

**Makale
(Article)**

Disiplinlerarası Bir Yaklaşım Olarak Yöneylem Araştırmasının Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı

Ömür DEMİRER¹, Reha Metin ALKAN^{1,2}

¹Hitit Üniversitesi, Çorum

²İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

omurdemirer@hitit.edu.tr alkan@hitit.edu.tr

Özet

Son 30-40 yılda yöneylem araştırması hemen hemen pek çok disiplinde geniş uygulama alanına sahip bir bilim dalı haline gelmiştir. Özellikle II. Dünya Savaşı sırasında İngiliz askeri birimlerinin karşılaştığı bazı problemlerin çözümü için geliştirilen ve ilerleyen yıllarda Yöneylem Araştırması Teknikleri olarak isimlendirilecek olan birkaç tekniğin başarılı sonuçlar vermesi ve 1970'lerden sonra da bilgisayar teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler, bu süreci oldukça hızlandırmıştır. Bu çalışmada, yöneylem araştırması tekniklerinin, uygulama alanlarının, avantaj ve dezavantajlarının profesyonel iş yaşamından alınan çeşitli meslek disiplinlerindeki uygulama örnekleri verildikten sonra, mühendislik uygulamalarındaki kullanımını literatür taraması eşliğinde ele alınmıştır. Yapılan çalışma, birçok mühendislik alanında Yöneylem Araştırması Tekniklerinin uygulanabileceğini göstermiştir. Çalışmada, bazı spesifik Yöneylem Araştırma metot ve algoritmalarının bazı mühendislik problemlerinin çözümünde diğerlerine göre daha uygun olabileceği sonucuna varılmıştır. Bunun iki temel nedeni olduğu görülmüştür. Bunlardan ilki, farklı mühendislik disiplinlerinin benzersiz özellik ve problemlere sahip olması; ikincisi ise, Yöneylem Araştırmasının her biri özel bir duruma uygun farklı metot ve algoritmalara sahip olan bir disiplin olmasıdır. Bu sebeple bir mühendislik probleminin çözümü için kullanılacak olan uygun yöneylem tekniğinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Bu durumda farklı uzmanlık alanlarına sahip bir ekiple problemlerin çözümüne yaklaşılmasının daha uygun olduğu, diğer bir ifadeyle disiplinlerarası bir çalışmanın yürütülmesinin daha yararlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yöneylem Araştırması, Proje Planlaması, Mühendislik Uygulamaları

The Usage of Operational Research for Engineering Applications as an Interdisciplinary Approach

Abstract

Operational Research (OR) has become a science field with a wide application area that is used by many disciplines/fields within the last few decades. The techniques that were developed especially to solve the problems of British soldiers during the World War II were later entitled as Operational Research Techniques. In addition to the successful outcomes of these techniques, improvements in computer technologies after 1970s notably accelerated this process, and increased the popularity of Operational Research Techniques. In this context, this study discusses the application fields, advantages, and disadvantages of the operational research techniques with professional work applications in various fields. In addition, this study provides a comprehensive literature review of OR, which focuses on its use in engineering applications. The findings of the paper indicate that operational research techniques can be utilized in a large number of various engineering fields. However, it is found that certain operational research methods and algorithms could more appropriate than others in solving specific engineering problems. There are two main reasons that can be stated to explain this result. One of which is to do with the fact that each engineering discipline has its unique features and problems. The second reason is

Bu makaleye atıf yapmak için

Demirer Ö., Alkan R.M., "Disiplinlerarası Bir Yaklaşım Olarak Yöneylem Araştırmasının Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2015, 7(1), 37-46, doi: 10.15659/hartek.15.04.88

How to cite this article

Demirer Ö., Alkan R.M., "The Usage of Operational Research for Engineering Applications as an Interdisciplinary Approach" Electronic Journal of Map Technologies, 2015, 7(1), 37-46, doi: 10.15659/hartek.15.04.88

that operational research is a discipline having various methods and algorithms each of which applicable to a specific condition. Thus, selecting a proper operational research technique in order to solve an engineering problem is of utmost importance. In conclusion, it is essential to have a multidisciplinary approach and a team of experts coming from diverse professional domains in order to solve specific engineering problems.

Keywords: Operational Research, Project Planning, Engineering Applications

1. GİRİŞ

Farklı pek çok amacı yerine getirmek üzere hazırlanan projelerin belirlenmiş olan hedeflerine, öngörülen süre ve maliyet ile ulaşıp tamamlanabilmesi, gerek çalışmaları yapanlar, gerekse de çalışmaların yapıldığı kurumlar/kuruluşlar için son derece önemli bir hale gelmiştir. Bu konuda yöneticilere yardımcı olmak üzere en basitinden en karmaşık yöntemine varıncaya kadar, pek çok yönetim ve organizasyon yöntemi kullanılmıştır. Geline süreçte artık proje yönetimi, Yöneylem Araştırması adı altında çok disiplinli bir bilim dalı haline gelmiş ve pek çok farklı alanda başarı ile uygulanmıştır. Bu teknikler sayesinde, projelerin daha kısa sürede daha az iş gücü ile ama daha ekonomik olacak şekilde tamamlanabilmesi mümkün olabilmektedir.

Yöneylem Araştırması, bir organizasyonun veya sistemin tasarımında, kuruluşunda veya işletilmesinde yer alan faaliyetlerin nasıl yürütüleceğine veya koordine edileceğine ilişkin problemlere uygulanan karar verme teknikleridir. Bu türden faaliyetlerde yönetim fonksiyonlarının yer aldığı düşünüldüğünde, yöneylem araştırması tekniklerinin bu süreçlere etki ettiği söylenebilir. Bu durum Şekil 1’de gösterilmiştir.

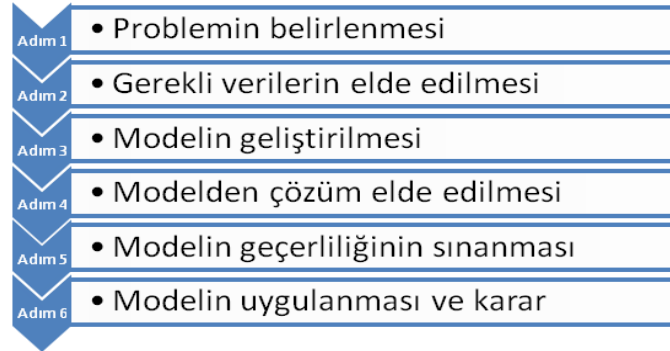


Şekil 1. Yöneylem tekniklerinin yönetsel süreçlere etkisi

Yöneylem Araştırması'nın doğuşu, II. Dünya Savaşı yıllarına dayanmaktadır. O yıllarda, İngiliz askeri birimlerinin karşılaştığı bazı problemlerin (radarların etkili kullanımı, denizaltıların yerlerinin belirlenmesi gibi) çözümünde farklı bilim dallarından oluşan ekiplerle çalışılmıştır [1, 2]. Sonraki yıllarda bazı ekonomik modellerin geliştirilmesinde de yine birden fazla araştırmacıdan oluşan bir ekip oluşturulmuş ve bu ekipte yer alan George B. Dantzig bu tür problemlerde, tanımlanan bir amaç fonksiyonu ile en iyi programların yapılabileceği düşüncesini savunmuş ve ayrıca doğrusal programlama problemleri için bilinen Simpleks Algoritması'nı geliştirmiştir [2, 3].

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı üzere, bu bilim dalı *disiplinlerarası* çalışmalara sahne olmuştur. Bu durum, yöneylem araştırmasının üç temel özelliğinden biri olan “*disiplinlerarası yaklaşım*” özelliğinin gereğidir. Bunun dışında, yöneylem araştırmasının “*bütünleşik yaklaşım*” ve “*bilimsel yaklaşım*” olmak üzere iki özelliği daha vardır. Bu iki özellik yöneylem araştırmasının “*disiplinlerarası yaklaşım*” özelliğini de beslemektedir.

Bilimsel yöntem, basitçe, problemlerin çözümünde bilimsel bir yaklaşımın izlenmesini ifade eder. Bu anlamda bilimsel yöntem; incelenen problem veya olayla ilgili önce gözlem yapılmasını, sonra bir hipotezin geliştirilmesini, ardından bu hipotezin deneylerle sınanmasını ve son adım olarak da genellenmesini içerir. Ardından geri bildirimlerle ve gerekliyse kontrollerle sistem üzerinde geliştirmeler devam edebilir. Bu süreç Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Yöneylem yaklaşımında problem çözme aşamaları

Bütünleşik yaklaşım, ele alınan problemin, içerisinde yer aldığı sistem ile birlikte tüm bileşenleri ve boyutlarıyla incelenmesidir. Birden fazla ve karşılıklı ilişki içinde bulunan ve belirli bir amaca yönelik olarak bir arada bulunan oluşumlar (sistemler) ile karşılaşıldığından, bu özellik sistem yaklaşımı olarak da ifade edilebilmektedir. Son olarak disiplinlerarası yaklaşım ise, Yöneylem Araştırması kapsamındaki problemlerin, farklı disiplinlerde yer alan uzmanlardan oluşan bir ekiple çözülmesi anlamına gelmektedir [1, 2, 3].

Yöneylem araştırması, dünya çapında sayısız kuruluşun etkinliğini geliştirmede ve pek çok ülkenin ekonomik verimliliğinin artırılmasında önemli katkılar sağlamıştır. Pek çok ülke kendi ulusal Yöneylem Araştırması Derneklerini kurmuş ve bu ülkeler ayrıca Uluslararası Yöneylem Araştırması Dernekleri Federasyonuna da üye olmuştur. Bu organizasyonlar, uluslararası konferanslar düzenlemekte ve bu konuda pek çok dergi çıkartmaktadır. Tüm bu çabalar Yöneylem Araştırması disiplininin ne derece önemsendiğine dair ipuçları sunmakta olup, bu disiplinin gelecekte de gelişmeye devam edeceğini göstermektedir. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri İşgücü İstatistikleri Bürosuna göre, üniversite mezunları için en hızlı büyüyen kariyer alanlarından biridir [3].

Bu çalışmada, yöneylem araştırma teknikleri ile ilgili genel bilgiler verildikten sonra, mühendislik uygulamalarındaki kullanımı, literatür taraması eşliğinde ele alınmıştır.

2. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASINDA KULLANILAN TEKNİKLER VE UYGULAMA ALANLARI

Yöneylem araştırmasının kullandığı teknikler ve yaklaşımlar model yapılarına göre genel olarak deterministik ve olasılıklı modeller olmak üzere iki ana grupta ele alınabilir [1]. Bu teknikler ve amaçsal tanımlamaları Tablo 1’de gösterilmektedir [1, 4, 5].

Tablo 1. Yöneylem teknikleri ve tanımlamalar

Model Tipi	Yöntem	Tanım ve/veya Amaç
DETERMINİSTİK	Doğrusal Programlama	Doğrusal bir amaç fonksiyonunu belirli kısıtlayıcı fonksiyonlar altında eniyilemeye çalışan yöntem
	Tamsayılı Programlama	Bütün değişkenleri tamsayı olan doğrusal bir amaç fonksiyonunu belirli kısıtlayıcı fonksiyonlar altında eniyilemeye çalışan yöntem
	Hedef Programlama	Birden fazla hedefi aynı anda ele alarak, hedeflerde meydana gelebilecek istenmeyen sapma düzeylerini enküçüklemeye çalışan yöntem
	Analitik Hiyerarşi Süreci	Birden fazla alternatifin yine birden fazla kritere göre değerlendirilerek en iyi alternatifin seçilmesini sağlayan yöntem
	Ulaştırma ve Atama Modelleri	Belirli sayıda sunum merkezinden(fabrika, depo, maden yatağı vs), belirli sayıda istem merkezine(depo, market, bayii vs) ürün taşıma sonucu ortaya çıkan taşıma maliyetlerini minimize edecek dağıtım programını belirlemeye çalışan yöntem
	Doğrusal Olmayan Programlama	Doğrusal olmayan bir amaç fonksiyonunu belirli kısıtlayıcı fonksiyonlar(doğrusal veya doğrusal olmayan) altında eniyilemeye çalışan yöntem
	Deterministik Dinamik Programlama	Birbirleriyle ilişkili bir dizi karar alınmasını gerektiren problemlerde problemlerin küçük alt problemlere bölünmesi sonra her bir problem için çözüm aranması ve tüm çözümlerin birleştirilerek bütün problemin en iyi çözümünün bulunmasını amaçlayan yöntem (parametreler biliniyor)
	Deterministik Stok Modelleri	Talebin bilindiği piyasa koşullarında yıllık toplam stok maliyetlerini minimize edecek üretim veya sipariş miktarını bulmaya çalışan yöntem
OLASILIKLI	Şebeke (Ağ) Analizi	Eniyileme problemlerinin çözümünde grafik veya ağların kullanıldığı yöntemler (En kısa yol problemleri, En yüksek akış problemleri, En küçük yayımlı ağaç problemleri, PERT/CPM)
	Markov Zincirleri	Değişkenlerin sergiledikleri davranışları çözümleyerek, aynı değişkenlerin gelecekteki davranışlarını tahmin etmeye çalışan yöntem
	Kuyruk Teorisi (Bekleme hattı modelleri)	Her türlü fiziksel akışın olduğu mekânlarda hem hizmet verme maliyetini hem de hizmetlerinin anında karşılanmasını bekleyen müşterileri dikkate alarak servis olanaklarının saptanmasını sağlayan ve en iyi giriş-çıkış sürelerini belirleyen yöntem
	Karar Analizi	Belirlilik, belirsizlik veya risk durumunda karar vericiye karar alma ve karar sürecini geliştirme konularında yardımcı olan yaklaşım
	Oyun Teorisi	Birbirine rakip olan ve çıkarları çatışan tarafların (firma, ülke veya oyuncular vs) davranışlarının (stratejiler) nasıl olması gerektiğini inceleyen ve çözüm arayan yöntem
	Simülasyon	Gerçek durumu bir modelle ifade edip bu modeli kurarak gerçek durum hakkında sonuçlar çıkaran yöntem
	Tahmin Modelleri	Geçmiş zamansal verilerden hareketle geleceğe ilişkin öngörude bulunmaya çalışan yöntemler
	Olasılıklı Stok Modelleri	Talebin önceden bilinmediği veya olasılıklara göre belirlendiği piyasa koşullarında yıllık toplam stok maliyetlerini minimize edecek üretim veya sipariş miktarını bulmayı amaçlayan yöntem
Olasılıklı Dinamik Programlama	Birbirleriyle ilişkili bir dizi karar alınmasını gerektiren problemlerde problemlerin küçük alt problemlere bölünmesi sonra her bir problem için çözüm aranması ve tüm çözümlerin birleştirilerek bütün problemin en iyi çözümünün bulunmasını amaçlayan yöntem (parametreler bilinmiyor)	

Yöneylem araştırması kapsamına giren konulara bakıldığında; üretim planlama ve envanter yönetimi, taşıma ve atama problemleri, proje yönetimi, iş çizelgeleme, tahminleme, karar analizi, kalite kontrolü, şebeke modelleme, kuyruk analizi ve simülasyon gibi pek çok konuyu kapsadığı görülmektedir. Bu problemlerin çözümünde;

- Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Programlama,
- Macar Algoritması,
- PERT/CPM,
- Markov Zincirleri,
- Karar Ağaçları,
- Simplex Algoritması,
- Analitik Hiyerarşi Süreci

gibi pek çok tekniğin kullanıldığı görülmektedir.

Yöneylem araştırması teknikleri pek çok alanda uygulama olanağı olan teknikler olup, yaygın olarak kullanılan bazı uygulama alanları Tablo 2’de verilmiştir [1, 4, 5, 6].

Tablo 2. Yöneylem araştırmasının bazı uygulama alanları

- Üretim planlama	- Optimizasyon	- Bakım planlaması
- Üretim çizelgeleme	- Benzetim	- Maliyet analizi
- Verimlilik analizi	- Bilgisayarla bütünleşik imalat	- İnsan gücü planlaması
- Toplam kalite yönetimi	- Tam zamanında üretim	- Bütçe planlama ve kontrol
- Proje yönetimi	- Karar destek ve uzman	- Reorganizasyon
- Taşıma/ulaşım	- Malzeme ve envanter yönetimi	- Yönetim bilişim sistemleri
- Stratejik planlama	- Tahmin ve kestirme	- Rassal süreçler
- Kent hizmetleri yönetimi	- Esnek imalat sistemleri	- Tesis yer seçimi ve dağıtım
- Yatırım planlama	- Karar modelleri	- Enerji planlaması
- Savunma uygulamaları	- Finansal planlama	- Performans ölçümü

Söz konusu yaklaşımlar, üretim sektöründe bir işletmenin kârını maksimize edecek ya da maliyetlerini minimize edecek en uygun ürün karmasını oluşturmada veya dağıtım ağı içinde hangi lokasyonlara depolar ve satış bayileri kuracağı ve hangi ulaşım şeklini seçeceği gibi konularda kararlar almada yardımcı olabilmektedir. Proje planlama teknikleri ile bina, baraj, yol köprü gibi tek seferlik büyük inşaat faaliyetlerinin zaman açısından programlanması, şebeke modelleri ile su, petrol, gaz vb. maddelerin boru hatlarından taşınması, elektriğin taşınması, haberleşme sistemlerinde bilgi akışının sağlanması ve trafik şebekelerinin dengelenmesi gibi planlama faaliyetlerinde kullanılabilir. Ayrıca bu teknikler hizmet sektöründe de pek çok alanda uygulama olanağı bulabilmektedir. Örneğin bir reklam ajansının, reklam araçlarının en uygun kombinasyonunu seçmede, müşteri beklentilerini en aza indirecek ve memnuniyeti arttıracak şekilde ihtiyaç duyulan servis personeli sayısını belirlemede (bankalarda banko, marketlerde kasa sayısı gibi) bu yöntemler kullanılabilir. Konuya ilişkin literatür incelendiğinde, pek çok farklı alanda kullanılmakla birlikte, hizmet üretimine dönük olarak gerçekleştirilen çeşitli mühendislik uygulamalarında da yöneylem tekniklerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu konu literatür incelemesi bölümünde ayrıca ele alınacaktır.

3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Son 30-40 yıl boyunca çeşitli endüstrilerde çok başarılı uygulamaları olan Yöneylem Araştırması teknikleri, farklı pek çok sektörden uygulayıcısına çok büyük miktarlarda tasarruf sağlamıştır. Örneğin Pfizer Şirketi stok modellerini kullanarak entegre stok yönetim programı geliştirmiş ve üç yıllık planlama döneminde stok maliyetleri 23.9 milyon USD gerileyerek, karşılanamayan talepler %95 oranında azaltılmıştır. San Francisco Polis Departmanı, devriye polis sayısını azaltmak için optimizasyon tabanlı karar destek sistemi geliştirmiştir. Tamsayılı arama prosedürü ortalama %25 daha fazla devriye bulunduğu sonucunu üreterek, yaklaşık 200 personele eşdeğer olan bu fazlalığın azaltılması sonucunda yıllık 11 milyon USD tasarruf sağlamıştır. Ayrıca bu sistemin kullanılmasıyla müdahale süreleri %20 kısalmış ve trafik suçlarından elde edilen gelirler 3 milyon USD artmıştır. Montreal Toplu Taşıma Kurumu üniversite ile işbirliği yaparak 1980-90 yılları arasında 10 yıl boyunca HASTUS adlı taşıma çizelgeleri üreten kapsamlı bir bilgisayar sistemi geliştirmiştir. Bu sistem doğrusal programlama modelleri kullanarak servis düzeyi ve bakım sözleşmelerindeki değişikliklerin maliyetini bulmakta, şebeke akış modelleri ile de optimal araç çizelgelerini oluşturmaktadır. Ayrıca sezgisel algoritmalar yardımıyla sürücülerin araçlara tahsisini gerçekleştirmektedir. Tüm bu uygulamalar ile işgücü planlamasında yıllık 3 milyon USD, araç planlamasından da yıllık 1 milyon USD tasarruf sağlamıştır. Sistemin bu başarısı dünyada yaklaşık 40 büyük metropolde kullanılmaya başlamasına yol açmıştır [7].

Citgo Petrol Şirketi üretim süreçlerine, arıtma, tedarik ve dağıtım, stratejik ve işlemsel pazar planlaması, alacak verecek hesapları, envanter kontrolü ve bireysel performans amaçlarını ortaya koyma gibi işlemlere yöneylem araştırması tekniklerini uygulayarak 1984 yılındaki 50 milyon USD olan işletme zararını, 1985 yılında 70 milyon USD işletme karına dönüştürmüştür. Şebeke akış modellerinin Agrico Şirketine uygulandığında bu şirketin net çalışma sermaye gereksinimini %10 azalttığı ve 5 yılın sonunda 43 milyon USD tasarruf sağladığı görülmüştür. Hiper kübik bekleme hattı modeli ve şebeke bekleme modelleri acil servis yayılım hizmetlerine, iletişim şebekesindeki mesaj akışına ve fabrikadaki iş merkezleri arasında ürün akışına uygulandığında ise %10-15 arasında verimlilik artışı sağlandığı görülmektedir [5]. Uygulamada bu tür gerçek dünyadan örneklere rastlamak mümkündür. Bu örneklerden bazıları Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Yöneylem tekniklerinin uygulama örnekleri ([5] ve [7]’den uyarlanmıştır)

Organizasyonlar/ Hükümetler	Uygulamanın Özelliği	Kullanılan Yöntem	Sağladığı Avantajlar
General Motor	Optimal Dağıtım Sisteminin	Matematiksel Programlama	2,9 milyon USD tasarruf
Hollanda Hükümeti	Sulama dağıtım sisteminin oluşturulması	Simülasyon	1,5 milyon USD tasarruf
ABD Vine Lines Şirketi	Optimal Dağıtım Sisteminin kurulması	Matematiksel Modelleme/ Stokastik Şebeke Modelleri	2,5 milyon USD tasarruf
ABD Hükümeti	Optimal Bakım Politikası geliştirme	Markov Zincirleri	14 milyon USD tasarruf
ABD AT&T Şirketi	Telemarketing Lokasyonu Seçim Sistemi oluşturma	Karışık Tamsayılı Programlama	400 milyon USD iş hacmi
Southern Company	Elektrik üretim maliyetlerini düşüren optimizasyon yazılımını gerçekleştirme	Dinamik Programlama ve Tam Sayılı Programlama	140 milyon USD tasarruf
ABD North Carolina Eyaleti	Öğrenci Taşıma Sisteminin geliştirilmesi	Veri Zarflama Analizi	25,2 milyon USD sermaye maliyeti ve 27,9 milyon USD işletme maliyet tasarruf
Delta Havayolları	Filo Tahsisi	Matematiksel Programlama	300 milyon USD tasarruf
Tata Steel Şirketi	Stratejik ve Operasyonel Karar Destek Sistemi oluşturma	Karışık Tamsayılı Programlama ve Hiyerarşik Optimizasyon	73 milyon USD fayda
Çin Hükümeti	Kömür ve Elektrik Tedarik Sisteminin Planlanması	Karışık Tamsayılı Programlama ve Coğrafi Bilgi Sistemi	6,4 milyar USD potansiyel fayda
ABD Taco Bell Şirketi	Entegre İşgücü Yönetim Sistemi Kurulması	Tahmin modelleri, Simülasyon ve Optimizasyon modelleri	53 milyon USD tasarruf sağlamıştır
Şili Ormancılık Sektörü	Kamyon yükleme programları, hasat planlaması, hasat makinelerinin lokasyonu ve Orta-Uzun dönemli Orman Planlaması sistemlerinin kurulması	Simülasyon, doğrusal programlama, karışık tamsayılı programlama ve sezgisel yaklaşımlar	20 milyon USD fazla tasarruf

Görüldüğü üzere pek çok organizasyon ve hükümetin yöneylem araştırması tekniklerini uygulayarak milyonlarca dolar tasarruf sağladığı anlaşılmaktadır. Tüm bu örnekler yöneylem tekniklerinin geçerli ve güvenilir oldukları yönünde güçlü kanıtlar sunmaktadır.

Yukarıdaki örneklerin bir kısmının çeşitli mühendislik disiplinleriyle, bir kısmının ise işletme disipliniyle ilgili olduğu görülmektedir. Mühendislik disiplini ile ilgili yapılan pek çok bilimsel çalışmada da Yöneylem tekniklerinin yoğun biçimde ele alındığı görülmektedir. Mastroeni ve Pappalardo [8], bir trafik şebekesi dengeleme problemi için doğrusal programlama ve şebeke modelleme tekniklerini birlikte kullanırken, García-Ortiz vd. [9] ise karayollarında yol kapasitesini belirli bir hacimde tutmak için trafik miktarını ve bir sonraki trafik dağılımını tahminleme problemine, yapay sinir ağları ile birlikte şebeke

modelleme tekniklerinden en kısa yol algoritmasını uygulamışlardır. Aynı şekilde Güven [10], trafik ağı üzerindeki araçların başlangıç noktasından başlayarak bitiş noktasına gelene kadar geçirdikleri toplam seyahat süresini en aza indirmek için bir kuadratik programlama modeli önermiştir. Price ve Ostfeld [11], çevre ve inşaat mühendisliğinin konusu olan su dağıtım sistemlerinin tasarımında doğrusal olmayan programlama tekniğini uygulayarak hidrolik kısıtlar altında yıllık elektrik işletme maliyetlerinin minimum düzeye çekilebileceğini göstermişlerdir. Bunların dışında yapı mühendisliği, haberleşme sistemleri mühendisliği, elektrik-elektronik mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, uzay mühendisliği ve kimya mühendisliği alanlarında pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür [12]. Bu çalışmalar ve detayları Tablo 4’de özetlenmiştir. Bunların dışında tarım, balıkçılık, ormancılık ve madencilik gibi endüstrilerde de yöneylem araştırması tekniklerinin geniş uygulama alanları olduğu görülmektedir [13, 14, 15].

Tablo 4. Yöneylem araştırması tekniklerinin çeşitli mühendislik disiplinlerindeki uygulamaları ([12]’den uyarlanmıştır)

Mühendislik Alanı	Uygulama Niteliği	Kullanılan Teknik
Haberleşme Sistemleri Mühendisliği	Filtre tasarımı	Oyun Teorisi
Haberleşme Sistemleri Mühendisliği	Bilgisayar iletişim ağlarının tasarımı ve analizi	Simülasyon
Haberleşme Sistemleri Mühendisliği	Bilgisayar iletişim ağlarının tasarımı ve analizi	Kuyruk Teorisi ve Rassal Süreçler
Haberleşme Sistemleri Mühendisliği	Çoklu erişim protokol sorunu	Dinamik Programlama
İnşaat Mühendisliği	Betonarme yapıların optimal tasarımı	Matematiksel programlama
İnşaat Mühendisliği	Çelik donatı miktarının optimizasyonu	Doğrusal programlama
İnşaat Mühendisliği	Sürekli titreşen yapılar için optimal kiriş tasarımı	Doğrusal programlama
Kimya Mühendisliği	Tek bileşenli soğutucu tasarımı	Karma tamsayı doğrusal olmayan programlama
Uzay Mühendisliği	Uzay yapılarının tasarımı	Doğrusal olmayan programlama
Elektrik- Elektronik Mühendisliği	Elektrik devrelerinde filtre tasarımı	Doğrusal olmayan programlama
Elektrik- Elektronik Mühendisliği	Termik santrallerde yakıt maliyetlerinin minimizasyonu	Doğrusal olmayan programlama
Bilgisayar Mühendisliği	Hata Toleranslı Bilgisayar Sistemleri Tasarımı	Markov zincirleri

Yukarıdaki tabloda yöneylem araştırması tekniklerinin çok farklı mühendislik disiplinlerinde uygulama olanağı bulunduğu profesyonel iş yaşamından ve akademik literatürden çeşitli örnekler sunulmuştur. Bu uygulamalarda benzer yöneylem araştırması tekniklerinin kullanıldığı göze çarpmaktadır. Söz konusu teknikler, mal üretiminden başka hizmet üretiminde de çok yaygın olarak olmasa da uygulanmakta olup, Harita Mühendisliği alanında da ilgi çektiği literatürden anlaşılmaktadır. Hizmete dönük olarak gerçekleştirilen projelerin, planlama yapılarak tüm kaynakların etkin ve verimli kullanılması sayesinde daha kısa sürede ve optimum maliyetlerle, proje yöneticisinin tamamen kontrolü altında, hem çalışmayı yapan taraf, hem de çalışmanın yapıldığı tarafın istediği şekilde gerçekleştirilebileceğini söylemek mümkündür. Ceylan vd. [16], yaptıkları çalışmada PERT/CPM tekniklerini kullanarak Sivas-Kızılcakışla bölgesinde yapılacak sayısal hâlihazır harita alımı uygulamasında, planlama ile ne gibi avantajların sağlanacağını göstermeye çalışmışlardır. Öztürk ve Batuk [17] ise, bir konumsal karar problemine

Analitik Hiyerarşi Yöntemini uygulamışlardır. Dinçerler vd. [18], Bilkent Üniversitesi personel taşıma sistemi için etkin ve ekonomik bir taşıma sistemi oluşturmak amacıyla bir model önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri ile sezgisel yöneylem teknikleri birlikte uygulanmıştır. Vahidnia vd. [19], heyelan duyarlılık haritalarında bilgi ve veri entegrasyonu için bir CBS tabanlı yapay sinir ağları ile kombine edilmiş bulanık mantık algoritmaları uygulayarak, etkin bir çözüm önermişlerdir. Bıyık ve Uzun [20], harita yapım projelerinin süre ve maliyet analizleri için PERT/CPM tekniklerini uygulamışlardır. Şimşek [21], yaptığı lisansüstü tez çalışmasında, jeodezik ağların dengelenmesinde hedef programlama tekniğini uygulamıştır. Diğer taraftan Alkan [22], bir hâlihazır harita yapım projesine PERT/CPM tekniği uygulayarak proje maliyetlerinde %38, sürede ise %22'lik tasarruf sağlanabileceğini göstermiştir. Zoraster [23], harita etiket yerleştirme problemine 0-1 tamsayılı doğrusal programlama modeli uygulamış ve bu model yardımıyla otomatik etiketleme yapan bir yazılım geliştirmiştir. Bir başka çalışmada ise Mullarkey vd. [24], arazide sismik ölçmelerin yürütülmesinde ve ihalesinde simülasyon tekniği kullanarak dört ölçmede yaklaşık 2 milyon USD maliyet avantajı sağlamışlardır. Pek çok yöneylem araştırma modeli olmakla birlikte, yukarıdaki literatür örnekleri dikkatle incelendiğinde harita projelerine en uygun olanının kritik yol modelleri olduğu konusunda fikir birliği bulunmaktadır [25].

4. SONUÇ

Bu çalışmada farklı mühendislik disiplinlerinde yöneylem araştırması tekniklerinin kullanılabilmesine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda profesyonel iş yaşamından ve akademik alandan örneklere yer verilmiştir. Çalışmada da ifade edildiği üzere, yöneylem teknik ve algoritmaları pek çok alanda uygulama imkânına sahip olup, uygulayıcısına etkin çözümler üretebilmektedir. Söz konusu bu teknikler aracılığıyla, projeleri yönetenler tüm kaynakları en etkin ve verimli bir şekilde kullanarak, olabilecek en kısa sürede ve en ekonomik şekilde çalışmalarını hayata geçirebilmektedir. Bu çalışmada da ifade edilen pek çok farklı spektrumda uygulama alanı bulan yöntemler, sadece üretim sektöründe değil, harita mühendisliği uygulamaları gibi hizmet sektöründe de (kısıtlı da olsa) uygulanmıştır. Bilindiği üzere dış etkenlere oldukça açık olan ve doğası gereği pek çok öngörülme problemi içinde barındıran harita mühendisliği uygulamalarında işlerin öngörülen zamanında yetiştirilmesi kimi durumda oldukça güç olabilmekte, bu da projeyi alan tarafı zor durumda bırakabilmektedir. Çoğu kez büyük kırımlarla alınan bu tür projelerde, gerek çalışmayı tüm kaynakları en etkin şekilde kullanarak yapabilmek, gerekse de süreç içerisinde ortaya çıkan çeşitli nedenlerden doğabilecek gecikmeleri tolere edebilmek için yöneylem araştırma tekniklerinin kullanılması büyük bir kolaylık sağlayacaktır.

Sonuç olarak, ilgili literatür ve gerçek dünyadan örnekler, birçok mühendislik alanında Yöneylem Araştırması tekniklerinin uygulanabileceğini göstermiştir. Ancak Yöneylem Araştırma metot ve algoritmalarının kendine özgü varsayımları, özellikleri ve parametreleri vardır. Aynı şekilde her mühendislik probleminin de farklı bir ele alınış biçimi ve yapısı olduğu bilinmektedir. Bu durumda her tekniğin her mühendislik problemine uygulanamayacağı söylenebilir. Bu sebeple bir mühendislik probleminin çözümü için kullanılacak olan uygun yöneylem tekniğinin seçimi büyük önem taşımakta ve farklı uzmanlık alanlarına sahip bir ekiple problemlerin çözümüne yaklaşılması, diğer bir ifadeyle disiplinlerarası bir çalışmanın yürütülmesi gerekmektedir.

NOT

Bu çalışma, 25-28 Mart 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilen 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı'nda sunulan "Mühendislik Uygulamalarında Yöneylem Araştırması Tekniklerinin Kullanımı" başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

4. KAYNAKLAR

1. Taha, H. A., 2006, “Yöneylem Araştırması”, (Çeviri: Alp Baray, Şakir Esnaf), Literatür Yayıncılık, İstanbul.
2. Sağır, M., Atlas, M., Aras, N., Kamışlı Öztürk, Z., 2012, “Yöneylem Araştırması-I”, (Editör Prof.Dr. B. Fethi Şeniş), Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2528, Eskişehir.
3. Hillier, F.S., Lieberman, G.J., 2010, “Introduction to Operations Research”, McGraw-Hill, Inc, New York.
4. Esin, A., Şahin, S.T., 2012, “Yöneylem Araştırmasında Yararlanılan Karar Yöntemleri”, Gazi Kitabevi, Ankara.
5. Öztürk, A., 2014, “Yöneylem Araştırması”, Ekin Basım-Yayın Dağıtım, Bursa.
6. Cinemre, N., 2011, “Yöneylem Araştırması”, Evrim Yayınevi, İstanbul.
7. Ulucan, A., 2007, “Yöneylem Araştırması: İşletmecilik Uygulamalı Bilgisayar Destekli Modelleme”, Siyasal Kitabevi, Ankara.
8. Mastroeni, G., Pappalardo, M., 2004, “A Variational Model for Equilibrium Problems in a Traffic Network”, RAIRO Operations Research, 38, p.p.3–12.
9. García-Ortiz, G., Amin, S.M., Wootton, J.R., 1999, “Operations Research and Semantic Control: Application to Advanced Traffic Management”, International Transactions in Operational Research, 6(1), p.p.5–20.
10. Güven, A., 2011, “Trafik Yönetiminde Kuadratik Programlama Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
11. Price, E., Ostfeld, A., 2013, “Iterative Linearization Scheme for Convex Nonlinear Equations: Application to Optimal Operation of Water Distribution Systems”, Journal of Water Resources Planning and Management, 139(3), p.p.299-312.
12. Levary, Reuven R. 2001, “Engineering Applications, Encyclopedia of Operation Research and Management Sciences in (S.I. Gass and C.M. Harris, Ed.), Second Edition”, Kluwer Academic Publishers, Boston, p.p.249-255.
13. Daşdemir, İ., Güngör, E., 2002, “Çok Boyutlu Karar Verme Metotları ve Ormancılıkta Uygulama Alanları”, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 4(4), p.p.1-19.
14. Bjørndal, T., Herrero, I., Newman A., Romero, C., Weintraub, A., 2011, “Operations Research in The Natural Resource Industry”, International Transactions in Operational Research, 19(1-2), p.p.39-62.
15. Carravilla, M. A., Oliveira, J. F., 2013, “Operations Research in Agriculture: Better Decisions for a Scarce and Uncertain World”, The Journal of Agris on-line Papers in Economics and Informatics, V(2), p.p.37-46.
16. Ceylan, A., Çay, T., Uyan, M., 2006, “Sayısal Harita Üretiminde Proje Planlaması ve Yönetimi”, HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 1(94), p.p.11-18.
17. Öztürk, D., Batuk, F., 2010, “Konumsal Karar Problemlerinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması”, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 28(2), p.p.124–137.
18. Dinçerler, A., Güven, N.E., Tanrıkulu, M.M., Temel, M., Yitmen, M., Yaman, H., 2004, “Bilkent Üniversitesi Personel Taşıma Sistemi için Etkin ve Ekonomik Çözüm”, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 15(2), p.p.2-14.
19. Vahidnia, M.H., Alesheikh, A.A., Alimohammadi, A., Hosseinali, F. 2010, “A GIS-based Neuro-Fuzzy Procedure for Integrating Knowledge and Data in Landslide Susceptibility Mapping”, Computers and Geosciences, 36(9), p.p.1101–1114.
20. Bıyık, C., Uzun, B., 1992, “3194/18. Madde Uygulamalarında Süre-Maliyet Analizlerinin Somut Bir Örnek Üzerinde İncelenmesi”, İmar Planlarının Uygulanması Semineri, 29 Haziran-4 Temmuz, KTÜ–Trabzon.
21. Şimşek, M., 2008, “Jeodezik Ağların Dengelenmesinde Hedef Programlama Tekniği”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
22. Alkan, R. M., 1993, “Harita Projelerinin CPM-PERT Yöntemleri ile Programlanması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

23. Zoraster, S., 1990, "The Solution of Large 0-1 Integer Programming Problems Encountered in Automated Cartography", *Operations Research*, 38(5), p.p.752-759.
24. Mullarkey, P., Butler, G., Gavirneni, S., Morrice,D., 2007, "Schlumberger Uses Simulation in Bidding and Executing Land Seismic Surveys", *Interfaces*, 37(2), p.p.120-132.
25. Bıyık, C., Tüdeş, T., 2001, "Harita Çalışmalarında Proje Planlaması ve Yönetimi", Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.