.Ş. ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Berat Emre İLERİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2024

ÖZET

Bu çalışmada, Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de (TUSAŞ) uygulanmakta olan ve istihdamı doğrudan destekleyen SKY Experience Aday Mühendislik Programı'na 2023 – 2024 eğitim öğretim yılında katılım sağlayacak, makine mühendisliği ile benzer branşlarda öğrenim gören program başvuru ve değerlendirme neticesinde sürece dahil olmaya hak kazanan adayların, eğitim gördükleri ana bilim dalı ile örtüşen, havacılık, uzay ve uydu sistemleri alanında uzmanlaşmak istedikleri mühendislik alt disiplinlerine göre ideal atamaların yapılabileceği alanlar belirlenmiştir. Belirlenen bu mühendislik alanlarına yatkınlığı ve yetkinliği uygun olan adayların atamalarının yapılması ve programın maksimum verimlilikle yürütülmesi hedeflenmektedir. Birim ataması uygulamasına dair adaylara, Eylül 2023'te mühendislik kabiliyetleri ve yetkinliklerini ölçen ikili mülakatlar (sözlü sınavlar) yapılmıştır. Gerçekleştirilen mülakatlar neticesinde adayların uygun mühendislik birimlerine atanması için yetkinlik-aday talep matrisi oluşturulmuştur. Bu çalışmada aday mühendislerin uygun mühendislik branşlarında eğitim görebilmeleri adına elde edilen veriler yöneylem araştırması tekniklerinden birisi olan karışık tam sayılı programlama ile atama problemi olarak ele alınarak optimize edilmeye çalışılmıştır. Böylelikle aday mühendislerin hem yetkin oldukları branşlarda çalışma imkânı elde etmeleri, hem de talepleri dikkate alındığı için çalışma motivasyonlarına olumlu yansımalarının olması beklenmektedir.

Bilim Kodu : 20517
Anahtar Kelimeler : Aday Mühendislik, Karışık Tam Sayılı Programlama, R Programlama, Optimizasyon, TUSAŞ
Sayfa Adedi : 71
Danışman : Doç. Dr. Muhlis ÖZDEMİR

RESEARCHING THE SUITABILITY OF ENGINEERING PRACTICES IN THE FIELD
OF AEROSPACE TECHNOLOGIES WITH THE SUB-DISCIPLINES IN WHICH
CANDIDATE ENGINEERING INTERNS DESIRE TO WORK: TURKISH AEROSPACE
INC. EXAMPLE

(M. Sc. Thesis)

Berat Emre İLERİ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2024

ABSTRACT

In this study, the program application and evaluation for students studying in mechanical engineering and similar branches who will participate in the SKY Experience Candidate Engineering Program, which is implemented in Turkish Aerospace Industries Inc. (TUSAŞ) and directly supports employment, in the 2023 - 2024 academic calendar year. As a result, the areas where ideal assignments can be made have been determined for the candidates who are eligible to be included in the process, according to the engineering sub-disciplines in which they desire to specialize in the field of aviation, space and satellite systems, which overlap with the main science branch in which they are educated. It is aimed to appoint candidates who are suitable for these engineering fields and to carry out the program with maximum efficiency. Bilateral interviews (oral exam) were held for the candidates regarding the unit assignment application in September 2023, measuring their engineering capabilities and competencies. As a result of the interviews, a competency-candidate demand matrix was created to assign candidates to appropriate engineering units. In this study, to train candidate engineers in appropriate engineering branches, the data obtained was tried to be optimized by considering it as an assignment problem with mixed integer programming, one of the operational research techniques. Thus, it is expected that candidate engineers will have the opportunity to work in the branches in which they are competent, and that it will have a positive impact on their motivation to work, as their demands are considered.

Science Code : 20517
Key Words : Candidate Engineering, Mixed Integer Programming, R
Programming, optimization, TUSAŞ
Page Number : 71
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Muhlis ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tamamlanmasında katkıları bulunan, profesyonel hayatın kıymetli isimlerine ve hayatımın paha biçilemez parçası ailemin her bir ferdine yürekten teşekkür ederim.

Araştırmalarım süresince bana yol gösteren, her türlü öneri, eleştiri, teşvik ve başarıya ulaşmam için düşünceleri ile ilham veren, akademik ve mesleki birikimleri ile bana destek olarak çalışmaya ışık tutan tez danışmanım değerli hocam Doç. Dr. Muhlis ÖZDEMİR'e en derin şükranlarımı sunarım.

Yol arkadaşım, sevgili eşim Sezen İLERİ'ye; güzel ailemin pırlantaları evlatlarım Emir ve Zeynep İLERİ'ye sabırları başta olmak üzere, noksansız sevgileri ile sundukları manevi desteklerden dolayı, en kalbi duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
RESİMLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	7
3. YÖNTEM	17
3.1. Doğrusal Programlama.....	17
3.1.1. Doğrusal programlamanın tanımı	17
3.1.2. Doğrusal programlamanın uygulandığı alanlar.....	20
3.1.3. Doğrusal programlama ile ilgili varsayımlar	20
3.1.4. Doğrusal programlamanın biçimsel yapısı	22
3.1.5. Model Gösterimi	23
3.1.6. Doğrusal programlama problemlerinin temel özellikleri.....	24
3.2. Tam Sayılı Programlama	26
3.3. İkili Programlama.....	28
3.4. Atama Problemi.....	31
3.5. Simpleks Çözüm Yöntemi.....	33
4. UYGULAMA.....	39
4.1. Metodolojik / Yöntemsel Sınırlılıklar	42
4.2. Veri	42

	Sayfa
4.3. Rapor Modülü	49
5. SONUÇ	55
KAYNAKLAR.....	57
EKLER.....	61
EK-1. Aday talep formu	62
EK-2. İmalat mühendisliği aday değerlendirme formu.....	63
EK-3. Malzeme inceleme kurulu mühendisliği aday değerlendirme formu	64
EK-4. Montaj mühendisliği aday değerlendirme formu	65
EK-5. Malzeme ve proses mühendisliği aday değerlendirme formu	66
EK-6. NC mühendisliği aday değerlendirme formu	67
EK-7. Otomasyon mühendisliği aday değerlendirme formu	68
EK-8. Uçuş test mühendisliği aday değerlendirme formu	69
EK-9. Yapısal analiz mühendisliği aday değerlendirme formu.....	70
ÖZGEÇMİŞ	71

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Literatür özeti.....	15
Çizelge 3.1. Eşitsizliklerin eşitlik haline dönüşmesi	37
Çizelge 4.1. Değerlendirme formu 1	43
Çizelge 4.2. Değerlendirme formu 2	43
Çizelge 4.3. Aday mühendislerin mühendislik alt disiplinlerine yatkınlığı mülakat sonuçları – skor matrisi.....	44
Çizelge 4.4. Aday talep formu	45
Çizelge 4.5. Aday mühendislerin staj yapmak istedikleri mühendislik alt disiplin tercihleri – talep matrisi.....	46
Çizelge 4.6. Nihai karar matrisi	47
Çizelge 4.7. Atama matrisi.....	48
Çizelge 4.8. Sonuç matrisi	49

RESİMLER LİSTESİ

Sayfa

Resim 4.1. Rapor modülü görseli	50
---------------------------------------	----

KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
DP	Doğrusal Programlama
İM	İmalat Mühendisliği
MIKM	Malzeme İnceleme Kurulu Mühendisliği
MM	Montaj Mühendisliği
MPM	Malzeme ve Proses Mühendisliği
NC	Numerical Control (Sayısal Kontrol)
NCM	NC Mühendisliği
OM	Otomasyon Mühendisliği
SM	Sistem Mühendisliği
TP	Tam Sayılı Programlama
TUSAŞ	Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.
UTM	Uçuş Test Mühendisliği
YAM	Yapısal Analiz Mühendisliği
YTM	Yapısal Tasarım Mühendisliği

1. GİRİŞ

Havacılık, uzay ve uydu sistemleri alanındaki teknolojik gelişmeler ülkemizde yakından takip edilmekte, yapılan yatırımlar ve ortaya çıkan özgün ürünler sayesinde Türkiye, ilgili teknolojileri geliştirerek kullanmanın yanı sıra son yıllarda dünya pazarında ses getiren ürünlerin gökyüzüne imza atmasında önemli bir misyon üstlenmiştir. Bu alandaki başarı, sahip olunan altyapı, kabiliyet ve kapasitenin uluslararası ölçekte rekabet edebilecek nitelikte ve kalitede ürünlere dönüşmesi ile ölçülebilmekte olsa da yapılan çalışmaların ve ürünlerin her geçen gün daha da geliştirilmesi gerekmektedir.

Her ne kadar 20. yüzyılın son çeyreğinde, bilişim teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design; CAD) ve bilgisayar destekli mühendislik (Computer Aided Engineering; CAE) teknolojilerinin aktif şekilde uygulanması ile havacılık ve uzay teknolojilerinde daha yetkin tasarımların ortaya çıkması mümkün olsa da, durak bilmeden gelişen teknoloji ile birlikte rekabetçi ürünleri geliştirmek bir hayli güçleşmektedir. Havacılık ve uzay endüstrisinin hassasiyeti gereği, özgün ürün geliştirilmesi elzem olan bu alanlara hizmet eden şirketlerin, güçlü bir ekosisteme sahip olmaları ihtiyacının yanı sıra, milli imkanlarla ürün geliştirerek bu ürünleri ete kemiğe büründürecek nitelikli çalışanları da bünyesinde barındırması gerekmektedir. Bu ihtiyaca paralel olarak, şirketlerin böylesi hassas bir konuya yatırım yapmaları kaçınılmaz bir hal almaktadır. Sektöre dair rekabetin her geçen gün daha da kızışması ışığında yaşanan gelişmeler ile şirketler faaliyette bulundukları teknik alanlarda görevlendirecekleri, alanında uzman mühendislerle erişmekte oldukça zorlanmaktadır.

Nitelikli iş gücüne erişimin gün geçtikçe zorlaştığı ve hemen hemen tüm sektörlere sirayet ettiği bu hususa dair profesyonel hayatın temsilcileri, her geçen gün yeni çözümler geliştirmek amacıyla hatırı sayılır mesailer harcamaktadır. Ehemmiyeti tartışmasız bir hal alan bu duruma karşın şirketler, bahsi geçen iş gücüne erişimi kolaylaştırmak amacıyla üniversiteler ile muhtelif iş birlikleri yapmaktadır. Bu iş birliklerinden öne çıkan uygulamalardan bir tanesi de aday mühendislik programlarıdır. Aday mühendislik programları çerçevesinde şirketler, geleceğin mühendislerini henüz öğrenim gördükleri esnada bünyelerinde görevlendirmektedir. İlgili aday mühendisler bu vesile ile öğrenim gördükleri alanda, profesyonel iş hayatını deneyimleyerek tecrübe kazanmakta ve teknik kabiliyetlerini sahadaki gerçek uygulamalar üzerinde geliştirebilmektedir. Şirketler ise

deneyimli mühendis ihtiyaçlarını, bünyesinde yetiştirdiği aday mühendislerle sunduğu imkanlarla hızlıca kapatmayı hedeflemektedir. Geliştirilen aday mühendislik programlarının verimli uygulamalara dönüştürülmesi için temel bir sorunun giderilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Aday mühendislerin kendilerini yetiştirmekte oldukları ve yatkınlıkları bulunduğu, uzmanlaşmak istedikleri alt disiplin ile uygulama alanındaki reel faaliyetlerin azami düzeyde örtüşmesi gerekmektedir.

Geliştirilen aday mühendislik programlarının verimli uygulamalara dönüştürülmesini konu alan bu araştırma ile Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş.'de (TUSAŞ) istihdam öncesinde yürütülen aday mühendislik programına ilişkin mühendislik çalışma alt disiplini yatkınlığı etüt edilerek, adayların en optimal branşlardaki bölümlere yerleşmesinin sağlanması ve uygulanan programdan azami verim alınması hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra programa katılan ve kendilerini eğilimleri bulunan ilgili alt disiplinlere uygun şekilde yetiştirmek isteyen aday mühendislerin program çerçevesindeki doyumlarının en yüksek oranda gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Uygulanan bu program aracılığıyla, yeni mezun statüsünü kazanan aday mühendislerin, işe alım süreçlerinde de ön plana çıkması ve sahadaki gerçek uygulamalara kolaylıkla entegre olacakları neticelerin elde edilmesinin mümkün kılınması beklenmektedir.

TUSAŞ, mevcut şartlarda yıllık periyotta 2500'den fazla lisans öğrencisini muhtelif genç yetenek programları aracılığı ile tesislerinde ağırlamaktadır. Ulusal ya da uluslararası ölçekte yürütülen bu programlar vesilesi ile üniversitelerin; havacılık, havacılık ve uzay, makine, mekatronik, imalat, endüstri, elektrik ve elektronik, bilgisayar, yazılım, kontrol ve otomasyon vb. branşlarında öğrenim gören mühendislik öğrencilerin gelişimine aracı olunmakta, üniversitelerde elde edilen teorik kazanımların profesyonel dünyayla buluşması ve pratiğe dökülmesi ile genç popülasyonun üretkenliğinden faydalanılması hedeflenmektedir.

Lisans düzeyinde ve mühendislik fakültesinin ilgili bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerle yürütülen aday mühendislik programlarına ortalama olarak yılda 15000'den fazla başvuru alınmaktadır. Yıl içerisinde yapılan planlamalar çerçevesinde belirli periyotlarda ilgili programlar özelinde ilanlar yayınlanmaktadır. İlgili ilanlarda adaylardan temel düzeyde bilgiler toplanmaktadır. Bu bilgiler, adayların öğrenim gördükleri üniversite, mühendislik vb. fakültelerin ilgili bölümü, sınıf, akademik başarı, varsa Akademik Personel

ve Lisansüstü Eğitimi Giriş Sınavı (ALES) puanı, varsa ulusal ya da uluslararası tanınırlığı bulunan kurum ya da kuruluşlardan alınmış olan dil puanları, yer almışlarsa katıldıkları bilimsel çalışma ya da çalışmalar, katılmışlarsa ulusal ya da uluslararası yarışma veya yarışmalardan edinilmiş derece(ler), adayların başvuru esnasında beyanda bulundukları başvuru sistemine yaptıkları girişler çerçevesinde toplanmakta ve değerlendirme aşamasında dikkate alınmaktadır. Bu çalışmanın ortaya çıkmasındaki en önemli husulardan bir tanesi de başvuru esnasında adaylardan toplanan çalışma alanlarına yönelik ilgileridir. Adaylara normal şartlarda üç tane tercih sunulmaktadır ve birim atamaları yapılırken bu husus dikkate alınmaktadır. Yapılan beyana göre gerçekleşen teknik birimlere atama süreci, saha birimleri sorumlularının beklentilerini havacılık ve uzay teknolojileri gibi hassas bir alanda olmasının yanı sıra ülkemizin ihtiyaçlarını nitelikli bir alanda karşılamak ve uluslararası ölçekte her geçen gün rekabetin bir başka boyuta taşındığı noktada, sıradışı projelerin orataya çıkması için doğan takvimlerin öncü olarak ülkemizde gerçekleşmesi nedeni ile oluşan mükemmeliyetçi yaklaşımlar aday mühendislerin yatkınlıklarını, beyan ettikleri bölüm talepleri ve becerileri beklenen düzeyde istenilen karşılığı bulmamaktadır. Bu mükemmellik ihtiyacı konuyu sistematik çözümler üretmeye ve bu konu yapılan bilimsel çalışmalardan faydalanarak, genç yetenek programlarında uygulanan esasları da bir o kadar kusursuz boyuta çıkarma hedefini doğurmuştur.

Bu araştırma ile aday mühendislerin yatkınlıklarının bulunduğu alt disiplinler ile görevlendirilecekleri çalışma alanları arasındaki uyumluluğun belirlenmesi amacıyla adaylara mülakat (sözlü sınav) yapılmış ve stajyer mühendislerin çalışma alanlarına yatkınlıklarına dair mülakat gerçekleştirenlerce 0 ile 10 arasında skorların verildiği bir skor matrisi oluşturulmuştur. Ayrıca aday mühendislerden en çok staj yapmak istedikleri mühendislik alt disiplini için 10, en az staj yapmak istedikleri mühendislik alt disiplini için ise 1 değerini girmelerini istenen bir form ile aday mühendislerin staj tercihlerine ait talep matrisi oluşturulmuştur. Bu talep matrisi için adaylar ara değerler de girebilmektedir. Skor matrisi ile talep matrisi ağırlıklandırılarak nihai karar matrisi oluşturulmuştur. Böylelikle aday mühendislerin mülakat skorları ve talepleri göz önünde bulundurularak bu taleplerin dikkate alındığı bir karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen nihai karar matrisi karışık tam sayılı programlama tekniği ile literatürde atama problemi (assignment problem) olarak da bilinen adayların ilgili alt mühendislik disiplinlerine atanmasında girdi olarak kullanılmıştır. Bahsi geçen atamanın nihai karar matrisi dikkate alınarak Microsoft Excel'in Çözücü (Solver) aracı ile modellenmesi yapılmıştır. Microsoft Excel Çözücü, Microsoft Excel'in

hizmet paketlerinden bir tanesi olan ve kullanıcıların karmaşık problemleri çözmelerine yardımcı olan bir araçtır. Kullanıcılar bu araç sayesinde, hedef fonksiyonları optimize edebilmektedirler, hatta belirli kısıtlar altında en iyi kararın alınması ve doğru atamanın yapılması için karar alıcılar bu aracı kullanmayı tercih ederler. Çözücü, doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama veya tamsayı programlama gibi muhtelif optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılabilir. Çözücü, belirli bir hedefin kullanıcılar tarafından maksimize veya minimize etmek gibi ihtiyaçlarda belirlenen amaç fonksiyonu çerçevesinde en yüksek ya da en düşük değerin belirlenmesine ve bu hedefi etkileyen faktörler dahilinde değişkenlerin tanımlanmasına müsaade etmektedir. Çeşitli kısıtlamaları da kullanıcılar bu araç sayesinde (örneğin belli bir bütçe, belirli miktarlarda hammadde gibi) tanımlayabilmektedir. Excel Çözücü, belirtilen hedef fonksiyonuna bağlı durumların en verimli hale getirilmesi için gerekli maksimizasyon veya minimizasyon gereksinimlerini elde etmek için değişkenleri otomatik olarak ayarlayarak bu hedefe ulaşmaya çalışır. Örneğin, bir yatırımcının sahip olduğu bir kapitali doğru yatırım portföyünü seçmesi için olanak sağlayarak getirisinin maksimize edilmesi amacıyla değişkenlik gösteren varlık sınıflarına yapılacak yatırımları optimize etmek gibi karmaşık problemleri çözebilir. Kullanıcılar Çözücü'ye Excel'in "Veri" sekmesi altındaki "Analiz" bölümünden ulaşabilmektedirler. Çalışmalarında Çözücü aracılığı ile işlem yapan kullanıcılar, hedef fonksiyonlarını, probleme dair değişkenlerini ve kısıtlarını doğru bir şekilde tanımlaması gerekir. Bu sayede Excel Çözücü, optimize edilmesi gereken problemleri çözmek için en uygun çözümü bulmaya çalışır. Bu çalışma esnasında en başta kullanılması düşünülen Çözücü, veri setinin 500 hücreden oluşması (50 aday 10 mühendislik alt disiplini) ve Microsoft Excel'in Çözücü aracının en fazla 200 hücre için bu hesaplamayı yapıyor olması nedeni ile R Programlama Dili kullanılarak problem kodlanmış, *ompr* paketi kullanılarak aday mühendislerin mülakat skorları ile staj yapmak istedikleri mühendislik alanlarının örtüştürülerek ilgili birime atamaları gerçekleştirilmiştir. Microsoft Excel'in çözücü aracında maksimum 200 hücre kısıtı bulunduğundan geliştirilen yöntem sayesinde her seferinde model kurup problem çözümü için Excel kullanmaya gerek kalmamıştır. Geliştirilen yöntem çok az sayıda girdi ile tekrarlanabilir atama işlemi için kolaylıkla kullanılabilir. Model ile algoritmaya yalnızca aday taleplerinin bulunduğu talep matrisi, aday skorlarının bulunduğu skor matrisi ve her bir mühendislik biriminin aday mühendis yetiştirmek için kapasitelerinin parametre olarak verilmesi yeterlidir. Bu noktada her bir mühendislik alt biriminin kapasiteleri eşit olabileceği gibi birbirinden farklı kapasitelerin de olabileceği göz önünde bulundurularak geliştirilen algoritmaya bu esneklik eklenmiştir. R Programlama

dilinde geliştirilen yöntem sayesinde otomatize edilmiş tekrarlanabilir pdf ya da word formatında sonuçların elde edilmesi mümkündür. Tekrarlanabilir, standardize edilmiş - adayların hangi birimlere atandığının yer aldığı- raporlama modülünün geliştirilmesinde R Programlama dilinde yer alan *rmarkdown* paketinden yararlanılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu çalışmanın amacı, aday mühendislik programına katılacak, henüz öğrenim görmekte olan aday mühendislerin çalışmak ve uzmanlaşmak istedikleri mühendislik alt disiplinlerinin referans alınarak yetkinliklerinin, ilgili alana uygunluğunun yapılan değerlendirmeler çerçevesinde araştırılmasını içermektedir. İlgili araştırmada doğrusal programlamanın alt başlıkları olarak “Tam Sayılı Programlama”, “İkili Programlama” ve “Atama Problemi” yaklaşımları temellerinde sonuca varılmıştır. Bu minvalde; literatür taraması aşamasında “Atama Problemleri” (görev ya da çalışan atama) çalışmaları ve “Doğrusal Programlama” anahtar sözcükleri temelinde genel olarak kısıtlanarak gerekli araştırma tamamlanmıştır. Uluslararası düzeyde hakemli dergilerde yayınlanan, Science Direct’deki bilimsel çalışmaların yanı sıra Yükseköğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezi aracılığı ile tam metne ulaşılabilen yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları literatür taraması esnasında referans alınmıştır.

Yapılan araştırmalar ve hazırlığı tamamlanan bu tez özelinde, sadece savunma sanayii özelinde değil, benzer bir genç yetenek, staj veya aday mühendislik programı yürüten kurum ya da kuruluşlara bu alanda hizmet eden herhangi bir tez ya da makale çalışması örneği ile karşılaşılmamıştır. Hassaten bu tez özeline inildiğinde literatür araştırması esnasında erişilen çalışmalar genel hatlarıyla, sosyal ya da teknik alanda gerçek dünyadaki örnekleri esas alarak optimum sonuca ulaşmayı temel alsa da uygulama noktasında bu araştırmanın amacına karşılık gelen gereksinimlerin farklı bir örnekte karşılanmadığı ortaya konmuştur.

Bu çalışma çerçevesinde ele alınan, simpleks yöntemi, doğrusal programlama (linear programming), atama problemi (assignment problem) ve matematiksel model-modelleme (mathematical model-modelling) gibi ifadeler kendi içinde bir arada araştırılarak değerlendirilmiş ve yapılan araştırmaya temel olacak ilgili tüm çalışmalar irdelenmiştir.

Doğrusal Programlama, Tam Sayılı Programlama (integer programming), İkili Programlama ve bu çalışmayı derinleştiren Atama Problemleri gibi önemli başlıklarda, muhtelif literatür taramaları yapılmış, uygulama alanı ile alanında fark oluşturması hedeflenen bu teze girdi teşkil eden, araştırmaya değer sağlayan ulusal ve uluslararası literatürde birçok bilimsel yayın ve çalışmadan faydalanılmıştır.

İlgili araştırmalar çerçevesinde yapılan özet, başlık ve anahtar kelimesinde yukarıdaki tanımların geçtiği 22 kaynak taranmıştır.

(Nguyen, 1974) yapmış olduğu çalışmada, belirli bir ulaşım ağıyla ilgili trafik atama problemini ele almıştır. İlgili ağın bağlantıları üzerinde değişiklik gösteren bölgeden bölgeye yolculukların dağıtılması süreci incelenmiştir. Değişkenlik gösteren yolculukların idealize edilmesi amacı ve sorun oluşturan hususlara dair belirli başlı yöntemler önerilmiştir. Önerilen tüm yöntemlerin tamamıyla tatmin edici olmaması sebebiyle, seyahat maliyetlerinin azaltılması temelinde, bağlantı akışlarının fonksiyonlarını arttırmayan ve bireysel bağlantılara hiçbir açık kapasite kısıtlamasının getirilmediği, doğrusal olmayan matematiksel modelle, sorunun düğüm yayı formülasyonu kullanılarak etkili bir algoritma geliştirilmiştir. Atama problemi temel alınarak hazırlanan bu tez için, farklı sektör ve uygulama alanlarının yaptığı çalışmalar ilgili makale ile özel ağ yapısından faydalanan dışbükey-simplex yönteminin bir uyarlaması araştırılmıştır.

(Breslaw, 1976) tarafından yapılan bilimsel çalışmada, bir üniversitedeki derslere öğretim elemanı atama sorunu incelenmiş ve verimlilik analizi yapılmıştır. Hem tam sayılı programlamaya gerek olmaması açısından verimli hem de optimal çözümün belirlenmesinde, üniversite idaresi ve yöneticilerinin etkileşimini kolaylaştırması açısından etkili bir program geliştirilmiştir. Aynı zamanda bazı ampirik testlerin sonuçları da rapor edilmiştir.

(Yalçın, 1984) yapmış olduğu çalışmada, Doğrusal Programlama Yöntemi'nin teorisinden bahsetmiştir ve üç ayrı yolla çözüm örneklemesi yaparak, iki ayrı madencilik problemini inceleyerek her birinde, aynı sonuca varıldığını kanıtlamıştır ve doğrusal programlamanın kullanıldığı tüm durumlarda bilimsel düzeyde verimli işlere vesile olduğunu ortaya koymuştur.

(Abara, 1989) tarafından yapılan çalışmada, American Airlines'ın çeşitli departmanlarının kullanması maksadıyla filo atama problemi, iki veya daha fazla filonun aynı anda bir uçuş planına atanmasına izin veren tam sayılı doğrusal programlama yöntemi ile matematiksel olarak modellenmiş ve çözülmüştür. Amaç fonksiyonunun, kar maksimizasyonu, maliyet minimizasyonu ve belirli bir filo tipinin optimum kullanımı gibi süreçlerde belirlenebileceği ortaya konulmuş ve ilgili havayolu şirketinin çeşitli departmanlarının bu modeli filo

planlaması ve program geliştirmesine yardımcı olmak için kullanmasına ön ayak olunmuştur. şu anda American Airlines karar mekanizmaları tarafından geliştirilmekte olan yeni nesil planlama sistemi için 10 temel karar modülünden biri olması üzerine durulmaktadır.

(Bihr, 1990) tarafından yapılan bilimsel bir diğer araştırmada ise, o yıllarda ABD ticari havayolu şirketlerinin “merkez” operasyonlarına artan hareketten yola çıkılarak Wayport konseptinin trend hale gelen devasa "insan değişim" tesislerinde çok sayıda pist ve devasa yolcu salonlarının yer alacağı öngörölmüştür. Wayport geliştiricileri yolcuların, yer hareketlerini otomatikleştirebilmesine imkan sağlamasa da, tesislerin büyüklüğü ve uçuşların planlamaları, yolcuların varış kapısından gidiş kapısına geçişte yeni bir boyut sorunuyla karşı karşıya kalınacağı gerçeğine değinmişlerdir. Bu duruma yardımcı olabilecek, uçuşların kapılara "mantıklı" olarak atanmasının olabileceğinden bahsetmiştir. Diğer koşullar eşit olmak kaydıyla, gelen uçuşların konumlandırılması, yolcuların bağlantılı uçuşlar arasındaki dağılımını dikkate alması gerektiğini ortaya koyan araştırmacı, A varış noktasına gitmek üzere X uçuşuna gelen yolcu sayısı ne kadar fazla olursa, X uçuşunun, A'ya gitmek üzere kalkan uçuşa o kadar yakın konumlandırılması gerektiğinden bahsetmiştir ve bu araştırma ile yolcuların kapıdan kapıya yürümesi gereken mesafeyi azaltarak bu soruna kavramsal olarak yaklaşmıştır. Seğilen kriter, belirli bir varış-kalkış döngüsü için toplam yolcu-yolculuk mesafesinin en aza indirilmesini amaçlayan araştırmacı soruna uygun bir şekilde 0,1 tam sayılı bir doğrusal programlama modeliyle durumu biçimlendirmiştir. Yazar, problem parametrelerinin türetilmesini tartışarak ve ardından birkaç temsili problemi doğrusal programlama yaklaşımı ile çözerek, maliyet faktörlerinin optimal çözöümünün ve optimal altı çözöümler için atamaların mevcut olduğunu ortaya koymuştur. Giriş verilerindeki küçöük değişikliklerin probleme dair yeniden çalışılmasını gerektirmediğine de değinen araştırmacı çözöümü kavramsal olarak nitelendirse de, çözöüm metodolojisinin dinamik bir havaalanı ortamında pratik kullanımına yönelik fikirlerle sorunların optimize edileceğinden söz etmiştir.

(Sezen, 1991) tarafından gerçekteştirilen çalışmada ise, tam sayılı doğrusal programlama yöntemiyle çok sayıda üretim bileşimi nihai üründen ibaret olan bir işletmede üretilen ürünlerden bir tanesi özelinde yüksek üretim kapasitesinin belirlenmesi problemi üzerinde durulmuş, probleme ilişkin çözöüme erişebilmek için üretim yöntemleri ve kaynak miktarı gibi parametrelerin probleme ilişkin etkileri matematiksel olarak modellenmiştir.

Modellenen bu problem nihai ürüne dair işletmenin kapasitesi ve hali hazırda kullanılmayan makine zamanlarının belirlenmesine ışık tutmuştur.

(Güngör, 1998) tarafından kaleme alınan araştırmada, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nin 1998 – 1999 eğitim öğretim yılı güz yarıyılı final sınav planının öğrencilerin taleplerine uygun olarak yapılacak bir tam sayılı programlama modeli ile sınavlardaki başarının artacağı düşüncesine uygun olup olmayacağı ve öğrencilerin isteklerine bağlı planlamalar çerçevesinde başarı oranının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

(Acar, Gül, ve Gümüş, 2000) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, ormancılıktaki üretim çalışmalarındaki orman ürününe ve etrafa gelecek zararın en aza indirgenmesi aynı zamanda üründe herhangi bir deformasyon olmadan maksimum verim alınacak bir şekilde ürün çıkarılması gerekliliği üzerine orman ürünlerinin bölmeden çıkarma çalışmalarına dair yöneylem araştırması yapılmıştır. İlgili yöneylem araştırma tekniklerinden biri olan doğrusal programlama yöntemi ile toplam maliyetlerin en aza indirgenmesi için amaç fonksiyonu üretilmiş ve bu fonksiyonun minimize edilmesi hedeflenmiştir. Maliyetlerin azaltılması hedefi ile kurulan 13 farklı denklemde çözümleme yapılmıştır. Minimizasyonu amaçlayan çalışmadaki modellerde yer alan muhtelif faktörlerin (insan gücü, iş makinesi, hava hattı kombinasyonu gibi) yapılacak planlar çerçevesinde kaynakların daha etkin kullanılmasına zemin hazırladığı üzerinde yoğunlaşmıştır.

(Bircan ve Kartal, 2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, bir çimento fabrikasındaki kapasite planlamasındaki en ideal plan doğrusal programlama ile karar verme teknikleri kullanılarak optimizasyon sağlanmıştır.

(Alan ve Yeşilyurt, 2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, organizasyonların karşılarına çıkan sorunlara ilişkin uyguladıkları optimizasyon problem çözümlerindeki tekniklerin çeşitliliğinden bahsedilmiştir ve ele alınan metotlardan en yaygın olan doğrusal programlama tekniğine değinilmiştir. İlgili çalışmada doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan ve bu tez çalışmasında da ele alınacak Microsfot Excel yazılımının bir alt aracı olan “Çözücü”nün yaygın olarak kullanılmasından bahsedilmekte ve çözüme ulaşılırken sundukları imkanlarla birlikte pratik sonuçlar elde edilmesine sundukları katkılardan söz edilmektedir.

(Çetindere, Sevim ve Duran, 2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, konfeksiyon işletmeleri genelindeki üretim planlama süreçlerine ilişkin kullanılan doğrusal programlama yöntemleri incelenmiş ve siparişe göre çalışan ve muhtelif ürün portföyüne sahip örnek bir işletme ele alınmıştır. İşletmeye ait sınırlı kaynaklara (makine, iş gücü, hammadde vb.) dair kapasite analizi yapılmıştır. Üretim planlama probleminin matematiksel modeli doğrusal programlama yaklaşımı ile ifade edilerek WinQSB 1.0 paket programı aracılığı ile çözümlenmiştir. Bu sayede mevcut kaynaklarla yapılan üretim planlama analizi neticesindeki amaç fonksiyonunda yer alan kâr maksimizasyonu çerçevesinde ilgili organizasyonun mevcut makine ve iş gücü kabiliyetiyle daha fazla siparişi karşılayabileceği ortaya konmuştur.

(Demir ve Çelik, 2016) tarafından gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise, müfredat ve ders kaydı sonrası kaynaklı çizelgeleme sorunları, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi ders çizelgeleme prosedürü incelenerek, derslerin verildiği bölümler ve sınıflar ile öğrenci grupları gibi çeşitli kısıtlamalar dikkate alınarak, öğretim elemanlarının ders programlarından memnuniyetlerini arttırmak için bir problemin çözümünden elde edilen sayısal sonuçlar değerlendirilerek tam sayılı doğrusal bir model önerilmiştir.

(Demircioğlu ve Demircioğlu, 2016) tarafından gerçekleştirilen çalışma incelendiğinde, bir işletmenin olmazsa olmaz önceliklerinden bir tanesi olan kârlılık gereksinimi irdelenmiştir. Karar alma süreçlerine doğrudan tesir eden yaklaşımlar aracılığı ile örnek uygulamaya bir işletme dahil edilmiştir. Karar alma tekniklerinde günümüzün yenilikçi yaklaşımlar ile özellikle bir işletmedeki üretim ve tedarik süreçlerine tesir eden alınacak kararlarda, faaliyet tabanlı maliyet sistemi ile kısıtlar teorisini kullanmak suretiyle işletme özelinde kurulan doğrusal programlama modeli gerçekleşen kârlılık neticesi, geleneksel yöntemle elde edilen kârlılık sonucu ile kıyaslanmıştır.

(Özçalıcı, 2016) tarafından gerçekleştirilen çalışma dikkate alındığında, Kilis 7 Aralık Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi tarafından yapılan bölüm sınavlarına atanan gözetmenlerin atama işlemlerindeki uygulamalar üzerinde durulmuştur. Atama işleminin tam sayılı programa yöntemiyle gerçekleşmesi maksadıyla tam sayılı programlama ile çözüm yaklaşımından faydalanılarak ilgili durum modellenmiştir. Atama işlemlerini yapmakta olan üniversite çalışanları için dikkat gerektiren bir konu olmasının yanı sıra, gözetmen atama işleminin devamlılık arz eden bir gereksinim olması nedeni ile kurgulanan

model özelinde Excel'in çözücü aracı ile pratik bir uygulama ile sonuca varılarak süreç daha pratik ve objektif bir hale taşınmıştır.

(Atan ve Şimşek, 2017) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise, müşterilere, müşterilerin gerçekleştirecekleri seyahate bağlı olarak seyahat mesafeleri ve sürelerinin en küçüklenerek optimize edilmesi gerekliliği bulunan bir amaç fonksiyonuna bağlı olarak merkezi bir depoda konuşlu eş ya da farklı kapasitedeki araçların, birbirinden farklı bir yerleşime ve talepleri belirli olan müşterilere atanması ele alınmıştır. Ankara'daki bir taşımacılık firmasında uygulanan bu çalışma ile ilgili firmanın maliyetleri hatrı sayılır derecede indirgenmiş ve önemli ölçekte tasarruf sağlanmıştır.

(Ergülen ve Ünal, 2018) tarafından gerçekleştirilen farklı bir çalışmada ise, günümüzün olmazsa olmaz konu başlıklarından bir hale gelen geri dönüşüm özelinde bir araştırma yapılmıştır. Dünya genelindeki kısıtlı kaynakların tükenme riski ile karşı karşıya kalınmış bir durumdayken ambalaj atıklarının sürdürülebilir bir dünyada geri dönüştürülmesi gerekliliğinden 4 ildeki ambalaj atıkları toplama bölgesinde gerçekleşen Toplama-Ayrırma Tesisine (TAT) faaliyetlerine ilişkin sevkiyatlarda oluşan maliyetlerin en aza indirgenmesini sağlayacak ambalaj atık miktarlarının belirlemesi hedeflenmiştir. Belirlenen bu hedef ışığında ilgili atıkların toplanarak TAT'lara sevkiyatında ortaya çıkan lojistik maliyetlerini en aza indirgeyecek doğrusal programlama modeli kurulmuştur ve Model LINDO 6.01 programı vasıtasıyla çözülmüştür. İlgili model dahilinde ortaya çıkan sonuç ele alındığında, modele ait veriler ile TAT'a ait veriler kıyaslanmış ve hatrı sayılır miktarda tasarruf elde edilebileceği ortaya konmuştur.

(Seval, Ervüz ve Miman, 2019) yazarları tarafından kaleme alınan çalışmada, araç atama problemi özelinde araştırmalar yapılmıştır. İlgili çalışmada Şanlıurfa'nın Büyükşehir toplu taşıma sistemine dair optimizasyon yapılarak kar maksimizasyonu amaçlanmıştır. Büyükşehir Belediyesi Belsan A.Ş.'ye ait farklı yolcu kapasitelerine sahip olan toplu taşıma araçlarının ihtiyaca göre farklı güzegah ya da yerleşkere gerçekleştirecekleri sefer sayılarının minimize edilerek kâr maksimizasyonu özelinde doğrusal programlama tekniklerinden faydalanılarak ilgili operasyon, matematiksel olarak modellenmiştir. Taşıma operasyonlarını ideal şekilde yürütülmesini sağlayarak çalışanların da memnuniyetinin amaçlandığı araştırmada ihtiyaç duyulan seferlerin sayısının azaltılması ile yakıt tasarrufu sağlanması ve dolayısıyla bu çalışma sayesinde kaynak optimizasyonu yapılmasına aracı olunmuştur.

(Yeşilyurt ve Alan, 2019) araştırmacıları tarafından ele alınan çalışmada, doğrusal bir matematiksel modelleme ile ortaya konan bir amaç fonksiyonunun maksimize ya da minimize edildiği eşitlik ya da eşitsizliklerden bahsedilmiştir. Oluşturulan bir modele dair belirlenen amaç fonksiyonunun simpleks yöntemi ile çözümlenebileceği üzerinde durulmuştur. Doğrusal programlama yöntemlerinin temelini simpleks metotlarının temelinde oluşturulduğu anlatılan çalışmada, doğrusal programlama problemlerinin grafiksel yöntemle ya da simpleks yöntemle çözülmesinin olası olduğu ifade edilmiştir. İlgili araştırma çerçevesinde optimum sonuca ulaşmak için mümkün çözümün, simpleks yönteminde olduğu gibi bir köşe noktasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Matematiksel ifadelerin geometrik ifade edildiği üzere bu durum simpleks yöntemi ile ortaya konan cebirsel ifadeler için de geçerlidir. Bir denklemde yer alan değişken sayısı ikiden fazla olduğunda, grafik yöntemi ile modelin çözümünün mümkün olmadığından söz edilmekte ve işletmeler için oluşan sorunlara karşın üretilen simpleks yöntemle çözülecek ikiden fazla değişkene sahip problemler için çözülmesi ihtiyacı bulunan doğrusal programlama problemlerinin çözümü için simpleks yöntemi ile maksimize ya da minimize edilecek amaç fonksiyonunun problemlerin uç noktalarından başlanarak en ideale yakın ikinci, oradan da bir üçüncü en iyi çözümlerin yer aldığı değerlere ulaşılmasının mümkünatı değerlendirilmekte, sınırlı kaynaklara sahip organizasyonların kârlarını maksimize etmek ya da maliyetlerini minimize etmeleri gerekliliklerini hedefleyen doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan simpleks yöntemleri için muhtelif çözüm yöntemlerinin kullanıldığı ve bunlardan bir tanesinin de Excel ile düşük maliyetlerle ve Çözücü eklenti ile mümkün olduğundan söz edilmiştir.

(Pınarbaşı ve Alakaş, 2020) tarafından yapılan çalışmada gerilim sigorta üretimi yapan bir işletmeden veriler alınarak bir model ortaya konulmuştur. İlgili çalışma ile işletmelerin gün geçtikçe fazlalaşan maliyetler nedeni ile bünyesindeki çalışanlarından elde ettikleri iş gücünü daha etkin planlamaları ve ilgili kapasitelerini belli bir balans kapsamında yönetmeleri gerektiğinden söz edilmektedir. Bu minvalde sahip oldukları iş gücünden en üst düzeyde faydalanmayı hedeflediklerinden bahsedilmektedir. Buna bağlı olarak işletmelerin ortaya koydukları hedefleri maksimize etme ihtiyaçları dahilinde sahip oldukları çalışanlarına görev atanması gereksinimlerinin giderilmesi maksadıyla görev çizelgeleme problemi kullanmaları zaruriyeti ortaya konmuştur ve bunun için bir matematiksel model önerilmiştir. Ortaya konan fonksiyon ile M.S. Excel'in Çözücü aracı kullanılarak sorunun üzerine gidilmiş ve sonuca ulaşılmıştır. Ulaşılan sonucun elde edilmesi için kullanılan

       aracının etkinliği de         , ortaya konan matematiksel model sonuçları ile        performansını karşılaştırılmıştır. Nihai olarak bu araştırma ile işletmede i   gücünün daha efektif ve optimum şekilde kullanılmasına katkı sağlandığı ortaya konmuştur.

(Deste ve Karabulut, 2021) tarafından ele alınan çalışmada ise, üretim planlama çalışmalarında ele alınan en etkin yöntemlerden biri olan doğrusal programlama tekniği uygulamaya d  k  lm    tur. İşletmelere ait sınırlı kaynakların verimli kullanılarak k  rlılığın maksimizasyonunu temel alan bu çalışmada, bir tekstil işletmesinin üretim planlama süreçlerine dair sayısal veriler kullanılarak üretim planlama süreçleri problemlerine dair matematiksel model kurulmuştur. İlgili model QM for Windows 4.0 adlı paket program aracılığı ile irdelenmiş ve işletmenin i   gücü düzenlemelerini efektif bir şekilde planlaması ve hesaplanan miktarlara bağlı üretim yapması halinde k  rın arttırmasının mümkün hale geleceği tespit edilmiştir.

(Arık, 2021) tarafından gerçekleştirilen çalışma incelendiğinde, gıda sektöründe sirke üretimi yapan bir işletme özelinde araştırma yapılmıştır. Sınırlı kaynaklara sahip olan işletmenin kaynaklarının en verimli biçimde kullanılması amaçlanarak üretim planlama süreçleri özelinde, doğrusal programlama metodu ile planlama yapılması için matematiksel modelleme yapılmıştır. Söz konusu problem oluşturulan model çerçevesinde Lindo 6.1 paket programını kullanılarak       m     ve insan yaşamının sürdürebilirliğini sağlayan en önemli sektörlerin başında gelen gıda ürünleri özelinde faaliyet gösteren bir işletmenin k  rının maksimize edildiği 1 aylık üretim planlaması ortaya konmuştur. Amaç fonksiyonunda ele alınan kârlılık durumunun izlenmesi amacıyla duyarlılık incelemesinde de bulunulmuştur.

(Kale, 2023) tarafından ortaya konan farklı bir çalışmada ise, sahip olduğumuz limitli kaynakların maden sektörüne bağlı maden arama işlemleri özelinde arazideki hedeflere en iyi şekilde dağıtılarak yeni bir kaynak bulma olasılığının arttırılması m  mk  natının doğrusal programlama yöntemleriyle gerçekleştirilebileceğini ortaya koymuştur. Sahip olunan sınırlı kaynakları sondaj makinesi, jeofizik araçları, oto, jeolog, mühendis, para, arazide çalışma zamanı v.b. gibi kaynaklarla örneklendirerek arazideki çeşitli tenor ve rezerve sahip olduğu sanılan hedeflerden de bahsetmiştir.

Çizelge 2.1. Literatür özeti

No	Yazar, YIL	Problem	Model/Çözüm Yöntemi	Çalışılan Alan
1	Nguyen, S. 1974	Kaynak Optimizasyonu	Atama Problemi	Ulaşım
2	Breslaw, 1976	Kaynak Optimizasyonu	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Eğitim
3	Yalgın, 1984	Etkililiğin Kanıtlanması	Doğrusal Programlama	Maden
4	Abara, 1989	Kaynak Optimizasyonu	Atama Problemi	Havacılık
5	Bihir, 1990	Çizelgeleme Problemi	Atama Problemi	Havacılık
6	Sezen, 1991	Kaynak Optimizasyonu	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Üretim
7	Güngör, 1998	Çizelgeleme Problemi	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Eğitim
8	Acar, Gül, ve Gümüş, 2000	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim
9	Bircan ve Kartal, 2003	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim
10	Alan ve Yeşilyurt, 2004	Optimizasyon (Genel)	Doğrusal Programlama	MS Excel Çözücü Aracı
11	Çetindere, Sevim ve Duran, 2010	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim
12	Demir ve Çelik, 2016	Çizelgeleme Problemi	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Eğitim
13	Demircioğlu ve Demircioğlu, 2016	Kârlılık Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim ve Tedarik
14	Özçalıcı, 2016	Çizelgeleme Problemi	Tam Sayılı Doğrusal Programlama	Eğitim
15	Atan ve Şimşek, 2017	Kârlılık Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Hizmet
16	Ergülen ve Ünal, 2018	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Hizmet
17	Seval, Ervüz ve Miman, 2019	Kârlılık Optimizasyonu	Atama Problemi	Toplu Taşıma
18	Yeşilyurt ve Alan, 2012	Kaynak Optimizasyonu	Simpleks Yöntemi ve Doğrusal Programlama	MS Excel Çözücü Aracı
19	Pınarbaşı ve Alakaş, 2020	Çizelgeleme Problemi	Atama Problemi	MS Excel Çözücü Aracı
20	Deste ve Karabulut, 2021	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim ve Planlama
21	Arık, 2021	Kârlılık Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Üretim (Gıda)
22	Kale, 2023	Kaynak Optimizasyonu	Doğrusal Programlama	Maden

3. YÖNTEM

3.1. Doğrusal Programlama

3.1.1. Doğrusal programlamanın tanımı

Doğrusal programlama, (DP) karar verici olan kişilerin (yöneticiler, idareciler vb.) ele alınan problem ya da durumla ilgili karar verilmesinde kullanmak amacıyla geliştirilmiş bir çözüm yaklaşımıdır. Genellikle doğrusal programlama problemlerinde ele alınan modellerin tüm matematiksel fonksiyonlarının lineer olduğu kabul edilir. En ideal yöntemin bulunmasında kullanılan ve sistematik bir planlama faaliyetinin akış planını mümkün olan optimum mantık çerçevesinde çözümlemeyi hedefler.

Doğrusal programlama ile ilgili yapılan tanımlar farklı başlıkta karşımıza çıkabilmektedir. Bu konu üzerine çalışan bilim insanları farklı yaklaşımlarla doğrusal programlamayı incelemiş ve değişkenlik gösteren aşağıdaki özellikler üzerinde durmuştur.

Değişkenlere ve kısıtlayıcı durumlara bağlı olarak hedeflenen duruma en ideal ve karlı yöntemle ulaşma tekniğidir doğrusal programlama. Başka bir şekilde ifade edilecek olursa, ideallik ölçütüne bağlı olarak sınırlı kaynakların olabilecek en optimum şekilde dağılımını içeren deterministik bir cebirsel yöntemdir (Trueman, 1981: 214).

İş gücü, makine, zaman, nakit varlık gibi çeşitli kaynakların birbirinden farklı kısıtlayıcı koşullara bağlı olarak optimal faydanın sağlanması için gerekli durumun oluşması için kullanılan teknikler doğrusal programlama yöntemleri ile ele alınmaktadır. (Esin, 1981: 24)

Doğrusal programlama, sahip olunan sınırlı kaynakların / kapitalin en iyi şekilde dağıtılması için kullanılan özellikli bir matematiksel tekniktir. Farklı bir dille ifade edilecek olursa, bir fonksiyonun belli limitlerde bulunan kaynaklarını ifade eden belirli kısıtlayıcı unsurlar kapsamında hedeflenen duruma bağlı olarak maksimize veya minimize etmek bilinmezlerinden var olan optimizasyon problemleridir. (Doğan, 1995: 2)

Tükenmekte olan ve kısıtlı kaynakların mali süreçlerine ilişkin yönetilmesi süreçlerini iktisat bilimiyle açıklanabilir. İşletmelerin, çevik bir yapıya sahip olması örgüt ihtiyaçlarının

giderilmesindeki süreçlerin yanı sıra ideal kararlar alabilme eğilimi göstermeleri için büyük ölçüde sistematik yaklaşımlarla yönetiliyor olmaları gerekir.

Sınırları ya da limitleri belirli doğrusal eşitlikler ya da eşitsizlikler olarak ifade edilen kısıtlayıcı durumlarda doğrusal programlama, doğrusal bir amaç fonksiyonunu en büyük (maksimum) ya da en küçük (minimum) yapmak şeklinde tanımlanabilir (Bazaraa ve Jarvis, 1977). Hemen hemen tüm dünyanın doğrudan ya da dolaylı şekilde etkilendiği II. Dünya Savaşı esnasında ortaya çıkan ve savaş sonrasında belirginleşen, muhtelif projelerde, sınırlı kaynakların efektif kullanımında stratejik yapılacak planlama faaliyetlerinin ve buna bağlı koordinasyonun ehemmiyeti anlaşılmıştır. Haziran 1947'de, Ulusal Güvenlik Yasası'nın ABD Hava Kuvvetlerini ordunun ayrı bir kolu olarak oluşturmasından bir ay önce Hava Kuvvetleri tarafından hesaplama açısından zorlu, büyük ölçekli planlama süreçleri üzerinde çalışmak üzere büyük bir görev gücü kurulmuştur. Daha sonra Project SCOOP (Optimal Programların Bilimsel Hesaplaması) olarak adlandırılacak yeni oluşturulan görev gücü, baş matematikçi olarak görev yapan George B. Dantzig de dahil olmak üzere ülkedeki en parlak beyinlerden bazılarını içeriyordu. Aynı yıl Dantzig, doğrusal programlama problemini matematiksel olarak ortaya koymuştur ve bu tür problemleri çözmek için simpleks yöntemi geliştirmiştir. 1947 Hava Kuvvetleri, SCOOP Projesi, George Dantzig ve yöneylem araştırmasının geleceği açısından bir dönüm noktasıydı. Yöneylem araştırmasının önemli bir alt dalı olan doğrusal programlamaya olan ilgi; ekonomistler ve matematikçiler başta olmak üzere istatistikçiler ve kamu kurumları arasında da hızla artmıştır.

1949 yılı yazında Cowles Ekonomi Araştırma Komisyonu önderliğinde doğrusal programlama özelinde bir konferans yapılmıştır. İlgili konferansta paylaşılan çalışmalar 1951 yılında Koopmans tarafından “Üretim ve Dağıtım Faaliyet Analizi” isimli kitapta yer almıştır ve bütün halde yayınlanmıştır (Bazaraa ve Jarvis, 1977).

Bilimsel karar alma sürecinde aslolan referans alınacak modellerdir ve karar alma süreci bu modellere dayanır. Karar alma süreçlerinde kullanılmak maksadıyla geliştirilmiş birçok farklı model ve teknik bulunmaktadır. Bu modellerden başlıcaları şunlardır; doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, dinamik programlama, tam sayılı programlama, ulaştırma modelleri, şebeke analizleri, stok ve kontrol modelleri, oyun kuramı, bekleme hattı modelleri, markov analizi, vb.dir (Yeşilyurt, 1996: 2).

Sayısal verilerle “İşletme Problemleri”nin, en yalın biçimde anlatımı doğrusal programlama ile olanaklıdır. Lineer eşitliklerin veya eşitsizliklerin belli kısıtlayıcı koşullar altında doğrusal programlama, doğrusal bir amaç fonksiyonunu en iyileştirmek olarak tanımlanabilir. En iyileştirmek ifadesi ise ilgili duruma dair konulan hedef doğrultusunda sonuca en az maliyetle ulaşmak ya da sınırlı veya belirli kaynaklarla en çok ürünün elde edilmesi anlamına gelir (Esin, 1998: 24).

Doğrusal programlama, verimliliğin hesaplanması amacıyla gerekli herhangi bir kaynağın optimum kullanımını araştıran bir tekniktir. Doğrusal programlama modelleri, kaynakların belirlenen yönde daraltılarak elde edildiği “kısıt denklemlerini” ve nihai olarak ulaşılmak istenen “amaç fonksiyonunu” içermesi gerekmektedir.

Daha açık şekilde ifade edecek olursak, doğrusal programlama genel modelleme yapılırken üç ana tanım ile ele alınmalıdır:

Karar değişkenleri

Modele bağlı olarak karar verilmesi gereken değerlerdir.

Amaç fonksiyonu:

Modele bağlı olarak en büyük (maksimum) değer elde edilmesi veya en küçük (minimum) değer elde edilmesi hedeflenen fonksiyondur. Bu fonksiyon karar değişkenlerine bağlı olarak belirlenmektedir.

Kısıtlar

Karar verme aşamasında dikkate alınması gereken koşulların sayısal ifadesidir. Karar değişkenlerine bağlı fonksiyonlar; Eşitlik (=) veya eşitsizlik ($\geq$, $\leq$) olarak gösterilmektedir.

Doğrusal programlama; hemen hemen tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Başta tarım sektörü, gıda sanayii, petrol endüstrisi, kimya sektörü gibi üretim sanayiinin tamamına yakınının yanı sıra, ulaşım ve dağıtım sistemlerinden, bankacılık sektörlerine, sağlık sektöründen, iş gücü ve süreç planlamasına, enerji ve sivil alanlardan savunma sanayii sektörüne kadar aşağı yukarı bütün sektörlerde kullanılmaktadır. (Williams, 2003: 38).

3.1.2. Doğrusal programlamanın uygulandığı alanlar

Doğrusal programlamanın, bilimsel bir yöntem olması ve ele alınan bir problemde uygulandığı esnada oluşturulan gerçek kısıtlardan cebirsel değerler elde edilebilmesi ve elde edilen değerlerin değerlendirilmesi için, gelecekte alınacak stratejik kararlara bağlı üretilen ya da geliştirilecek projelerin veya yatırımların değerlendirilmesi avatajları sayesinde sık olarak kullanılan ve hayata dair muhtelif tüm bileşenlerde uygulanan bir yöntemdir. Bunlardan belli bir kısmına şu şekilde örnek verebiliriz:

- Ulaştırma veya dağıtım problemleri
- Beslenme problemleri
- Üretim planlama ve kontrol problemleri
- Yatırım planlanması
- Görevlendirme ve görev dağılımı belirlenmesi problemleri
- Organizasyonlar için kuruluş yerinin tespit edilmesi
- Oyun problemleri (Cinemre, 1997: 15)

3.1.3. Doğrusal programlama ile ilgili varsayımlar

Bir kuruluşun ya da organizasyonun karşı karşıya kaldığı bir sorun dahilinde ya da hallolması ihtiyacı bulunan probleme dair oluşturulan doğrusal programlama modelinin çözülmesi için muhtelif varsayımları karşılaması gerekmektedir. Her doğrusal programlama modelinde aşağıdaki varsayımların muteber olduğu kabul edilmektedir:

- Orantılılık (Doğrusallık)
- Toplanabilirlik
- Bölünebilirlik
- Belirlilik (Kesinlik)

Orantılılık (doğrusallık)

Orantılılık (Doğrusallık) varsayımları ele alındığında karar değişkenlerinin, tümünün amaç fonksiyonuna sağladığı katkı sabittir ve her bir karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı amaç fonksiyonu kat sayısı ile orantılıdır.

Amaç fonksiyonunu;

$$- Z_{maks} = 4X_1 + 2X_2$$

olarak ele alalım. X_1 değişkeninin her birinin amaç fonksiyonuna katkısı sabit olup bu değer X_1 'in katsayısı olan 4'tür. X_1 'in tam sayılı değerler alacağı kabul edilirse X_1 karar değişkeninin fonksiyonuna katkısı 0,4 ve 4'ün katları şeklinde olacaktır. Bir başka deyişle ifade edecek olursak her malzeme toplam kârı 4 birim arttırır. İşletmenin girdi ve katkıları arasında lineer bir ilişkinin olduğu varsayılır. Amaç fonksiyonu açık bir şekilde cebirsel olarak ifade edilmelidir. Bu durumda o fonksiyonu oluşturan değişkenler birinci dereceden katsayıları ise sabit olmalıdır. (Cinemre, 1997: 3)

Toplanabilirlik

Amaç fonksiyonuna her bir karar değişkeninin katkısı, diğer karar değişkenlerinin katkısından bağımsızdır ve sistemin toplam çıktısı yani toplam katkısı karar değişkenlerinin katkıları toplamına eşittir. Yukarıda yer alan örnek amaç fonksiyonu incelendiğinde X_1 karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısı (insansız hava aracı için edilen kâr), X_2 karar değişkeninin amaç fonksiyonuna katkısından (sabit kanatlı hava aracı için edilen kâr) bağımsız olup sistemin toplam çıktısı (fabrikanın toplam kârı) alacakları değerlere bağlı olarak X_1 ve X_2 değişkenlerinin toplamına eşittir. Örneğin çözüm neticesinde $X_1 = 2$ ve $X_2 = 1$ olduğu kabul edilecek olursa insansız hava aracı için edilen kâr $4 \cdot (2) = 8$ birim, sabit kanatlı hava aracı için edilen kâr $2 \cdot (1) = 2$ birim olur ve fabrikanın kârı 10 birim olarak gerçekleşir.

Bölünebilirlik

Karar değişkenlerinin alabileceği değerlerin tam sayı olma zorunluluğu bulunmamaktadır. Hava aracı satışı örneğinde olduğu gibi bir yılda üretilecek insansız hava aracı sayısı $X_1 = 1,5$ olabilir. Bazı durumlarda karar değişkeninin alabileceği değerlerin kesinlikle tam sayı olması istenebilir. Böyle bir durumda bu tip araştırmalarda özellikle tam sayılı programlama tekniği kullanılır.

Belirlilik (Kesinlik)

Modeldeki bütün değerler ya da parametreler (amaç fonksiyonu katsayıları, teknik katsayılar ve sağ taraf değerleri) sabit ve kesin olarak bilinen değerler olup çözüm süresince bu değerlerin değişmeyeceği kabul edilir.

Varsayımlar bu şekilde açıklandıktan sonra modelin oluşturulmasında dikkat edilecek bir husus olan “Birim Uyuşması” şartından da bahsedilmesi faydalı olacaktır. Modelin geçerli olabilmesi için modeldeki her denklem ya da eşitsizliğin sol tarafı ile sağ taraf değerinin aynı birimde olması gerekir. Aşağıdaki örnek bu şartı yerine getirme konusunu açıklayacaktır;

$$2X_1 \leq 12$$

$$2 \text{ (İşçilik Saati / Ürün) } X_1 \text{ (Ürün) } \leq 12 \text{ (İşçilik Saati) }$$

$$2X_1 \text{ (İşçilik Saati) } \leq 12 \text{ (İşçilik Saati) }$$

3.1.4. Doğrusal programlamanın biçimsel yapısı

Doğrusal programlamanın biçimsel yapısı incelendiğinde şunları söyleyebiliriz. Amaç fonksiyonunu sınırlayan durumlar ve değişkenlerin negatif olmama zorunluluklarından ibaret olan eşitlik ve eşitsizlikler teşkil edilmektedir. Sonuca ulaşılması hedeflenen yapıdaki problemin maksimum ya da minimum olma şartına göre doğrusal programlama modellerinin iki şekilde matematiksel olarak tanımlanması mümkündür. O halde şöyle denilebilir, amaç fonksiyonunun ya en yüksek değeri alarak maksimize edilmesi, ya da en küçük değeri alması ile tanımlama yapılabilir. Bunu örnek ya da örnekler aracılığı ile ifade edecek olursak, bir lojistik firmasının birden fazla lokasyona teslim edeceği yükü en kısa menzil planına göre rota oluşturması ile değerlendirilmesi gibi. Diğer taraftan farklı bir örnek ile, bir tesiste kurulan üretim hattı tasarımına göre ürünün ortaya çıkması için oluşturulan plan doğrultusunda minimum işçilik saati harcanması gibi. Maksimize edilmesi hedeflenen durumlar için ise bir ürünün ortaya çıkması için gerekli ham malzemeden en yüksek verimin, ya da en yüksek sayıda alt bileşenin ortaya çıkması bu durumu ifade edebilir. Her iki model ele alındığında yapı özelliklerinin şu şekilde sıralanması mümkün olacaktır:

- Amaç fonksiyonu
- Sınırlayıcı şartlar
- Negatif olmama (pozitiflik) şartı
- Bütün ilişkilerin doğrusal olduğunun kabul edilmesi (Doğan, 1995: 2).

Problemin tanıtımı (belirlenmesi)

Öncelikli olarak elde edilen parametre bazlı nicel bilgiler (zaman, sermaye, malzeme, vb) belirlenir. Bunların haricinde, ele alınacak üretim yöntemleri ve her birinin uygulanmasıyla ortaya çıkacak ürünlerin birim maliyetleri ya da her bir birimin satılması sonrasında organizasyona sağlanacak getiriler tespit edilir.

Modelin değişkenlerinin belirlenmesi

İşletme problemlerinde modeller belirlenirken genellikle ürününün ortaya çıkmasında, harcanan işçilik saatleri, ham ürün maliyetleri, gerekli ürün tedarik maliyetleri, kullanılan malzeme maliyetleri gibi kalemler ele alınır.

Modelin parametrelerinin belirlenmesi

Modelde kullanılan parametreler örneğin; üretimde kullanılan teçhizat ya da makinelerin bir birim ürünün üretilmesi için çalışması gereken toplam süre referansın alınması ile belirlenebilir. Bunun haricinde üretim faktörlerinin bileşim oranları olan teknik üretim katsayıları aracılığıyla değişkenler arasındaki ilişkiyi kuran parametre belirlenir. Amaç fonksiyonundaki parametreler, problemin yapısına göre farklılık arz edebilir. Minimizasyon probleminde değişkenlerin katsayıları birer birimin maliyetini ya da maksimizasyon problemlerinde değişkenlerin katsayıları bir birimden elde edilen kâr olarak katsayılandırılabilir.

3.1.5. Model gösterimi

Model gösteriminde değişkenler, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ile değişkenler arasındaki ilişkileri kuran parametreler, $a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{mn}$ biçiminde ifade edilir. Verilen sabit değerler (ham malzeme miktarları ya da makine kapasiteleri vb.) $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ ile ifade edilir. İlişkilerde kullanılan, $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ değişkenleri sıfırdan büyük ya da sıfır olabilirler ancak sıfırdan küçük

olamazlar. Değişkenler arasındaki ilişkiler genellikle eşitlik ya da eşitsizlik sistemi olarak gösterilir. (Esin, 1998: 27)

3.1.6. Doğrusal programlama problemlerinin temel özellikleri

Doğrusal programlama problemi temel olarak 3 parametreden oluşur. Bunlar, değişkenler, amaç ve kısıtlayıcı denklemlerden oluşur. Değişkenler, her zaman kontrol edilebilirdir ve sıfırdan küçük değer alamazlar. X_1 birinci değişken, X_2 ikinci değişken, X_3 ise üçüncü değişken olsun. Bu durumda n. dereceden değişkeni dahi ifade edecek olursak problemin sürekli ve sıfırdan küçük olmama özelliği şu şekilde gösterilebilir:

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

$$X_n \geq 0$$

Doğrusal programlama modelinde beklenen sonucun alınabilmesi için amacın açık olarak bilinmesi ve sayısal olarak ifade edilebilir olması gerekmektedir. Genellikle amaç, elde edilecek kârın maksimize edilmesi ya da maliyetlerin minimize edilmesi yönündedir. Doğrusal amaç fonksiyonunda örgütlerin kâr ve maliyet katsayıları $C_1, C_2, C_3, \dots, C_j, \dots, C_n$ ile karar değişkenleri ise $X_1, X_2, X_3, \dots, X_j, \dots, X_n$ aracılığı ile ifade edilecek olursa amaç fonksiyonu;

$$Z_{\min / \max} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$$

ifadesi ile gösterilecektir. Burada asıl amaç Z fonksiyonunu maksimize edecek ya da minimize edecek $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ değerleri bulmak olacaktır. Doğrusal programlama modelinin amaca ulaşımını sağlayacak seçenekli üretim yöntemlerinin olması gerektiği kabul edildiği gibi amaç fonksiyonun belirli bir değerde maksimum ya da minimum olabilmesi için $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ değişkenlerinin de bir değeri olmalıdır. Aksi takdirde amaç fonksiyonu artı sonsuzda maksimize olacaktır veya minimize olacaktır. Böyle bir durumda bir örgüte, işletme ya da organizasyon için bir anlam ifade etmeyecektir.

İşletmelerin sahip oldukları kaynakların miktarları $b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_n$ ve ürünlerin seçenekli üretim yöntemleri yani teknikleri de (a_{ij}) gösterimi ile ifade edilecek olursa a_{ij} , bir birim “j” ürünü üretmek için gerekli kaynaktan (b_i) gerekli olan miktarı gösterecek olursa, üretim kapasiteleri ve üretim faktörleri sınırlı olduğundan modelin kısıtlayıcı denklem takımı şu şekilde ifade edilir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ij} X_j + \dots + a_{in} X_n \leq b_i$$

Doğrusal programlama modelinde bulunan faaliyetlerin işletme için anlamlandırılabilir olması gerekliliği için, değişkenlerin alacakları değerler sıfırdan küçük olamaz. Bunun nedeni aslında çok açıktır. Üretilen bir ürünün değerinin sıfırdan küçük olamayacağı ile bu durum özdeşleştirilebilir. Buna bağlı olarak, doğrusal programlamada yer alacak değişkenlerin değeri ya sıfırdır ya da sıfırdan büyüktür. Bu durumda yukarıda yer alan kısıtlayıcı denklemler değerlendirildiğinde ise amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır:

$$Z_{\min / \max} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$$

Kısıtlayıcılar ise şu şekildedir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n \leq b_2$$

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ij} X_j + \dots + a_{in} X_n \leq b_i$$

$$X_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Kısıtlayıcıların lineer olması gerekliliği nedeni ile kısıtlayıcılar aşağıdaki gibi ifade edilebilecektir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \leq b_1$$

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \geq b_2$$

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n = b_3 \text{ (Taha, 1997)}$$

3.2. Tam Sayılı Programlama

Kurum ya da organizasyonlar geneline bakıldığında, ilgili yapıda yönetici kademesinde bulunan kişilerin karar alınması ihtiyacı bulunan durumlarda alınan kararları belirleyecek mekanizmaların tam sayılı olarak ifade edilmeleri gerekir. Bu durumu bir örnek ile ifade edecek olursak, seri üretime geçilmiş bir hava aracı montaj hattında tamamlanması gereken hava aracı adetinin, bu operasyonda ihtiyaç duyulan iş gücünün, son montaj hattından uçuş hattına hava araçlarının lojistiğini tamamlayacak taşıma araçlarının gerçekleştireceği sefer sayılarının, herhangi bir taşımanın hangi araçla yapılacağına dair atanacak taşıyıcı sayılarının tam sayılı değerlerde olması gerekmektedir. Bunun harici durumlarda bazen yöneticiler; “tamam / tamam değil”, “yapılsın / yapılmassın”, “işlem başlatılsın / işlem başlatılmasın” ve benzeri, yalnız iki seçenekten oluşan kararlar da almak durumunda kalırlar. Buna da bir örnek verecek olursak, hava aracı üreten bir tesisin, kendi motorunu üreten bir tesis için bünyesinde yatırım yapılarak üretilmesi veya hazır ürünün temin edilmesi, herhangi bir lokasyonun yapılan fizibilite sonrasinda o alana tesis kurulmasının uygun olup olmadığına verilecek bir kararda, x işinin y kişiye delege edilip edilmemesine, gibi örnekler bu ve benzerlerle genişletilebilir. İşte bunun gibi karar durumlarında, değişkenler yalnız ve yalnız iki tam sayılı değeri başka bir ifadeyle 0-1 değerlerini alabilirler. Değişkenlerin tamamının ya da bu minvalde belirli bir bölümünün tam sayılı değerlere eşit olduğu, doğrusal programlama modellerinin bir alt başlığı ya da bir türü olan modellere tam sayılı doğrusal programlama modelleri denir. Tam sayılı doğrusal programlama modelleri: saf pozitif, karma pozitif, saf sıfır-bir, karma sıfır-bir olmak üzere dört grupta toplanmaktadır. Tam sayılı olma zorunluluğunun değişkenlerin tümünün mü veyahut bir kısmının mı üzerine konulduğuna bağlı olarak saf ve karma modeller; daha sonra da bu modellerin tam sayılı olan değişkenlerinin alabilecekleri değerler düşünüldüğünde bir kez daha kendi içlerinde ikiye ayrıldıkları aşikardır. Tam sayılı değişkenlere yalnızca 0-1 değerleri atanabiliyorsa sıfır – bir modeller olarak; her pozitif tamsayı değerini

alabiliyorlarsa pozitif tam sayılı doğrusal programlama modelleri olarak sınıflandırılırlar (Kavi, 2008).

Doğrusal programlama modellerinde değişkenler kesintisiz değerlere sahip olurken; tam sayılı programlama modellerinde kesikli, başka bir dille süreksiz değerler alabilmektedirler. Bir tam sayılı programlama modeli olan kesikli değerler içeren modeller, doğrusal programlama modellerine benzer şekilde kurulurlar. Diğer türlerden tek fark, pozitiflik limitinin yerini, tam sayılı pozitif değerler alma sınırının almış olmasıdır. Birbirleri arasında ortaya çıkan bu farklılık, tam sayılı programlama modellerinin çözümünü doğrusal programlama modellerine göre oldukça fazla güçleştirir. Buna bağlı olarak tam sayılı değişkenler kullanırken, bunların gerekliliği iyi doğru bir şekilde analiz edilmeli, fazladan hesap yükünün oluşması riskine karşın bilakis sayıları mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Tam sayılı programlama modellerinin çözümünde, iki veya üç değişkenli küçük modeller için grafik metot da kullanılabilir. Ancak bu durum simpleks yönteminin ihtiyaçları karşılayamaması sonuçlarını doğurmaktadır. Bunun temel sebebi, simpleks yönteminin en ideal çözümü uygun çözüm alanının yalnızca köşe noktalarında aramasıdır. Hâlbuki, bir tam sayılı programlama modelinde optimum çözüm (tam sayıllık şartı sebebiyle) sadece köşe noktalarda bulunmayabilir. Bu sebeple, tam sayılı programlama modellerinin çözümünde, bir çok optimizasyon paket programlarının da temelinde kullanılan, Dal-Sınır Yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemde, modelin optimum çözüm mekanizmasında yer alan tam sayılı çözümler, aynı zamanda ana küme olarak da tanımlanması mümkündür, hiç biri zayıf edilmeden parçalara yani alt kümelerine ayrılır ve denk geldikleri her bir alt kümedeki doğrusal programlama modellerinin teker teker çözülerek optimum çözüm elde edilir. Her alt kümenin çözümünde de bu işlemlerin temeli olan simpleks yönteminden faydalanılmaktadır (Kavi, 2008).

Muhtelif işletme problemlerinin çözülmesi amacıyla türlü türlü yöntemler geliştirilmiştir. Doğrusal Programlama bu yöntemlere ilişkin en çok kullanılan yöntemlerden biridir. (Luenberger, 1984).

Doğrusal Programlama modeli hemen her türlü işletme sorunlarını çözmek için ideal bir yapıya sahip olsa da, uygulamalarda ortaya çıkan sonuç, işletmenin üretim şekline ya da Doğrusal Programlama modelinin uygulanan sorunun yapısına göre beklenen durumu tam anlamıyla ifade edemeyebilir. Bu durum finansal koşullara bağlı olarak gerçek hayattaki girdi

ve çıktıların bölünmezlik sorunlarıyla doğrudan ilişkilidir. Bölünmezlikleri ele alınan problemlerin olduğu gibi, çözümlerin de tam sayılı olması gerekmektedir. Modellerin uygulanmasında değişkenlerin tam sayı olması durumunda kullanılacak model araştırılıp incelendiğinde ortaya çıkan kalıp Tam Sayılı Programlama modelidir. Tam Sayılı Programlama modeli, değişkenlerin bir kısmının veya tümünün pozitif tam sayılı değere eşit olacağını varsayan matematiksel programlama problemlerinin çözümü ile ilgilenir (Öztürk, 2002).

Tam Sayılı Doğrusal Programlama, değişkenlerinden bir kısmının veya tümünün tam sayılı ya da kesirli değerler aldığı bir doğrusal programlama örneğidir.

Genel hatları ile ifade edilecek olursa, Tam Sayılı Programlama, doğrusal ve doğrusal olmayan değişkeninin bir kısmının veya tümünün kesikli olarak tanımlandığı problemlere “kesikli optimizasyon” veya “tam sayılı optimizasyon” problemi denir.

3.3. İkili Programlama

İkili programlama, birbirine bağlı iki değişkenin (genellikle x ve y gibi) bir hedef fonksiyonu optimize etmek için belirli koşullar altında (kısıtlamalar altında) nasıl davranacağını belirleyen genellikle bir optimizasyon problemi olarak karşımıza çıkan bir matematiksel programlama türüdür. Bu tür problemlere genel hatlarıyla bakıldığında, iki çeşit kısıtlama tipi karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan bir tanesi lineer kısıtlamalar (doğrusal eşitsizlikler ve eşitlikler) ya da ikili (binary) kısıtlamalardır. İkili kısıtlamaların bulunduğu programlama türlerinde değişkenler yalnızca 0 ya da 1 değerlerini alabilmektedir. Bu tür problemler, karar verme süreçlerinde amaç fonksiyonlarına hizmet eden ve sınırlı kaynakların optimum düzeyde kullanımına aracı olmak maksadıyla kullanılmaktadır. Bir örnekle açıklayacak olursak ikili programlama problemleri, üretim süreçlerinin planlanması, tedarik zinciri yönetiminde maliyetlerin optimize edilmesi, stok yönetimi, lojistik, hat ya da şebeke problemleri ve benzeri özellikle organizasyonların maksimum kâr ve minimum kaynak tüketimine yönelik problem türlerinin bir çoğunda kullanılır. Bu yöntem, belirli koşullar altında en iyi kararı veya durumu belirlemek için sayısal ya da cebirsel bir model oluşturmayı ve çözmeyi amaçlar. (Bakır ve Altunkaynak, 2003)

İkili programlama en yalın şekilde şu şekilde ele alınabilir. Maksimize ya da minimize ettiğimiz fonksiyonlar:

maks (f_x) veya min (f_x)

şeklinde olsun.

Kısıtlar ise aşağıdaki gibi belirlensin:

$$g_i(x) \leq b_i$$

$$g_i(x) \geq b_i$$

$$h_j(x) = d_j$$

Burada;

- x değişkenlerimizi temsil etmektedir.
- $f(x)$, optimize etmeye çalıştığımız hedef fonksiyondur.
- $g_i(x) \leq b_i$ veya $g_i(x) \geq b_i$, i numaralı kısıtları belirtmektedir.
- $h_j(x) = d_j$, j numaralı eşitlik kısıtlarını ifade eder.
- b_i ve d_j sırasıyla, ilgili eşitsizlik ve eşitlik kısıtlarının sağ tarafındaki sabit değerlerdir.

Özellikle, ikili programlama esas alındığında, değişkenler yani x değerleri genellikle; 0 veya 1 değerlerini alabilirler. İkili programlama tanımındaki “ikili” ifadesi bu modele ilişkin, kısıtları ifade etmektedir. Yani ikili programlamayı özetle şu şekilde tanımlayabiliriz. Bir organizasyonda ya da işletmede karar alınması gereken, “evet ya da hayır”, “tamam ya da tamam değil” veya “atansın ya da atanmasın” gibi durumlarda, kısıtlar şu şekilde ifade edilecektir:

$$x_i \in \{0,1\} \text{ veya } x_i=0 \text{ veya } x_i=1$$

Bu matematiksel ifadeler ya da kısıtlar, genel olarak bir ikili programlama problemi için kullanılan matematiksel çerçeveyi temsil eder. İlgili formülasyon, muhtelif hedef

fonksiyonların idealize edilmesi veya kısıtlı kaynakların kullanılmasında en iyi kararları almak için kullanılabilir.

İkili programlamayı bir yatırımcının yatırım planlamasını yapacağı bir örnekle zenginleştirelim.

Bir yatırımcı, farklı varlık türlerine (örneğin; hisse senetleri, tahviller, bonolar vb.) yatırım yapmak istiyor ve 100.000 Türk liralık belirli bir bütçeye sahip olsun. Elindeki kısıtlı kaynakla en yüksek getiriye elde etmek istiyor. Hisse senetleri ve tahviller arasında seçim yapmak zorunda olduğunu ve her varlık türü için en fazla yatırım miktarını aşmamak gerektiğini varsayalım. Bu durum ikili programlama problemini şu şekilde oluşturabiliriz:

- X birimi hisse senedine yatırım yapma miktarı olsun
- Y birimi ise tahvile yatırım yapma miktarı olsun.

Belirli kısıtlamalar altında (örneğin, toplam yatırım miktarının belli bir sınırla sınırlı olması, her varlık türü için belirli bir üst sınırın olması gibi) hedef fonksiyonu kapsamında kârın maksimize edilmesi olarak ifade edilebilir. İkili programlama metodolojisi düşünülerek probleme ilişkin kısıtlar aşağıdaki gibi verilebilir:

Örneğin, Maximize: $0.07X + 0.05Y$ (Hisse senedi getirisi %7, tahvil getirisi %5 olarak varsayılabilir).

Kısıtlar ise;

$$X + Y \leq 100,000 \text{ (Toplam yatırım bütçesi)}$$

$$X + Y \geq 100,000 \text{ (Toplam yatırım bütçesi)}$$

$$X \leq 30,000 \text{ (Maksimum hisse senedi yatırımı)}$$

$$Y \leq 70,000 \text{ (Maksimum tahvil yatırımı)}$$

$$X, Y \geq 0 \text{ (Negatif yatırım yapılamaz)}$$

X , Y ikili (yalnızca hisse senedi veya tahvil alınabilir, ikisinden birden alınamaz, şeklinde olsun.

Bu tür bir problem, verilen kısıtlar altında X ve Y'nin hangi değerlerini alacağını bulmamızı sağlar. Bu, yatırımcının belirli koşullar altında en iyi yatırım kararını vermesine yardımcı olur. Bu örnek, bir yatırım portföyü optimizasyonu için ikili programlamanın nasıl kullanılabileceğini göstermektedir.

3.4. Atama Problemi

Atama problemleri, doğrusal programlama problemlerinin özel bir türüdür. Atama problemi, genellikle birçok kaynak arasında, ihtiyaç duyulan hususlara dair temel alınan belirli bir kural ya da kısıt çerçevesinde en verimli noktaya erişmek, en uygun sonuca giden yolda tercih edilmesi gereken parametreler bazlı değişkenlerin bir birime atanmasını amaçlayan bir optimizasyon problemini ifade eder. Bu tür problemlerde genellikle, mevcut kaynaklar ile bu kaynaklara atanacak olan görevler veya kaynaklar arasından en uygununun tercih edilmesi ve gerekli noktaya atama yapılması hedeflenir. Örneğin, atama problemi şu durumlarda karşımıza çıkabilir:

- İş Ataması: İşletmelerin operasyonunu yürüttüğü belirli işleri yapabilecek çalışanlar ve bu işlerin özellikleri belirlenir. Buradaki hedeflenen noktanın, sahip olunan yeteneklerle işlerin ihtiyaç ve gereksinimlerine göre en uygun çalışan-iş atamasının yapılması ve bu atamadan alınacak çıktının (yüksek kâr, yüksek kaliteli iş vb.) verimliliğinin en yüksek değerlendirilmesi sağlanabilir.
- Proje & Proje Sorumluları Ataması: Muhtelif projeler ve bu projeler için uygun ekiplerin ya da proje uzmanlarının veya kaynakların belirlenmesi ele alınabilir. En uygun proje sorumlusu & proje atamasını yaparak hedeflenen projelerin başarısını arttırmak veya mevcut kaynakların optimum seviyede kullanılmasını sağlamak amaçlanabilir.
- Üniversite Bölümü & Yerleştirme Problemi: Belirli bir dizi öğrenci grubunun belirli okullara yerleşmesi gerektiği durumlarda, öğrencilerin tercihlerine ve okulların kapasitelerine göre en uygun öğrencinin en ideal okula yerleşmesi için atama problemleri kullanılabilir. Bu tez çalışmasında da benzer bir ilke ve bu tip bir atama problemi ele alınacaktır.

Atama problemleri temel olarak doğrusal programlama, tam sayılı programlama veya diğer optimizasyon teknikleriyle çözülmeye çalışılır. Burada aslolan, belirli kısıtlar altında bir hedefin (örneğin; verimliliği en çoklama veya maliyeti en aza düşürme) gerçekleştirilmesi için en iyi atamanın tespit edilmesidir. Bu tür problemler, gerçek hayatta birçok alanda, kaynakların en efektif şekilde kullanılması ve görevlerin en ideal şekilde yerine getirilmesi gereken durumlarda karşımıza çıkar.

Farklı bir örnekle daha ifade edecek olursak, ulaştırma ve bu tür problemleri, bir tür atama problemi olarak ele alacak olursak ilgili problemler belirli bölgeler arası atama (nakil) işlemlerinin en küçük masrafla gerçekleştirilmesi temeline dayanmaktadır. Başka bir dille ifade edecek olursak, ulaştırma türü problemlerin atama türünden değerlendirilmesi halinde ele alınan parametreler zinciri çerçevesinde, belirli bölgeler arası atama (nakil) işlemlerinin en küçük ya da en az masrafla gerçekleştirilmesi temeli esas alınmaktadır. Atama modeli, kaynakların kullanımında en etkin modelin uygulanmasını amaçladığından o modele ilişkin tamamlanması lüzümü bulunan gereksinimlerin en kısa zamanda ve hatta en düşük toplam maliyetle gerçekleşmesi istenir. Burada asıl hedef, en ideal durumun etkinliğini maksimum kılmak için gerekli kaynak kullanımının bire bir dağıtımını sağlamaktır. Kaynakların işçiler, hedeflerin de işler olduğu özel bir ulaştırma modeli olan yapı atama modeli olarak tanımlanır. Buna bağlı olarak, her iş yalnız ve yalnız bir makineye (kişiye, işçiye) atanır. Bu faktör / faktörler ele alındığında, her bir kaynaktaki arz miktarı ve her bir hedefteki talep miktarı sürekli olarak 1'e eşittir. Problemin matematiksel formülasyonu ise;

$$\text{Max / Min } Z = \sum_{i=1} \sum_{j=1} c_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} = \{0, 1\}$$

biçiminde tanımlıdır.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ iş makineye yapılıyorsa} \\ 0, & \text{d.h.} \end{cases}$$

dır.

İlgili atama modelinin sonucuna ulaşmak için, normal bir ulaştırma modeli çözümü uygulanabilir. Söz konusu problemin çözümü için dikkate alınan, arz ve talep miktarlarının 1' e eşit olması da “Macar Algoritması” olarak isimlendirilen oldukça basit bir çözüm algoritmasının geliştirilmesine de ön ayak olmuştur (Winston, 1994).

Bir minimizasyon problemi için Macar algoritması adımları aşağıdaki gibidir:

1. Adım: Her satırda en küçük atama gideri seçilip diğer atama giderlerinden bu değer çıkarılarak satırlara göre indirgenmiş tablo bulunur.
2. Adım: 1. Adım sonunda indirgenmiş matrisin her sütunundaki en küçük eleman seçilip, diğer elemanlardan çıkarılarak tablo tekrar indirgenir.
3. Adım: 2. Adım sonunda bulunmuş tabloda sıfır değerini alan tüm elemanlardan en az sayıda yatay doğrular çizilir. Eğer bulunan doğru sayısı işlem sayısına eşit ise, en iyi çözüme ulaşılmış olur ve 5. Adım'a gidilir.
4. Adım: Üzerinden doğru geçmeyen satır veya sütundaki en küçük eleman seçilerek doğrular dışında kalmış diğer elemanlardan çıkarılır. Doğruların kesim noktalarındaki elemanlara eklenir ve 3. Adım'a geri dönlür.
5. Adım: Her doğru üzerinde sıfır değerli hücreler esas alınarak, her i için yalnız bir j olmak üzere en iyi çözüme karşılık gelen X_{ij} değerleri yazılıp, en iyi çözüm bulunur.

3.5. Simpleks Çözüm Yöntemi

Doğrusal programlama problemlerinin çözülmesinde kullanılan bir diğer metot da Simpleks çözüm yöntemidir. Bilgisayar ortamında hazırlanmış ve çeşitli özel yazılımlar yaklaşımları sayesinde, geniş çaplı problemlerin çözümünde kullanılan ve hemen hemen her alanda kendine uygulama alanı bulan bu yöntem George DANTZİG tarafından 1947 yılında geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yöntem sayesinde donanım alt yapısı bulunan alanlarda birden fazla değişken ile kısıtı bulunan problemler, kullanıcılar tarafından son derece basit şekillerde çözüm bulabilmekte ve kârlılık ya da verimlilik gibi işletmelerin olmazsa olmaz ihtiyaçları kolaylıkla giderilebilmektedir. İhtiyaçların karşılanması için gerekli çözümlerin üretilmesi için bilgisayar ortamında sonuçların yorumlanabilmesi gerekliliğinden simpleks çözüm yöntemlerine hakim olunması gerekmektedir.

Kâr maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonu hedefleyen herhangi bir karar modelinde elde edilmesi istenen sonuç için tasarlanacak amaç fonksiyonunun titizlikle yapılması gerekir. En nihayetinde burada hedef karar alıcıların işini kolaylaştırmaktır. Belirlenen amaç fonksiyonunun en büyük ya da en küçük değeri alması isteneceği için kurgu özelinde amaç fonksiyonunun maksimize edilmesi ya da minimize edilebilmesi için uygulanacak yöntem temel seviyede aynıdır ve belirlenen hedef doğrultusunda muhtelif mantıksal değişikliklerle tasarlanması özdeş esaslara dayanır. Bu minvalde iki farklı yol izlenerek simpleks algoritmasının çözümü mümkündür (Anderson, Dennis ve Thomas, 1983). Bu yollardan ilki temele dahil olacak ve temelden çıkacak değişkenlerin belirlenmesi akabindeki işlemler ilgili sütun üzerinde yapılmaktadır. Diğer metot ise temele dahil olacak değişkenle, temelden çıkacak değişken değerlerinin sütun olarak yerleri değiştirilerek yapılır. Uygulanan işlemler sonucunda üç çeşit çözüme elde edilir. Bu üç çözümden ilki en iyi çözüm (optimal solution), ikincisi uygun çözüm yok (infeasible solution), üçüncü ve sonuncusu ise, sonsuz çözüm (unbounded solution) olarak ifade edilebilir. Bu çözümlerin haricinde simpleks algoritmasında dejenerezasyon, alternatif optimal çözüm ve oluşmayan uygun çözümler de (nonexisting feasible solution) ortaya çıkabilir (Taha, 1976).

Temel olarak değerlendirilecek olursa, doğrusal programlama problemlerinin çözülmesinde kullanılan simpleks yöntemleri aslında bir algoritmadır. Başka bir ifade ile en ideal sonuçların elde edilmesi için ortaya konan algortimada optimum sonuca varılana kadar sistematik bir prosedürün uygulanması gerekmektedir. Prosedürün tekrarlı bir şekilde uygulandığı aşamaların her birine “İterasyon” denmektedir (Binay, 2001).

Simpleks yöntemlerinin uygulanması esnasında matematiksel bir proses bulunur. Çözümün elde edilmesi süresince ve en ideal sonuca varılması gereken noktaya kadar her iterasyonda doğrusal bir denklem çözülür ve ortaya konan her iterasyonun en ideal sonucu verip vermediği optimallik uygulamaları ile test edilir.

“m” tane kısıt ve “n” tane karar değişkeninin oluşturduğu bir doğrusal programlama modelinin yapısı şu şekildedir:

$$Z_{\min / \max} = C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots + C_n X_n$$

Kısıtlayıcılar ise şu şekildedir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} X_j + \dots + a_{1n} X_n \leq (\geq, =) b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n \leq (\geq, =) b_{2\dots}$$

$$\dots a_{m1} X_1 + a_{m2} X_2 + \dots + a_{mj} X_j + \dots + a_{mn} X_n \leq (\geq, =) b_m$$

$$X_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Doğrusal programlama modeli bir maksimizasyon ya da minimizasyon denklemi olarak ifade edilebilmektedir. İlgili kısıtlar denklemleri “küçük eşit ($\leq$)”, “büyük eşit ($\geq$)” veya “eşit (=)” gösterimleri ile tamamlayabilmektedir. Matematiksel şekilde modellenen bir doğrusal programlama probleminin simpleks yöntemiyle çözülebilmesi için, ilgili modelin standart ya da geliştirilmiş bir biçimde simpleks yöntemine uygun bir hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dönüşümün akabinde ise elde edilecek standart yapıdaki aşağıda ifade edilen durumların sırası ile yerine getirilmesi gerekliliği bulunmaktadır:

- Kısıtların denklemin sağ tarafında yer alan değerlerin sıfırdan küçük olmayan sabit sayılar olması gerekir.
- Tüm kısıtların birer eşitlik olarak ifade edilmesi gerekmektedir.
- Tüm değişkenlerin sıfırdan küçük olmayan değişken olarak tanımlanması gerekmektedir.

Kısıtları “ $\leq$ ” şeklinde ifade edilen ve sıfırdan küçük değikenini bulunmadan tanımlanmış bir maksimizasyon probleminde ya da kısıtları “ $\geq$ ” kısıt olarak tanımlanmış ve yine tüm değişkenleri sıfır ve sıfırdan büyük olan problemlerin modellerine “Kanonik Model” adı verilir (Binay, 2001).

$$Z_{\text{maks}} = 3X_1 + 5X_2$$

$$4X_1 + X_2 \leq 10$$

$$6X_1 + 4X_2 \leq 20$$

$$X_1, X_2 \geq 0$$

gibi eşitliklerden oluşturulmuş bir doğrusal programlama modelinde değişkenleri sıfır ve sıfırdan büyük ve tüm kısıtları “ $\leq$ ” gösterimi ile ifade edilen modeller kanonik modeller olarak ifade edilebilir. Kanonik model tipteki denklemlerin, sağ tarafında yer alan değerler sıfırdan küçük olmayan sabit sayılar olduğu modellerde, standart yapının ilk şartı sağlanmış olacaktır. Bir diğer hususta yer alan şartın sağlanması için, ilgili modeldeki iki adet “ $\leq$ ” denkleminin “ $=$ ” şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu durumun sağlanması için modeldeki küçük değere sahip olan tarafa aradaki fark kadar eklenti yapılması gerekliliği bulunmaktadır. Eklenmesi gereken bu değişkene “Aylak (Gevşek) Değişken” adı verilir ve aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 \leq b_1$$

eşitsizliğinde denklemin küçük olan kısmında aylak değişken eklenir ve ifade aşağıdaki gibi olur:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 + S_1 = b_1$$

En küçükleme problemlerinde yer almakta olan tüm kısıtlar $\geq$ kısıtı ve aynı zamanda tüm değişiklikleri sıfırdan küçük olmayan değişkenlere sahip kanonik bir doğrusal programlama modelinde “ $\geq$ ” olarak ifade edilen kısıtların “ $=$ ” biçimine dönüştürülmesi için tekrar işlem yapılması gerekmektedir. Böyle bir eşitliğin benzer şekilde sağlanması için, başka bir ifadeyle “ $\geq$ ” kısıtını sol taraftaki değeri, sağ taraftan daha büyük olacağı için, kısıt ifadesinin sol tarafından fazla olan değer kadar çıkarmak gerekecektir. Aradaki bu fark “Artık Değişken” olarak tanımlanmaktadır. İlgili değişken ve aradaki farkı ifade eden artık değişken şu şekilde matematiksel olarak ifade edilebilir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 \geq b_1$$

eşitsizliğinde denklemin büyük olan tarafını küçük olan tarafa eşitlemek için büyük taraftan artık değişken çıkarılır ve ifade aşağıdaki gibi olur:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 - V_1 + a_1 = b_1$$

yukarıdaki ifadede a_1 değişkeni “Yapay Değişken” olarak ifade edilmektedir.

Artık değişkenler simpleks tablolarının başlangıç sütununda bulunmazlar. Onun yerine ekonomik vir anlamı bulunmayan sanal bir değişken yer alır ve bu durum aşağıdaki gibi matematiksel olarak ifade edilir:

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + a_{13} X_3 + a_1 = b_1$$

Amaç fonksiyonunda aylak, artık ve yapay değişkenlerin yer alması için ilgili değişkenlere sabit bir katsayı verilmesi gerekmektedir. Artık ve aylak değişkenlerin katsayıları “ 0 ” değerinde olur. Yapay değişkenlerin ise katsayı değerleri maliyet en küçükleme probleminde “ + M ” , kâr en büyükleme probleminde ise “ – M ” değerini alır. “ – M ” değeri büyük değerli bir sayısal ifadeyi yani keyfi büyük ceza maliyetini ifade eder. Sanal değişkene bu denli büyük bir katsayı değeri verilmesinin sebebi hiç bir şekilde ekonomik bir anlam taşımayan, sanal değişkenin uygun bir ideal çözümde yer almasını önlemektir. Bu minvalde ifade edilen durumlar bir çizelge aracılığı ile şu şekilde açıklanabilir (Öztürk, 1997):

Çizelge 3.1. Eşitsizliklerin eşitlik haline dönüşmesi

Kısıtlayıcıların Tipi	Kısıtlayıcı İlişkisi	Simpleks Yöntem İçin Gerekli Ek Değişkenler	Amaç Fonksiyonuna İlave Edilen Ek Değişkenlerin Değeri		Başlangıç Program (Temel) Değişkeni Olarak Yer Alıp Almadığı
			Kâr Maksimum	Maliyet Minimum	
Kaynak veya Maks. İstekler	$\leq$	Aylak Değişken Eklenir	0	0	Evet
Talep veya Min. İstekler	$\geq$	Artık Değişken Çıkarılır	0	0	Hayır
		Yapay Değişken Eklenir	– M	+ M	Evet
Karışım veya Tam İstekler	=	Yapay Değişken Eklenir	– M	+ M	Evet

4. UYGULAMA

Bu çalışmanın temel amacı, çalışan bir süreç algoritmasının ortaya konulması ve işleyen ya da işletilecek süreçlere farklılık ve inovasyon kazandırabilmektir.

Bu araştırma ile aday mühendislerin yetkinliklerinin bulunduğu alt disiplinler ile görevlendirilecekleri çalışma alanları arasındaki uyumluluğun belirlenmesi amacıyla adaylara mülakat (sözlü sınav) yapılmış ve stajyer mühendislerin çalışma alanlarına yetkinliklerine dair mülakat gerçekleştirenlerce 1 ile 10 arasında skorların verildiği bir skor matrisi oluşturulmuştur. Ayrıca aday mühendislerden en çok staj yapmak istedikleri disiplin için 10, en az staj yapmak istedikleri mühendislik alt disiplini için 1 değerini girmelerini istendiği bir form ile aday mühendislerin staj tercihlerine ait talep matrisi oluşturulmuştur. Bu talep matrisi için adaylar ara değerler de girebilmektedir. Skor matrisi ile talep matrisi ağırlıklandırılarak nihai karar matrisi oluşturulmuştur. Böylelikle aday mühendislerin hem mülakat skorları hem de talepleri göz önünde bulundurularak bu taleplerin dikkate alındığı bir karar matrisi elde edilmiştir. Elde edilen nihai karar matrisi karışık tam sayılı programlama tekniği ile literatürde atama problemi (assignment problem) olarak da bilinen adayların ilgili alt mühendislik disiplinlerine atanmasında girdi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışma esnasında kullanılması düşünülen Çözücü, veri setinin 500 hücreden oluşması (50 aday 10 mühendislik alt disiplini) ve Microsoft Excel'in Çözücü aracının en fazla 200 hücre için bu hesaplamayı yapıyor olması nedeni ile R Programlama Dili kullanılarak problem kodlanmış, *dplyr* (Wickham 2023), *ompr* (Schumacher, 2023), *ompr.roi* (Schumacher, 2023) ve *ROI.plugin.glpk* (Theussl, 2020) paketleri kullanılarak aday mühendislerin mülakat skorları ile staj yapmak istedikleri mühendislik alanlarının örtüştürülerek ilgili birime atamaları gerçekleştirilmiştir. Microsoft Excel'in çözücü aracında maksimum 200 hücre kısıtı bulunduğundan geliştirilen yöntem sayesinde her seferinde model kurup problem çözümü için Excel kullanmaya gerek kalmamıştır. Geliştirilen yöntem çok az sayıda girdi ile tekrarlanabilir atama işlemi için kolaylıkla kullanılabilir. Model ile algoritmaya yalnızca aday taleplerinin bulunduğu talep matrisi, aday skorlarının bulunduğu skor matrisi ve her bir mühendislik biriminin aday mühendis yetiştirmek için kapasitelerinin parametre olarak verilmesi yeterlidir. Bu noktada her bir mühendislik alt biriminin kapasiteleri eşit olabileceği gibi birbirinden farklı kapasitelerin de olabileceği göz önünde bulundurularak geliştirilen algoritmaya bu esneklik eklenmiştir. R Programlama

dilinde geliştirilen yöntem sayesinde otomatize edilmiş tekrarlanabilir pdf ya da word formatında sonuçların elde edilmesi mümkündür.

Tekrarlanabilir, standardize edilmiş, adayların hangi birimlere atandığının yer aldığı-raporlama modülünün geliştirilmesinde R Programlama dilinde yer alan *rmarkdown* paketinden yararlanılmıştır.

Bu amaç doğrultusunda atama için algoritmanın geliştirilmesi, algoritma ile elde edilen skorların standart rapor formatında oluşturulması hedeflenmiştir. Önerilen sistemin özgün değeri ve katkı sağlayacak özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Aday mühendislerin ilgili mühendislik alt disiplinine atanması için algoritma ve rapor oluşturma modülünün beraber çalışmasının sağlanması,
- Atama problemlerinde genellikle başvuru alan bir araç olan Microsoft Excel kullanımı nedeniyle ortaya çıkacak hataların ortadan kaldırılması,
- Aday mühendislerin ilgili mühendislik alt disiplinine atanması için ihtiyaç duyulan Microsoft Excel'e olan bağımlılığın ortadan kaldırılması.

Bu doğrultuda;

- a) RMarkdown dili ile raporlama arabirimi geliştirilecek, aday mühendislerin ilgili mühendislik alt disiplinine atanması ve raporlanması bu teknolojiler aracılığı ile sağlanacaktır.
- b) R Programlama dili kullanılarak yukarıdaki kriterleri sağlayan bir algoritma kodlanacaktır.
- c) RMarkdown dili ile oluşturulan standardize edilmiş rapor şablonunda algoritma ile elde edilen skorlar kullanılarak raporlamanın oluşturulması sağlanacaktır.

Algoritmadan elde edilen atama sonuçları rapor şablonuna girdi teşkil edecektir. Birbiri ile uyumlu bu iki araç sırası ile çalıştırıldıktan sonra pdf formatında indirilebilir bir belge elde edilecektir. Geliştirilecek sistem için algoritmanın tasarlanmasında, açık kaynak kodlu ve ücretsiz bir yazılım olması nedeniyle R Programlama dili (R Core Team, 2022) tercih edilmiştir. RMarkdown dili ile tekrarlanabilir rapor elde etmek için *rmarkdown* paketi

kullanılarak rapor şablonu oluşturulacaktır (Allaire vd., 2022). Latex ile pdf formatında dinamik raporun oluşturulmasında ise *tinytex* paketinden yararlanılacaktır (Yihui Xie, 2019).

Sistemin şu şekilde çalışması planlanmaktadır;

- Gerekli kütüphanelerin çalışma ortamına dahil edilmesi
- Kısıtların belirlenmesi
- Girdilerinin alınması
- Girdilerin algoritmada parametre olarak kullanılarak modelin kurulması
- Algoritmanın koşturularak atama sonuçlarının elde edilmesi
- Kısıt ihlali olup olmadığının kontrol edilmesi
- Elde edilen sonuçların rapor şablonuna yerleştirilmesi
- Raporun pdf ya da word formatında elde edilmesi.

Gerçekleştirilen çalışmada stajyer mühendislerin yetkinliklerinin bulunduğu alt disiplinlere en uygun birimlerle eşleştirmeleri yapılarak, optimizasyon sağlanacaktır. Doğrusal Programlama'nın özel bir hali olan Tam Sayılı Programlama ve İkili (0-1) Programlama kullanılarak aday mühendisler tercihlerine ve skorlarına göre atanacaktır. Bu atama işlemi gerçekleştirilirken, aday tercihleri, çalışmak istedikleri birime uygunlukları (öğrenim gördükleri okul, diploma notu, ailesi notu, yabancı dil vs.) dikkate alınacaktır. Yönteme ait matematiksel gösterim şu şekildedir;

n aday mühendis sayısını, m staj yapılacak mühendislik alt disiplin sayısını, c her bir departmanın mühendislik alt disiplininde eğitim görece aday mühendis kapasitesini ve w stajyer mühendislerin staj yapmak istedikleri mühendislik disiplinini göstermek (1-10 arasında, 10 en çok staj yapılmak istenen alt disiplin ve 1 en az istenen disiplin, ara değerler yer alabilir) üzere;

Amaç Fonksiyonu:

$$\max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} * x_{ij} \quad (1)$$

Bir aday ilgili mühendislik alt disiplinine atandıysa 1, atanmadıysa 0 olmak üzere;

Kısıtlayıcı koşullar:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n x_{ij} &< c, & j &= 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} &= 1, & i &= 1, \dots, n \\ x_{ij} &\in \{0,1\} & i &= 1, \dots, n \text{ ve } j = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (1)$$

4.1. Metodolojik / Yöntemsel Sınırlılıklar

R programlama dili her ne kadar veri analizi, veri düzenleme, ön işleme gibi süreçlerde en güçlü betik dillerden biri olsa da paket uyumsuzlukları nedeniyle sorunların yaşanmasına neden olma potansiyeline sahip bir geliştirme ortamıdır. Ortaya konulan sistem lokal olarak etkili bir şekilde çalıştırılabilir, ancak çalışmanın genellenmesi ve genişletmesi aşamasında bu ortamın önemli ölçüde sorunlar yaşanmasına neden olabileceği hususu göz önünde bulundurulmalıdır. Ortaya çıkabilecek paket uyumsuzluklarını ilgili paketlerin güncellenmesi ile ortadan kaldırmak mümkündür. R programlama dili açık kaynak kodlu bir betik dil olması nedeniyle sık sık güncellenmektedir. Bu noktada kullanıcının R programlama dilinin ve paketlerinin güncel versiyonlarını kullanmasında yarar vardır.

4.2. Veri

İlgili çalışmada, makine mühendisliği branşından mezun olan havacılık ve uzay bilimleri alanında TUSAŞ'ta çalışan profesyonellerin görev aldıkları birimlerin çalışma alt disiplinleri referans alınmıştır. İlgili birimlerde görev alacak aday mühendisler, (araştırmada A1, A2, A3, ..., A50 olarak gösterilmiştir) kişilerin rol ve yetkinlikleri incelenerek araştırmada uygulanacak ikili mülakatlarda kullanılmak üzere becerilerin ölçülmesi için mülakat formları oluşturulmuştur. Oluşturulan mülakat formları TUSAŞ'ta yürütülen İmalat Mühendisliği (IM), Yapısal Tasarım Mühendisliği (YTM), Sistem Mühendisliği (SM), Malzeme İnceleme Kurulu Mühendisliği (MIKM), Montaj Mühendisliği (MM), Malzeme ve Proses Mühendisliği (MPM), NC Mühendisliği (NCM), Otomasyon Mühendisliği (OM), Uçuş Test Mühendisliği (UTM) ve Yapısal Analiz Mühendisliği (YAM) olarak belirlenen rollerin yetkinlikleri referans alınarak, 10 farklı alt disiplinde 50 aday mühendise oluşturulan mülakat formları, aracılığıyla veriler toplanmıştır. 10 farklı alt disiplinden Yapısal Tasarım Mühendisliği ve Sistem Mühendisliği alanında uygulanan mülakat formu örnekleri aşağıdaki Çizelge ve Çizelge 'deki gibidir:

Çizelge 4.1. Değerlendirme formu 1

Aday Mühendislik Programı			
Yapısal Tasarım Mühendisliği Alanına Yatkinlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ			
(Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Hava aracı yapısal tasarım süreçleri ile ilgili yeterli bilgisi vardır.			
Hava aracı yapısal tasarım (Catia, NX, vb.) programlarına dair yeterli bilgisi vardır.			
Hava aracı parçalarına dair temel düzeyde üretim bilgisi mevcuttur.			
Hava aracı yapısalarda kullanılan kompozit mazlemelere dair yeterli bilgisi vardır.			
Hava aracı parçalarına dair yapısal test bilgisi mevcuttur.			
3D Experience / Teamcenter gibi "Ürün Yaşam Döngüsü" yazılımlarına dair yeterli bilgisi vardır.			
Geometric Dimensioning and Tolerancing Principles (GD&T) disiplinine dair yeterli bilgisi vardır.			
Key Characteristic and Tolerancing Principles (KC&T) disiplinine dair yeterli bilgisi vardır.			
Tasarımla özdeşleşen "Mechanical Finishing Process"lerine dair yeterli bilgisi vardır.			
Tasarımla özdeşleşen "Mechanical Fastening Process"lerine dair yeterli bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici		İmza	
Adı Soyadı:			

Çizelge 4.2. Değerlendirme formu 2

Aday Mühendislik Programı			
Sistem Mühendisliği Alanına Yatkinlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ			
(Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Hava aracı mekanik sistemlerine dair temel düzey bilgisi ve ilgisi vardır.			
Mekanik sistemlerdeki ekipman kalifikasyon proseslerinde temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava araçlarına ilişkin temel sertifikasyon ve uçuşa elverişlilik gibi konularda temel düzeyde bilgisi vardır.			
Sistem ya da ekipman gereksinimlerinin doğrulanmasına dair temel bilgisi vardır.			
Silah sistemlerine ilişkin temel bilgisi vardır.			
Teamcenter gibi "Ürün Yaşam Döngüsü" yazılımlarına dair yeterli bilgisi vardır.			
3D Experience ile "İhtiyaç Yönetimi Bilgisine" temel düzeyde haizdir.			
Hava araçlarına dair sistem emniyeti konusunda yeterli düzeyde bilgiye sahiptir.			
Hava araçlarına dair konfigürasyon yönetimine dair yeterli bilgisi vardır.			
Kütle özellikleri (Ağırlık, CG, Atalet) tahmin metodolojileri bilgisi temel düzeyde vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici		İmza	
Adı Soyadı:			

Yapısal Tasarım Mühendisliği ve Sistem Mühendisliği harici Aday Değerlendirme Formları (diğer alt mühendislik branşlarına ait) “Ekler” kısmında gösterilmiştir. Mülakat formlarında nitel araştırma yöntemi olarak kullanılmıştır. İkili görüşmeler aracılığıyla yapılan mülakatlar ışığında elde edilen *skor matrisi* aşağıdaki Çizelge ’teki gibidir;

Çizelge 4.3. Aday mühendislerin mühendislik alt disiplinlerine yatkınlığı mülakat sonuçları – skor matrisi

	İM	YTM	SM	MİKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	YAM
A1	7	3	7	2	8	8	7	6	4	8
A2	5	9	5	9	2	2	8	4	6	4
A3	2	7	8	4	7	7	8	8	9	8
A4	2	7	2	4	3	5	2	6	7	9
A5	7	3	2	8	3	4	10	5	9	3
A6	7	3	5	8	3	2	4	10	4	7
A7	8	10	3	3	6	8	8	5	6	8
A8	5	2	8	9	3	4	3	6	8	8
A9	4	5	6	10	4	3	5	4	10	9
A10	9	9	5	9	3	7	5	5	9	7
A11	9	8	5	7	7	6	3	9	7	6
A12	8	2	7	5	3	9	10	8	9	4
A13	2	10	5	2	3	4	10	3	6	10
A14	6	6	6	10	3	3	10	10	7	5
A15	7	2	8	9	6	10	6	8	9	6
A16	7	2	7	3	10	10	5	8	10	7
A17	3	9	8	6	10	6	8	6	8	7
A18	2	5	6	3	4	2	10	7	6	5
A19	7	7	4	4	3	7	8	5	5	10
A20	8	10	3	10	3	2	5	5	4	9
A21	10	3	10	10	6	10	4	8	8	10
A22	9	5	4	6	10	5	7	7	5	8
A23	9	4	7	6	10	2	7	2	3	10
A24	3	7	6	3	9	4	5	9	6	4
A25	2	7	4	6	6	3	2	8	10	3
A26	8	8	2	2	8	9	9	4	6	9
A27	5	3	3	4	4	5	7	4	2	10
A28	8	3	6	5	8	9	6	2	8	10
A29	8	8	5	10	9	6	7	9	3	4
A30	5	6	2	7	10	6	3	3	8	8
A31	6	4	10	2	7	2	6	5	3	4
A32	10	3	7	8	9	7	2	10	9	2
A33	5	6	3	3	9	7	9	6	9	9
A34	10	6	2	3	3	4	7	8	3	3
A35	6	5	2	6	10	8	7	10	6	7
A36	8	9	3	4	6	5	4	8	8	3
A37	6	8	10	6	8	5	3	6	10	3
A38	8	2	9	7	9	9	2	2	9	5
A39	6	3	10	6	2	7	6	8	10	9
A40	8	6	7	2	3	4	6	7	5	2
K41	4	6	6	5	2	4	3	10	8	4
K42	8	10	4	10	3	6	6	9	4	6
K43	4	8	10	10	2	2	3	2	5	10
K44	9	2	3	5	10	2	6	3	6	6
K45	7	4	6	2	7	9	9	7	3	6
K46	3	7	7	6	9	2	8	8	3	7
K47	4	8	3	4	8	8	3	3	10	3
K48	7	4	7	4	4	2	6	6	9	10
K49	5	9	3	10	5	5	3	5	8	9
K50	9	5	7	3	2	4	7	3	2	5

Staj yapmak isteyen aday mühendislerin, staj yapmak istedikleri alt mühendislik disiplinlerini puanlamaları için aday talep formu oluşturulmuştur. Adayların çalışmak istedikleri mühendislik alt disiplinlerine ilişkin taleplerinin toplandığı form aşağıdaki Çizelge 'teki gibidir:

Çizelge 4.4. Aday talep formu

<i>Aday Mühendislik Programı Aday Talep Formu</i>	
<i>Ad Soyad</i>	
<i>T.C. Kimlik Numarası</i>	
<i>Program Başvuru Numarası</i>	
<i>Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm</i>	
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ	
<i>Önemli Uyarı: Birim ataması talep edilen mühendislik disiplini 1 ile 10 arasında puanlandırılmalıdır. En çok görev almak istenilen birim 10, en az görev almak istenilen bölüm 0 olacak şekilde ve tüm birimler puanlamalarla belirtilmelidir.)</i>	
İmalat Mühendisliği (IM)	
Yapısal Tasarım Mühendisliği (YTM)	
Sistem Mühendisliği (SM)	
Malzeme İnceleme Kurulu Mühendisliği (MIKM)	
Montaj Mühendisliği (MM)	
Malzeme ve Proses Mühendisliği (MPM)	
NC Mühendisliği (NCM)	
Otomasyon Mühendisliği (OM)	
Uçuş Test Mühendisliği (UTM)	
Yapısal Analiz Mühendisliği (YAM)	
<i>Tarih & İmza</i>	

Bütün adaylardan “*Aday Talep Formu*”nu doldurmaları istenmiş ve aday taleplerini içeren *talep matrisi* aşağıdaki Çizelge 'teki gibi oluşturulmuştur;

Çizelge 4.5. Aday mühendislerin staj yapmak istedikleri mühendislik alt disiplin tercihleri – talep matrisi

	IM	TM	SM	MIKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	AM
A1	10	4	6	3	7	1	2	5	8	9
A2	6	10	9	1	8	4	2	3	7	5
A3	1	7	9	10	8	2	5	6	4	3
A4	9	8	10	2	5	4	1	3	7	6
A5	1	5	2	9	7	3	8	6	4	10
A6	2	7	3	8	4	10	9	5	1	6
A7	9	1	7	10	2	3	6	8	5	4
A8	6	10	7	4	2	3	8	9	1	5
A9	1	9	6	10	2	5	3	8	7	4
A10	2	4	7	9	5	8	10	6	1	3
A11	6	8	7	2	4	9	3	1	5	10
A12	2	6	3	4	10	5	1	9	7	8
A13	3	1	5	10	8	4	2	9	7	6
A14	3	7	8	6	4	1	5	2	10	9
A15	8	6	5	2	10	3	7	4	9	1
A16	9	6	10	5	4	1	2	7	8	3
A17	5	8	6	1	9	10	7	3	4	2
A18	6	1	3	9	5	8	2	10	4	7
A19	6	8	3	4	5	9	10	1	2	7
A20	5	1	7	6	8	9	4	10	2	3
A21	7	2	8	4	5	6	3	9	1	10
A22	9	1	6	5	8	3	7	10	4	2
A23	6	4	5	1	3	7	8	2	9	10
A24	2	5	8	7	1	10	9	3	4	6
A25	3	6	1	8	10	5	9	4	2	7
A26	1	9	7	2	4	10	5	8	6	3
A27	4	9	5	1	2	3	10	7	6	8
A28	3	8	7	6	4	1	5	10	9	2
A29	9	4	8	5	6	3	2	7	1	10
A30	10	7	9	8	4	5	6	2	3	1
A31	7	3	8	6	1	4	5	10	9	2
A32	8	3	6	7	5	9	4	2	1	10
A33	3	8	9	2	5	10	4	6	1	7
A34	6	1	8	3	5	4	2	9	10	7
A35	3	7	5	8	1	10	6	9	2	4
A36	7	9	5	8	3	10	6	2	4	1
A37	10	9	4	6	2	1	8	5	7	3
A38	5	4	9	7	2	3	1	6	8	10
A39	5	1	8	9	6	7	2	4	3	10
A40	9	5	1	6	4	10	8	2	7	3
A41	2	3	1	8	9	4	10	7	6	5
A42	9	4	7	8	1	3	5	2	10	6
A43	7	2	4	8	10	6	5	1	3	9
A44	6	9	1	10	3	5	7	8	4	2
A45	9	2	6	8	10	3	7	1	5	4
A46	10	7	6	8	2	1	4	5	9	3
A47	4	6	7	3	1	9	5	2	8	10
A48	1	9	4	5	2	8	7	6	3	10
A49	2	5	10	4	7	6	9	3	8	1
A50	3	9	8	4	5	10	7	1	6	2

Skor matrisi ile talep matrisi ağırlıklandırılmış ve *nihai karar matrisi* elde edilmiştir. Bu matris aşağıdaki Çizelge 'daki gibidir;

Çizelge 4.6. Nihai karar matrisi

	IM	TM	SM	MIKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	AM
A1	70	12	42	6	56	8	14	30	32	72
A2	30	90	45	9	16	8	16	12	42	20
A3	2	49	72	40	56	14	40	48	36	24
A4	18	56	20	8	15	20	2	18	49	54
A5	7	15	4	72	21	12	80	30	36	30
A6	14	21	15	64	12	20	36	50	4	42
A7	72	10	21	30	12	24	48	40	30	32
A8	30	20	56	36	6	12	24	54	8	40
A9	4	45	36	100	8	15	15	32	70	36
A10	18	36	35	81	15	56	50	30	9	21
A11	54	64	35	14	28	54	9	9	35	60
A12	16	12	21	20	30	45	10	72	63	32
A13	6	10	25	20	24	16	20	27	42	60
A14	18	42	48	60	12	3	50	20	70	45
A15	56	12	40	18	60	30	42	32	81	6
A16	63	12	70	15	40	10	10	56	80	21
A17	15	72	48	6	90	60	56	18	32	14
A18	12	5	18	27	20	16	20	70	24	35
A19	42	56	12	16	15	63	80	5	10	70
A20	40	10	21	60	24	18	20	50	8	27
A21	70	6	80	40	30	60	12	72	8	100
A22	81	5	24	30	80	15	49	70	20	16
A23	54	16	35	6	30	14	56	4	27	100
A24	6	35	48	21	9	40	45	27	24	24
A25	6	42	4	48	60	15	18	32	20	21
A26	8	72	14	4	32	90	45	32	36	27
A27	20	27	15	4	8	15	70	28	12	80
A28	24	24	42	30	32	9	30	20	72	20
A29	72	32	40	50	54	18	14	63	3	40
A30	50	42	18	56	40	30	18	6	24	8
A31	42	12	80	12	7	8	30	50	27	8
A32	80	9	42	56	45	63	8	20	9	20
A33	15	48	27	6	45	70	36	36	9	63
A34	60	6	16	9	15	16	14	72	30	21
A35	18	35	10	48	10	80	42	90	12	28
A36	56	81	15	32	18	50	24	16	32	3
A37	60	72	40	36	16	5	24	30	70	9
A38	40	8	81	49	18	27	2	12	72	50
A39	30	3	80	54	12	49	12	32	30	90
A40	72	30	7	12	12	40	48	14	35	6
A41	8	18	6	40	18	16	30	70	48	20
A42	72	40	28	80	3	18	30	18	40	36
A43	28	16	40	80	20	12	15	2	15	90
A44	54	18	3	50	30	10	42	24	24	12
A45	63	8	36	16	70	27	63	7	15	24
A46	30	49	42	48	18	2	32	40	27	21
A47	16	48	21	12	8	72	15	6	80	30
A48	7	36	28	20	8	16	42	36	27	100
A49	10	45	30	40	35	30	27	15	64	9
A50	27	45	56	12	10	40	49	3	12	10

Karışık tam sayılı programlama modelinde yer alan eşitlik 2'deki denklemler yardımıyla problem çözülmüş ve atama matrisi elde edilmiştir. Eşitlik 2'de her bir departmanın kapasite sınırı aşılmamalı, her aday mutlaka uygun bir departmana atanmalıdır koşulları yer almaktadır. Halihazırda 10 departman için kapasite kısıtı ve her bir adayın atanma kısıtından dolayı 60 kısıt, atama matrisi için ise 0-1 değerlerinin yer alacağı 500 hücre söz konusu olacaktır. Problem geliştirilen R Programlama algoritması ile çözüldüğünde elde edilen atama matrisi aşağıdaki Çizelge 'deki gibidir;

Çizelge 4.7. Atama matrisi

	IM	YTM	SM	MIKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	YAM
A1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A24	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A33	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A34	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A35	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A38	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A41	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
A42	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A44	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A45	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
A46	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A47	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A49	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A50	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Yukarıda yer alan Çizelge 'de her bir adayın hangi mühendislik alt birimine atandığı yer almaktadır. Örneğin; A1 İmalat Mühendisliği departmanına atanmışken, A2 Yapısal Tasarım Mühendisliği departmanına atanmıştır. İmalat mühendisliği departmanına A1, A7, A29, A32 ve A40 adayları atanmıştır.

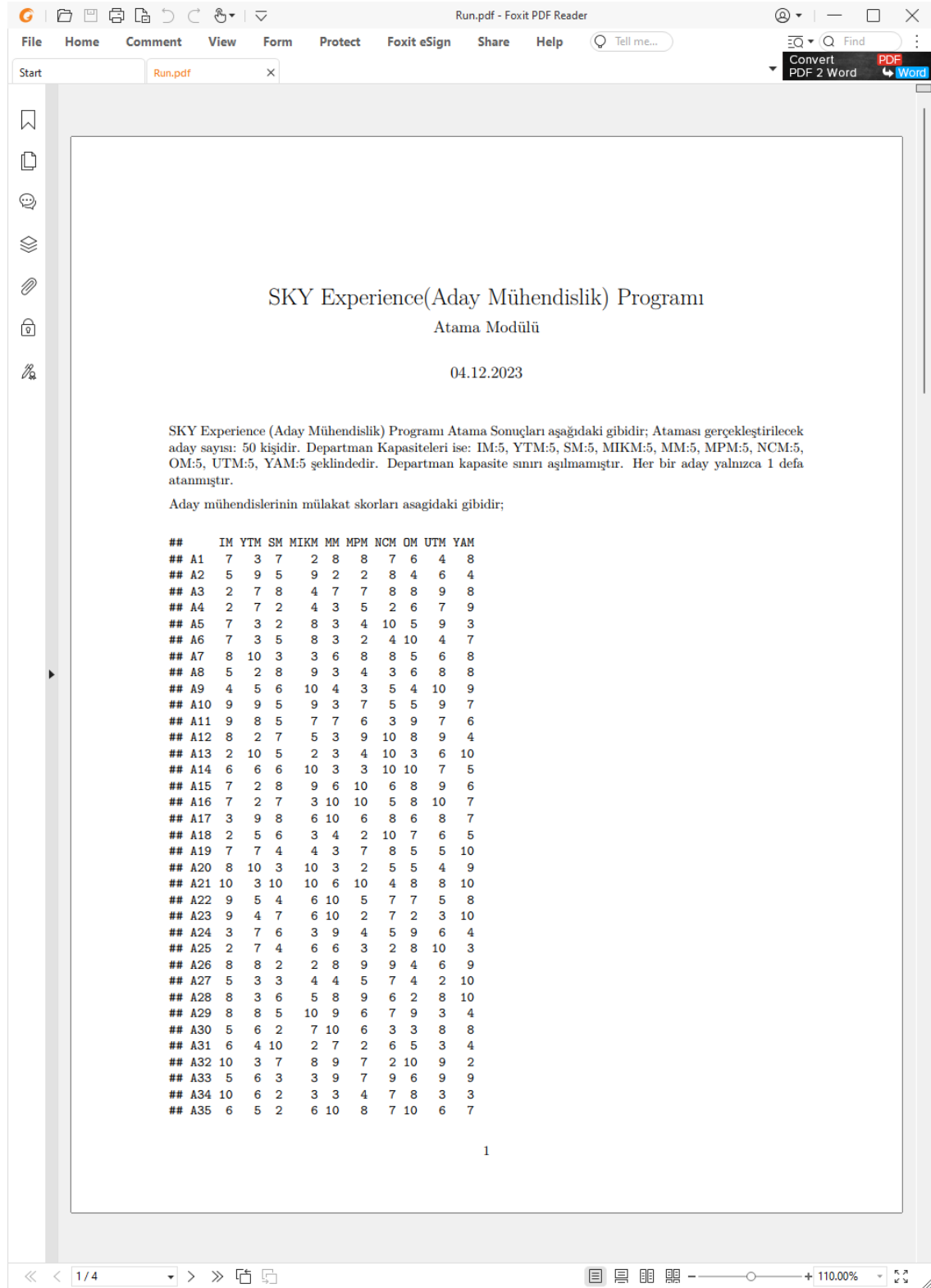
Ataması gerçekleştirilen 50 aday mühendisin hangi departmanlara atandığı Çizelge 'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Sonuç matrisi

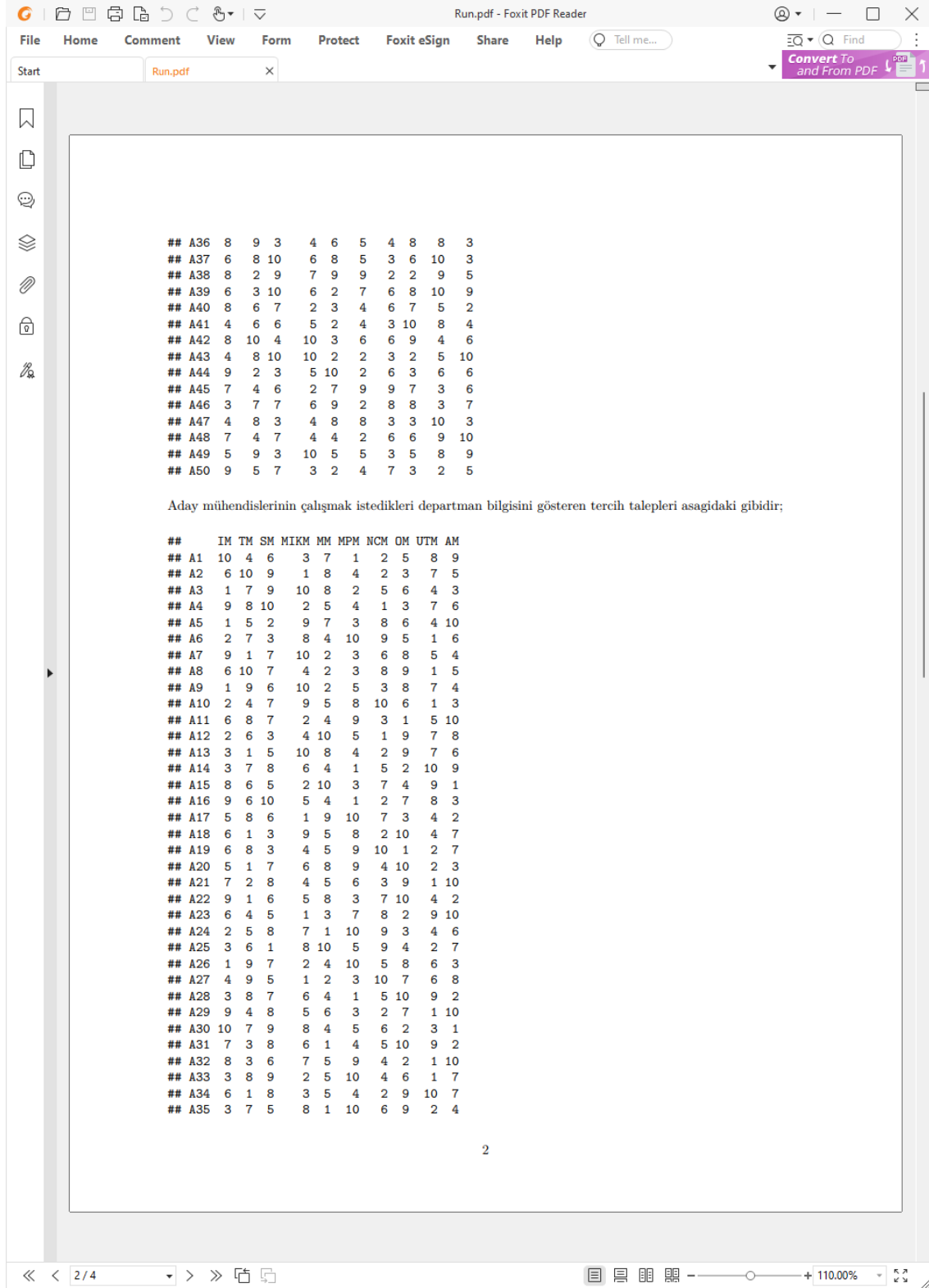
IM	YTM	SM	MIKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	YAM
A1	A2	A3	A6	A17	A11	A5	A12	A14	A13
A7	A4	A8	A9	A22	A24	A19	A18	A15	A21
A29	A36	A31	A10	A25	A26	A27	A34	A16	A23
A32	A37	A38	A20	A30	A33	A44	A35	A28	A43
A40	A46	A39	A42	A45	A47	A50	A41	A49	A48

4.3. Rapor Modülü

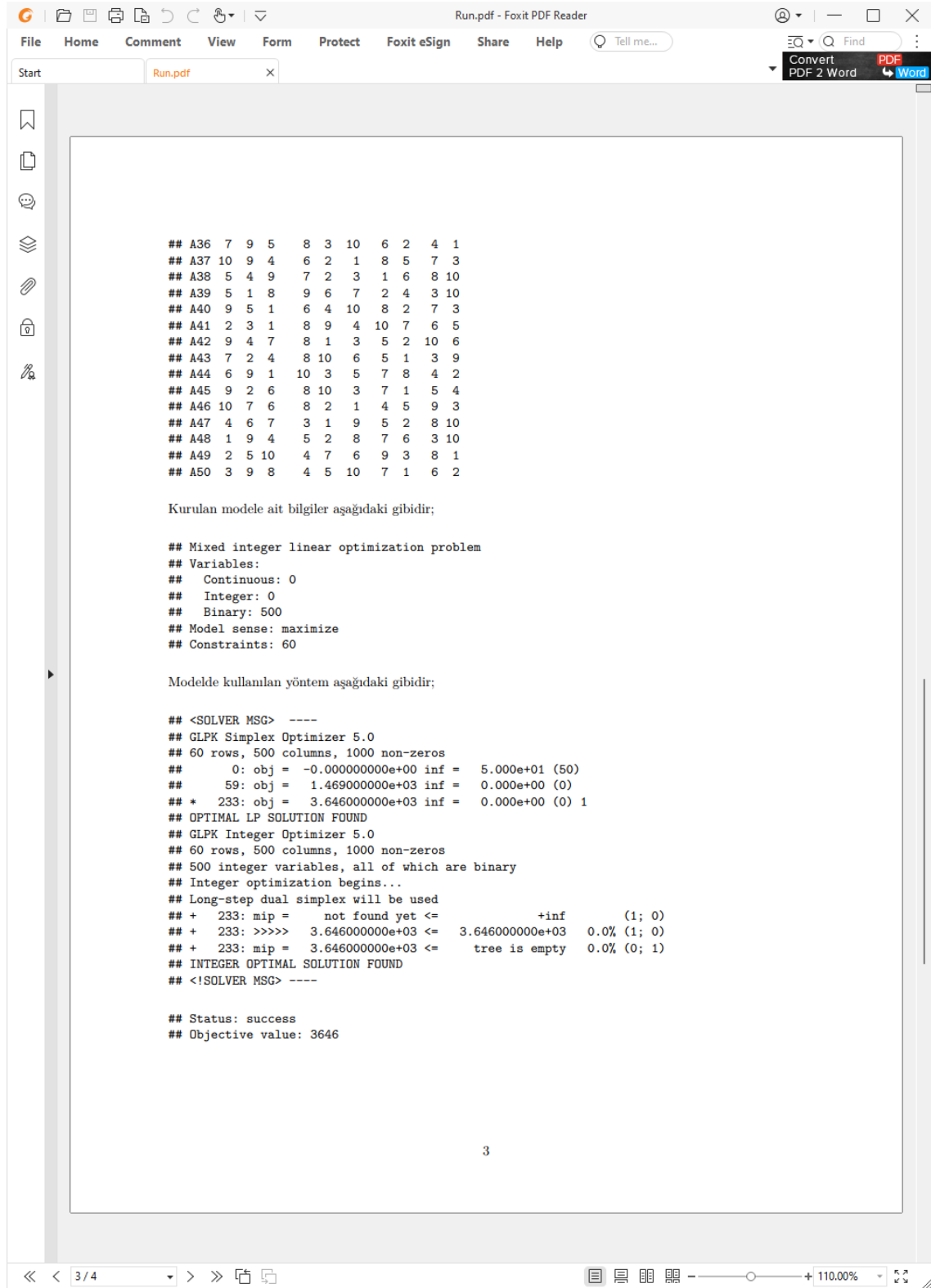
RMarkdown dili ile tekrarlanabilir rapor elde etmek için rmarkdown paketi ve Latex ile pdf formatında dinamik raporun oluşturulmasında tinytex paketinden yararlanılmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada oluşturulan rapor modülüne ait görseller aşağıdaki gibidir;



Resim 4.1. Rapor modülü görseli



Resim 4.1. (devam) Rapor modülü görseli



Resim 4.1. (devam) Rapor modülü görseli

Run.pdf - Foxit PDF Reader

File Home Comment View Form Protect Foxit eSign Share Help Tell me...

Start Run.pdf x

eSign PDF Docs

Adayların atandıkları departmanları gösteren matris aşağıdaki gibidir;

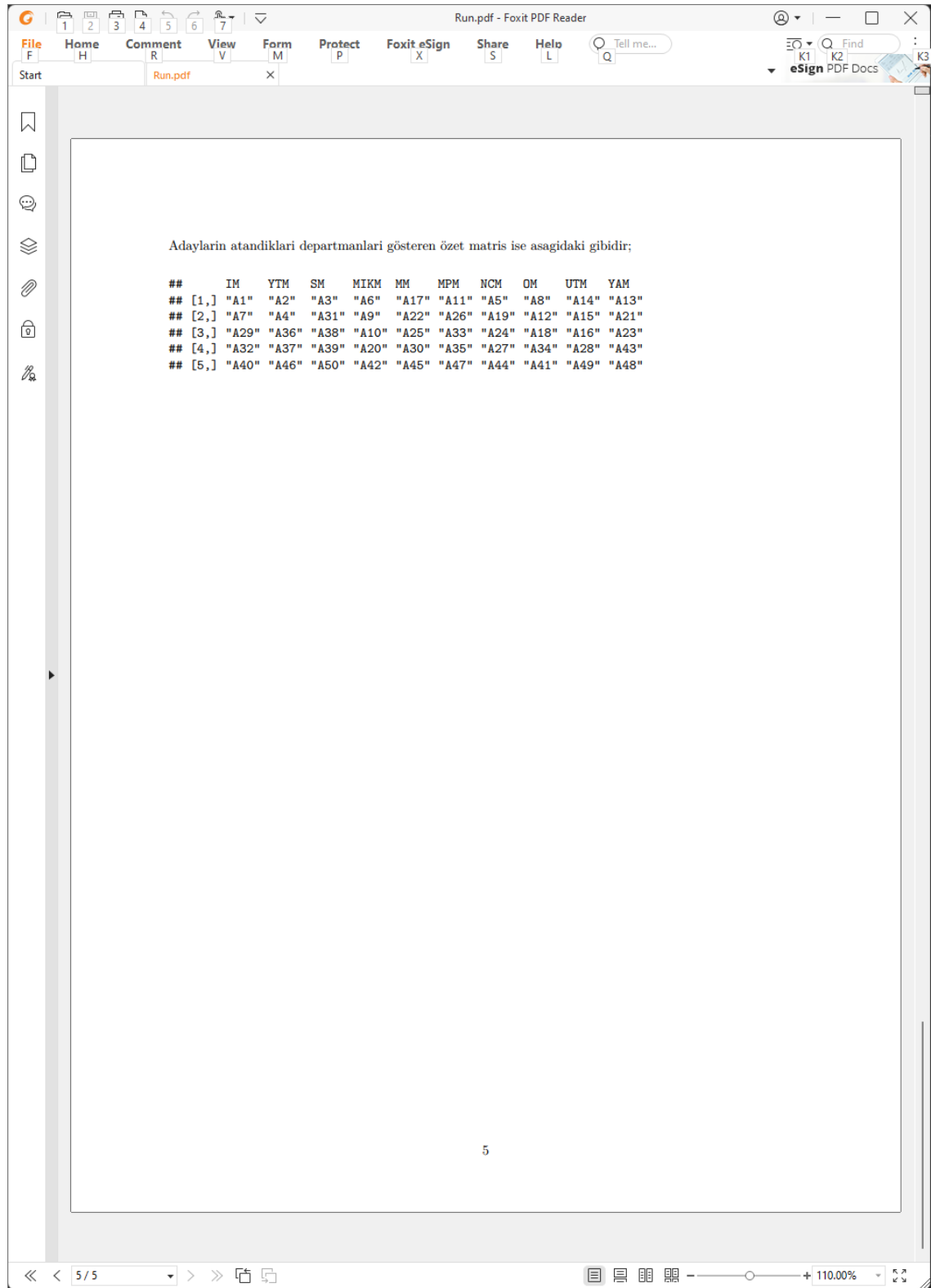
##	IM	YTM	SM	MIKM	MM	MPM	NCM	OM	UTM	YAM
## A1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
## A2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
## A3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
## A4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
## A5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
## A6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
## A7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
## A8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
## A9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
## A10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
## A11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
## A12	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
## A13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
## A14	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
## A15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
## A16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
## A17	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
## A18	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
## A19	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
## A20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
## A21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
## A22	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
## A23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
## A24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
## A25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
## A26	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
## A27	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
## A28	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
## A29	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
## A30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
## A31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
## A32	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
## A33	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
## A34	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
## A35	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
## A36	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
## A37	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
## A38	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
## A39	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
## A40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
## A41	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
## A42	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
## A43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
## A44	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
## A45	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
## A46	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
## A47	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
## A48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
## A49	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
## A50	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

4

4 / 5

+ 110.00%

Resim 4.1. (devam) Rapor modülü görseli



Resim 4.1. (devam) Rapor modülü görseli

5. SONUÇ

Nihai karar verici için geliştirilen bu yöntem sayesinde algoritmaya skor matrisi, aday talep matrisi ve departman kapasite bilgileri verilmesi halinde aday mühendislerin ilgili alt mühendislik birimlerine hızlı bir şekilde atanması mümkün kılınmıştır. Uygulamada kullanılan metot ile karar verici için Microsoft Word veya .pdf formatında rapor elde etmenin yanı sıra, ilgili birimlerle sonuçların paylaşılmasına da zemin hazırlanmıştır. Bu araştırma sayesinde, uygulanmakta olan değerlendirme süreçlerinin, objektif bir sistem ile yapılması, çalışmaya konu olan aday mühendislerin mülakat (sözlü sınav) skorları ve taleplerinin dikkate alındığı bir yöntem uygulanmıştır. Geliştirilen yöntemin; adayların uygun birimlerde staj görmelerine imkân tanıyacak olması nedeniyle iş tatminin artmasına, aday mühendislerin fikirlerinin alınmıyor olması ile de kuruma olan aidiyet duygusunun gelişmesine önemli katkılarının olması beklenmektedir. Beklenen bu çıktının hedefe ulaşp ulaşmadığını değerlendirmek ve uygulamanın verimliliğinin etüt edilmesi amacıyla, adaylara ve adaylardan sorumlu mentör mühendislere bir memnuniyet anketi yapılması planlanmıştır. İlgili anket çerçevesinde sürece ilişkin iyileştirme gereksinimleri ele alınacak, sürecin verimliliğinin artırılması için gerekli aksiyonlar alınacaktır.

Pilot sayıda adaya uygulanarak sonuçları analiz edilecek bu uygulama yönteminin daha yüksek sayıdaki kitlelerde uygulanarak, ilgili sürecin genişletilmesi amaçlanmaktadır. Bunun yanı sıra yapılan bu araştırmanın, kurumsal firmalar tarafından yürütülen benzer aday mühendislik programları ve/veya yetenek kazanımı süreçleri için de bir referans teşkil etmesi beklenmektedir. Benzer bir yöntemin, model olarak diğer kurum ya da kuruluşlar tarafından da kullanılabilir olduğu değerlendirilmekte olup, çeşitlendireceği atama problemlerinin uygulama alanlarını da zenginleştireceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abara, J. (1989). Applying integer linear programming to the fleet assignment problem. *Interfaces*, 19(4), 20-28.
- Acar, H. H., Gül, A. U., & Gümüş, S. (2000). Bölmeden çıkarma çalışmalarında toplam maliyetin minimizasyonu için doğrusal programlama kullanımı. *TÜBİTAK Doğa Dergisi*, 24, 383-391.
- Alan, M. A., & Yeşilyurt, C. (2004). Doğrusal programlama problemlerinin excel ile çözümü. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 152-155.
- Anderson R.A., Dennis J.S. & Thomas A.W. (1983). *Quantitative Methods For Business*, (Second Edition). West Publishing Comp., Minnesota. 314.
- Arık, E. (2021). *Gıda sektöründe doğrusal programlama tekniği ile üretim planlaması: Sirke üretimi uygulaması*, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın.
- Bakır, M. A., & Altunkaynak, B. (2003). *Tam sayılı programlama: Teori, modeller ve algoritma*. Ankara, Nobel Kitabevi. 147.
- Bazaraa, M. and Jarvis, J. J. (1977). *Linear Programming And Network Flows*. Canada, America: John Wiley – Sons, Inc, 0-471-06015-1.
- Bihr, R. A. (1990). A conceptual solution to the aircraft gate assignment problem using 0, 1 linear programming. *Computers & Industrial Engineering*, 19(1-4), 280-284.
- Binay, S. (2001). *Yöneylem Araştırması*. Ankara: Kara Harp Okulu. S.64-65.
- Bircan, H., & Kartal, Z. (2003). Doğrusal programlama tekniği ile kapasite planlaması yaklaşımı ve çimento işletmesinde bir uygulaması. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(1), 213-232.
- Breslaw, J. A. (1976). A linear programming solution to the faculty assignment problem. *Socio-Economic Planning Sciences*, 10(6), 227-230.
- Cinemre N. (1997), *Doğrusal Programlama*. (2. Baskı), İstanbul: Evrim Yayınevi. 3,15.
- Çetindere, A., Sevim, Ş., & Duran, C. (2015). Üretim planlama problemlerinde doğrusal programlama tekniğinin kullanımı: Bir konfeksiyon işletmesinde uygulama. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (35), 271-300.
- Demir, Y., & Çelik, C. (2016). Müfredat bazlı akademik zaman çizelgeleme probleminin çözümüne tam sayılı doğrusal programlama yaklaşımı. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University/Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(1) 145-159.

- Demircioğlu, E., & Demircioğlu, M. (2016). Üretme-satın alma kararlarında faaliyete dayalı maliyet sistemi ve kısıtlar teorisi: Doğrusal programlama ile örnek uygulama. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(33), 316-333.
- Deste, M., & Karabulut, M. (2021). Doğrusal programlama tekniğiyle üretim planlama yaklaşımı ve tekstil sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(3), 247-258.
- Doğan İ. (1995). *Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları*. İstanbul: Bilim Teknik Yayınevi. S.2.
- Esin, A. (1981). *Karar Yöntemleri*. Ankara: İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayını, 24.
- Esin, A. (1998). *Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri*. (3.Basım), Ankara: Gazi Üniversitesi Yayınları. 24.
- Güngör, İ. (1998). Tam Sayılı Doğrusal Programlama Yaklaşımı ile Sınav Planlaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(3), 105-112.
- İnternet: Allaire, J.J, Xie, Y., McPherson, J., Luraschi, J., Ushey, K., Atkins, A., Wickham, H., Cheng, J., Chang, W and Iannone, R., “rmarkdown: Dynamic Documents for R. R package version 2.16”. web: www.rmarkdown.rstudio.com, Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.
- İnternet: Ergülen, A., & Ünal, Z. (2018). *Sürdürülebilirlik çerçevesinde ambalaj atıklarının geri dönüşümü üzerine doğrusal programlama uygulaması*. Web: www.ulakbilge.com/makale/pdf/1520713094.pdf, Son Erişim Tarihi: 01.12.2023.
- İnternet: Hornik K., Meyer D., Schwendinger F. and Theussl S. (2016). *ROI: R Optimization Infrastructure*. Web: www.CRAN.R-project.org/package=ROI, Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.
- İnternet: R Core Team “ R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing”, Vienna, Austria. Web: www.R-project.org/. Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.
- İnternet: Schumacher, D. (2023). *_ompr: Model and Solve Mixed Integer Linear Programs_*. R package version 1.0.4, Web: www.CRAN.R-project.org/package=ompr>.
- İnternet: Schumacher, D. (2023). *_ompr.roi: A Solver for 'ompr' that Uses the R Optimization Infrastructure ('ROI')_*. R package version 1.0.2, Web: www.CRAN.R-project.org/package=ompr.roi>.
- İnternet: Theussl, S. (2020). *_ROI.plugin.glpk: 'ROI' Plug-in 'GLPK'_*. R package version 1.0-0, Web: www.CRAN.R-project.org/package=ROI.plugin.glpk, Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.
- İnternet: Wickham H, Francois R, Henry L, Muller K, Vaughan D. (2023). *_dplyr: A Grammar of Data Manipulation_*. R package version 1.1.2, Web: www.CRAN.R-project.org/package=dplyr, Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.

- İnternet: Xie Y, "TinyTeX: A lightweight, cross-platform, and easy-to-maintain LaTeX distribution based on TeX Live. TUGboat" Web: www.tug.org/TUGboat/Contents/contents40-1.html Son erişim tarihi: 23 Eylül 2022.
- Kale, H. (2023). Doğrusal Programlama Usullerinin Arazi ve Büro Çalışmalarına Uygulanması. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 1967(68), 16.
- Kavi, Ü. (2008). Çelik Kapı Sektöründe Ahşap Bölümü İçin Üretim - Dağıtım Planlama Modeli. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul*.
- Luenberger, D.G. (1984). *Linear and Nonlinear Programming* (Second Edition). Addison-Wesley Publishing Company.
- Murat, A. T. A. N., & ŞİMŞEK, P. (2017). Doğrusal Programlama ile Araç Atama Probleminin Çözümlemesi. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(11), 339-358.
- Nguyen, S. (1974). An algorithm for the traffic assignment problem. *Transportation Science*, 8(3), 203-216.
- Özçalıcı, M. (2016). Sınavlara gözetmen atama problemlerinin çalışma sayfaları ile optimizasyonu. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 103-114.
- Öztürk, A. (1997). *Yöneylem Araştırması (Fifth Edition)*. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları. 79.
- Öztürk, A. (2002). *Yöneylem Araştırması (Eight Edition)*. Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları. 81.
- Pınarbaşı, M., & Alakaş, H. M. (2020). Personel Görev Çizelgeleme Problemi İçin Bir Excel Çözücü Modeli: Orta Gerilim Sigorta Üretimi Uygulaması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 12(2), 729-744.
- Seval, M. T., Ervüz, M., & Miman, M. (2019). Tam sayılı doğrusal programlama ile araç atama planlanması ve bir uygulama. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 48-54.
- Sezen, H. K. (1991). Tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımı kullanılarak en yüksek üretim kapasitesinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(1-2), 159-169.
- Taha A.H. (1976). *Operations Research, (Second Ed.)*, New York, Macmtflan Publ., Co., Inc.. 62.
- Taha H. A. (1997), *Operations Research An Introductions*. (6. Baskı), Prentice – Hall, A.B.D. 67 – 72.
- Trueman, R.E. (1981). *Quantitative Methods For Decision Making in Business*. New York, The Dryden Press, 214
- Williams, H. P. (2013). *Model Building In Mathematical Programming*. (Fourth Edition). UK: John Wiley & Sons. 38.

- Winston, W. L. (1994). *Operations Research: Applications and Algorithms*. USA: Thomson Publishing, 74.
- Yalçın, A. O. (1984). Doğrusal programlama ve madencilik ilişkine iki basit örnek. *Madencilik Dergisi*, 23(3), 25-40.
- Yeşilyurt, C. (1996). Nonlineer Matematik Programlama Modellerinden Kuadratik Programlama ve Sivas Ulaş Süt Fabrikasında Bir Uygulama. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. 2.
- Yeşilyurt, C., & Alan, M. A. (2019). Doğrusal Programlamada Kullanılan Simpleks Yöntemin Excel İle Çözümü. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 5(5 Issue 8), 1333-1344.

EKLER

EK-1. Aday talep formu

<i>Aday Mühendislik Programı Aday Talep Formu</i>	
<i>Ad Soyad</i>	
<i>T.C. Kimlik Numarası</i>	
<i>Program Başvuru Numarası</i>	
<i>Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm</i>	
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ <u>Önemli Uyarı:</u> Birim ataması talep edilen mühendislik disiplini 1 ile 10 arasında puanlandırılmalıdır. En çok görev almak istenilen birim 10, en az görev almak istenilen bölüm 0 olacak şekilde ve tüm birimler puanlamalarla belirtilmelidir.)	
İmalat Mühendisliği (IM)	
Yapısal Tasarım Mühendisliği (YTM)	
Sistem Mühendisliği (SM)	
Malzeme İnceleme Kurulu Mühendisliği (MIKM)	
Montaj Mühendisliği (MM)	
Malzeme ve Proses Mühendisliği (MPM)	
NC Mühendisliği (NCM)	
Otomasyon Mühendisliği (OM)	
Uçuş Test Mühendisliği (UTM)	
Yapısal Analiz Mühendisliği (YAM)	
<i>Tarih & İmza</i>	

EK-2. İmalat mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı İmalat Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Temel malzeme ve proses mühendisliği bilgisine sahiptir.			
İmalat için gerekli kalıp teknolojilerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.			
Metalik parça üretimine dair temel bilgisi vardır.			
Kompozit parça üretimine dair temel bilgisi vardır.			
Temel düzeyde sertifikasyon ve uçuşa elverişlilik konularında bilgisi vardır.			
Korozyon ve korozyondan korunma yöntemlerine dair temel bilgisi vardır.			
Üretim planlama süreçlerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava araçlarına dair konfigürasyon yönetimine dair yeterli bilgisi vardır.			
Temel düzeyde sistem mühendisliği bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK–3. Malzeme inceleme kurulu mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı Malzeme İnceleme Kurulu Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Temel düzeyde kompozit malzeme tasarım prensiplerine dair bilgisi vardır.			
Elektiriksel bağlama (bonding) prensiplerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Yapısal test prensiplerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Yapısal tasarım prensiplerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.			
Korozyon ve korozyondan korunma yöntemlerine dair temel bilgisi vardır.			
Mekaniksel yüzey bitirme işlemlerine dair temel bilgisi vardır.			
Mekaniksel bağlama (fastening) prensiplerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Bakımı yapılabilirlik ve idame edilebilirlik süreçlerinde temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava araçlarına dair uluslararası değiştirilebilirlik bilgisi temel düzeyde vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK-4. Montaj mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı Montaj Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
<i>Key Characteristic and Tolerancing ile ilgili yeterli bilgisi vardır.</i>			
<i>Hava aracı yapısal tasarım (Catia, NX, vb.) programlarına dair yeterli bilgisi vardır.</i>			
<i>Hava aracı parçalarına dair temel düzeyde üretim bilgisi mevcuttur.</i>			
<i>Hava aracı yapılarında kullanılan kompozit mazlemelerde yeterli bilgisi vardır.</i>			
<i>Temel malzeme ve proses mühendisliği bilgisine sahiptir.</i>			
<i>İmalat için gerekli kalıp teknolojilerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.</i>			
<i>3D Experience / Teamcenter gibi "Ürün Yaşam Döngüsü" yazılımlarına dair yeterli bilgisi vardır.</i>			
<i>Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.</i>			
<i>Havacılıkta teknik resim ve iş emri okuma konularında temel düzeyde bilgisi vardır.</i>			
<i>Montaj ile özdeşleşen "Mechanical Fastening" süreçlerine dair yeterli bilgisi vardır.</i>			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK–5. Malzeme ve proses mühendisliği aday değerlendirme formu

<i>Aday Mühendislik Programı</i> <i>Malzeme ve Proses Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu</i>			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Temel malzeme ve proses mühendisliği bilgisine sahiptir.			
Tahtibatlı ve tahribatsız test süreçlerine temel düzeyde hakimdir.			
Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.			
Metalik parça üretimine dair temel bilgisi vardır.			
Kompozit parça üretimine dair temel bilgisi vardır.			
Malzeme ve proses mühendisliği ile özdeşleşen “Mechanical Fastening Process”lerine dair yeterli bilgisi vardır.			
Korozyon ve korozyondan korunma yöntemlerine dair temel bilgisi vardır.			
Verification and Validation (V&V) proseslerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava araçlarına dair çevresel durumlar ve test işlemlerine dair yeterli bilgisi vardır.			
Proses kontrol test işlemlerine dair yeterli bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK-6. NC mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı NC Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Metallik Parça İmalat süreçlerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Havacılıkta teknik resim okuma konularına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Temel düzeyde talaşlı imalat bilgisi vardır.			
Temel düzeyde kesici takım teknolojileri bilgisi vardır.			
Temel düzeyde atölye bilgisi vardır.			
Havacılıkta temel düzeyde insan faktörü bilgisi vardır.			
Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.			
Temel düzeyde Catia ya da Siemens NX bilgisi vardır.			
Temel düzeyde Teamcenter, görselleştirme bilgisi vardır.			
Hava araçlarına dair konfigürasyon yönetimine dair yeterli bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK–7. Otomasyon mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı Otomasyon Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Montaj planlama süreçleri ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Temel düzeyde Catia ya da Siemens NX bilgisi vardır.			
Alüminyum, titanyum ve çelik gibi malzemelerin havacılıkta kullanım bilgisi vardır.			
Temel malzeme ve proses mühendisliği bilgisine sahiptir.			
Geometrik boyutlandırma ve toleranslandırma konusuna temel düzeyde hakimdir.			
Visual Basic konusunda temel düzeyde bilgisi vardır.			
Temel düzeyde havacılık yapıları hakkında bilgisi vardır.			
Temel düzeyde Delmia bilgisi vardır.			
Temel düzeyde Automappps bilgisi vardır.			
Havacılıkta teknik resim okuma konularına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	

EK-8. Uçuş test mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı			
Uçuş Test Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ			
(Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Test sensörleri ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Test ekipmanları ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı enstrümantasyonları ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Uçuş test ve optimizasyon süreçleri ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Yapısal tasarım ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı bakım ekipmanları ve uygulamalarına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı motorları montaj ve demontaj süreçlerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı kaza ve olay inceleme süreçleri ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Uçuş test kategorizasyonlarına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı ağırlık ve denge konularına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici		İmza	
Adı Soyadı:			

EK–9. Yapısal analiz mühendisliği aday değerlendirme formu

Aday Mühendislik Programı Yapısal Analiz Mühendisliği Alanına Yatkınlık Değerlendirme Formu			
Ad Soyad			
Öğrenim Gördüğü Üniversite & Bölüm			
ÖSYM Başarı Skoru			
Genel Not Ortalaması			
Ales Notu (varsa)			
Yabancı Dil Skoru / Dil Puanını Sağlayan Kurum			
MENTÖR DEĞERLENDİRMESİ (Yeterli bilgisi var = 1 puan, Yeterli bilgisi yok = 0 Puan)			
Temel sertifikasyon ve uçuşa elverişlilik bilgisi vardır.			
Sonlu eleman modellemesi hakkında temel düzeyde bilgisi vardır.			
Kompozit parçalarda temel düzeyde statik alanda yapısal analiz bilgisi vardır.			
Metalik parçalarda temel düzeyde statik alanda yapısal analiz bilgisi vardır.			
Temel düzeyde yapısal tasarım bilgisi vardır.			
Statik analiz yazılımlarına dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Hava aracı yüklerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Verification and Validation (V&V) proseslerine dair temel düzeyde bilgisi vardır.			
Tahribatsız muayene süreçleri ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Sonlu eleman modellemesi yazılımlarından Patran veya Nstran ile ilgili temel düzeyde bilgisi vardır.			
Teknik Değerlendirme:			
Genel Görüş:			
Değerlendirici Adı Soyadı:		İmza	



Gazili Olmak Ayrıcalıktır...