

alphanumeric

The Journal of
Operations Research, Statistics,
Econometrics and Management Information Systems

Volume 1

Issue 1

2013

Peer Reviewed International Journal

<http://www.alphanumericjournal.com/>

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 1, Issue 1, 2013

*The Journal of Operations Research, Statistics,
Econometrics and Management Information Systems*

Editors

Muhlis ÖZDEMİR

muhlisozdemir@alphanumericjournal.com

Bahadır Fatih YILDIRIM

bahadirfildirim@alphanumericjournal.com

Executive Editor

Sultan KUZU

sultankuzu@alphanumericjournal.com

Production Editors

Hüseyin BURGAZOĞLU

h.burgazoglu@alphanumericjournal.com

Yakup ÇELİKBİLEK

celikbilek@alphanumericjournal.com

ISSN 2148-2225

<http://www.alphanumericjournal.com/>



**Alphanumeric Journal is a “Peer-Reviewed
International Journal”.**

The journal is semiannually published

in June and December.

**Special thanks to Assoc. Prof. Mahmut Zortuk Head of Organizing Committee of 14th
International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics**

Special thanks to akademikpersonel.org managers for their kindly support

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 1, Issue 1, 2013

EDITORIAL BOARD

A. Neyran ORHUNBİLGE	Istanbul University	Mustafa CAN	Istanbul University
Bilge ACAR BOLAT	Istanbul University	Mustafa GÜNEŞ	Gediz University
Burak GÜRİŞ	Istanbul University	Nazif ÇALIŞ	Adiyaman University
Cavit YEŞİLYURT	Kafkas University	Neslihan FİDAN	Istanbul University
Çiğdem ARICIGİL ÇİLAN	Istanbul University	Nezih Metin ÖZMUTAF	Izmir Katip Celebi University
Emine Ebru AKSOY	Gazi University	Nihat TAŞ	Istanbul University
Emrah ÖNDER	Istanbul University	Oğuz AKBİLGİÇ	University of Calgary
Erdoğan ÖZTÜRK	Suleyman Demirel University	Ötüken SENER	Kafkas University
Ergün EROĞLU	Istanbul University	Özgür ÇAKIR	Marmara University
Erhan ÖZDEMİR	Istanbul University	Özlem KUVAT	Balikesir University
Esmâ Nur ÇİNİCİOĞLU	Istanbul University	Rauf NİŞEL	Marmara University
Eyüp CETİN	Istanbul University	Reşat KASAP	Gazi University
H. Öner ESEN	Istanbul University	Sadi Evren ŞEKER	Istanbul Medeniyet University
Hacer YUMURTACI AYDOĞMUŞ	Akdeniz University	Seda TOLUN	Istanbul University
Hakan DEMİRGİL	Suleyman Demirel University	Selahattin GÜRİŞ	Marmara University
Halim KAZAN	Gebze Institute of Technology	Selim BAŞAR	Ataturk University
Hamdi EMEÇ	Dokuz Eylul University	Seung Hyun BAEK	Hanyang University
İbrahim GÜNGÖR	Akdeniz University	Seyhan NİŞEL	Istanbul University
İlker Murat AR	Karadeniz Technical University	Sinan SARAÇLI	Afyon Kocatepe University
İrfan ERTUĞRUL	Pamukkale University	Şakir ESNAF	Istanbul University
İsmet GÖÇER	Adnan Menderes University	Şebnem AKAL	Marmara University
L. Sinem SARUL	Istanbul University	Şebnem ER	University of Cape Town
M. Erdal BALABAN	Istanbul University	Sona MARDİKYAN	Bogazici University
M. Vedat PAZARLIOĞLU	Dokuz Eylul University	Timur KESKİNTÜRK	Istanbul University
Mahmut ERDOĞAN	Gumushane University	Tunçhan CURA	Istanbul University
Mahmut ZORTUK	Dumlupınar University	U. Tuğba ŞİMŞEK GÜRSOY	Istanbul University
Mehpare TİMOR	Istanbul University	Yeliz YALÇIN	Gazi University

This page intentionally left blank

ALPHANUMERIC JOURNAL

Volume 1, Issue 1, 2013

CONTENTS

- 001-011** YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TARİHİ GELİŞİMİ ve ÖZELLİKLERİ
Historical Development of Operations Research and It's Features
Ahmet ÖZTÜRK
- 013-026** SAĞLIK SEKTÖRÜ İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ BİR MOBİL HASTA TAKİP SİSTEMİ ÖNERİSİ
A Low Cost Mobile Patient Monitoring System Proposal For Healthcare
Tunçhan CURA
- 027-032** KİŞİSEL E-TİCARET UYGULAMALARININ KATEGORİK VERİ ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
Evaluation of Personal E-Commerce Applications with Categorical Data Analysis Methods
Çiğdem ARICIGİL ÇİLAN, Sultan KUZU
- 033-045** BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE ÜRETİM PLANLAMASI
Production Planning With Fuzzy Linear Programming Approach
Kenan Oğuzhan ORUÇ, Melike Nazlı GÜLİŞİK
- 047-056** AN APPLICATION ON FLOWSHOP SCHEDULING
Akış Tipi Çizelgeleme Üzerine Bir Uygulama
Sündüs DAĞ



2013.01.01.OR.01

YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TARİHİ GELİŞİMİ ve ÖZELLİKLERİ*

Ahmet ÖZTÜRK†

Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Bursa

Özet

Küresel pazarda rekabet ortamı şiddetlenirken, Yöneylem Araştırması stratejik iş kararlarında önemlilik kazanmıştır. Küresel pazarların büyümesi ve rekabetteki artış sonucunda Yöneylem Araştırmasına olan ihtiyaç günışığına çıkmıştır. Bugün Yöneylem Araştırması, kar amaçlı ve kar amaçlı olmayan kuruluşlarca kullanılan gözde karar verme araçlarından birisidir. Yöneylem Araştırması yeni bir bilim olarak Alman hava kuvvetlerinin saldırılarına karşılık vermek için 1930'ların ikinci yarısında İngiliz Ordusunda kullanılmaya başlamıştır. Fakat onun başlangıç noktası Archimed'in çalışmalarına dayanır. Archimed deneysel verileri toplamış, bu verileri matematiksel yöntemlerle analiz etmiş ve MÖ 213 yılında Roma ordusunun Syracuse şehrini kuşatmasına karşılık bu sonuçları teçhizat yapımında ve yöntem geliştirmede kullanmıştır. Archimed ilk yöneylem araştırmacısı olarak düşünülebilir ve onun çalışmaları yöneylem araştırmasının başlangıç noktası olarak kabul edilebilir. Taylorizm sıkça yöneylem araştırmasının öncüsü olarak söz edilir ve yöneylem araştırmasının bilimsel kökünü oluşturur. İkinci Dünya Savaşından sonra, Yöneylem Araştırması akademik ve iş çevresinde akademik bir disiplin olarak gelişmiştir. Birçok yeni yöneylem araştırması teknikleri seçkin bilim adamları tarafından geliştirilmiş ve pek çok farklı alanlarda kullanılmıştır. Bu makale Türkiye gibi Dünya'nın bazı ülkelerinde Yöneylem Araştırmasının başlangıcı, bilimsel kökeni, yeni bir bilimsel alan ve akademik disiplin olarak tarihi gelişiminin taslağını çizmeyi amaçlar. Ayrıca, bu çalışmada Yöneylem Araştırmasının 11 farklı tanımı verilmiş ve bu tanımlarla Türkçe literatürde yer almayan Yöneylem Araştırmasının 11 özelliği açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yöneylem Araştırması, sistem yaklaşımı, bilimsel yöntem, Taylorizm

Jel Kodu: C44

Abstract

As the global market becomes fiercely competitive, Operations Research has gained significance in strategic business decisions. The growth of global markets and the resulting increase in competition have lightened the need for Operations Research. Today it is one of the popular decision science tools used by profit and nonprofit organizations. Operational Research as a new field started in the British Military in the second half of the 1930s as a response to the mobilization of the German air force. But it is starting point based on Archimedes's studies. Archimedes collected empirical data, analyzed those data using mathematics and used the results to doing equipment and formulated method for countering the Roman siege to Syracuse in 213 B.C. He can be

* Bu çalışma 14. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur.
This paper has been presented at 14th International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics

† ahmetozturk@uludag.edu.tr

considered the first operations analyst and his studies can be accepted starting point of operations research. Taylorism is often mentioned as a precursor of Operations Research and it is a scientific origin of operations research. After Second World War, Operations Research is developed as academic discipline in academic and business environment. Many new Operation Research techniques are developed by distinguished scientists and applied at many different fields by them. The paper aims to outline historical development of Operations Research as a starting point, a scientific origin, a new field and an academic discipline in some countries like Turkey of the world. Besides, in this study it's given eleven different definition of operations research and by those definitions it's eleven different features which is not considered in Turkish literature is explained.

Keywords: Operations Research, system approach, scientific method, Taylorism

Jel Code: C44

1. GİRİŞ

Bir bilim olan Yöneylem Araştırması (YA), problemin tanımı, formülasyonu, çözümü ve son olarak da uygun karar verme ile ilgilenir. YA matematiksel modelleri, istatistiği ve algoritmaları kullanarak yeni bir şey yapmanın en etkin yolunu belirler. Görüldüğü üzere YA' nın araçları tek bir disipline değil matematik, istatistik, iktisat, mühendislik, psikoloji ve diğer disiplinlerden gelerek, bu yeni bilgi disiplinine katkıda bulunmuştur.

Günümüzde, kıt kaynakların dağıtımı ve özellikle karar verme için bilimsel yöntemlerin uygulanması ile uğraşan YA, profesyonel bir disiplin olmuştur. Küresel pazarların büyümesi ve yaşanan şiddetli rekabet YA' na olan ihtiyacı öne çıkarmış, hatta dünya sınıfı imalat sistemlerinde, Toplam Kalite Yönetiminde, Yalın Üretimde, Altı-Sigma Kalite Yönteminde, Kıyaslamada (Benchmarking), Tam Zamanlı Envanter Sistemlerinde (YIT) yöneylem araştırması uygulamaları önem kazanmıştır.

Yeni bir bilim dalı olan YA' nın çıkış noktası askeri faaliyetler olmasına rağmen bu bilim dalı, Dünya'da ve Türkiye'de her alanda başarılı etkisini sürdürmüş ve sürdürmektedir. Hiçbir bilim bir günde doğmamış, gelişimi de yıllar, hatta yüzyıllar almıştır. Bilimler genellikle karşılaşılan sorunlara uygun çözüm bulmak için bilimsel yöntemlerin, tekniklerin ve araçların geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. YA da bundan farklı olmadığı gibi, onun ilk uygulamaları, bilimsel kökleri çok eskilere dayanmaktadır.

Çalışmamızın amacı, YA' nın ilk başlangıcından hareketle onun, Dünya'da ve Türkiye'deki tarihi gelişimi ile farklı tanımlamalarıyla ortaya çıkan özelliklerini kapsamlı bir şekilde ortaya koymaktır.

2. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ TARİHİ GELİŞİMİ

Bu kısımda yöneylem araştırmasının tarihi gelişimi, M.Ö. ve Rönesans döneminde bazı bilim adamlarının askeri problemlerin çözümünde kullanması ile başladığı kabul edilerek, onun bilimsel kökleri, II. Dünya Savaşında bir disiplin olarak doğuşu ve akademik disiplin olarak gelişimi olarak dört alt başlık altında açıklanmaya çalışılacaktır

2.1. Yöneylem Araştırmasının Başlangıcı

YA' na olan ihtiyaç ve onun faaliyet alanı, insanlığın başlangıcı ile var olduğunu söyleyebiliriz. Taş Devri'nde bir dövüşte 12 kişinin 6 kişiden daha iyi olduğunu ve ağır taşa göre hafif taşın daha uzağa fırlatılabildiğini keşfeden kabile reisleri, matematik analizi ilk uygulayanlardır. Ayrıca, eski zamanlarda çobanlar sabah kapıdan çıkan her hayvan için cebine bir çakıl taşı koyar ve akşam hayvanlar döndüğünde ise her hayvan için cebinden bir taş çıkarırmış. Cebinde kalan çakıl taşı kayıp hayvanı gösterdiğinden, kaç hayvanın kaybolduğunu bilir ve onları bulmaya çalışırmış. Bu bize, ilk kayıt tutmanın çobanlar tarafından geliştirildiğini göstermektedir.

M.Ö. bilim ve matematiksel analizler, savaşlarda çok açığa çıkmasa da önemli roller oynamıştır. Bilim ve savaş her zaman birbirleriyle çok yakından ilişkili olmuştur. Savaşlarda en iyi kararın verilmesi için bilimciler ve askeri personeller arasında işbirliği sağlanmaya çalışılmıştır. Buna örnek olarak M.Ö. IV. Yüzyılda yaşayan Büyük İskender'in mühendisi Diades, Archimed (M.Ö. 287-213), Roger Bacon(1220-1292), Leonardo Da Vinci (1452-1519),

Michalengelo Buonarotti (1475-1564), Galileo Galilei (1564-1642) çalışmalarını gösterebiliriz.

Diades; Büyük İskender'in doğu seferlerinde yanında bulunmuş, surları ve duvarları imha etmek için hareketli kuleleri, dövme vinç için kullanılan ölçeklendirme motorlarını geliştirmiştir.

Archimed (M.Ö. 287-213); çoğu uzmanlar YA' nın başlangıcına Archimed'in de katıldığı M.Ö. III. Yüzyıldaki II. Pön (Punic) savaşına dayandırmaktadır. Roma ordusunun kumandanı Marcus Cladius Marcellus M.Ö. 213 yılında Sicilya' nın en büyük eski Yunan kenti Syracuse kuşatmıştır. Bu savaşta Archimed'in yeni tür mancınıklar ve bazı bilimsel kurallardan esinlenerek tasarladığı makaralar yardımıyla, çok ağır taşlar burçlara ve çok uzaklara fırlatılmıştır. Aynı zamanda Archimed güneş ışıklarına odaklanan eğri ayna sistemiyle Roma donanmasını yaktığı söylenir. Belki de ilk yöneylem araştırmacısı olarak Archimed kabul edilebilir.

Archimed buluşlarında, önce deneysel verileri toplamış, matematiği kullanarak verileri analiz etmiş ve sonra da sonuçları Roma kuşatmasına karşı araç tasarımı ve yöntemler formüle etmek için kullanmıştır. Syracuse Kralı II. Hieron'un bilimsel danışmanlığını yapan Archimed, YA' nın oldukça başlangıç sayılan örnek çalışmaları yaptığı düşünülür (Shrader, 2006).

Roger Bacon(1220-1292); meşhur Rönesans bilim adamları Leonardo Da Vinci (1452-1519), Michelangelo Buonarotti (1475-1564), Galileo Galilei (1564-1642) fizik ve matematiği askeri problemlerin çözümünde kullandıkları gibi bilimsel yönetime de önemli katkılarda bulunmuşlardır.

2.2. Yöneylem Araştırmasının Bilimsel Kökleri

Bugünkü anlamda YA' nın bilimsel köklerinin Frideriek Winslow Taylor'ın (1856-1915) 1890 yılında endüstrideki verimsizliği önlemek için bilimsel ilkelere dayanan sistematik yöntemi ortaya koymasıyla başladığını söyleyebiliriz. Taylor 1910 yılında *Bilimsel Yönetimin İlkeleri* adlı kitabını yayınlamış, bugün halen iş hayatında kullanılan zaman etüdü, hareket etüdü, iş ekonomisi, iş standardı, teşvikli ücret sistemi onun geliştirdiği

yöntemlerdir. Taylor'un görüşleri, çalışmaları ve endüstride verimliliği arttırmak için geliştirdiği yöntemlere "Taylorizm" adı verilmektedir. Taylorizm de YA' nın habercisi olmuştur (Kjeldsen, 2007).

Henry L. Gantt, 1900 yılında planlama ve denetimde kullanmak için geliştirdiği grafik yöntemi veya Gantt şemaları, YA' nın en yaygın kullanılan tekniklerinden CPM ve PERT'in esasını oluşturmuştur. Gantt şemaları üretim planlamasının bir çizelgesi olup nelerin yapıldığını ve nelerin yapılmadığını veya ne kadar geç kalındığını ortaya koyar.

Vilfredo Pareto (1848-1923); uzun yıllar gelir dağılımı üzerinde çalışarak 1906 yılında, kendi adını alan *Pareto Optimalitesini* bulmuştur. Pareto optimalitesinde üretilen mal ve hizmetlerin toplumdaki kişiler arasındaki etkin dağılımına ve üretim faktörlerinin, çeşitli mal ve hizmetlerinin nasıl dağıldığında bakılır. M. Josep Juran bu ilkedden yararlanarak bugün, iş hayatında öne alınacak işlerin, hataların ve envanterlerin sınıflandırmasında kullanılan 80/20 veya 20/80 kuralını, yani *Pareto ilkesini* geliştirmiştir (Öztürk, 2009).

A. Markov 1907 yılında, geçmişteki ve şimdiki faaliyetlerin olasılıklarından yararlanarak, onların gelecekteki olasılıklarını belirleyen Markov Analizi ve ya Zincirinin temelini atmıştır. Bu analiz, YA' nın önemli tekniklerinden olup eğitim, pazarlama, sağlık, finans, muhasebe, işgücü planlaması, enerji planlaması, üretim ve yatırım alanlarında kullanılmaktadır (Öztürk, Yöneylem Araştırmasına Giriş, 2013).

F. W. Harris, 1915 yılında ekonomik sipariş miktarı modeli olarak bilinen temel envanter formülünü geliştirmiştir. Bu model günümüzde halen tüm şirketlerce envanter kontrolünde kullanılmaktadır (Forgionne, 1990).

Danimarkalı matematikçi, istatistikçi ve mühendis olan Agner Krarup Erlag (1878-1929), trafik mühendisliğini ve kuyruk kuramını bulmuştur. 1917 yılında telefon çağrı kayıpları ve bekleme zamanını belirleyen formülü geliştirerek bugünkü YA tekniklerinden olan bekleme hattı modellerinin bulunmasına ve kuyruk kuramının gelişmesine öncelik etmiştir.

W. Leontief, Von Newman ve Stigler'in 1930'lara doğru yaptığı çalışmalar genel kaynak dağılım problemlerinin çözümünde bir araç olurken, oyun teorisi alanına da önemli katkılar sağlamıştır. On iki yıldan fazla iş istatistiği üzerinde çalışan H. C. Levinson, 1930'larda ticari malların problemlerini araştırmış ve reklam tekniğinin etkilerini denemek için satış problemlerinde bilimsel analizi uygulamıştır. Aynı dönemlerde Shewart, Dodge ve Roming, kalite kontrol ve örnekleme denetim tekniklerini Bell Telefon Laboratuvarında (New Jersey) kullanmışlar ve R. A. Fisher de matematiksel istatistik alanının gelişmesine öncü olan çalışmalar yapmıştır.

Özetlemeye çalıştığımız gibi Taylor ve diğer bilim adamlarının çalışmaları, II. Dünya Savaşı'nda ortaya çıktığı kabul gören YA disiplininin kökleri olduğu kabul edilmektedir.

2.3. Yöneylem Araştırmasının Bir Disiplin Olarak Doğuşu

İngiltere'de 1937 yılında radar istasyonlarından elde edilen bilgilerin doğruluğu ve eşgüdüm sorunu ortaya çıkmıştır. Sorunun çözümü için yapılan işlerin etkinliğini ölçmek için A. P. Rowe başkanlığında, Bawdsey Araştırma İstasyonunda bilimsel bir grup oluşturulmuştur. Bazı kaynaklara göre II. Dünya Savaşı'nda Alman hava gücü saldırılarına karşı, askeri operasyonların(işlemlerin) etkinliğini optimum kılmak için 1938 yılında Sir Robert Watson Watt ile birlikte A. P. Rowe bilimsel araştırmayı tasarlamışlardır. İşte söz konusu askeri operasyonların araştırılması işlemine de **“Operational Research”** denilmiştir. YA'nın 1938'lerdeki özgün ismi **“Operational Research”** sonraları Amerika'da **“Operations Research”** olarak değiştirilmiştir (Lander, 1984).

II. Dünya Savaşı kaynak dağıtımında, üretim planlaması ve çizelgelemede, envanter ve kalite kontrolünde, ulaşım, lojistik ve diğer alanlarda görülmemiş problemler yaratmıştır. Hiç kimsenin bu yeni ve aşırı derecedeki karmaşık problemlerin çözümü hakkında deneyimleri yoktu. Bu karmaşık problemlerin rastgele sezgisel yaklaşım ve öngörü bililiği ile çözümü neredeyse olanaksızdır.

Dolayısıyla savaştaki liderler analitik nedene dayanan yenilikçi bir yaklaşım ihtiyacını kavradılar. Bu yüzden fizik bilim adamları, mühendisler, matematikçiler ve askeri liderlerden bu problemleri çözmesi ve çözümler önermesi için takım oluşturulmuştur.

1940 yılında fizik bilim adamı olan Patrick Maynard Stuart Blackett (1897-1974) uçak savar topçuluğunda radar kullanımını araştırmak için **“Blackett's Circus”** olarak bilinen YA takımını oluşturmuştur (Kjeldsen, 2007). Blackett'in takımı üç fizyolog, iki matematikçi, iki fizik matematikçisi, bir astrofizikçi, bir subay, bir mühendis ve bir fizikçi olmak üzere 11 kişiden oluşmuş olup bu, YA'nın çok disiplinli veya takım yaklaşımı özelliğini göstermektedir. Blackett İngiltere'de YA'nın gelişmesine katkı veren en önemli kişi olarak anılır ve ona YA'nın babası denilir. Aynı zamanda Blackett, kozmik radyasyon üzerindeki çalışmaları ve YA'na katkıları nedeniyle 1948 yılında fizik dalında Nobel Ödülü almıştır (Gass & Arjang, History of Operational Research, 2011).

ABD çok hızlı bir şekilde İngiltere'nin savaştaki başarılı deneyiminin farkına vararak, onu uygulamaya koymuştur. Amerikalı araştırmacılar İngiliz YA takımlarında eğitilmiş ve Patrick Blackett, 1942 yılında denizaltı savaşlarına karşı, Amerikan Donanmasında, sorumlu bir takım kurmuştur. Bir fizik bilim adamı olan Philip Morse, 1942 yılında deniz altı hücumlarına karşı ABD Deniz Kuvvetlerinin çalışmalarına yardım etmek için bir grup bilimcileri organize etmiştir. Morse ve meslektaşları savaşa ilişkin farklı problemler formüle etmiş, yöntemler geliştirmiş, özgün raporlar hazırlayarak ilgililere sunmuştur. Philip Morse ABD'de YA'nın babası olarak kabul edilir (Kaplan, 2011).

II. Dünya Savaşındaki YA çalışmaları, sıkı bir şekilde, gerçek askeri işlemlerden üretilen verilere dayanmıştır. YA, verisiz olanaksız olduğu gibi kullanılan veriler de doğru olmalıdır. İşlemlerin bilimsel çalışması, fizik bilimi yöntemlerini yansıtmaktadır. Dolayısıyla, YA'nı bulanların da fizik bilim adamları olduğunu görmekteyiz. Ayrıca, askeri işlemlerin altında yatan fiziksel ilkelerin oluşturulmasındaki erken çalışmalar, işlemsel

verilerin analizine, matematiksel modellerin formüle edilmesine, bu modellerin sonuçlarını test eden deneylere odaklıdır. Başlangıçta YA takımları hava ve deniz savaşlarında radarın kullanımına ilişkin problemler üzerinde çalışarak çok yararlı çözümler üretmelerinin yanında çalışma alanlarını, strateji ve lojistiği de içeren diğer problemlere kaydırmışlardır. Böylece YA, ayrı bir uzmanlık alanı veya yeni bir disiplin olarak doğmuştur.

Savaş sırasında YA takımının görevleri mevcut askeri kuvvetlerin, silahların ve diğer donanımların kullanımı için en iyi (optimal) yolları bulmaktır. Dolayısıyla bilim adamlarından oluşan küçük takımlar, askeri işlemleri veya talep edilen durumları anlamak için elverişli araçları veya geliştirdikleri yeni modelleri kullanmışlardır. Farklı disiplinlerden gelen takım bilimcileri probleme ilişkin verileri toplayarak ve analiz ederek askeri işlemler için birlikte çalışmışlardır. İşte II. Dünya Savaşında YA'nın başarısının gerisindeki nedenlerden birisi; YA takımları ile askeri işlemler arasındaki yakın ilişkilerdir (Kirby & Capay, 1997).

II. Dünya Savaşı sonrasında YA'nın önemli konularından birisi olan doğrusal programlamanın algoritmasını Rus bilim adamı *Leonid Vitaliyevich Kantorovich* (1912-1986) 1939 yılında basılan ***“The Mathematical Method of Production Planing and Organization”*** adlı kitabında ele almıştır. 1941 yılında *Frank Lauren Hitchcock* (1875-1957) ulaştırma problemlerini formüle etmiş, 1944 yılında *J. Von Neumann*'ın ve *O. Morgenstern* ***“Oyun Teorisi ve Ekonomik Davranış”*** adlı çalışmalarıyla günümüzde rekabet ortamında karar vermede kullanılan oyun teorisine önemli katkı sunmuşlardır.

Savaş sırasında askeri problemlerin çözümünde çalışan takımlardaki bilim adamları[‡], savaş sonrası özel ve kamu sektörünün farklı kesimlerindeki çalışmalarında karşılaştıkları problemleri savaşta uyguladıkları benzer yöntemler ile çözmeye

çalışmışlardır. Üniversitelere dönen bilim adamları ise mevcut tekniklere sağlam temel oluşturmaya ve ayrıca yeni YA tekniklerini geliştirmeye çalışmışlardır. İşte tüm bu çalışmalar yeni bir bilimsel uğraşı alanı olan YA'nın doğuşuna yol açmıştır.

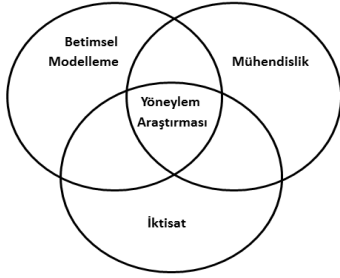
2.4. Yöneylem Araştırmasının Akademik Disiplin Olarak Gelişimi

Tarihsel mirası yüzünden YA, ilk önce askeri savunma amaçlı kuruluşlarda bir yönetim aracı olarak kullanılmış, daha sonra kamu kuruluşlarında kaynak planlamasının etkinliği ve dağıtımı için uygulanmaya konulmuştur.

Sanayi Devrimi ve teknolojinin gelişimi ile dünyadaki örgütlerin boyutu ve karmaşıklığında önemli değişimler olmuştur. Örgütlerde iş bölümünün ve yönetim sorumluluğunun artması, karmaşık problemlerin çözümü ve stratejik karar vermenin daha bilimsel olması, YA tekniklerinin tüm mesleklerde uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca, bazı kararlar matematik kullanılmadan, deneyimler, akliselim ve önsezi ile alınabilir; fakat bazı durumlar için bu olanaklı olmadığı gibi farklı nicel tekniklerin kullanılması kaçınılmazdır. İşte iş dünyası, karşılaştıkları problemleri çözmek için gerçek ve potansiyel uygulamaları bularak YA disiplininin hızlı gelişimini desteklemiştir. Öte yandan iş dünyası ile hükümetler ve üniversiteler arasında karşılıklı yararları için geliştirdikleri ilişkiler, bu disiplinin gelişimini ve yayılımını sağlamıştır.

II. Dünya Savaşı'nı izleyen ilk on yılda fazla gelişmemiş olan YA'sı, son elli yılda iktisat, matematik, istatistik, endüstri mühendisliği ve yönetimi içeren çok disiplinli (disiplinler arası) bir fonksiyon olarak gelişmiştir. Bir disiplin olarak YA aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere mühendislik, iktisat ve betimsel (tanımlayıcı) modellemenin kesişiminde yer alır.

[‡] Edindiğimiz bazı kaynaklara göre II. Dünya Savaşında İngiltere'de YA takımlarında 200 bilim adamı çalışmıştır. Sadece ABD Hava Kuvvetlerinde 400 bilim adamı çalışırken 17 tane de YA takımı bulunmaktaydı.



Genel olarak, YA bir disiplin olarak üç ayrı (araçlar, modeller ve yöntembilimi) kategori kümesinde sınıflandırılabilir (Agrawal, Subra Manion and Kapoor, 2010). ABC analizi, Pareto optimalite ve başa baş analizi araçlar kategorisinde yer alır. Karışım modelleri, dağıtım sistemlerini optimum kılan modeller, portföy optimizasyonu modelleri, model kategorisindedir. YA yöntem bilimi, proje yönetim sistemlerini, çok kriterli optimizasyonu, oyun teorisi, simülasyon yöntembilimi, veri zarflama analizi, işletme kaynak planlama sistemleri ve çatışma çözüm yöntemlerini kapsar.

Dünyanın çoğu ülkelerinde YA' nın gelişimine katkıda bulunmak ve endüstride uygulanmasını yaygınlaştırmak için dernekler kurulmuş ve dergi yayınları başlatılmıştır. Bunlardan bazılarına değinelim.

İlk YA kulübü 1948 yılında İngiltere'de kurulmuş, 1950 yılında dergi yayını ve dernekleşmesi ise 1953 yılında gerçekleşmiştir. ABD'de ilk YA derneği ve dergisi 1952 yılında kurulmuştur. İlk YA kitabı Morse ve Kimball tarafından 1951 yılında Amerika'da yayınlanmıştır (Morse & Kimball, 1951). 1963 yılında Hindistanda YA Derneği ve dergisi faaliyete geçmiştir.

Hindistan'da 1949 yılında Hyderabad'da Bölgesel Araştırma Laboratuvarında YA birimi kurulmuş ve 1953 yılında Prof. P.C. Mahalanobis Hindistan İstatistik Enstitüsünde ulusal planlama ve araştırma problemlerini çözmek için YA takımını kurmuştur (Ghosh, 1994). Yöneylem araştırmasının ulusal alanda gerçek gelişimi Prof. Mahalanobis'in ulusal planlamada onu kullanmasıyla olmuştur. 1950'lerin sonunda Hindistan'da YA, üniversitelerin ve yükseköğretilerin kamu yönetimi, uygulamalı matematik, iktisat ve bilgisayar bölümlerinin ders

programlarında okutulmaya başlamıştır. Hindistan YA Derneği (ORSI) gelişmekte olan bir ülkede kurulan ilk YA topluluğudur (White, Smith, & Currie, 2011).

Nijerya YA Derneği Lagos'da 1983 yılında kurulmuş ve dernek, özel ve kamu sektörü tarafından desteklenmekte, dergi yayını da gerçekleştirmektedir (Agbadudu, 2006).

Uluslararası Yöneylem Araştırması Dernekler Federasyonu (IFORS) 1959 yılında kurulmuş ve bu derneğe Asya, Afrika, Güney Amerika olmak üzere 48 ülke üyedir. Güney Afrika Yöneylem Araştırması Derneği (ORSSA) Kasım 1969 yılında kurulmuştur (Ittmann, 2009).

Almanya'da 1957 yılında uygulamacılar, endüstride YA' nın yeni fikir ve yöntemlerini yaymak için kurdukları Yöneylem Araştırması Grubu (AKOR) ve akademisyen matematikçilerin, istatistikçilerin ve iktisatçıların 1961 yılında kurdukları Alman İşverenler Araştırma Derneği (DGU), 1962 yılında IFORS' un üyesi olmuştur. Alman Yöneylem Araştırma Derneği (DGOR) 1970' lerde kurulmuş ve 1972 yılından bu yana çeşitli üniversitelerde düzenli olarak, yıllık 300-350 katılımcının ve 150-200 tebliğin sunulduğu konferanslar düzenlemektedir (Fleischman, 1995). DGOR üyelerinin %55'i akademik çevreden, %45'i ise uygulamacılardan gelmektedir. Uygulamadan gelen üyelerin ise %29'u endüstride, %17'si danışmanlık şirketlerinde, %9'u enerjide, %7'si bankacılık ve sigortacılıkta, %6'sı kamu sektöründe geriye kalan ise ulaşım, ticaret ve reklamcılıkta çalışmaktadır. Ayrıca 1985 yılından bu yana DGOR' un düzenlediği konferanslarda ortalama 12 tebliğ, gerçek uygulamalar (lojistik, üretim, bilgi sistemleri, pazarlama) üzerine, uygulamacılar tarafından sunulmuştur. Almanya'da 60 üniversitenin 44'ünde ders programlarında YA' sı ders olarak görülmektedir. 14 üniversitenin endüstri mühendisliği, 16 üniversitenin iş matematiğinde, 15 üniversitenin bilgi sistemleri bölümlerinde YA, zorunlu ders olarak okutulmaktadır. Aachen Teknik Üniversitesinde 2 yıllık YA master programı olduğu gibi matematik, iktisat, iş idaresi ve mühendislikte diploma alan öğrenciler YA' nda yeterli düzeyde bilgileri alır.

1950'lerde ABD'de iş çevreleri özel sanayi sistemlerinin daha iyi yönetilmesini sağlamaya dönük YA programlarını geliştirmişlerdir. Amerika'da 1948 yılında MIT' de askeri alan dışı teknikleri öğreten bir dersin başlamasıyla YA, akademik bir disiplin olarak kabul edilmiştir. *George Bernard Dantzig* (1914-2005) 1947 yılında doğrusal programlama ve onun çözüm algoritması olan **simpleks algoritmasını** geliştirmiştir. *S.M. Ulan* ve *J. Von Neuman* 1949 yılında **Monte Carlo Simulasyonunu** geliştirmişlerdir.

Türkiye'de YA, Dünya'daki kullanımına benzer şekilde, askeri alanda ilk kez Türk Silahlı Kuvvetlerinin öncülüğünde 19 Ağustos 1954 yılında Genel Kurmay Başkanlığı bünyesinde kurulan "**İlmi İstişare Müdürlüğü**" ile başlamıştır. Gerçek anlamda YA çalışmaları ise 1 Haziran 1956 yılında *Alb. Fuat Uluğ*'un çabalarıyla İlmi İstişare Müdürlüğü'ne bağlı olarak, 10 yedek subaydan oluşan ilk YA takımının kurulmasıyla başlamıştır. 1 Eylül 1965 yılında TÜBİTAK bünyesinde Hareket Araştırma Bölümü kurulmuş ve bu bölüm 1973 sonunda Marmara Araştırma Enstitüsü Gebze'ye taşınmıştır. 10 Mart 1975 yılında YA' nın bir meslek olduğunu göstermek için YA Derneği kurulmuş ve YA birimi 1992 yılında "**Sistem Analizi**" adı verilen yeni bir birime dönüştürülmüştür.

YA Derneği yıllık bilimsel kongrelerin düzenlice yapılmasının yanında, YA mesleğine de önemli katkılar sağlamıştır (Doğrusöz, 2001).

İlk ulusal YA kongresi 1975 yılında yapılmış ve sonraları YA ve Endüstri Mühendisliği altında düzenlenmiştir. 2013 yılında 33. YA ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi düzenlenmiştir. İlk YA dergisinin 1980 başlarında I. Cilt ve I. Sayısı yayımlanmıştır.

1993 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesince başlayan Ekonometri ve İstatistik Sempozyumunda YA dalında teorik ve uygulamaya ilişkin tebliğler sunulmaya başlanmış ve 2010 yılında Sakarya Üniversitesince düzenlenen 11. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumunda, sempozyum adının Ekonometri, Yöneylem Araştırması ve İstatistik (EYİ) olmasına karar verilmiştir. Ayrıca sempozyumun uluslararası

olmasına karar verilerek 12. 13. ve 14. EYİ Sempozyumları uluslararası niteliğe kavuşmuştur.

Eğitim alanında ülkemizin çeşitli üniversitelerinin istatistik, işletme, ekonometri, makine, inşaat ve endüstri mühendisliği ile ziraat fakültelerinin bazı programlarında ve hava, kara, deniz harp okullarında YA dersleri okutulmaktadır. YA ilk defa 1960-61 ders yılında Hareket Araştırması adı ile İ.T.Ü. Makine Fakültesinde *Prof. Dr. İlhami Karayalçın* tarafından verilmiştir. 1964-65 ders yılında ODTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Matematik Bölümünde YA' nın en yaygın kullanılan tekniklerinden Doğrusal Programlama dersi ilk kez *Dr. Okan Güral* tarafından verilmiştir. 1966 bahar aylarında Ankara'da yapılan bir toplantıda *Prof. Dr. Halim Doğrusöz* ve arkadaşlarınca Hareket Araştırması ismi yerine Yöneylem Araştırması adı Türkçe' ye kazandırılmıştır. Endüstriyel kuruluşlarda ilk YA takımı Zonguldak Türkiye Taş Kömürü Kurumunda kurulmuştur.

Bugün YA' nın etkisi pek çok alanda hissedilmektedir. Dolayısıyla ülkemizde olduğu gibi tüm gelişmiş ve çoğu gelişmekte olan ülkelerin üniversite ve yüksekokullarında lisans, yüksek lisans ve doktora derecelerinde YA dersleri verilmektedir.

Şimdi 10 yıllık dönemler itibarıyla seçkin bilim adamları tarafından ortaya konulan ve geliştirilen YA alanındaki teknikleri ve konulara kısaca değinelim.

1950-1960 yılları arasında; dinamik programlama, kısa yol problemi, primal-dual doğrusal programlama, doğrusal olmayan programlama, envanter yönetimi kuramı, parametrik programlama, sıralama ve çizelgeleme, dual simpleks yöntem, gezgin satıcı problemi, stokastik programlama, CPM-PERT, kuadratik programlama, tam sayılı programlama.

1960-1970 yılları arasında; dal ve sınır tekniği, Çin postacı problemi, tesis yerleşim problemi, karar ağaçları, sonlu Markov zincirleri, bulanık küme teorisi, hedef programlama, sırt çantası problemi, çizelgeleme teorisi, karar analizi, sistem simülasyonu.

1970-1980 yılları arasında; çok ölçütlü karar verme, kuyruk sistemleri, çok amaçlı karar verme, veri zarflama analizi, analitik hiyerarşi süreci.

1980-2000 yılları arasında; yapay sinir ağları, iç nokta algoritması, tabu arama, tedarik zinciri yöntemi, veri madenciliği gibi yöntemler geliştirilmiştir (Gass S. I., 2002).

3. YÖNEYLEM ARAŞTIRMASININ ÖZELLİKLERİ

YA' nın farklı tanımları onun belli başlı özelliklerini ortaya koymaktadır. YA' nın sınırları, hızlı gelişimi ve içeriği, zaman içinde ekonomik olaylarda görülen değişimler gibi henüz sabitlenmediği için, onun tek bir tanımını yapmak zordur. Dolayısıyla günümüze kadar YA' nın farklı tanımları yapılmıştır.

Matematik, istatistik, mühendislik, iktisat ve psikoloji gibi konulardan araçları alıp ve onları seçenekli faaliyetlerin en iyi sonuçlarını elde etmek için kullanan YA, çok disiplinli bir bilim olduğu gibi karar vermede bilimsel yöntemleri uygulayan profesyonel bir meslek olmuştur. YA' nın kökeni ve hızlı gelişimi YA' nın kesin bir tanımının yapılmasını güçleştirmiştir.

3.1. Yöneylem Araştırmasının Tanımı

Şimdi çeşitli kaynaklardan yararlanarak elde ettiğimiz tanımlar aşağıda verilmiştir.

- YA, idari, askeri veya ticari faaliyetlerde kullanılan makine, donanım ve işgücü performansının ve politikaların sistematik etkinliğinin bilimsel analizidir (Gass & Assad, 2005).
- YA, yöneticinin kontrolü altındaki işlemlere ilişkin kararlarına, nicelikli bir temel sağlamanın bilimsel yöntemidir (Morse & Kimball, 1951). Bu tanım YA' nın ilk resmi tanımlarından birisidir.
- YA, daha iyi karar vermeye yardımcı olan ileri analitik teknikleri uygulayan bir disiplindir.
- YA, disiplinler arası takım çabası içinde sınırlı kaynakların optimal kullanımını belirleme amacı güden bilimsel bir bilgidir.
- YA, karmaşık problemlerin optimal veya optimale yakın çözümlerine ulaşmak için matematiksel modelleme, istatistik ve algoritmaları kullanan formal bilimin ve

uygulamalı matematiğin disiplinler arası bir dalıdır (Sottinen, 2009).

- YA, bir sistemin en iyi tasarımını ve işletimini araştıran, karar verme için bilimsel bir yaklaşımdır (Chen, 2012).
- YA, belirli bir problemin çözümünde araç olarak bilinen tüm bilimsel teknikleri kullanan uygulamalı bir bilimdir.
- YA, problemin tanımı, formülasyonu, çözümü ve optimal karar verme ile ilgilenen bir bilimdir.
- YA, uygulamalı karar kuramıdır. Çünkü YA karşılaşılan problemlerin çözümü için bilimsel, matematiksel veya mantıksal araçları kullanır ve dolayısıyla da yönetimin karar problemlerine en uygun çözümü sağlamaya çalışır.
- YA, yönetim kadrosunun problem çözümü için bilimsel bir yaklaşımdır.
- YA, takım çabasına dayanarak problemin çözümünü belirlemede sadece bilimsel yöntem veya teknikleri kullanan bir sistem yaklaşımıdır.
- YA, problemin daha kötü yanıtı yerine daha iyisini verme sanatıdır. Bir bakıma YA problemlerin yanıt kalitesini artırmaktadır.
- YA, karar verme veya sorun çözme bilimidir.
- YA insan, makine, para ve malzemeden oluşan endüstriyel, ticari, kamu, özel ve askeri sistemlerin yönetiminde karşılaşılan problemleri bilimsel yöntem yaklaşımı ile çözmeyi ele alan ve ele aldığı sistemleri geliştirmeyi amaçlayan bir bilim dalıdır.
- YA, belirgin terimler ile problemin tanımlanması, olayların ve verilerin toplanması, onların analizi sonra da problemin kesin sonuçlarına ulaşılması ve çoğu durumlar için sonuçların optimalliğinin test edilmesidir.

Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere YA çok sayıda teknik ve bilimsel yaklaşımı içermekte ve genellikle kıt kaynakların dağıtımının söz konusu olduğu sistemlerin en iyi tasarımı ve işletimine yönelik karar problemlerine bilimsel yaklaşımın uygulanması amaçlamaktadır.

Bir bakıma sistemlerin karşılaştığı problemleri, disiplinler arası bir takım çalışmasıyla bilimsel yöntemleri kullanarak, problemin kontrol edilebilir

değişkenleriyle ilgili seçenekleri değerlendirerek problemin optimal çözümünü belirlemeyi amaçlar.

YA' nın tanımlarında yer alan belli başlı özellikler onun akademik bir disiplin olarak gelişmesinde temel rol oynamıştır. Şimdi bu özellikleri kısaca açıklayalım.

3.2. Sistem Yaklaşımı

Kökünü Yunanca “**systema**” kelimesinden gelen *sistem* kavramı “**birbiriyle ilişkili elemanların oluşturduğu bir bütün**” anlamındadır. Bir bakıma sistem bir amacı gerçekleştirmek için birlikte çalışan elemanlar topluluğudur. Sistem yaklaşımı ele alınan ve incelenen bir problemi örgütün tüm birimlerini gözetererek ele alır. İşte bu tüm örgütsel bakış noktasına *sistem yaklaşımı* denir. Bu yaklaşımda bir sistemin herhangi bir birimindeki davranışın, sistemin tümüne etkisi olduğu kabul edilir. Dolayısıyla problemler, ilişkin olduğu sistem ve bu sisteme ait ilişkiler bütünü içinde incelenmelidir. Bu sistem bakışı YA' nın temel özelliklerinden birisidir. Bilim dünyasında en çok kabul görmüş olan sistem yaklaşımı, var olan sorunu analiz etmeye ve çözümlenmeye yöneliktir.

3.3. Disiplinler Arası Takım Yaklaşımı

Çoğu yönetsel problemler, davranışsal, sosyal, politik, ekonomik, istatistiksel, matematiksel, fiziksel, biyolojik ve iş yönü olan karmaşık problemlerdir. Yöneticiler farklı uzmanlık alanları olan bir gruba toplayarak problemlerin çözümü için yenilikçi yaklaşımlar elde edebilir. İşte farklı disiplinlerden (matematikçiler, istatistikçiler, fizikçiler, psikologlar, iktisatçılar ve mühendislerden) oluşan kişilerin problemin çözümünde bilimsel modelin araştırılması ve kurulmasında yardımcı olması için oluşturulan takımın kullanılmasına disiplinler arası takım yaklaşımı denir.

3.4. Bilimsel Yöntemi Uygulama

YA' nın en önemli özelliklerinden birisi de karar vermede bilimsel yaklaşımı kullanmasıdır. Karmaşık

problemlerin analiz ve çözümü için YA, bilimsel yöntemleri, teknikleri ve araçları uygular. Bu yaklaşımda karar vericinin kişisel yanlılığına ve bilişliliğine yer yoktur. Bilimsel yöntem genelde gözlem, deney, analiz ve sentezdir. YA' nın bilimsel yöntemi ise problemin tanımı, sistemin gözlenmesi, modelin kurulması, modelin çözülmesi, modelin geçerliliğinin gösterilmesi ve çözümün uygulanması ve yorumlanması adımlarından oluşur.

3.5. Karar Verme

Her bir endüstriyel örgüt, karşılaştıkları çok boyutlu problemlerin olanaklı en iyi çözümünü belirlemek zorundadır. YA' nın amacı YA teknikleri kullanılarak yöneticilerin optimal çözümü elde etmesine yardımcı olmaktır. Aslında YA, yöneticilere daha iyi ve daha bilgili karar vermeyi sağlar. Aynı zamanda YA, karar vericinin yaratıcı ve sağlıklı yeteneklerini geliştirmesine, daha iyi kontrol etmesine, daha iyi eşgüdüm sağlamasına, daha iyi sistemler için problemin durumunu anlamasına ve analiz etmesine ve son olarak da daha iyi kararlar vermesine yardım eder.

YA' nın tarihinde yöneylem araştırmacıları nicel yöntemleri, araçları ve problem yapılandırma yöntemlerini kullanarak karar vericilerin daha bilgili karar verme yeteneğini geliştirmeye yardımcı olmaya çalışmışlardır (Rivett, 1994).

3.6. Karar Kalitesini İyileştirme

YA, problemlerin en kötü yanıtı yerine kötünün iyisi yanıtını vererek kararların kalitesini artırır. YA, problem çözümünde bilimsel yöntemi kullandığı için tam mükemmel bir sonucu vermese de çözümün kalitesini artırır.

3.7. Problemlere Odaklanma ve Gerçek Dünya Problemlerini Çözme

Çoğu kez yöneticiler, kesin çözümleri olmayan karmaşık gerçek problemler ile yüz yüze kaldığı gibi problemleri içeren bazı durumlar hakkında deneyimleri yoktur. Buna ilaveten, problemlerin oldukça önemli finansal ve örgütsel etkileri olabilir.

Bu koşullarda karar verici, problemin formüle edilmesinde ve analizinde bazı desteklere ihtiyaç duyar ve bu ihtiyacını da problemin incelenmesi, uygun teknikleri geliştirmesi ve bir çözüm önermesi için yöneylem araştırmacısından karşılayabilir.

Günümüzde sezgisel olduğu gibi daha karmaşık çok boyutlu optimizasyon problemlerini daha hızlı çözmek, YA tekniklerini kullanarak mümkün olmaktadır. Bunda ise bilgisayar kodlama sisteminin, algoritmaların, bilgisayarların hesaplama gücü ve hızındaki gelişmelerin etkisinin çok önemli olduğunu söyleyebiliriz. Örneğin çok boyutlu gezgin satıcı problemlerinin çözümü 20 yıl öncesine kadar çok zordu. Apple ve meslektaşları 85.900 şehri kapsayan gezgin satıcı probleminin optimal çözümünü elde etmişlerdir (Applegate, Bixby, Cook, Goycoolea, & Helsgam, 2008).

Yönetmelere odaklanma ve çok boyutlu karmaşık gerçek dünya problemlerini çözmesi YA'nın temel özelliklerinden birisidir.

3.8. Bilgisayar Kullanımı

Karmaşık matematiksel modellerin çözümü veya geniş miktardaki verilerin işlenmesi ve hesaplamaların yapılması bilgisayar kullanımını gerektirir. Bilgisayar yardımı olmadan problemin çözümü için gerekli olan hesaplamaları ve yorumları elle yapmak için araştırmacılar günler, haftalar ve aylara ihtiyaç duyabilir. Ayrıca el ile çözüm çabaları sıkıcı, hataya eğilimli ve maliyetli, hatta çoğu problemler için imkânsız olabilir. Bu da bize yöneylem araştırması ile bilgisayar kullanımının yakın ilişkisini açıklar.

3.9. Nicel Yanıtlar Sağlama

YA yaklaşımı kullanılarak elde edilen çözümler her zaman nicel yani sayısaldir. YA bir veya daha fazla seçeneği (fikri) dikkate alarak en iyisi üzerinde durur. Yönetim kendisi için en iyi olan seçeneği seçmelidir.

3.10. Ortaya Çıkan Tehditleri Çözmek İçin En İyi ve En Yeni Yöntemleri Kullanma

YA'nın temel özelliklerinden birisi de şirketlerin karşılaştıkları tehditleri çözmek için en iyi ve en yeni yöntemlerin kullanılmasına önem vermesidir. Küresel pazarda şirketlerin karşılaştıkları tehditler her gün daha fazla karmaşık olmakta ve yaygınlaşmaktadır. YA işlemsel ve stratejik hedeflerin ulaşılmasında ve karşılaşılan tehditleri çözmeye yaşamsal yerini korumaktadır. Örneğin, 2001 yılında *NBC*, optimizasyon modellerini kullanarak işçilik sürelerini azaltmış, reklam satışlarını artırarak ilk dört yılda gelirlerini 200 milyon doların üstünde arttırmış, satış verimliliğini ve müşteri memnuniyetini de arttırmıştır. 2000 yılında *Ford Motor Şirketi Wayne Devlet Üniversitesi* ile prototip optimizasyon modelini geliştirerek yıllık prototip maliyetlerini 250 milyon dolar azaltmıştır (Chen, 2012). Japonya'da Nagoya kentinde *Nanzan Eğitim Kompleksi* ulaşımında karşılaştıkları tehditleri çözmek için otobüs rotalarını tekrar düzenleyerek 800.000 \$ tasarruf etmiştir.

3.11. Yeni Problemleri Açığa Çıkarma

YA, bir problemi çözerken ek yeni problemleri açığa çıkarır. Şöyle ki; bir şirket imalat masraflarını azaltmaya çalışırken, süreçteki nihai ürünü üretmek için fazladan parça satın alma ihtiyacı duyabilir. Çalışmanın maksimum fayda sağlaması için sürekli ve kesiksiz araştırmanın yapılması gerekli olduğu gibi ihtiyaç duyulan malzemelerin, donanımın, işgücünün de zamanında karşılanması gereklidir. Bu da beklenmeyen masrafları ve bütçe açıklarını ortaya çıkarır. Böylece beliren risklerin öngörülmesi ve çalışmada esneklik sağlanması YA'nın ana özelliklerinden birisidir.

3.12. İnsan Faktörünü Ele Alma

Nicel araştırmaların diğer türlerinde insan faktörü ele alınmaz. YA'nda ilk düşünülen ise insan faktörüdür. Çünkü süreçte çalışan kişilerin hasta olması, işe gelmemeleri üretim çıktısını olumsuz etkiler. Bu yüzden insan faktörünü ele almayan YA çalışmaları kesinlikle eksik bir çalışma olacaktır.

4. SONUÇ

Kendi başına bir bilim olan YA, son 50 yılda sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkelerin işlemsel araştırmalarında kullanılmakta ve endüstri mühendisliğinin ayrılmaz bir parçası olmuştur. YA'nın özellikleri ve çok çeşitli alanlarda kullanılabilirliği nedeniyle geleceği parlak bir meslek ve toplumların ihtiyacını karşılamakta yardımcı olabilen önemli bir araç olacaktır.

Öte yandan dünya hızlı bir şekilde değişmekte ve bu değişimin ne gibi fırsatlar ve problemler getireceğini önceden kestirmek zordur. Eğer yöneylem araştırması teknikleri başarılı şekilde

kullanılırsa, değişim fırsatları ve ortaya çıkan problemler ihtiyaç duyulan zamanda belirlenebilir. Ayrıca problemlerin doğru, ekonomik, güvenilir ve esnek çözümleri elde edilebilir. Bunun nedeni de, YA'nın daha iyi karar vermede ileri analitik yöntemleri uygulamasıdır. Bir bakıma YA'nın en büyük yararı, yaşanan koşullar içerisinde örgütün tümünü içeren en iyi sonuçlara götüren kararı belirlemesidir.

İnsanlık tarihi ile başladığına inanılan YA'nın tarihi gelişimi çalışmamızda farklı bir açıdan ele alınarak onun yine farklı tanımlarından hareketle Türkçe literatürde rastlamadığımız belli başlı *onbir* tane önemli özelliği ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Kaynakça

1. Agbadudu, A. B. (2006). Operations Research, Mathematics and Social Science: The Link.
2. Applegate, D. C., Bixby, R. E., Cook, W., Goycoolea, & Helsing, K. (2008, September 28). Certification of an Optimal TSP Tour Through 85900 Cities. Submitted to Operations Research Letters .
3. Chen, F. (2012, Şubat 15). Introduction to Operations Research. Mayıs 28, 2013 tarihinde http://202.120.43.108/G2S/eWebEditor/uploadfile/20120216094512_411623945500.pdf adresinden alındı
4. Doğrusöz, H. (2001). Cumhuriyet Döneminde Türkiye'de Bilim "Sosyal Bilimler" Yöneylem Araştırması. Mayıs 28, 2013 tarihinde <http://akgul.web.tr/yazilar/temp/sosyal.html> adresinden alındı
5. Fleischman, B. (1995). Operation Research Activities in Germany. European Journal of Operational Research , 440-444.
6. Forgyon, A. G. (1990). Quantitative Management. Orlando: The Dreyden Pres.
7. Gass, S. I. (2002, Ekim). Great Moments in History, Operation Research 50th Anniversary. Mayıs 28, 2013 tarihinde <http://www.orms-today.org/orms-10-02/frhistorysb1.html> adresinden alındı
8. Gass, S. I., & Arjang, A. (2011). History of Operational Research. Informis .
9. Gass, S. I., & Assad, A. A. (2005). An Annotated Timeline of Operations Research: An Informal History . New York: Kluwer Academic Press.
10. Ghosh, J. K. (1994). Mahalanobis and The Art and The Science of Statistics: The Early Days Vol.29(1). Indian Journal of History of Science , 89-98.

11. Ittmann, H. W. (2009). Recent Development in Operational Research: A Personal Perspective. ORION , 87-105.
12. Kirby, M., & Capay, R. (1997). The Air Defence of Great Britany,1920-1940:an operational research perspectiv . Journal of the Operational Research Society Vol.488 , 555-568.
13. Kjeldsen, T. H. (2007). Operational Research and Mathematical Programmin:From war to Academia-A Joint Venture. Mayıs 13, 2013 tarihinde Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS): <http://www.eolss.net> adresinden alındı
14. Lander, H. (1984). The Origin of Operational Research. Operational Research 32 , 465-475.
15. Morse, P. M., & Kimball, G. E. (1951). Methods of Operations Research. New York: John Wiley and Sons.
16. Öztürk, A. (2009). Kalite Yönetimi ve Planlaması. Bursa: Ekin Yayınevi.
17. Öztürk, A. (2013). Yöneylem Araştırmasına Giriş. Bursa: Ekin Kitapevi.
18. Rivett, P. (1994). The Craft of Decision Modelling. Chichester: John Wiley and Sons.
19. Agrawal, S., Subramanian, K.R., and Kapoor, S.,(2010), International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, Volume: 3, Issue: 2, 200-208.
20. Shrader, C. R. (2006). History of Operations Research İn the United States Army Volume 1:1942-1962. Washington, D.C.: Office of the Deputy Under Secretary of the Army for Operational Research United.
21. Sottinen, T. (2009). Operations Research with GNU Linear Programming Kit.
22. White, L., Smith, H., & Currie, C. (2011). OR in Developing Countries: A Review.

This page intentionally left blank



alphanumeric journal

The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems



Volume 1, Issue 1, 2013

2013.01.01.MIS.01

SAĞLIK SEKTÖRÜ İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ BİR MOBİL HASTA TAKİP SİSTEMİ ÖNERİSİ

Tunçhan CURA*

İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, İstanbul

Özet

Bu çalışmada özellikle orta büyüklükteki hastanelere yönelik bir mobil hasta takip sistemi önerilmiştir. Önerilen sistem oldukça düşük maliyetlidir ve böylece hastalara ilave bir külfet doğurmamaktadır. Bu sistem küçük bir uzman sistem de barındırmaktadır. Söz konusu sistemin kural tabanı ise bir ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi kullanılarak oluşturulmuştur. Kural tabanının tamamıyla programcı ve programlama dilinden bağımsız olmasına özen gösterilmiştir. Bu esnek tasarım sayesinde program koduna hiç bir müdahalede bulunulmaksızın, kural tabanında güncellemeler yapılması mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mobil sağlık, Karar Destek Sistemleri

Jel Kodu: L86, I12

Abstract

In this study, a mobile patient monitoring system is proposed especially for medium-sized hospitals. The proposed system is relatively low cost, and thus does not cause an additional burden on patients. This system contains a small expert system. The rule base of the system is built using a relational database management system. Rule base is kept completely independent of the programmer and the programming language. Thanks to this flexible design, it is possible to update rule base without an intervention to program code.

Keywords: Mobil healthcare, Decision Support Systems.

Jel Code: L86, I12

* tunchan@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Bu çalışma kişisel sağlık sektörüne yönelik bilişim teknolojilerinin mobil cihazlar üzerinde uygulanmasını ele almaktadır. Aslında hastaların sağlık durumlarının takip edilmesine yönelik yapılmış çalışmalar olsa da bunların bir çoğu maliyeti nispeten yüksek projelerdir. Örneğin Türkiye’de büyük bir hastane ile bir GSM Operatörü’nün birlikte sunduğu hizmet ile hastaların durumları takip edilmektedir. Fakat söz konusu uygulama hastalara ilave aylık ödeme yükü getirmektedir. Buna karşılık bu çalışmada önerilen yöntem bir hastane için sabit IP adresine sahip bir kişisel bilgisayar ile ortalama bir akıllı telefon maliyetinden öteye geçmemektedir. Böylece hastalardan da ilave ücret talep edilmesi gerekmemektedir.

Sağlık sektörü ve buna yönelik teknolojik çalışmalar son yılların hızla gelişen ve ilgi çeken konuları haline gelmiştir. Ayrıca mobil cihazlardaki hızlı gelişim ve bu aygıtların maliyetlerindeki düşüşler de hemen her alanda olduğu gibi sağlık sektörü uygulamalarında da araştırmacıların ve uygulamacıların dikkatini çekmeye başlamıştır (Katz ve Rice, 2009). Dünya genelinde artık çoğu sağlık cihazı, kişisel sağlık kayıtları ve tetkik yöntemleri taşınabilir hale gelmiştir (Katz ve Rice, 2009; Halteren vd., 2004).

Sağlık sektöründe hasta takibi son derece önemli bir konudur. Zira bazı hastaların sürekli kontrol altında tutulmaları gerekmektedir. Bu durum pek çok hastalık için hastaları sağlık kurumlarına bağımlı hale getirmiştir. Her ne kadar bir çok tahlil için evde bulundurulabilir düşük maliyetli cihazlar bulunsa da hasta durumunun cihazlardan elde edilen parametre değerlerine göre yorumlanması oldukça karmaşık olabilmektedir. Bu nedenle de hastalar sağlık kurumlarına bağımlı hale gelmekte ve böylece hareketlilikleri düşmektedir.

Yakın bir tarihe kadar çoğu mobil cihaz “aptal” (dump) makinalar olarak nitelenmekteydi. Bunlar tabiatıyla akıllı telefonların ilk sürümleriydi. Genellikle e-posta odaklıydılar ve bir çoğu kullanışlı dokunmatik ekrandan bile yoksundu. Genellikle özel

kalemler ile ekranlarına yazılabilmekteydi (Charl ve LeRoux, 2011).

Fakat akıllı telefonlardaki son gelişmeler ve bunların sahip oldukları pek çok işlev yukarıda değinilmiş olan sorunlara da çözümler getirmiştir. iPhone ve Android telefonları gibi akıllı telefonlar geniş depolama kapasiteleri ve Wi-Fi veya 3G/4G ağlar ile gelişmiş bağlantı imkanları sağlamaktadırlar. Ayrıca bunlar klavye/sanal klavye, kamera, sayısal pusula, GPS alıcı ve akselerometre gibi arzu edilen işlevlerle gelmektedirler (Sun vd., 2010). Depolama kapasitesi ve bağlantı gücünün yanı sıra akıllı telefonlar kişisel bilgisayarlarla kıyaslanabilecek işlemci gücü ve iç bellek kapasitesine de sahiptirler (Weng vd., 2012).

Bir kaç yıl içerisinde ABD’deki İnternet kullanıcılarının yarısından fazlasının İnternet erişimi için akıllı telefonları ve tablet bilgisayarları (mobil ağ odaklı bilgisayar) kullanacakları beklenmektedir. 2010’da 84 milyon Amerikalı İnternet’e mobil aygıtlar aracılığıyla erişmiştir ve bu rakamın 2014’e kadar iki katına çıkması beklenmektedir. Ayrıca bir araştırma işletmesi olan Gartner, kısa zaman içerisinde mobil telefonların kişisel bilgisayarların yerini alarak, insanların İnternet erişiminde en çok kullanacakları yöntem olacağını tahmin etmiştir. Günümüzde, İnternet’te gerçekleşen tüm aramanın yüzde beşini mobil cihazlar oluşturmaktadır. Fakat bu oranın 2016’da yüzde 23,5 olması beklenmektedir (Laudon ve Laudon, 2011).

2. ANDROID UYGULAMASI

Bu çalışmada geliştirilen mobil hasta takip sisteminin mobil bileşenleri Android İşletim Sistemi üzerinde çalışmaktadır. Android, mobil cihazlar için Google tarafından geliştirilmiş bir işletim sistemidir (Android Developers, 2013). Bu işletim sisteminin tercih edilmesinin sebebi mobil cihaz pazarında en fazla kullanılan işletim sistemi olmasıdır. Buna göre pazarın yüzde 72.4’ünü Android elinde tutarken ikinci sırada gelen Apple’ın geliştirdiği iOS yüzde 13.9’luk paya sahiptir (Gartner Inc., 2013). En bilinen üretici markaların Android destekli çok çeşitli ürünleri bulunmaktadır.

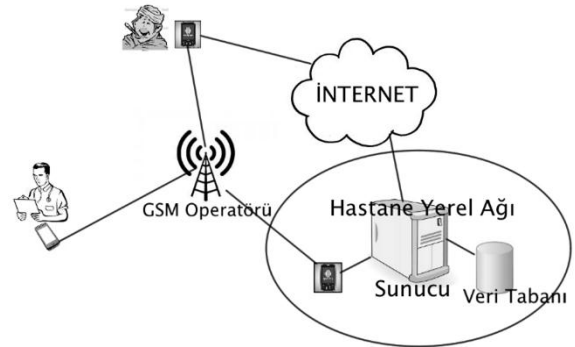
Bunun da ötesinde kısım 2.2’de ele alınacak olan sunucu tarafındaki mobil uygulama, telefona gelen SMS’leri dinlemektedir. Her işletim sistemi gelen SMS’lerin dinlenmesine izin vermemektedir. Bu nedenle her ne kadar hasta tarafı için farklı işletim sistemlerine göre uygulama geliştirmek mümkün olsa da bu çalışmada önerildiği gibi sunucu tarafında bir mobil cihaz bulundurulması halinde, cihazda Android gibi gelen SMS’leri dinlemeye izin veren bir işletim sistemi koşuturulması zorunludur.

Android Telefonlar’a uygulama geliştirmek için Google, İnternet’ten ücretsiz indirilebilen Android Yazılım Geliştirici Paketi’ni (Android SDK) sunmuştur. Android uygulaması geliştirmek için kullanılan dil Java’dır (Oracle, 2013). Uygulama geliştirenlerin neredeyse tamamı Bütünleşik Geliştirme Ortamı (IDE) olarak Eclipse’i (The Eclipse Corporation, 2013) kullanmaktadır. Bu IDE’ye Android Geliştirme Araçları (ADT) ve Android SDK da eklenmektedir. Böylece Android Telefonlar için rahatlıkla uygulama geliştirilebilmektedir (Weng vd., 2012).

Bu çalışma için tasarlanan sistem üç ana bileşenden meydana gelmektedir. Bunlardan ilki hastanın mobil cihazına yüklenen Android uygulamasıdır. Bu uygulama hastanın kendi yaptığı tahlil sonuçlarını girdiği ve bunları hastane sunucusuna gönderdiği yalın bir ekrandan ibarettir. İkincisi hastanenin yerel ağı ile hastane sunucusuna bağlı mobil cihaz üzerinde bulunan başka bir Android uygulamadır. Bu uygulama, hastanın tahlil sonuçlarını SMS ile göndermesi halinde değerleri alıp yerel ağ üzerinden sunucuya göndermektedir. Hasta, sonuçları İnternet aracılığıyla doğrudan sunucuya gönderme imkanına da sahiptir. Sunucudan yerel ağ aracılığıyla gelen mesajı hastanın doktoruna SMS ile göndermek bu uygulamanın ana görevidir. Üçüncü bileşen ise sunucudur. Sunucu bir kişisel bilgisayar olabilir. Sunucunun üzerindeki bir Java Servlet uygulaması hastadan gelen tahlil sonuçlarını değerlendirir ve hastanın doktoruna SMS ile değerlendirme sonucunu gönderir. Sunucu doğrudan SMS gönderemeyeceği için bunu yerel ağ ile kendisine bağlı Android uygulamasının yapmasını sağlar. Tüm yapı Şekil 1’de temsil edilmiştir.

Önerilen uygulamanın çalışma biçimi özetle aşağıdaki gibidir:

1. Hasta tahlilini yanında bulundurduğu cihaz(lar) ile kendisi yapar.
2. Hasta kullandığı cihaz(lar)dan elde ettiği parametre değerlerini mobil cihazında yüklü uygulamaya girer.
3. Bu değerleri bağlantısı varsa İnternet, yoksa SMS ile sunucuya gönderir.
4. Değerler SMS ile gönderilirse; hastane sunucusuyla aynı yerel ağ içerisinde bulunan başka bir mobil cihazdaki uygulama, SMS mesajıyla gelen verileri sunucuda yer alan Java Servlet uygulamasına gönderir.
5. Sunucu gelen verileri bir uzman sistem içerisinde değerlendirir ve kural tabanında yer alan kurallara göre bir sonuç çıkarır. Bu sonuç şüphesiz ki kesin karar için yeterli olmayacaktır. Dolayısıyla kesin karar için hastanın doktoruna sonuç SMS ile gönderilir. Doktor böylece gerekiyorsa hastasıyla görüşerek kesin kararı verir.



Şekil 1. Hasta takibi uygulamasının ana unsurları

Şunu da belirtmek gerekir ki sunucunun SMS alması ve göndermesi için tek yol bunu bir mobil telefona bağlamak değildir. Alternatif yöntemlerden en sık karşılaşılanları sunucuya GSM modem takmak, bir Mobil Ağ Geçidi’nden hizmet almak veya sunucunun doğrudan Sinyalleşme Sistemi 7 (SS7) şebekesine bağlanmasıdır. Her bir alternatifin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Bu durumda

takip edilen hasta sayısı da göz önünde bulundurularak bir tercih yapılmalıdır.

Sunucunun bir mobil cihaza bağlanması sonucunda karşılaşılan en önemli sorun cihaza bağlı olarak değişen şarj edilme ve nadiren de olsa kapatılıp tekrar açılma gereksinimleridir. Ayrıca çok yoğun mesajlaşmalarda bazı sorunlar da olabilir. Fakat bu çalışma orta büyüklükteki hastaneleri hedef aldığından söz konusu sorunun göz ardı edilebileceği düşünülmüştür. Daha fazla sayıda hastası olan hastaneler için sunucuyu SS7 şebekesine veya bir Mobil Ağ Geçidi'ne bağlamak düşünülebilir. Fakat özellikle SS7 şebekesinin kullanılması halinde maliyetler önemli ölçüde artacaktır.

2.1. Hasta Mobil Uygulaması

Daha önce de değinildiği gibi hastaların sağlık kurumlarından bağımsız, kendi başlarına tahlillerini yapabilmesi bu çalışmanın ana hedefidir. Bu nedenle hastanın bazı cihazların yardımıyla yaptığı tahlillerden elde ettiği sonuçları,



Şekil 2. Hasta takip uygulaması

Veri paylaşımında kullanılan bazı standart biçimlendirme yöntemleri vardır. Bunların başında Uzatılmış İşaretleme Dili (XML) gelse de gerek kolay

okunabilir oluşu, gerekse de nesneye dayalı dillerle daha uyumlu kullanılabilmesi sebepleriyle JavaScript Nesne Nütasyonu (JSON) son zamanlarda yaygın hale gelmiştir. Bu standarda göre küme parantezi içine nesne, köşeli parantez içine ise dizler yerleştirilir. Her bir özellik virgülle ayrılır. Nesnelerin dizi olmasının mümkün olduğu gibi, bir nesne özelliğinin de başka bir nesne olması veya dizi olması mümkündür. Özelliklerin isimleri ile değerleri arasında ":" işareti konularak birbirinden ayrılırlar. Ayrıca gerek özellik ismi gerekse de taşıdığı değer tırnak içerisinde yazılır. Aşağıda JSON biçimindeki veri örneği yer almaktadır:

```
{“BA”:"5",“EO”:"3",“hastano”:"1",“MO”:"3"}
```

Buna göre 1 numaralı hastanın Bazofil Yüzdesi (BA) 5, Eozinofil Yüzdesi (EO) 3 ve Monosit Yüzdesi (MO) de 3 değerlerine sahiptir. Bu çalışmanın kapsamına tıbbi tahlil değerlerinin yorumlanması girmediğinden, daha detaylı tahlil parametreleri ele alınmamış ve sınamalarda bu kadarıyla yetinilmiştir.

Google'ın geliştirdiği ve Android uygulamalarında yararlanılabilen Gson kütüphanesi, verinin yukarıdaki biçime dönüştürülmesi veya bu biçimindeki verinin ayrıştırılması için kullanılabilir (Google Project Hosting, 2013).

Kullanıcı verileri İnternet ile göndermek isterse dokunduğu düğme tetiklenecek ve Şekil 3'te gösterilen kod çalıştırılacaktır. Aksi halde Şekil 4'te yer alan kod yürütülmektedir. uyarı(String arg) metodu argümanında yer alan mesajı kullanıcıya göstermek için kullanılmaktadır.

```
((Button) findViewById(R.id.button1))
    .setOnClickListener(new OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            String jsonMesaj = bilgiler();
            Handler mYoneticisi = new Handler() {
                public void handleMessage
                (android.os.Message msg) {
                    String cevap = (String) msg.obj;
                    uyarı(cevap);
                }
            };
            Gonderici gonderici = new Gonderici(jsonMesaj,
                mYoneticisi);
            new Thread(gonderici).start();
        }
    });
```

Şekil 3. Verilerin sunucuya İnternet ile gönderilmesi

Android uygulamalarının ana iş parçacığında (main thread) ağ bağlantısı kurulması engellenmiştir. Bu nedenle Runnable ara yüzünü uygulayan Gonderici sınıftan bir nesne ile ağ bağlantısı kurulmaktadır. TELNO sabit değişkeninde ise sunucuya bağlı olan mobil telefonun numarası bulunmaktadır.

Gson kütüphanesi sayesinde Şekil 5'te görüldüğü gibi kullanıcının girdiği veriler kolaylıkla JSON biçimine dönüştürülebilmektedir.

```
((Button) findViewById(R.id.button2))
    .setOnClickListener(new OnClickListener() {
    @Override
    public void onClick(View v) {
        String sms = bilgiler();
        SmsManager smsyonetici =
            SmsManager.getDefault();
        if (sms.length() <= 160)
            smsyonetici
                .sendTextMessage(TELNO, null, sms, null, null);
        else {
            ArrayList<String> cokluMesaj = smsyonetici
                .divideMessage(sms);
            smsyonetici.sendMultipartTextMessage(
                TELNO, null, cokluMesaj, null, null);
        }
    }
});
```

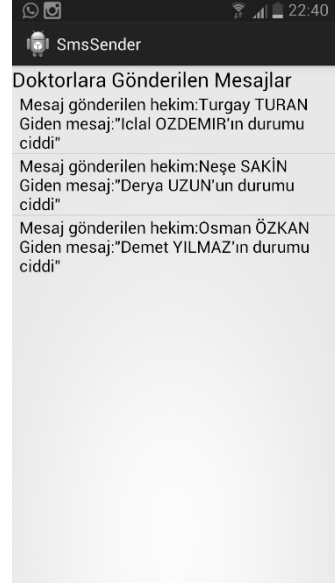
Şekil 4. Verilerin sunucuya SMS ile gönderilmesi

```
private String bilgiler() {
    Map<String, String> mesaj =
        new HashMap<String, String>();
    mesaj.put("hastano", numara.getText().toString());
    mesaj.put("EO", EO.getText().toString());
    mesaj.put("MO", MO.getText().toString());
    mesaj.put("BA", BO.getText().toString());
    return new Gson().toJson(mesaj);
}
```

Şekil 5. Verilerin JSON biçimine dönüştürülmesi

2.2. Sunucu Mobil Uygulaması

Hasta takip sisteminin bir mobil uygulaması daha vardır ve sunucu tarafındaki mobil cihaz üzerinde çalışır. Şekil 6'da görülen bu uygulamanın görevi hastalardan gelen SMS'leri ve sunucudan gelen mesajları dinlemektir. Hastalardan gelen SMS'leri okuyup sunucuya yerel ağ ile iletir.



Şekil 6. Sunucu tarafındaki mobil uygulama

Sunucunun hastaların durumunu bir uzman sistem yardımıyla değerlendirmesi ile elde edilen sonucun hastanın doktoruna iletilmesi için bu uygulamanın sunucudan gelen mesajları da dinlemesi gerekmektedir. Bu nedenle uygulama ana iş parçacığının yanı sıra söz konusu dinleme işlemlerini gerçekleştirmek için iki iş parçacığı daha barındırır. Bunlardan ilki Şekil 7'de görüldüğü gibi 6666 numaralı bağlantı noktasını (port) dinleyen Dinleyici sınıfından bir nesnedir. Bu nesne gelen mesajları Handler sınıfından mYoneticisi nesnesine göndermektedir.

```
Handler mYoneticisi = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        Dinleyici.jsonMesaj mesaj =
            (Dinleyici.jsonMesaj) msg.obj;
        SmsManager smsyonetici = SmsManager.getDefault();
        String sms = "Sayın " + mesaj.doktor + " " +
            mesaj.mesaj;
        if (sms.length() <= 160)
            smsyonetici.sendTextMessage(mesaj.telno,
                null, sms, null, null);
        else {
            ArrayList<String> cokluMesaj =
                smsyonetici.divideMessage(sms);
            smsyonetici.sendMultipartTextMessage(
                mesaj.telno, null, cokluMesaj, null, null);
        }
    }
}
```

```

ogeListesi.add("Mesaj gönderilen hekim:" +
    mesaj.doktor + "\nGiden mesaj:\n" +
    mesaj.mesaj + "\n");
adaptor.notifyDataSetChanged();
}
};
dinleyici = new Thread(new Dinleyici(6666, mYonetici));
dinleyici.start();

```

Şekil 7. Yerel ağdan gelen mesajların dinlenmesi

Böylece doktorlara hastalarıyla ilgili mesajlar iletilmektedir. ogeListesi ve adaptor nesnelere, ListView sınıfından bir nesnede doktorlara giden mesajları ekranda listelenmek için kullanılmaktadır.

Gelen JSON biçimindeki bir SMS, küme parantezi ile başlayacağından yalnızca bunların dikkate alınması gerekmektedir. Şekil 8’de görüldüğü gibi gelen mesaj eğer JSON biçiminde ise yerel ağ üzerinden sunucuya yönlendirilmektedir. Ardından bu mesajın “gelen kutusu” na eklenmesini önlemek için SMS dinleme işlemini gerçekleştiren BroadcastReceiver sınıfından nesnenin abortBroadcast() metodundan yararlanılmıştır.

```

Object[] pdu = (Object[]) bundle.get("pdu");
msgs = new SmsMessage[pdu.length];
String data = "";
for (int i = 0; i < msgs.length; i++) {
    msgs[i] = SmsMessage.createFromPdu((byte[])pdu[i]);
    data += msgs[i].getMessageBody().toString();
}
if (data.charAt(0) == '{') {
    Handler mYonetici = new Handler() {
        public void handleMessage(android.os.Message msg) {
            String cevap = (String) msg.obj;
            Toast.makeText(ctx, cevap, 10).show();
        };
    };
    gonderici con = new gonderici(data, mYonetici);
    new Thread(con).start();
    abortBroadcast();
}

```

Şekil 8. Gelen SMS’lerin dinlenmesi

Şekilde görülen Android uygulamasına girerek, İnternet üzerinden veya SMS ile hastane sunucusuna gönderecektir.



Şekil 2. Hasta takip uygulaması

Veri paylaşımında kullanılan bazı standart biçimlendirme yöntemleri vardır. Bunların başında Uzatılmış İşaretleme Dili (XML) gelse de gerek kolay okunabilir oluşu, gerekse de nesneye dayalı dillerle daha uyumlu kullanılabilmesi sebepleriyle JavaScript Nesne Nütasyonu (JSON) son zamanlarda yaygın hale gelmiştir. Bu standarda göre küme parantezi içine nesne, köşeli parantez içine ise dizler yerleştirilir. Her bir özellik virgülle ayrılır. Nesnelerin dizi olmasının mümkün olduğu gibi, bir nesne özelliğinin de başka bir nesne olması veya dizi olması mümkündür. Özelliklerin isimleri ile değerleri arasına “:” işareti konularak birbirinden ayrılırlar. Ayrıca gerek özellik ismi gerekse de taşıdığı değer tırnak içerisinde yazılır. Aşağıda JSON biçimindeki veri örneği yer almaktadır:

```
{“BA”：“5”,“EO”：“3”,“hastano”：“1”,“MO”：“3”}
```

Buna göre 1 numaralı hastanın Bazofil Yüzdesi (BA) 5, Eozinofil Yüzdesi (EO) 3 ve Monosit Yüzdesi (MO) de 3 değerlerine sahiptir. Bu çalışmanın kapsamına tıbbi tahlil değerlerinin yorumlanması girmediğinden, daha detaylı tahlil parametreleri ele alınmamış ve sınamalarda bu kadarıyla yetinilmiştir.

Google’ın geliştirdiği ve Android uygulamalarında yararlanılabilen Gson kütüphanesi, verinin yukarıdaki

biçime dönüştürülmesi veya bu biçimindeki verinin ayrıştırılması için kullanılabilir (Google Project Hosting, 2013).

Kullanıcı verileri İnternet ile göndermek isterse dokunduğu düğme tetiklenecek ve Şekil 3'te gösterilen kod çalıştırılacaktır. Aksi halde Şekil 4'te yer alan kod yürütülmektedir. uyarı(String arg) metodu argümanında yer alan mesajı kullanıcıya göstermek için kullanılmaktadır.

```
((Button) findViewById(R.id.button1))
    .setOnClickListener(new OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            String jSonMesaj = bilgiler();
            Handler mYonetici = new Handler() {
                public void handleMessage
                (android.os.Message msg) {
                    String cevap = (String) msg.obj;
                    uyarı(cevap);
                }
            };
            Gonderici gonderici = new Gonderici(jSonMesaj,
                mYonetici);
            new Thread(gonderici).start();
        }
    });
```

Şekil 3. Verilerin sunucuya İnternet ile gönderilmesi

Android uygulamalarının ana iş parçacığında (main thread) ağ bağlantısı kurulması engellenmiştir. Bu nedenle Runnable ara yüzünü uygulayan Gonderici sınıfından bir nesne ile ağ bağlantısı kurulmaktadır. TELNO sabit değişkeninde ise sunucuya bağlı olan mobil telefonun numarası bulunmaktadır.

Gson kütüphanesi sayesinde Şekil 5'te görüldüğü gibi kullanıcının girdiği veriler kolaylıkla JSON biçimine dönüştürülebilmektedir.

```
((Button) findViewById(R.id.button2))
    .setOnClickListener(new OnClickListener() {
        @Override
        public void onClick(View v) {
            String sms = bilgiler();
            SmsManager smsyonetici =
                SmsManager.getDefault();
            if (sms.length() <= 160)
                smsyonetici
                .sendTextMessage(TELNO, null, sms, null, null);
            else {
                ArrayList<String> cokluMesaj = smsyonetici
```

```
.divideMessage(sms);
        smsyonetici.sendMultipartTextMessage(
            TELNO, null, cokluMesaj, null, null);
    }
});
```

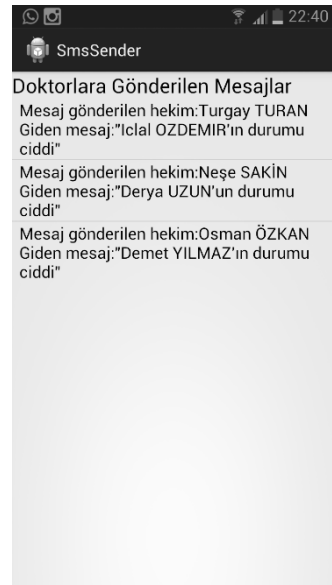
Şekil 4. Verilerin sunucuya SMS ile gönderilmesi

```
private String bilgiler() {
    Map<String, String> mesaj =
        new HashMap<String, String>();
    mesaj.put("hastano", numara.getText().toString());
    mesaj.put("EO", EO.getText().toString());
    mesaj.put("MO", MO.getText().toString());
    mesaj.put("BA", BO.getText().toString());
    return new Gson().toJson(mesaj);
}
```

Şekil 5. Verilerin JSON biçimine dönüştürülmesi

2.3. Sunucu Mobil Uygulaması

Hasta takip sisteminin bir mobil uygulaması daha vardır ve sunucu tarafındaki mobil cihaz üzerinde çalışır. Şekil 6'da görülen bu uygulamanın görevi hastalardan gelen SMS'leri ve sunucudan gelen mesajları dinlemektir. Hastalardan gelen SMS'leri okuyup sunucuya yerel ağ ile iletir.



Şekil 6. Sunucu tarafındaki mobil uygulama

Sunucunun hastaların durumunu bir uzman sistem yardımıyla değerlendirmesi ile elde edilen sonucu hastanın doktoruna iletilmesi için bu uygulamanın

sunucudan gelen mesajları da dinlemesi gerekmektedir. Bu nedenle uygulama ana iş parçacığının yanı sıra söz konusu dinleme işlemlerini gerçekleştirmek için iki iş parçacığı daha barındırır. Bunlardan ilki Şekil 7’de görüldüğü gibi 6666 numaralı bağlantı noktasını (port) dinleyen Dinleyici sınıfından bir nesnedir. Bu nesne gelen mesajları Handler sınıfından mYonetici nesnesine göndermektedir.

```

Handler mYonetici = new Handler() {
    @Override
    public void handleMessage(Message msg) {
        Dinleyici.jsonMesaj mesaj =
            (Dinleyici.jsonMesaj) msg.obj;
        SmsManager smsyonetici = SmsManager.getDefault();
        String sms = "Sayın " + mesaj.doktor + " " +
            mesaj.mesaj;
        if (sms.length() <= 160)
            smsyonetici.sendTextMessage(mesaj.telno,
                null, sms, null, null);
        else {
            ArrayList<String> cokluMesaj =
                smsyonetici.divideMessage(sms);
            smsyonetici.sendMultipartTextMessage(
                mesaj.telno, null, cokluMesaj, null, null);
        }
        ogeListesi.add("Mesaj gönderilen hekim:" +
            mesaj.doktor + "\nGiden mesaj:\n" +
            mesaj.mesaj + "\n");
        adaptor.notifyDataSetChanged();
    }
};
dinleyici = new Thread(new Dinleyici(6666, mYonetici));
dinleyici.start();

```

Şekil 7. Yerel ağdan gelen mesajların dinlenmesi

Böylece doktorlara hastalarıyla ilgili mesajlar iletilmektedir. ogeListesi ve adaptor nesneleri, ListView sınıfından bir nesne doktorlara gidin mesajları ekranda listelenmek için kullanılmaktadır.

Gelen JSON biçimindeki bir SMS, küme parantezi ile başlayacağından yalnızca bunların dikkate alınması gerekmektedir. Şekil 8’de görüldüğü gibi gelen mesaj eğer JSON biçiminde ise yerel ağ üzerinden sunucuya yönlendirilmektedir. Ardından bu mesajın “gelen kutusu” na eklenmesini önlemek için SMS dinleme işlemini gerçekleştiren BroadcastReceiver sınıfından nesnenin abortBroadcast() metodundan yararlanılmıştır.

```

Object[] pdu = (Object[]) bundle.get("pdu");
msgs = new SmsMessage[pdu.length];
String data = "";
for (int i = 0; i < msgs.length; i++) {
    msgs[i] = SmsMessage.createFromPdu((byte[])pdu[i]);
    data += msgs[i].getMessageBody().toString();
}
if (data.charAt(0) == '{') {
    Handler mYonetici = new Handler() {
        public void handleMessage(android.os.Message msg) {
            String cevap = (String) msg.obj;
            Toast.makeText(ctx, cevap, 10).show();
        };
    };
    gonderici con = new gonderici(data, mYonetici);
    new Thread(con).start();
    abortBroadcast();
}

```

Şekil 8. Gelen SMS’lerin dinlenmesi

3. HASTA TAKİP SİSTEMİNİN SUNUCU TARAFI

Bu çalışmada önerilen sistemin sunucu tarafı iki önemli alt bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi İnternet üzerinden iletilen mesajları dinleyen ve yanıtlayan Java Servlet uygulamasıyken diğeri bir veri tabanıdır. Bu veri tabanı hasta ve doktorlarla ilgili verilerin yanı sıra daha önce değinildiği gibi uygulamada yer alan uzman sistem için bir de kural tabanı (rule base) barındırmaktadır.

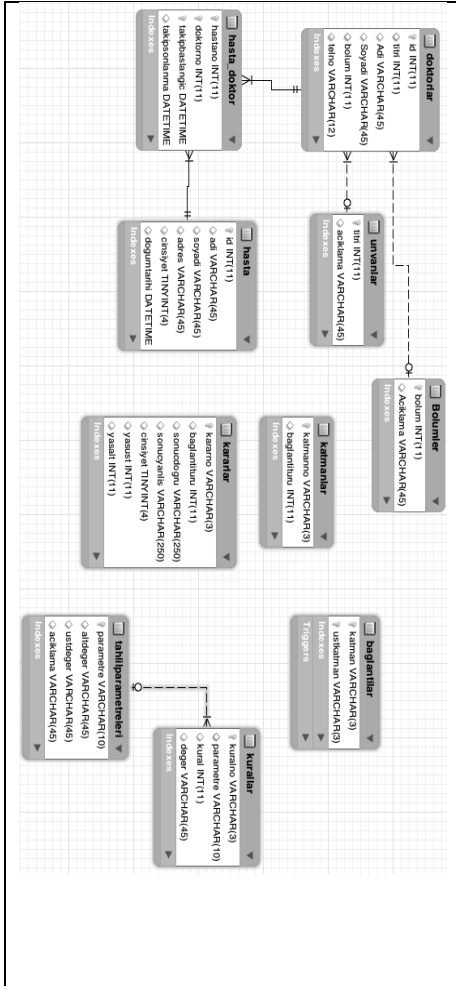
Tabiatıyla Servlet uygulamasının yürütülebilmesi için bir sunucu yazılımı gereklidir. Bunun için açık kaynak bir yazılım olan Apache Tomcat 7 (The Apache Foundation, 2013) kullanılmıştır. Apache Tomcat varsayılan olarak 8080 numaralı bağlantı noktasını dinler. Bunun değiştirilmesi mümkündür. Nitekim bu çalışmada kullanılan sunucu cihazda çakışmaları önlemek için 8081 olarak değiştirilmiştir.

Aslında yalnızca sunucu ile haberleşmek için Servlet uygulaması gerekli değildir. Fakat her mobil işletim sistemi sunduğu Uygulama Programlama Ara Yüzleri (API) sayesinde Birörnek Kaynak Konumlayıcı (URL) kullanarak sorunsuz ağ bağlantıları yapmayı oldukça kolaylaştırmaktadır.

Sunucuda hasta ve doktor verilerini bulunduran, aynı zamanda önerilen uzman sistem için kural tabanını barındıran veri tabanı yönetim sistemi için MySQL tercih edilmiştir. Bu veri tabanı yönetim

sistemi de ücretsiz olarak temin edilebilmektedir (Oracle Corporation and/or its affiliates, 2013).

Bu çalışmada tasarlanan ilişkisel veri tabanı 10 adet tablodan meydana gelmektedir. Bu tabloların beşi hasta ve doktorlarla ilgili kayıtları tutmak için oluşturulmuşken, kalan beş tablo ise kural tabanı olarak kullanılmaktadır. Varlık-ilişki diyagramı'nda verilmiş olan veri tabanının dikkat edilirse yalnızca veri saklamak için kullanılan ilk beş tablosunda dışsal anahtar kullanılmışken, kural tabanında bir tablo haricinde kullanılmamıştır.



Şekil 9. Veri tabanı varlık-ilişki diyagramı

Bunun sebebi burada önerilmiş olan uzman sistem için tasarlanan kural tabanının yapısıdır. İyi tasarlanmış bir uzman sistemde kural tabanının kodlama gerektirmeden düzenlenebilmesi gerekir.

Böylece program koduna dokunulmaksızın yalnızca kural tabanında yapılacak düzenlemelerle yeni kurallar eklenebilir, bazıları çıkarılabilir veya güncellenebilir. Ancak ilişkisel modele göre tasarlanmış bir veri tabanında bahsedilen özelliklere sahip bir kural tabanı oluşturmak da güçleşmektedir. Bu nedenle bu çalışmada ilişkisel modelin temel bazı kuralları esnetilerek dışsal anahtar–birincil anahtar referans bütünlük kontrolü, tetikleyiciler (trigger) yardımıyla sağlanmıştır. Bunun nedeni önerilen tasarımda bağlantılar tablosunun kurallar, katmanlar ve kararlar tabloları arasında bağlantı sağlayan bir tablo oluşudur. Fakat söz konusu tabloda yer alan katman ve ustkatman kolonları kuralno, katmanno ve karmano kolonlarını referans almaktadır. Başka bir ifadeyle referans olan bir kolondaki değer bu iki kolona da verilebilmektedir. Ayrıca referans olan kolonların sayısı da birden fazladır. Dışsal anahtar aslında bir tür kısıt (constraint) olduğundan, tüm bu referans kolonların dışsal anahtar olarak gösterilmesi de veri girişinde istenilenden fazla bir kısıtlamaya neden olarak işlerin doğru yürütülmesini zorlaştırabilir. Ancak veri bütünlüğünün sağlanması son derece önemli bir husus olduğundan yine veri tabanında bu sorunun çözülmesi gerekir. Böyle çok nadir karşılaşılabilecek karmaşık referans durumlarına karşılık MySQL gibi bir çok veri tabanı yönetim sistemi tetikleyiciler ve fonksiyonlardan yararlanır. Şekil 10'da yer alan katman_kontrol(katman, ustkatman) fonksiyonu bütünlük kontrolünü yapmakta ve hata durumunda bir, aksi halde ise sıfır değerini geri döndürmektedir. Böylece yeni kayıt girişi için tanımlanmış bir tetikleyicide aşağıdaki gibi bir kontrol mekanizması rahatlıkla kurulabilir:

```
IF (katman_kontrol(NEW.katman,
NEW.ustkatman) = 1) THEN
SIGNAL SQLSTATE '45000' SET
MESSAGE_TEXT = 'Katman
baglanti hatasi
```

oluşturdu';

```
END IF;
```

```

DELIMITER $$
CREATE DEFINER=`root`@`localhost` FUNCTION
`katman_kontrol`(katman VARCHAR(3), ustkatman
VARCHAR(3)) RETURNS tinyint(4)
BEGIN
DECLARE katmanno1 INT;
DECLARE katmanno2 INT;
DECLARE ustkatmanno1 INT;
DECLARE ustkatmanno2 INT;
SET katmanno1 = (SELECT count(*) FROM katmanlar
WHERE katmanno = katman);
SET katmanno2 = (SELECT count(*) FROM kurallar
WHERE kuralno = katman);
SET ustkatmanno1 = (SELECT count(*) FROM
katmanlar WHERE katmanno = ustkatman);
SET ustkatmanno2 = (SELECT count(*) FROM kararlar
WHERE kararno = ustkatman);
IF (katmanno1 = 0 AND katmanno2 = 0) OR
(ustkatmanno1 = 0 AND ustkatmanno2 = 0) THEN
RETURN 1;
ELSE
RETURN 0;
END IF;
END

```

Şekil 9. Kural tabanında veri bütünlüğünün sağlanması

Görüldüğü gibi bağlantı tablosuna girilecek yeni bir kaydın karşılığı eğer yoksa katman_kontrol() fonksiyonu bir değerini döndürecek ve veri tabanı hata mesajı üretmek eylemi kesecektir.

Bu açıklamalardan sonra kural tabanında yer alan kurallardan yapılacak çıkarımların nasıl tespit edileceğine değinmek gerekir. Karar çıkarım mekanizması bu çalışmada üst üste yerleştirilmiş katmalar biçiminde düşünülmüştür. Dolayısıyla her karar için ortaya bir ağaç yapısı çıkmaktadır. Hiyerarşinin en altında temel kurallar yer alır. Örneğin BA parametresinin 0.973 değerinden küçük olması bir kuraldır. Kural tabanında eşitlik ve eşitsizlikleri temsil etmek için Tablo 1’de verilmiş olan değerler kullanılmıştır. Böylece bir numaralı kural, kurallar tablosunda (1, BA, -2, 0.973) biçiminde saklanmaktadır.

Tablo 1. Kuralların Temsili Değerleri

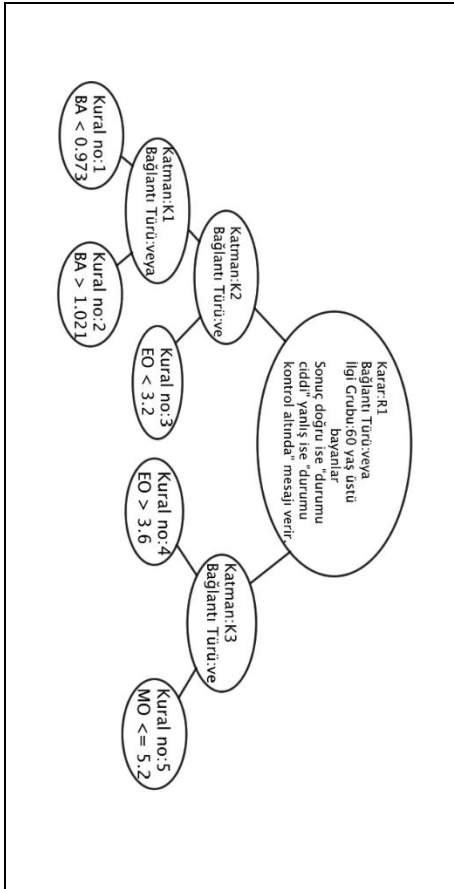
Kural	Temsili Değer
Küçüktür(<)	-2
Küçükeşittir(≤)	-1
Eşittir(=)	0
Büyükeşittir(≥)	1
Büyüktür	2

Yukarıda değinilen hiyerarşinin en alt basamağı kurallar ve bunun üzerinde de katmanlar yer almaktadır. Hiyerarşide yer alacak katman sayısı önermenin karmaşıklığıyla alakalıdır. Yeri gelmişken vurgulamak gerekir ki bir kural, bir katman ve hatta kararın kendisi birer önermedir. Kararı meydana getiren alt önermeler katmanlardan ve kurallardan meydana gelir. Bir kural tek başına önerme iken, katman tek başına önerme değildir. Zira katmanların amacı birden fazla kural ya da katmanı bir araya getirmektir. Tabiatıyla bu da “ve” veya “veya” mantık operatörleriyle sağlanır. Dolayısıyla her katmanın kuralları ve/veya katmanları bağlamak için bir bağlantı vardır. Bu değer veya için sıfır iken ve için birdir. Daha önce değinildiği gibi bağlantılar tablosu hiyerarşiyi temsil etmek için kullanılmaktadır. Başka bir ifadeyle bu tabloya girilen (1, K1) ve (2, K1) satırları birinci ve ikinci kuralları K1 katmanına bağlamaktadır. Zira ustkatman kolonunda K1 yer almaktadır. Ayrıca K1 katmanının bağlantı değeri sıfır olduğundan, birinci ve ikinci kuralların ikisinin birden sağlanması (doğru olması) durumunda bu katmanın (önermenin) doğru, aksi halde yanlış olacağı anlamını taşır. Kararlar ise katmanlara çok benzer. Ancak hiyerarşinin en üstünde yer alırlar. Dolayısıyla her bir kararın önermenin doğru veya yanlış olmasına göre bir sonucu vardır. Bu çalışmanın kapsamı dışında olduğundan tıbbi terimlere odaklanılmamış ve oldukça yalın terimler kullanılmıştır. Bu nedenle sına amaçlı örneklerde karmaşık tıbbi ifadeler geçmemektedir. Örneğin R1 kararı önerme doğruysa sonucdogru kolonuna girilmiş olan mesajı, yanlışsa sonucyanlis kolonuna girilmiş olan mesajı verecektir. Eğer bu kolonlardan herhangi birisine değer girilmemiş ise doktora karşılık gelen durumda mesaj gönderilmesine gerek olmadığı anlaşılır. Zira uzman sistem bir sonuç üretmemektedir.

Tablo 2. Karar Çıkarım Hiyerarşisi

Katman	Ustkatman
1	K1
2	K1
3	K2
4	K3
5	K3
K1	K2
K2	R1
K3	R1

Tablo 2’de verilmiş olan bağlantı tablosuna göre tek bir karar vardır. Söz konusu karar R1 olarak kodlanmıştır. Zira kararlar tablosunda yalnızca bunun karşılığı bulunmaktadır. Bu tablonun karşılık geldiği hiyerarşi ise



Şekil 11. Karar çıkarım mekanizması

Şekil 11’de gösterilmektedir. Bu hiyerarşi matematiksel nütasyonla aşağıdaki gibi temsil edilebilir:

$$sonuc \begin{cases} R1 & \text{cinsiyet } 0 \wedge \\ & \text{doğum tarihi } < 01.01.1954; \\ \emptyset & \text{değilse;} \end{cases}$$

$$R1 \begin{cases} \text{durumu ciddi} \left[\begin{array}{l} (BA < 0.973 \vee \\ BA > 1.021) \end{array} \right] \\ \wedge EO < 3.2 \\ \vee (EO > 3.6 \wedge MO \leq 5.2); \\ \text{durumu kontrol altında değilse;} \end{cases}$$

Görüldüğü gibi bu son derece esnek bir tasarımdır. Böylece kural ve karar değişimleri tamamen veri tabanı seviyesinde gerçekleştirilebilmektedir. Bunun daha rahat yapılabilmesi için sonucu tarafında başka bir uygulama geliştirilebilir. Böylece bir hastane personeli bile yeni kuralları sisteme girebilir.

Dikkat edilirse bu tasarım doktora birden fazla mesaj gönderilmesine izin vermektedir. Ayrıca bir kararın, başka bir kararın üst katmanı olması da mümkündür. Bu sayede son derece karmaşık ve detaylı bir karar çıkarım mekanizması oluşturulabilir.

Oluşturulan bu yapı Java Servlet uygulamasında, uygulama düzeyinde bir dizi nesnede tutulabilir ve gelen parametre değerleri hızla değerlendirilebilir. Bunun için bellekte Şekil 11’de görülen ağaç yapısı oluşturulmalıdır.

Ağaç yapısındaki her bir düğüm için KararDugumu isimli sınıftan nesnelere oluşturulur. Bu sınıfta çocuk isimli bir özellik bildirilmiştir. Bu özelliğin türü KararDugumu dizisidir. Böylece her düğüm kendisine bağlı alt düğümleri bilmektedir. Bu sınıfa ait bir nesnenin sahip olduğu özellikler Şekil 12’de verilmiştir.

```
private String id, parametre, sonucDogru,
sonucYanlis;
private int baglanti, kural, cinsiyet, yasAlt, yasUst;
private double deger;
private ArrayList<KararDugumu> cocuk;
```

Şekil 10. KararDugumu sınıfının özellikleri

Dikkat edilirse bazı düğümlerdeki bazı özellikler herhangi bir değer almayacaktır. Örneğin sonucDogru ve sonucYanlis özellikleri yalnızca karar katmanı için geçerlidir. Bunun gibi deger özelliği de yalnızca kurallar için geçerlidir. Yine de hepsini kapsayacak genel bir sınıfın oluşturulması, ağaç yapısının da daha rahat oluşturulması imkanını vermektedir. Uygulama seviyesinde yalnızca karar düğümleri mesaj üretmek için kullanılacaktır. Zira, her düğüm çocuk özelliği sayesinde kendisine bağlı alt düğümleri de bilmektedir. Bu bakımdan daha önce de değinildiği gibi her düğüm aslında önermedir ve doğru ya da yanlıştır. Dolayısıyla her önermenin sonucu nesneye gönderilen Şekil 13'deki kontrol(hastabilgisi) mesajıyla tespit edilebilir.

```
private boolean kontrol(Map hastaBilgisi) {
    if (deger != -1) {
        double val = Double.parseDouble(
            (String)hastaBilgisi.get(parametre));
        switch (kural) {
            case -2:
                if (val < deger) return true;
                else return false;
            case -1:
                if (val <= deger) return true;
                else return false;
            case 0:
                if (val == deger) return true;
                else return false;
            case 1:
                if (val >= deger) return true;
                else return false;
            case 2:
                if (val > deger) return true;
                else return false;
        }
        return false;
    }
    else {
        if (baglanti == 0) {
            for (int i = 0; i < cocuk.size(); i++)
                if (!getCocuk(i).kontrol(hastaBilgisi)) return false;
            return true;
        }
        else {
            for (int i = 0; i < cocuk.size(); i++)
                if (getCocuk(i).kontrol(hastaBilgisi)) return true;
            return false;
        }
    }
}
```

Şekil 11. Bir düğümdeki önermenin sonucu

Görüldüğü gibi düğümün kural düğümü olup olmadığı değer özelliğinden anlaşılmaktadır. Eğer özelliğe -1 değeri atanmışsa düğümün bir katman olduğu anlaşılır. hastaBilgisi ise hastanın mobil uygulaması ile gönderdiği verileri barındırır.

4. SİSTEMİN SINANMASI

Bu çalışmada önerilen sistemle literatürde tam olarak örtüşen başka bir çalışma bulunmadığından, yapılmış çalışmalardan elde edilen bulgularla buradakileri kıyaslamak mümkün olmamıştır. Bu nedenle bu kısımda yalnızca sınamalarda elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Uygulamanın sınanması için çift çekirdekli 3.00 GHz işlemci ve 2 GB iç belleğe sahip bir sunucu kullanılmıştır. Sunucuda Windows 7 Ultimate işletim sistemi koşturulmaktadır. Daha önce de değinildiği gibi sunucu üzerinde Apache Tomcat 7 ve MySQL 5.5.29 çalıştırılmaktadır. Sunucu tarafında bulunan mobil cihaz ise dört çekirdekli 1.4 GHz işlemciye sahiptir. Cihaz üzerinde Android 4.1.2 işletim sistemi koşturulmaktadır. Hasta uygulamasının sınanması için ise birbirinden farklı cihazlar kullanılmıştır. Hatta bazıları için iOS hasta takip uygulaması da geliştirilmiştir.

Sınamalar için toplam 60 deneme yapılmıştır. Bu denemelerde hasta uygulamasının farklı yerlerden çalıştırılmasına özen gösterilmiştir. Sunucu ve sunucuyla aynı yerel ağda bulunan mobil cihaz İstanbul–Bakırköy’de bulunmaktadır. Buna karşın farklı yerlerde gerek İnternet üzerinden, gerekse de SMS ile yapılan hasta veri gönderimlerinin hiç birisinde veri kaybı veya hata gerçekleşmemiştir. Bölgelere göre yapılan deneme sayısı, veri aktarım biçimi, saniye cinsinden ortalama veri aktarım süresi (μ) ve bu aktarım sürelerinin standart sapması (σ) Tablo 3’te verilmiştir. İnternet’ten veri aktarımı iki ana gruba ayrılabilir. Bunlardan birisi hastanın verilerini Wi-Fi ile bağlı olduğu modem üzerinden göndermesiyken, diğeri de 3G aracılığıyla iletmesidir. İnternet ile iletim hızı ölçülürken, veri gönderilip sunucudan yanıt gelinceye kadar geçen süre dikkate alınmıştır. SMS ile iletim hızı ölçülürkense verinin cihazdan sunucu tarafındaki mobil ağıta ulaşana

kadar geçen süre ölçülmüştür. İnternet iletimi aynı cihaz üzerinde ölçüldüğünden daha hassastır.

Tablo 3'te görüldüğü gibi verilere göre farklı bölgelerde farklı iletim hızı varmış gibi bir anlam çıkmaktadır. Oysa tam aksine, bu tablo veri iletim hızının bölgeye bağımlı olmadığını göstermektedir.

Zira sunucuya en yakın bölgedeki iletim hızı en yavaş olanıdır. Antalya gibi sunucuya oldukça uzak bir yerle kıyaslandığında bile önemli ölçüde yavaş olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi Antalya'dan sisteme erişen cihazın HSPA+ teknolojisinden yararlanmasındır. Avcılar'dan veri gönderen cihaz ise 10 Mbps indirme ve 1 Mbps yükleme hızına sahip bir Wi-Fi bağlantıdır. Böylece burada önerilen yöntemin yapılan sınamalara göre mesafeden etkilenmediği, yalnızca bağlantı teknolojisinden etkilendiği söylenebilir.

Tablo 3. Hasta Takip Sisteminin Sınama Sonuçları

Bölge	D.Sayı	Aktarım	μ	σ
Bakırköy	10	SMS	4,747	0,439
	10	İnternet	2.782	1.292
Avcılar	10	SMS	5,2	0,991
	10	İnternet	0.125	0.048
Antalya	10	SMS	4.894	0.67
	10	İnternet	0.436	0.243

Yapılan sınamalarda herhangi bir hata ile karşılaşmamıştır. Ayrıca veri aktarım süreleri

İnternet için 1.115 sn ve SMS için 4.943 sn genel ortalama ile oldukça makuldür denebilir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada özellikle orta büyüklükteki hastaneler için düşük maliyetli bir mobil hasta takip sistemi önerilmiştir. Kullanılan teknolojilerin hemen hepsi ücretsiz, bir çoğu da açık kaynaktır. Hastaların sunucuya tercihlerine göre İnternet üzerinden veya SMS ile bağlantı kurmaları sağlanmıştır. Başlı başına farklı bir çalışma konusu olacağından sistemin güvenliği üzerine ilave bir araştırma yapılmamıştır.

Sınama sonuçları sistemin orta büyüklükteki hastanelerin hastalarına başarıyla hizmet verebileceğini göstermektedir. Ancak büyük hastaneler için mevcut sınamalara göre kesin bir çıkarımda bulunmak doğru olmayacaktır. Zira büyük hastaneler için yapılacak sınamanın çok daha kapsamlı olması gerekmektedir. Bu da sınama maliyetlerini oldukça yükseltecektir.

İleriki çalışmalarda hasta takip sisteminin güvenliğine odaklanması düşünülmektedir. Ayrıca burada önerilen sistemin daha büyük hastaneler için de kullanılmasına yönelik araştırmalar yine ileriki çalışmaların konusu olacaktır.

Kaynakça

1. Android Developers, (2013). <http://developer.android.com/>.
2. Charl A., LeRoux B., (2011). Web apps are cheaper to develop and deploy than native apps, but can they match the native user experience?, *communications of the acm*, 54(5), 49-53.
3. Gartner Inc., (2013).
4. <http://www.gartner.com/newsroom/id/2237315>.
5. Google Project Hosting, (2013).
6. <http://code.google.com/p/google-gson/downloads/list/>.
7. Halteren A.V., Bults R., Wac K., Konstantas D., Widya I., Dokovsky N., Koprnikov G., Jones V., Herzog R., (2004). Mobile Patient Monitoring: The MobiHealth System, *The Journal on Information Technology in Healthcare* 2(5), 365–373.
8. Katz J. E., Rice R. E., (2009). Public views of mobile medical devices and services: A US national survey of consumer sentiments towards RFID healthcare technology. *International Journal of Medical Informatics* 78, 104–114.
9. Laudon K. C., Laudon J. P., (2011). Yönetim Bilişim Sistemleri Dijital İşletmeyi Yönetme, Çev. Ed. Yozgat U., Nobel Yayıncılık.
10. Oracle Corporation and/or its affiliates, (2013). <http://dev.mysql.com/>.
11. Oracle, (2013). <http://www.java.com/>.

12. Sun F.S., Weng Y.H., Grigsby J., (2010). Smartphones for Geological Data Collection - an Android Phone Application. *Eos* 91(59).
13. The Apache Foundation, (2013). <http://tomcat.apache.org/>.
14. The Eclipse Corporation, (2013). <http://www.eclipse.org/>.
15. Weng Y.H., Sun F.S., Grigsby J.D., (2012). GeoTools: An android phone application in geology. *Computers & Geosciences* 44 24–30.



2013.01.01.STAT.01

KİŞİSEL E-TİCARET UYGULAMALARININ KATEGORİK VERİ ANALİZİ YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ*

Çiğdem ARICIGİL ÇİLAN†

Sultan KUZU

İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, İstanbul

Özet

Kategorik Veri Analizi Yöntemleri, kategorik veri setlerinin analizinde kullanılan yöntemler topluluğudur. Özellikle Sosyal Bilimler alanında yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan kategorik veri setleri genellikle nominal, ordinal ve sınırlı kategorisi olan kesikli değişkenlerden oluşmaktadır. Bu veri setlerinin analizi kontenjans tablolarına dayanmakta ve iki kategorik değişken arasındaki ilişkinin araştırılmasında değişkenlerin ölçeklerine ve kategori sayılarına uygun parametrik olmayan yöntemler uygulanmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'deki kişisel e-ticaret uygulamalarının genel bir profili tanımsal istatistik ölçüler ile belirlenmekte ve kişisel e-ticaret uygulamalarının demografik faktörlerle ilişkisi uygun Kategorik Veri Analizi yöntemleri ile araştırılmaktadır. Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2012 yılında düzenlediği Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması'nın mikro verileri kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: E-ticaret, Kategorik Veri Analizi

Jel Kodu: C14

Abstract

Categorical Data Analysis Methods, a collection of methods used in the analysis of categorical data sets. Especially in the field of Social Sciences, categorical data sets commonly used in studies is usually nominal, ordinal and discrete variables, which consists of a limited category. These data sets are based on analysis of contingency tables, and the investigation of the relationship between two categorical variables the non-parametric methods are applied in accordance with the number of variables and category scales. In this study, the personal e-commerce applications in Turkey, a profile of the overall dimensions determined by descriptive statistics and personal relationship between e-commerce applications, demographic factors will be investigated in accordance with the methods Categorical Data Analysis. To this end, in 2012, organized by the Statistics Institute of Turkey Household ICT Usage Survey micro-data will be used.

Keywords: E-commerce, Categorical Data Analysis

Jel Code: C14

* Bu çalışma 14. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur.

This paper has been presented at 14th International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics

† Sorumlu Yazar / Correspondence Author, ccilan@istanbul.edu.tr, sultan.kuzu@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler; ekonomik, toplumsal ve siyasal alanda çok boyutlu bir değişim sürecini başlatmış, toplumun büyük bir kesiminde, bilgisayar kullanımının çağın gereği olduğu bilincini oluşturmuştur. Ekonomik gelişme, rekabet üstünlüğü ve toplumsal refahın sağlanmasında e-ticaret büyük bir önem kazanmış ve bu stratejik önemi nedeniyle işletmelerin, ülkelerin, bölgesel ve uluslararası kuruluşların gündeminde önemli bir yer tutmuştur. Bununla birlikte e-ticaret birçok fırsat ve tehditleri de beraberinde getirmiştir (Zwass, 1996).

E-ticaret, örgütsel ve bireysel seviyede tüm ticari faaliyetlerle ilgili işlemleri kapsamaktadır. Bu alanda üretilmiş, işlenmiş ve aktarılmış tüm sayısal veriler, metinler, sesler ve görsel imajların işlenmesi ve aktarılmasına dayanmaktadır. E-ticaretin tanımı konusunda ise günümüzde üzerinde fikir birliğine varılmış tek bir tanıma rastlamak mümkün değildir. Ancak en yaygın ve kabul görmüş olanlar, Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) ve World Trade Organization (WTO) tarafından yapılan tanımlardır. OECD'in 1997'de yaptığı tanıma göre "E-ticaret, kişilerin ve kurumların katıldığı yazılı metin, ses, görüntü gibi sayısallaştırılmış verilerin işlenerek açık veya kapalı ağlar üzerinden iletilmesine dayanan ticaretle ilgili işlemlerdir." WTO'ya göre ise; "E-ticaret; mal ve hizmetlerin üretim, reklam, satış ve dağıtımının telekomünikasyon ağları üzerinden yapılmasıdır."

Dünyanın gelişmiş ekonomilerinde son yıllarda beklentilerin ötesinde büyüme gerçekleşmesinin arkasında yatan temel etkenlerden biri de hiç kuşkusuz bilgi ve iletişim teknolojilerinde ulaştıkları seviye, bilgisayarla çalışma eğiliminde yaşanan gelişme ve internetin her alanda yaygın kullanılmasıdır (Canpolat, 2001).

İnternet teknolojisinin hızla gelişmesiyle dünyada yeni bir düzenin yaygınlaştığı görülmektedir. Böylece coğrafi sınırlar ortadan kalkmış, satıcı ile alıcının bulunduğu yer olan pazarlar farklı boyut kazanmış ve satıcılar tüm dünyayı müşteri kabul

ederek ticari faaliyetlerini web tabanlı sistemlere kaydırarak web ekonomisinin doğmasını sağlamışlardır (Camp vd., 1997).

E-ticaret sayesinde üreticilerin aracılı ortadan kaldırarak ürünlerini internet gibi bilgisayar ağları üzerinden direkt olarak müşterilerine satacağı ve böylelikle işlem maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı düşünülmektedir. Bu daha düşük üretim maliyetleri, piyasalara yeni girişleri teşvik edecek ve rekabet artacaktır (Garner ve Damon, 2002).

Bugün dünyada en büyük e-ticaret hacmi Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleşmektedir. Almanya, İngiltere ve Güney Kore de e-ticaret hacmi büyük olan diğer ülkelerdir. Ülkemizde de e-ticaret uygulamaları her geçen gün artmaktadır. Genç bir nüfus yapısına sahip ülkemizde de, son yıllarda internet kullanımında görülen artış elektronik ticaretin gelişmesi için önemli bir altyapı oluşturmaktadır. Türkiye'de, özellikle 1999 yılından itibaren internet kullanıcılarında yaşanan artış, Türkiye'deki işletmeleri de internet ortamına girmeye zorlamıştır. Bu sayede işletmeler müşterilerine veya satıcılarına ulaşabilmek için internet kullanarak e-ticaret yapmışlardır. Türkiye'de bankacılık sektörü e-ticaretin gelişiminde sürükleyici bir faktör olmuştur. Ülkemizde e-ticaretin ilk uygulaması 1992 yılında Merkez Bankası ile bankalar arasında başlayan Elektronik Fon Transferi (EFT) uygulamasıdır.

E-ticaret hacmi her ne kadar hızlı bir artış gösterse de istenen seviyelere ulaşamamıştır. Buna neden olarak, e-ticaretin özellikle internet gibi açık ağ ortamında bir takım sorunlar, engeller ve beklenen hızı yakalayamadığı gösterilmektedir. Bunların dışında güvenlik ve yapılan işlemlerin yasal kabulü konusunda da önemli sıkıntılar yaşanmaktadır. Kullanıcıların e-ticarete güven duyabilmesinin önündeki en önemli teknik sorun, internet üzerindeki bilgi güvenliğinin sağlanması ve güvenli ödeme yapılabilmesidir (Coşkun, 2004). İnterneti kullanarak alışveriş yapacak olan kişiler kredi kart numarası gibi önemli bilgilerinin kötü niyetli kişilerce kullanılabilmesini ya da değiştirilebileceğini düşünürlerse, internetin elektronik ticari amaçlı kullanımı söz konusu olmayacaktır. İnternet

kullanıcılarına yönelik olarak gerçekleştirilen araştırmalar, internetin elektronik ticaret amaçlı kullanımının büyük ölçüde işlemlerde güvenliği sağlanması ve özel hayatın korunmasına bağlı olduğunu ortaya koymaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde e-ticaret üzerine yapılan çalışmalar yirminci yüzyılın son çeyreğinde başlamıştır. Günümüzde de yoğunluk kazanarak devam etmektedir. Zwass (1996) e-ticaretin sayısız fırsat ve imkanlar sunduğunu, teknolojik yeniliklerle birlikte ekonomik büyümeye de katkı sağladığını ifade etmiştir. Thelwall (2001) elektronik ticaretin radyo, televizyon gibi iletişim araçlarının bir türü olarak görüldüğü halde, bir kitle iletişim aracı olmaktan daha öte satışlardan promosyona kadar farklı pazarlama amaçları için kullanılabileceğini öne sürmüştür. King, (2002) işletmelerin e-ticaretle minimum sermaye ile kolay ve hızlı biçimde dünya çapında daha fazla müşteriye, tedarikçiye ve uygun iş ortaklarına ulaşabildiklerini belirtmiştir. Weixin (2006) Çin’de e-ticaretin gelişimini etkileyen faktörleri araştırdığı çalışmada ülkedeki demografik özelliklerin, ekonomik göstergelerin, bilişim teknolojilerine yapılan yatırımın ve tüketicilerin bu ticaret tipine hazırlık düzeylerinin önemine değinmiştir. Laudon&Laudon (2010)’da yaptıkları çalışmada e-ticaretin farklı faaliyetleri içeren bir kavram olduğunu, ürün alışverişi dışında, reklamcılık, pazarlama, bankacılık, çevrimiçi kamu hizmetleri, gümrük işlemleri, dış ticaret işlemleri gibi kategorilerinin olduğunu vurgulamışlardır. Çestepe (2003), gelişmekte olan e-ticaretin gelecekte ülke ekonomisine zarar vermesi ihtimaline karşı vergilendirme ile ilgili yasal mevzuatın oluşturulması konusuna dikkat çekmiştir. Kalaycı (2004) ise e-ticaretin ekonomik etkilerini ele almış ve e-ticaretin işlem ve araştırma maliyetlerini azaltmak, rekabeti arttırmak yoluyla iş süreçlerini hızlandırmak ve işletmelerde verimliliği arttırmak gibi etkilerinin olacağını belirtmiştir. Altıntaş ve Tokol (2006) işletmelerin teknolojik adaptasyon seviyelerinin ve yatırım belirsizliği algısının e-ticaret yapmalarının önündeki en önemli engel olduğunu saptamışlardır.

3. ARAŞTIRMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de kişisel kullanım amacıyla e-ticaret yapanların internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlıklarını buna bağlı olarak internet üzerinden alışverişte hangi türde mal veya hizmete yöneldiklerini, internet üzerinden sipariş verirken hangi sorunlarla karşılaştıklarını ve internet üzerinden mal ve hizmet satın almayanların internet üzerinden alışveriş yapmama nedenlerini demografik özellikleri de göz önünde bulundurularak incelemektir.

Bu amaçla Türkiye İstatistik Kurumu’nun (TÜİK) hazırlamış olduğu “2012 Hanehalkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması” anketi verileri kullanılmıştır. Anket 16-74 yaş grubunda olanlarla yapılmıştır. Araştırma son 12 ay içerisinde en az bir kez interneti kullananlarla (birim sayısı, 2298) sınırlandırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Veri setinin tamamı kategorik değişkenlerden oluştuğundan internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığının Türkiye’deki genel profilini belirlemek amacıyla oranlar ve frekans tabloları kullanılmıştır.

Bireylerin internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığının demografik faktörlerle (cinsiyet, yaş, eğitim) ilişkili olup olmadığı test edilmiştir. Bireylerin e-ticaret yapma durumu ve demografik özelliklerine ilişkin değişkenler Tablo 1’de özetlenmiştir:

Tablo 1: Değişkenlerin Ölçekleri ve Kategori Sayıları

Değişken	Ölçek	Kategori Sayısı
E-ticaret yapma durumu	Nominal	Evet-Hayır
Cinsiyet	Nominal	Kadın-Erkek
Yaş	Ordinal	(16-25) (26-35) (36-45) (46-55) (56-65) (66-74)
Eğitim	Ordinal	(okuryazar değil) (okuryazar ama okul bitirmede) (ilkokul) (ilköğretim) (lise) (üniversite ve üzeri)

Uygulanan parametrik olmayan testler değişkenlerin ölçeklerine ve kategori sayılarına göre belirlenmiştir. İki nominal değişken arasındaki ilişkinin araştırılmasında Pearson Ki-Kare (X^2) Testi (cinsiyet- e-ticaret yapma durumu arasındaki ilişki), iki kategorili nominal ve ordinal değişken arasındaki ilişkinin testinde Mann Whitney U Testi (yaş-e-ticaret yapma durumu arasındaki ilişki) ve üç-yönlü kontenjans tablolarının analizinde kullanılan Cochran-Mantel-Haenszel Testi kullanılmıştır (Agresti, 1996). Ayrıca kontenjans tablolarının yorumlanmasında sıklıkla kullanılan üstünlük oranları (odds oranları) hesaplanmıştır.

5. ANALİZ BULGULARI

Türkiye’de hanehalkı internet kullanım oranı 2012 yılında %47,2’ye yükselmiştir. Ancak araştırmada son bir sene içindeki profil belirlenmek istenmektedir. İnternet kullanıcılarının ise %76,2’si hiç internet üzerinden mal veya hizmet siparişi vermemiştir. Sadece %23,8’i kişisel amaçla e-ticaret yapmıştır.

İnternet üzerinden mal ve hizmet satın alanların en yoğun ilgi gösterdikleri ürün grubu %44,6 oranla giyim ve spor malzemeleridir. İlgi duyulan diğer ürün grupları arasında elektronik araçlar, gıda maddeleri ve günlük gereksinimler, ev eşyaları, seyahat ve kitap, dergi, gazeteler sayılabilir. Telekomünikasyon ve finansal hizmetler ile e-öğrenme araçları ise en az rağbet gören gruplardandır. E-ticaret ile satın alınan ürün grupları ve oranları Tablo 2’de özetlenmiştir:

Tablo 2: E-ticaretle satın alınan ürün grupları

Ürünler	Yüzde(%)
Giyim, spor malzemeleri	44,6
Elektronik araçlar	25,1
Ev eşyası	21,0
Gıda maddeleri günlük gereksinimler	18,0
Seyahat	16,5
Kitap, dergi, gazete	15,3
Bilgisayar ve diğer ek donanım	7,0
Konaklama	6,9

Ürünler	Yüzde(%)
Sportif ve kültürel faaliyet için bilet alımı	6,8
İlaç	4,2
Film, müzik	3,8
Oyun yazılımları ile yeni sürümleri	2,4
Diğer bilgisayar yazılımları	2,0
E-öğrenme araçları	1,8
Hisse senedi/ Finansal hizmet	1,7
Telekomünikasyon hizmetleri	1,6

Avuçici cihaz kullanarak e-ticaret yapanların oranı %5’dir. Bu kişilerin yaklaşık %65’i elektronik araç, oyuncak, giyim, spor malzemesi, gıda, CD/DVD gibi fiziki ürünler sipariş vermiş ya da satın almıştır. Seyahat bileti, sportif ve kültürel faaliyetler için bilet satın alımı, sigorta alımı gibi hizmet faaliyetlerinin satın alınmasına daha az ihtiyaç duyulmuştur. Tablo 3’de avuçici cihaz kullanarak alınan ürün grupları ve oranları özetlenmiştir:

Tablo3: Avuçici cihaz kullanılarak alınan ürün grupları

Ürünler	Yüzde(%)
Fiziki ürünler	64,5
Online içerikler	37,0
Hizmet alımı	29,0

Son 12 ay içinde internet üzerinden kişisel kullanım amacıyla verilen siparişlerin %97’si yurtiçindeki satıcılardan yapılmıştır. Yurtdışından sipariş verme durumuna oldukça nadir rastlanmaktadır. E-ticaret satıcı grupları ve oranları Tablo 4’te özetlenmiştir:

Tablo 4: E-ticaret satıcı grupları

Satıcı Grupları	Yüzde (%)
Yurtiçindeki satıcılar	97,1
Diğer ülkelerdeki satıcılar	3,0
AB ülkelerindeki satıcılar	2,8
Satıcının ülkesi bilinmiyor	1,1

Anket verilerine göre e-ticaret yapan 2298 kişiden yalnızca %9 sorun yaşamıştır. Bu sorunların en

önemlisi yanlış ya da hasarlı ürün teslimidir. Teslim süresinin belirtilenden fazla olması da tüketicilerin karşılaştıkları sorunlardan biridir. Tablo 5’te e-ticaret sırasında yaşanan sorunlar ve oranlar özetlenmiştir.

Toplumun geneli göz önüne alındığında e-ticaret yapılma oranı oldukça düşüktür. Ancak e-ticaret yapanlara bakıldığında sorun yaşamadan alışveriş yapanların sayısının bu grubun yaklaşık %90 gibi büyük bir oranını oluşturduğu görülmektedir.

Tablo 5: E-ticaret sırasında yaşanan sorunlar

Sorunlar	Yüzde (%)
Yanlış ya da hasarlı ürün teslimi	48,8
Teslim süresinin belirtilenden fazla olması	39,0
Sipariş verme sırasında web teknik problemleri	14,4
Nihai masrafların belirtilenden fazla olması	5,6
Hile dolandırıcılık ve sahtekarlıkla karşılaşma	5,6
Şikayet sonrası yanıtın yetersizliği	4,7
Yasal haklar konusunda bilgi bulma zorluğu	3,7

Son bir yıl içinde internet kullanıcılarının %76,2’si internet üzerinden alışveriş yapmamaktadır. Bunun en önemli nedeni tüketicilerin buna ihtiyaç duymamalarıdır. Bir önemli nedeni de alışkanlıklardır. Çünkü internet yaygınlaşmadan önce tüketiciler satın alma işleminde aktif rol oynar, görerek, gerekirse dokunarak beğendikleri ürünü o an satın alırlardı ve bu istek hala devam etmektedir. Başka önemli bir neden de güvenlik kaygılarıdır. Tüketiciler sanal ortamda kredi kartı bilgilerini paylaşmak istememektedirler. Tüketicilerin e-ticaret yapmama nedenleri ve oranları Tablo 6’da özetlenmiştir:

Tablo 6: Tüketicilerin e-ticaret yapmama nedenleri

E-ticaret Yapmama Nedenleri	Yüzde (%)
İhtiyaç duymama	76,2
Ürünü yerinde görerek alma isteği	33,0
Güvenlik kaygıları	29,6
Gizlilik kaygıları	17,6
İnternet üzerinde alışveriş yapma bilgisinin olmaması	6,0
Ürünü teslim, iade, şikayet etme konusunda kaygı	5,3
Ödeme için kredi kartının olmayışı	4,3
İnternet üzerinden siparişte teslim problemi	2,2
İnternet bağlantı hızının düşük olması	1,4

İnternet Üzerinden Alışveriş Yapma Alışkanlığının Demografik Faktörlerle İlişkisi

Son 12 ay içinde en az bir kez interneti kullananların %59’u erkek %41’i ise kadındır. İnternet kullanıcılarının %0,1’i okur-yazar değil, %1,2’si okur-yazar ama herhangi bir okul bitirmemiş, %15,3’ü ilkökul, %25,1’i ilköğretim, %33,2’si lise, %25,3’ü üniversite ve üzeri bir kurum mezunudur. İnternet kullanıcılarının %34,5’i 16-25 yaş grubu, %30,5’i 26-35 yaş grubu, %20’si 36-45 yaş grubu, %11,1’i 46-55 yaş grubu, %3,4’ü 56-65 yaş grubu ve %0,5’i 66-74 yaş grubundadır.

Uygulanan Pearson Ki-kare Testi sonucunda internet üzerinden alışveriş yapma yapmama durumunun cinsiyetle ilişkili olmadığı görülmüştür ($p=0,287$). Cochran-Mantel-Haenszel Testi’ne göre farklı yaş gruplarında (yaş grubu değişkeni kontrol değişkeni olarak alındığında) da cinsiyet ile internet üzerinden alışveriş yapma yapmama alışkanlığı arasındaki ilişkinin ($p=0,393$ olasılıkla) anlamsız olduğu saptanmıştır. Eğitim düzeyi değişkeninin kontrol değişkeni olarak alındığı Cochran-Mantel-Haenszel Testi’nin sonucuna göre yine cinsiyet ile alışveriş yapma yapmama alışkanlığı arasındaki ilişkinin ($p=0,985$ olasılıkla) anlamsız olduğu saptanmıştır.

Mann-Whitney U testi sonucuna göre alışveriş yapma yapmama alışkanlığı ($p=0,000$ olasılıkla) yaş gruplarına göre farklılaşmaktadır. Buna göre internet üzerinden alışveriş yapma yüzdesi en yüksek olan yaş grubu %29,6 ile 26-35 arasındadır.

Son 12 ay içinde internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığı eğitim düzeyine göre de ($p=0,000$ olasılıkla) farklılaşmaktadır. Buna göre internet üzerinden alışveriş yapma yüzdesi en yüksek olan grup %44,6 ile üniversite mezunları ve üzeri eğitim düzeyinde olanlardır. Üniversite mezunlarını ise %23 ile lise mezunları izlemektedir.

“Lise öncesi”, “Lise ve sonrası” kategorileri oluşturularak yeniden düzenlenen eğitim düzeyi değişkeni ile e-ticaret yapma alışkanlığı değişkeni arasında hesaplanan üstünlük oranı değeri 5,21’dir. Buradan lise ve üzeri eğitim düzeyinde olanların e-ticaret yapma olasılığının lise öncesi olanların e-ticaret yapma olasılığından yaklaşık 5,21 kat fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Yaş değişkeni de yeniden düzenlenerek (“26-45” ve “diğer yaş grupları” kategorileri oluşturularak) e-ticaret yapma alışkanlığı arasındaki üstünlük oranı hesaplandığında 1,76 değeri elde edilmektedir. Buradan (26-45) yaş grubunun internetten alışveriş yapma olasılığının diğer yaş gruplarında internet üzerinden alışveriş yapma olasılığının yaklaşık 1,76 kat olduğu belirlenmiştir.

6. SONUÇ

Hızlı gelişen teknolojik yeniliklere paralel olarak e-ticarette gelişme göstermiş, tüm dünyaya yayılmıştır. Bu sürece en büyük katkıyı bilişim teknolojilerine yapılan ciddi yatırımlar sağlamıştır. Bilişim teknolojilerinin ürünü olan bilgisayar, internet vb. e-ticaretin günümüzdeki konuma gelmesinde etkili olmuştur. Ülkemizde e-ticaret her ne kadar hızlı gelişme gösterse de halen beklenen düzeyde değildir. Verilere göre internet kullanıcılarının sadece %23,8’i kişisel amaçlarla internetten alışveriş yapmaktadır.

Tüketiciler açısından; çoğu zaman ürünü görememe, bilgisayar korsanlarının saldırılarından korkma, ürünün kaybolma riski ve ulaşımda yaşanan aksaklıklar gibi faktörler e-ticarete olan ilgiyi azaltmaktadır.

E-ticarete olan ilginin artması ise eğitim seviyesiyle oldukça ilişkili görülmektedir. Kişilerin eğitim seviyesi arttıkça bilişim teknolojileri kullanım oranı yükselmektedir.

Ayrıca yaş faktörü incelendiğinde, internet kullanıcıları arasında internet üzerinden alışveriş yapma oranı en yüksek olan yaş aralığı 26-45’dir.

Halkın internet konusunda bilinçlenmesi, internet teknolojilerinin gelişmesi, ucuz ve hızlı internet erişimi e-ticaretin büyüme hızını ve işlem hacmini arttıracaktır.

Ülkemizde e-ticaretin gelişimi için önünde var olan engellerin kaldırılması, online tüketici davranışı üzerinde etkili olan algılanan riskin (finansal, uygunluk ürüne ve teslimata ilişkin riskler) azaltılmasına yönelik çalışmalar, e-ticaretten beklenen faydaların sağlanması açısından önemli olacaktır.

Kaynakça

1. Agresti, A.(1996) An Introduction to Categorical Data Analysis, N.Y, John Wiley&sons, Inc.
2. Altıntaş, M.H., Altıntaş, F.Ç. ve Tokol,T., (2006) E-Ticaret Engellerinin ETicaret kullanma Eğilimine Etkisi: Türkiye'deki ihracatçı KOBİ'ler Üzerinde Ampirik Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, 61 (4): 37-58
3. Camp, L.Jean, Sırbu, Marvin (1997) Critical Issues in Internet Commerce. Communications Magazine IEEE, 35/5, 58-62.
4. Canpolat, Ö. (2001) E-ticaret ve Türkiye’de ki Gelişmeler, T.C Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Hukuk Müşavirliği
5. Coşkun, N. (2004) “Elektronik Ticaretin Gelişiminde Temel Dinamikler ve Gelişimi Önündeki Engeller” Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,13(2):243-257
6. Çeştepe, H. (2003) Elektronik Ticaretin Ticari ve Mali Etkileri: Dünya ve Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 12(1): 47-62
7. Garner, Damon E. (2002) The Effect of Electronic Commerce on the Economy, A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Master of Economics, Morgan State University
8. <http://www.witsa.org/papers/EComSurv.pdf>
9. Kalaycı, C. (2004) Elektronik Ticaret ve Muhtemel Ekonomik Etkileri, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13(1): 1-18.
10. King, David, Lee, Jae, Warkentin, Merrill ve Chung,M. Michael (2002). Electronic Commerce A Managerial Perspective. New Jersey: Perntice Hall.
11. Laudon, K. C. ve Laudon, J. P. (2010) Management Information Systems, Managing the Digital Firm, 11th Ed. Pearson.
12. Thelwall, Mike (2001) Commercial Web Site Links. Internet Research: Electronic Networking Applications and Policy,11/2, 114-124.
13. Weixin, Y. (2006) Factors affecting e-commerce diffusion in China in the 21st century, International Journal of Electronic Business, 4 (2):162-176.
14. Zwass, W.(1996) Electronic Commerce: Structures and Issues, International Journal of Electronic Commerce, Vol. 1, No. 1 pp. 3-23



2013.01.01.OR.02

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI İLE ÜRETİM PLANLAMASI*

Kenan Oğuzhan ORUÇ†

Melike Nazlı GÜLİŞİK

Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, Isparta

Özet

20. yüzyılın son döneminden itibaren yaşanan küreselleşme süreciyle birlikte ülkeler arası sınırlar ortadan kalkmış, işletmeler arası rekabet çok artmıştır. Yaşanmakta olan bu süreç, özellikle siparişe göre çalışan ve mal üretimi yapan işletmelerin hayatta kalabilmeleri ve başarılı olmaları için etkin bir üretim planlaması yapmalarını gerektirmektedir. Etkin bir üretim planlaması için kullanılabilir yöntemlerden birisi de doğrusal programlamadır. Matematiksel bir yöntem olan doğrusal programlamada kullanılacak verilerin kesin değeri bilinen veriler olması gerekmektedir. Fakat gerçek hayat uygulamalarında kesin verileri (ürüne gelecek talep miktarı, üretimde kullanılacak hammadde miktarı, fiyatı vb.) önceden belirlemek mümkün olmamaktadır. Verilerin kesin olmadığı, bulanık olduğu durumlar için bulanık doğrusal programlama modelleri önerilmiştir. Türkiye sahip olduğu yıllık 600.000 tonu aşan domates salçası üretim kapasitesiyle; ABD ve İtalya'dan sonra Dünya'da üçüncü, Avrupa'da ise ikinci sıradaki en büyük üreticidir. Bilindiği üzere salça üretim sürecinde ana kaynak domatestir ve salçalık domatesler ancak yılın belli dönemlerinde yetişmektedir. Bu anlamda salça üretimi yapan işletmelerin hammadde alım/işleme, mamul üretim miktar ve zamanlarını iyi ve dikkatli planlamaları gerekmektedir. Ayrıca üretim sürecinde kullanılan 1 kg. salça üretimi için gereken domates, enerji, işgücü miktarı vb. kaynaklar bulanıktır. Bu çalışmada, Bursa'da üretim yapan bir salça fabrikasının üretim süreci incelenerek bulanık doğrusal programlama modeli ile üretim planlaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Doğrusal Programlama, Üretim Planlama, Salça
JEL Kodu: C44, C61, Q17

Abstract

Borders among countries have been removed and the competition among enterprises has dramatically increased with the globalization process that has been taking place since the last period of the 20th century. In order to survive and become successful, this present process requires enterprises to have effective production planning, especially for those engaging in production with order in advance.

* Bu çalışma 14. Uluslararası Ekonometri Yöneyem Araştırması ve İstatistik Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur. 2012 yılında yürütülmeye başlanan TÜBİTAK 2209 projesinden çıkarılmıştır.

This paper has been presented at 14th International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics

† Correspondence Author / Sorumlu Yazar, kenanoruc@sdu.edu.tr, melike.gulisik@hotmail.com

One possible way of effective production planning is linear programming. It is necessary that data must be of an exact kind in order to be used in linear programming which is a mathematical method. But in real life, it is not possible to know or determine the exact data (such as the amount of demand for a product, the amount of raw materials used in production, price and etc.) in advance. Therefore, fuzzy linear programming models are suggested for such fuzzy cases that exact data is unknown. With the production capacity of 600 000 tons of tomato paste annually, Turkey, after USA and Italy, is the third largest production country in the world and the second one in Europe. As it is known, the main source in the production process of tomato paste is tomatoes and those appropriate kinds of tomatoes are grown at certain times in a year. In this sense, it is a must for the firms dealing with tomato paste business to plan and schedule carefully the amounts and times of purchasing and processing of raw materials, amounts of production. Moreover, the amount of the sources for a kg tomatoes source like tomatoes, energy, labor etc. are fuzzy. In this study, a production planning is made with using fuzzy linear programming by analyzing the production process of an example firm dealing with tomato paste, located in Bursa.

Keywords: Fuzzy Linear Programming, Production Planning, Tomato Paste

Jel Code: C44, C61, Q17

1. GİRİŞ

Üretim; hammadde, işgücü, sermaye ve girişimci başlıkları altında sınıflandırılan üretim faktörlerinin belirli koşul ve yöntemlerle kullanılması sonucu bir mamul veya hizmetin ortaya konulmasıdır (Kobu, 2010). Üretim, belirli bir plan ve program çerçevesinde gerçekleştirilmesi gereken karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte kaynakların kullanımı işletmelerin başarısını doğrudan etkiler. Üretilecek olan mamule yönelecek olan talebin belirlenmesi, buna uygun üretimin yapılabilmesi için gerekli faktörlerin uygun miktar ve özelliklerde sağlanması, üretimin miktarı, zamanlaması ve kalitesi ile ilgili tüm çalışmalar hep üretim planlaması kapsamı içinde yer alır (Moore ve Jablonski, 1969). Üretim planlamasının temel amacı; gerek duyulan (tahminlerle saptanmış) mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılacak tüm kaynakların istenen yer ve zamanda, istenen miktarda bulundurulmasını garanti etmek ve kaynak israfını (boş zaman, aşırı hammadde ve üretim stoku tutma) en aza indirmektir (Korkmaz, 2006).

Siparişe göre çalışan ve farklı niteliklerde üretim yapan işletmelerin kısıtlı kaynaklarına ait sayısal verileri değerlendirerek etkin bir üretim planlaması yapılması için kullanılabilir yöntemlerden birisi de doğrusal programlamadır (Yılmaz, 2010).

Doğru bir matematiksel programlamanın yapılabilmesi için veriler çok önemlidir. Fakat gerçek hayat uygulamalarında kesin ve net verilere ulaşmak

genellikle mümkün olmamaktadır. Verilerin kesin olmadığı, bulanık olduğu durumlar için bulanık doğrusal programlama modelleri önerilmiştir.

Domates; insan beslenmesinin vazgeçilmez ürünlerden olduğu için dünyada en çok üretilen, tüketilen ve ticarete konu olan tarım ürünlerinin başında gelmektedir (Keskin, 2012). Bugün uygun iklim koşulları nedeniyle Türkiye Dünya'daki ilk 5 büyük sanayi domates üreticisi ülke arasındadır (Domatesin tarihçesi, 2012). Türkiye'de yetiştirilen yaklaşık 9,5-10 milyon ton domatesin % 20-30'u gıda sanayisi tarafından işlenmekte, kalan miktar taze tüketime gitmektedir. İşlenen toplam miktarın % 80'i salça, % 15'i konserve domates imalatı için, kalan kısım ise ketçap, domates suyu vb. domates ürünlerinin imalatı için kullanılmaktadır (Sarısacılı, 2010).

Bu çalışmada, Bursa bölgesinde faaliyette bulunan ve salça üretimi yapan bir gıda işletmesinin 2012 yılı ağustos ayı verileri kullanılarak bulanık doğrusal programlama ile üretim planlaması yapılmıştır. Tüm çözümler için WinQSB ve GAMS 22.5 programları kullanılmıştır.

2. BULANIK KÜME TEORİSİ VE BULANIK SAYILAR

Parametrelerin yaklaşık değerlerinin (alt ve üst sınır değerlerinin) bilindiği doğrusal programlama problemleri için bulanık doğrusal programlama modelleri önerilmiştir. Yaklaşık değerleri bilinen bu

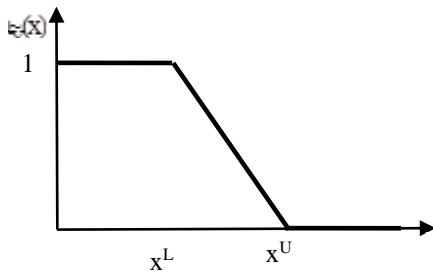
parametreler bulanık sayılar olarak adlandırılmaktadır ve her bulanık sayı aynı zamanda bulanık bir kümedir.

İlk olarak Zadeh (1965) tarafından yayınlanan bulanık küme teorisinde, küme elemanları üyelik fonksiyonları ile ifade edilmektedir. Üyelik fonksiyonu (membership function), herhangi bir elemanın kümeye ait olma derecesinin fonksiyonla ifade edilmesidir ve $\mu_A(x)$ şeklinde gösterilir (Mendel, 2000). $\mu_A(x)$, x elemanının A kümesine ait olma derecesini ifade etmektedir.

Klasik küme anlayışında bir eleman kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Eğer küme elemanı 1 üyelik fonksiyonu derecesi alıyorsa kümenin elemanı, 0 üyelik fonksiyonu derecesi alıyorsa kümenin elemanı değildir (Abdel Kader ve Dugdale, 2001). Yani klasik kümelerde elemanlar $\{0, 1\}$ kümesinden üyelik derecesi alırlar.

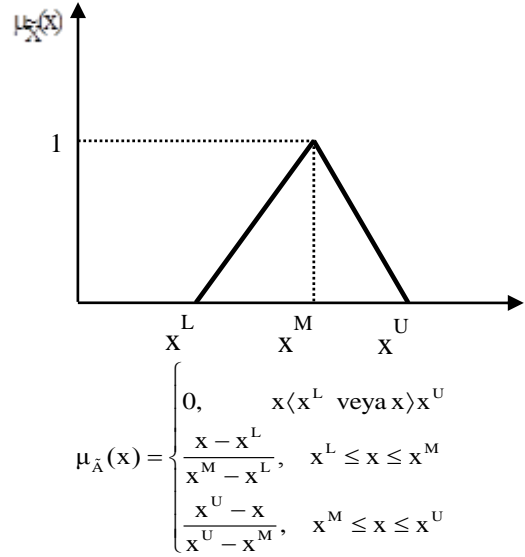
Bulanık kümelerde ise elemanlar arasındaki geçiş klasik kümelerde olduğu gibi kesin üye olmak ya da olmamak yerine, üyelik dereceleri ile kısmen üye olmak ya da üye olmamak şeklinde olmaktadır. Bulanık kümelerde, kümenin elemanları $[0,1]$ arasında değişen üyelik dereceleri olarak o kümeye dâhil olur. Eğer küme elemanı 1 üyelik derecesi alıyorsa kümenin tam elemanı, 0 üyelik derecesi alıyorsa kümenin elemanı değildir (Abdel Kader ve Dugdale, 2001).

Üyelik fonksiyonu problemin durumuna göre birçok biçimde tanımlanabilir. Bu çalışmada kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri aşağıda verilmiştir. (Baykal, 2004)



$$x = x^U - (x^U - x^L) \mu_x$$

Grafik 1. Azalan Üyelik Fonksiyonu



Grafik 2. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Bulanık bir \tilde{A} kümesinin α -kesim kümesi, üyelik derecesi α değerinden büyük ya da eşit olanlardan oluşturulan klasik kümedir (Amiri ve Nassari, 2006)

$$\tilde{A}_\alpha = \{ x \in E \mid \mu_A(x) \geq \alpha \}$$

3. BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA (WERNERS YAKLAŞIMI)

Zimmermann (1983), Werners (1987), Carlsson-Korhonen (1986) vb. birçok bilim insanı tarafından; kısıt sağ taraf sabitlerinin, amaç fonksiyonu/teknoloji katsayılarının, amaç fonksiyonunun, tüm parametrelerin vb. bulanık olması ve bulanık sayıların üyelik fonksiyonlarına göre önerilmiş birçok bulanık doğrusal programlama modeli vardır (Oruç vd., 2012).

Werners'e (1987) göre doğrusal programlama modellerindeki kısıtlardaki bulanıklık, amaç fonksiyonunun da bulanık olmasını gerektiren bir durumdur. Bulanık kısıt ve amaç fonksiyonlu, bir doğrusal programlama modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir: (Özkan, 2002).

Amaç Fonksiyonu:

$$\tilde{Z}_{\max} = c^T x$$

Kısıtlar:

$$A_i x \leq b_i$$

$$x \geq 0$$

Werners tarafından önerilen modelde bulanık kısıtların tolerans düzeyleri (p_i) ve üyelik fonksiyonları ($\mu_{Kısıt}$) karar verici tarafından belirlenebilmesine rağmen, bulanık amaç fonksiyonunun üyelik fonksiyonu, karar verici tarafından önceden belirlenemez. Tolerans düzeyleri ve üyelik fonksiyonları bilinen bir model aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tuş, 2006):

Amaç Fonksiyonu:

$$\tilde{Z}_{\max} = c^T x$$

Kısıtlar:

$$A_i x \leq b_i + \theta p_i$$

$$\theta \in [0,1] \text{ ve } x \geq 0$$

Werners, amaç fonksiyonuna ilişkin üyelik fonksiyonunu belirleyebilmek için Orlovski'nin önerdiği bulanık karar kümesini baz almıştır. Orlovski, bulanık kısıtlayıcıların oluşturduğu tanım kümesinin her bir α -kesim kümesi için, amaç fonksiyonunun optimal değerlerini belirlemeyi ve bu optimal değerlerle eşit üyelik dereceli olan çözüm uzayının α -kesim kümesini bulanık karar kümesi olarak ele almayı önermiştir (Tuş, 2006).

Üyelik fonksiyonu bilinen kısıtların $\alpha=0$ ve $\alpha=1$ için oluşturulacak α -kesim kümeleri ile kısıtlar bulanıklıktan kurtarılabilir ve 2 farklı model elde edilebilir. Bu modellerin çözümü sonucu elde edilecek amaç fonksiyonu değerleri, amaç fonksiyonunun alabileceği minimum ve maksimum değerleridir.

Amaç

Fonksiyonu:

$$Z^0_{\max} = c^T x$$

Kısıtlar:

$$A_i x \leq b_i$$

$$x \geq 0$$

Amaç

Fonksiyonu:

$$Z^1_{\max} = c^T x$$

Kısıtlar:

$$A_i x \leq b_i + p_i$$

$$x \geq 0$$

Bu doğrusal programlama modelleri çözülerek elde edilen Z^0 ve Z^1 değerleri bulanık amaç fonksiyonunun üyelik fonksiyonunun oluşturulmasında kullanılabilir ve amaç fonksiyonu için,

$$\mu_{Amaç} = \begin{cases} 1 & , & c^T x \geq Z^1, \\ 1 - \frac{Z^1 - c^T x}{Z^1 - Z^0} & , & Z^0 < c^T x < Z^1, \\ 0 & , & c^T x \leq Z^0, \end{cases}$$

üyelik fonksiyonu oluşturulabilir (Lai ve Hwang, 1992).

Optimal karara ulaşmak için; hem bulanık amaç fonksiyonun, hem de bulanık kısıtların birlikte doyurulması gerekmektedir. Bunun için Bellman ve Zadeh tarafından önerilen min işlemcisi kullanılırsa μ_{Karar} :

$$\mu_{Karar} = \lambda = \min(\mu_{Amaç}, \mu_{Kısıt})$$

olur (Çevik ve Yıldırım, 2010).

μ_{Karar} , amaç fonksiyonu artan üyelik fonksiyonlu olarak tanımlandığı için amaç ve kısıtları eşanlı sağlayan üyelik derecelerinin (λ) maksimizasyonu şeklinde klasik doğrusal programlama modeli ile bulunabilir (Tuş, 2006).

$$Z_{\max} = \lambda$$

$$\mu_{Amaç}(x) \geq \lambda$$

$$\mu_{Kısıt}(x) \geq \lambda$$

$$x \geq 0, \lambda \in [0,1]$$

4. DOMATES SALÇASI VE ÜRETİM SÜRECİ

Domates salçası; olgun, sağlam, kırmızı renkli ve taze domatesin iyice yıkanıp ezildikten sonra ısıtılarak veya ısıtmaksızın, çekirdek ve lif gibi parçalardan ayrılarak elde edilen domates pulunun, belli bir kuru maddeye kadar koyulaştırılarak hermetik kaplarda ısıtım işlemiyle dayanıklı hale getirilmesiyle elde edilen bir üründür (MEB, 2010).

Salça üretiminde her tip domates işlenebilse de bazı tiplerin hammadde olarak kullanılması uygun düşmemektedir. Çünkü sanayi tipi olmayan yani sofralık domateslerde 7- 8 kg domatesten 1 kg salça elde edilebilirken sanayi tipi domatesten bu rakam 6 kg'a kadar düşebilmektedir. Salçalık domatesler yılın sadece belirli dönemlerinde yetiştirilmektedir ve üretim için hasat edilen domateslerin 3-4 saat içinde işlenmesi en ideal olanıdır (MEB, 2010).

Salça üretiminde kullanılan en temel sınıflandırma üretilen ürünlerin brix (bx) değerleridir. Brix; domatesin içinde bulunan katı madde miktarını gösteren değerdir. Brixin düşük olması salçanın kıvamının daha az olduğunun dolayısı ile daha az domates kullanıldığının belirtisidir. Brix yükselttilip içindeki su azaldıkça hacim küçülmesine rağmen ağırlık artar. Firmalar tarafından ağırlıklı olarak 28-30 bx.'te üretim yapılmaktadır.

Uygulamanın yapıldığı işletme salça üretimini,

- Hammaddelerin fabrikaya alınması
- Domateslerin havuzlarda yıkanması
- Domateslerin ayıklanması
- Parçalanmış domates elde etme
- Domatesi salçaya işleme
- Konsantre etme
- Evaporasyon
- Pastörizasyon
- Dolum
- Kapama
- Soğutma
- Ambalajı kurutma
- Etiketleme
- Paketleme
- Depolama

başlıkları altında sınıflandırılacak bir süreçle gerçekleştirilmektedir.

5. UYGULAMA

İşletme tarafından Tablo 1'de sınıflandırılması verilen salça üretimleri gerçekleştirilmektedir.

Tablo 1. İşletme Tarafından Üretilen Ürünlerin Sınıflandırılması

Yarı Mamul	Aseptik	Mamul
28-30 bx	14-16 bx	1 kg.'lık (28-30 bx)
36-38 bx	28-30 bx	5 kg.'lık (28-30 bx)
	36-38 bx	10 kg.'lık (30-32 bx)

Yarı mamul, tüketilebilme aşamasına gelmemiş üründür. *Aseptik salça* kapalı olarak doldurulup saklandığı için 2 yıl dayanıklılık süresi vardır. *Mamul* ise belirli işlemlerden geçtikten sonra kutulara doldurularak tüketime hazır hale gelen mallardır.

Yarı mamul ve aseptikler kg. bazında, mamuller kutu bazında üretilip satılmaktadır. Üretilen mamullerin ağırlıklarına kutu ağırlıkları dâhildir. Mamullerde bulunan salça miktarları tablo 2'de verilmiştir.

Tablo2. 1 Kutu Mamulde Bulunan Salça Miktarları

Mamul	1 Kutu Mamulde Bulunan Salça Miktarı (kg)
Mamul - 1 kg.'lık (28-30 bx)	0,83 kg.
Mamul - 5 kg.'lık (28-30 bx)	4,5 kg.
Mamul - 10 kg.'lık (30-32 bx)	9,1 kg.

Çalışmanın yapıldığı işletme salça üretimine ilişkin verilerini 28-30 bx. biriminde tutmaktadır. Farklı brixteki ürünlerin 28-30 bx'teki salça olarak karşılıkları tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Brix Dönüşüm Değerleri

Salça Bx Değeri	1 kg. Salçanın 28-30 Bx'teki Ağırlığı (kg)
14-16 bx	15/29 kg
30-32 bx	31/30 kg
36-38 bx	37/30 kg

Model aşağıdaki standartlar çerçevesinde kurulmuştur. Parantez içindeki rakamlar kısıt numaralarını göstermektedir.

- *Amaç Fonksiyonu*: Modelin amaç fonksiyonu işletmenin elde ettiği gelirin maksimize edilmesidir. Üretilen ürünlerin satış fiyatları tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Satış Fiyatları (c_j)

Ürün	Satış Fiyatı (c _j)
Yarı Mamul (28-30 bx)	2,7 TL/kg
Yarı Mamul (36-38 bx)	3,44 TL/kg
Aseptik (14-16 bx)	1,78 TL/kg
Aseptik (28-30 bx)	2,7 TL/kg
Aseptik (36-38 bx)	3,44 TL/kg
Mamul - 1 kg.'lık (28-30 bx)	2,38 TL/kutu
Mamul - 5 kg.'lık (28-30 bx)	13,5 TL/kutu
Mamul - 10 kg.'lık (30-32 bx)	21,8 TL/kutu

- *Üretim Miktarı (Talep) Kısıtları*: Üretim sürecinin kısa olmasından dolayı salça üretimi yapan işletmeler stoklu çalışan işletmelerdir. Bu anlamda işletmeler üretim yaparken ellerindeki hazır

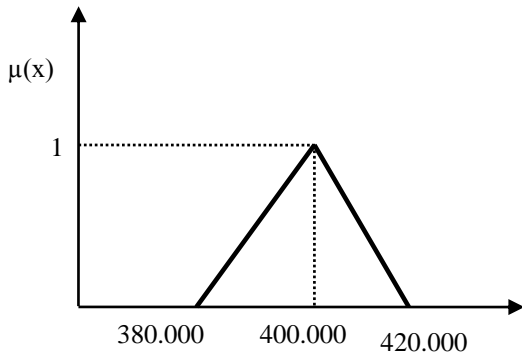
siparişler yanında, geçmiş yıllardaki üretim tecrübelerine dayanarak hangi ürünü üretmeleri gerektiğine tahmini karar vermektedir. Bu sebeple ürün talep miktarları bulanık verilerdir. Çalışmanın yapıldığı işletmenin geçmiş yıllardaki tecrübesine göre üretmeyi planladığı ürünlerin alt ve üst sınır değerleri tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Ağustos Ayı Üretim Miktarları

Ürün	Üretim Alt Sınırı	Üretim Üst Sınırı
Yarı Mamul (28-30 bx)	380.000 kg.	420.000 kg.
Yarı Mamul (36-38 bx)	60.000 kg.	65.000 kg.
Aseptik (14-16 bx)	100.000 kg.	110.000 kg.
Aseptik (28-30 bx)	200.000 kg.	210.000 kg.
Aseptik (36-38 bx)	550.000 kg.	570.000 kg.
Mamul - 1 kg.'lık kutu (28-30 bx)	1.000.000 kutu	1.200.000 kutu
Mamul - 5 kg.'lık kutu (28-30 bx)	100.000 kutu	110.000 kutu
Mamul - 10 kg.'lık kutu (30-32 bx)	1.800 kutu	2.200 kutu

Bulanık olan bu talepler üçgen üyelik fonksiyonlu olarak tanımlanmış; alt ve üst sınır değerlerinin ortalaması bulanık talebin orta noktası alınmıştır. Örneğin yarı mamul (28-30 bx) için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

Örneğin yarı mamul (28-30 bx) için üyelik fonksiyonu aşağıda verilmiştir.



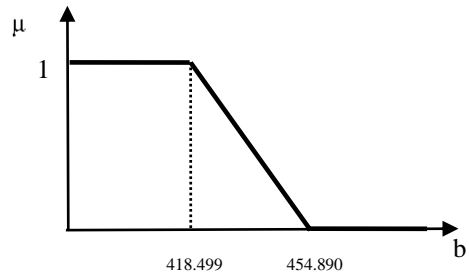
Grafik 3. Yarı Mamul (28-30 bx) İçin Üretim Miktarı İçin Üyelik Fonksiyonu

$$\mu = \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} < 380.000 \quad \text{veya} \quad \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} > 420.000 \\ \frac{\sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} - 380.000}{400.000 - 380.000}, & 380.000 \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} \leq 400.000 \\ \frac{420.000 - \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30}}{420.000 - 400.000}, & 400.000 \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} \leq 420.000 \end{cases}$$

Buradan,

$$380000 + 20000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} \leq 420000 - 20000\mu \text{ olur. [1-8]}$$

- **Hammadde Miktarı (b_i) Kısıtları:** İşletmenin salça üretim hattı raporlarından alınan bilgilere göre ağustos ayında 1 kg. 28-30 bx'teki salça için kullanılan domates miktarı (6,44 kg. ile 6,96 kg.) arasında değişmiş, ortalama 6,68 kg. domates kullanılmıştır. Bu da yüzdesel olarak maksimum % 8'lik farka karşılık gelmektedir. Bu oranda bir değişim olmasının ana sebebinin üretim sürecindeki kayıplardan çok, satın alınan domateslerdeki yeşil, çürük domates oranları ile domateslerdeki kabuk, kuru madde oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu yüzdesel değişimden dolayı satın alınan domates miktarları % 8 bulanıklaştırılmıştır. Satın alınan domateslerde mutlaka fire olacağı için bulanık veri doğrusal azalan üyelik fonksiyonlu olarak alınmıştır. Örneğin 1 Ağustos için üyelik fonksiyonu,



Grafik 4. 1 Ağustos Satın Alınan Domates İçin Üyelik Fonksiyonu

$$\mu = \begin{cases} 1, & 418.499 < b_1 \quad \text{ise,} \\ \frac{454.890 - b_1}{36.391}, & 418.499 \leq b_1 \leq 454.890 \quad \text{ise,} \\ 0, & 454.890 > b_1 \quad \text{ise,} \end{cases}$$

Buradan,

$$b_1 = 454.890 - 36.391\mu$$

olur. Benzer hesaplamalarla elde edilen satın alınan domates miktarlarının üyelik fonksiyonu cinsinden değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

1 kg. salça üretimi için kullanılan domates miktarlarındaki farklılıklar, satın alınan domates miktarlarına yansıtıldığı için 1 kg/kutu salça üretimi için kullanılan domates miktarları için 28-30 bx. için ortalama kullanım miktarı olan 6,68 kg'dan hareketle Tablo 7'deki değerler kullanılmıştır.

Ayrıca daha önce antlaşma yapılan üreticilerden domates alımları günlük olarak yapılmaktadır. Satın alınan domateslerin tamamı veya bir kısmı aynı gün içinde işlenerek salçaya dönüştürülmektedir. [9-10]

Tablo 6. 2012 Ağustos Ayında Satın Alınan Domates Miktarları

Tarih (i)	Satın Alınan Domates Miktarı (Kg)-(b _i)	Satın Alınan Domates Miktarının Üyelik Fonksiyonu Cinsinden Değerleri (Kg)-(b _i)
01.08.2012	454.890	454.890-36.391μ
02.08.2012	257.700	257.700-20.616μ
03.08.2012	128.255	128.255-10.260μ
04.08.2012	338.720	338.720-27.098μ
05.08.2012	-	-
06.08.2012	935.540	935.540-74.843μ
07.08.2012	805.780	805.780-64.462μ
08.08.2012	363.500	363.500-29.080μ
09.08.2012	522.620	522.620-41.810μ
10.08.2012	855.407	855.407-68.433μ
11.08.2012	867.120	867.120-69.370μ
12.08.2012	648.800	648.800-51.904μ
13.08.2012	689.743	689.743-55.179μ
14.08.2012	672.119	672.119-53.770μ
15.08.2012	1.128.460	1.128.460-90.277μ
16.08.2012	994.403	994.403-79.552μ
17.08.2012	680.410	680.410-54.433μ
18.08.2012	524.590	524.590-41.967μ
19.08.2012	-	-
20.08.2012	333.161	333.161-26.653μ
21.08.2012	800.085	800.085-64.007μ
22.08.2012	899.157	899.157-71.933μ
23.08.2012	1.051.117	1.051.117-84089,36μ
24.08.2012	1.084.929	1.084.929-86.794μ

Tarih (i)	Satın Alınan Domates Miktarı (Kg)-(b _i)	Satın Alınan Domates Miktarının Üyelik Fonksiyonu Cinsinden Değerleri (Kg)-(b _i)
25.08.2012	957.140	957.140-76.571μ
26.08.2012	1.063.565	1.063.565-85.085μ
27.08.2012	710.344	710.344-56.828μ
28.08.2012	861.400	861.400-68.912μ
29.08.2012	1.105.270	1.105.270-88.422μ
30.08.2012	-	-
31.08.2012	929.568	929.568-74.365μ

Tablo 7. Ürünler İçin Kullanılan Domates Miktarları

Ürün	Kullanılan Domates Miktarları (a _i)
Yarı Mamul (28-30 bx)	6,68
Yarı Mamul (36-38 bx)	6,68*(37/30)=8,24
Aseptik (14-16 bx)	6,68*(15/29)=3,46
Aseptik (28-30 bx)	6,68
Aseptik (36-38 bx)	6,68*(37/30)=8,24
Mamul - 1 kg.'lık kutu (28-30 bx)	6,68*0,83=5,54
Mamul - 5 kg.'lık kutu (28-30 bx)	6,68*4,5=30,06
Mamul - 10 kg.'lık kutu (30-32 bx)	6,68*(31/30)*9,1=62,81

- **Üretim Yapılmayan Günler:** 30 Ağustos tarihi resmi tatil olduğu için bu tarihte üretim yapılmamıştır. [11]
- **Havuzlar ve Akış Kanalları Makinaları:** İşletmenin 2 adet indirme havuzu, domateslerin yıkamasının yapıldığı 1 adet fiskiye, 2 adet aktarma bandı, 1 adet yüzdürme havuzuna sahiptir. İşletmenin bu bölümünde günlük toplam 2.000 ton domates işlenebilmektedir. [12]
- **Ayıklama Bandı ve Parçalayıcı:** İşletmenin 6'şar adet ayıklama bandı ve parçalayıcısı vardır. Bu makinalar ile günlük toplam 4.560 ton domatesin ayıklama ve parçalama işlemi yapılabilmektedir. [13]
- **Sıcak İşleme Hattı ve Şıra Tankı:** İşletme sahip olduğu 2 adet sıcak işleme hattı ve şıra tankı ile günlük 2.200 ton domatesi işleyip kaynatabilmektedir. [14]

- *Elek*: 4 adet elek ile günlük toplam 2.400 ton domatesin elekten geçirilmesi; kabuk ve çekirdeklerinden ayrılması sağlanır. [15]
- *Q1000 Evaporatör*: 2 adet evaporatör ile 2.225 ton/günlük domates istenilen speclere işlenebilmektedir. [16]
- *Pastörizatör*: İşlenen domatesin pastörizatörde 1.290 ton/günlük ısıtılma işlemi yapılabilir. [17]
- *1 kg.'lık Mamul Makinaları*: Üretilen 1 kg'lık salçaların; dolum-kapama, taşıma-soğutma, sterilizasyon, kurutma ve paletizör işlemleri sürecindeki makinaların günlük kapasiteleri 288.000 kutudur. [18]
- *5 kg.'lık Mamul Makinaları*: Üretilen 5 kg'lık salçaların; dolum-kapama, taşıma-soğutma, sterilizasyon, kurutma ve paletizör işlemleri sürecindeki makinaların günlük kapasiteleri 28.800 kutudur. [19]
- *10 kg.'lık Mamul Makinaları*: Üretilen 10 kg'lık salçaların; dolum-kapama, taşıma-soğutma, sterilizasyon, kurutma ve paletizör işlemleri sürecindeki makinaların günlük kapasiteleri 14.400 kutudur. [20]
- *Aseptik – Rossi (Komple Sistem)- Dolum ve Kapama*: Aseptik makinesi 1.290 ton/günlük aseptik ürün üretme kapasitelidir. [21]
- *Kodlama ve Kolileme Makinesi*: Kodlama ve kolileme makinesinin günlük kutu yazma kapasitesi 240 ton/gündür. [22]
- *İşgücü Kısıtı*: İşletme kadrolu işçileri dışında ihtiyaç duyduğu günlerde yevmiyeli işçi çalıştırabilmektedir. Yevmiyeli işçi ihtiyacı anlık karşılanabilmektedir. Bu sebeple modelde işgücüne ilişkin bir kısıt eklenmemiştir.

6. Modelin Kurulması

Karar Değişkenleri:

YM_{ij} = i. günde j. brix 'te üretilen yarı mamul miktarı (kg)

$i=1, 2, \dots, 31$ $j=28-30, 36-38$

A_{ij} = i. günde j. brix 'te üretilen aseptik miktarı (kg)

$i=1, 2, \dots, 31$ $j=14-16, 28-30, 36-38$

M_{ij} = i. günde j kg'lık üretilen mamul miktarı (kutu)

$i=1, 2, \dots, 31$ $j=1, 5, 10$

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\text{Maks}} = \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij}$$

Kısıtlar:

$$380.000 + 20.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} \leq 420.000 - 20.000\mu \quad [1]$$

$$60.000 + 2.500\mu \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i36-38} \leq 65.000 - 2.500\mu \quad [2]$$

$$100.000 + 5.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i14-16} \leq 110.000 - 5.000\mu \quad [3]$$

$$200.000 + 5.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i28-30} \leq 210.000 - 5.000\mu \quad [4]$$

$$550.000 + 10.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i36-38} \leq 570.000 - 10.000\mu \quad [5]$$

$$1.000.000 + 100.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i1} \leq 1.200.000 - 100.000\mu \quad [6]$$

$$100.000 + 5.000\mu \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i5} \leq 110.000 - 5.000\mu \quad [7]$$

$$1.800 + 200\mu \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i10} \leq 2.200 - 200\mu \quad [8]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{1j} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{1j} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{1j} \leq b_1 \quad [9]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq b_i - \left[\sum_{i=2}^k \sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{(i-j)} + \sum_{i=2}^k \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{(i-j)} + \sum_{i=2}^k \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{(i-j)} \right] \quad k=2,3,\dots,31 \quad i=2,3,\dots,31 \quad k \geq i \quad [10]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{30j} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{30j} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{30j} = 0 \quad [11]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.000.000 \quad [12]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 4.560.000 \quad [13]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.200.000 \quad [14]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.400.000 \quad [15]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.225.000 \quad [16]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 1.290.000 \quad [17]$$

$i = 1, 2, \dots, 31$

$$M_{i1} \leq 288.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [18]$$

$$M_{i5} \leq 28.800 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [19]$$

$$M_{i10} \leq 14.400 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [20]$$

$$\sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} \leq 1.290.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [21]$$

$$\sum_{j=1}^{10} M_{ij} \leq 240.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [22]$$

Doğal Kısıtlar:

$$YM_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 28-30, 36-38$$

$$A_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 14-16, 28-30, 36-38$$

$$M_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 1, 5, 10$$

Modelin $\mu=0$ ve $\mu=1$ için α -kesim kümelerinin oluşturulup çözülmesi sonucunda $Z^1=8.470.161$ TL ve $Z^0=8.112.510$ TL olarak bulunmuştur. Buradan amaç fonksiyonunun üyelik fonksiyonu

$$\mu_{\text{Amaç}} = \frac{\sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij} > 8.470.161}{1 - \frac{8.470.161 - \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij}}{8.470.161 - 8.112.510}},$$

$$8.112.510 \leq \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij} \leq 8.470.161$$

$$0 \leq \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij} < 8.112.510$$

olur.

Buradan karar modeli aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{\text{Maks}} = \lambda$$

Kısıtlar:

$$380.000 + 20.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i28-30} \leq 420.000 - 20.000\lambda \quad [1]$$

$$60.000 + 2.500\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} YM_{i36-38} \leq 65.000 - 2.500\lambda \quad [2]$$

$$100.000 + 5.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i14-16} \leq 110.000 - 5.000\lambda \quad [3]$$

$$200.000 + 5.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i28-30} \leq 210.000 - 5.000\lambda \quad [4]$$

$$550.000 + 10.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} A_{i36-38} \leq 570.000 - 10.000\lambda \quad [5]$$

$$1.000.000 + 100.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i1} \leq 1.200.000 - 100.000\lambda \quad [6]$$

$$100.000 + 5.000\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i5} \leq 110.000 - 5.000\lambda \quad [7]$$

$$1.800 + 200\lambda \leq \sum_{i=1}^{31} M_{i10} \leq 2.200 - 200\lambda \quad [8]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{1j} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{1j} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{1j} \leq b_1 \quad [9] \quad \sum_{j=1}^{10} M_{ij} \leq 240.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [22]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq b_i + \sum_{k=2}^k b_k - [\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{(i-k)j} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{(i-k)j} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{(i-k)j}] \quad k = 2, 3, \dots, 31 \quad i = 2, 3, \dots, 31 \quad k \geq i \quad [10] \quad \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=28-30}^{36-38} c_j * YM_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=14-16}^{36-38} c_j * A_{ij} + \sum_{i=1}^{31} \sum_{j=1}^{10} c_j * M_{ij} - 357.651\lambda \geq 8.112.510 \quad [23]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{30j} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{30j} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{30j} = 0 \quad [11]$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.000.000 \quad [12] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 4.560.000 \quad [13] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.200.000 \quad [14] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.400.000 \quad [15] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 2.225.000 \quad [16] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$\sum_{j=28-30}^{36-38} a_j * YM_{ij} + \sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} + \sum_{j=1}^{10} a_j * M_{ij} \leq 1.290.000 \quad [17] \quad i = 1, 2, \dots, 31$$

$$M_{i1} \leq 288.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [18]$$

$$M_{i5} \leq 28.800 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [19]$$

$$M_{i10} \leq 14.400 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [20]$$

$$\sum_{j=14-16}^{36-38} a_j * A_{ij} \leq 1.290.000 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad [21]$$

Doğal Kısıtlar:

$$YM_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 28-30, 36-38$$

$$A_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 14-16, 28-30, 36-38$$

$$M_{ij} \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad i = 1, 2, \dots, 31 \quad j = 1, 5, 10$$

$$0 \leq \mu \leq 1$$

7. SONUÇLAR

Modelin çözülmesi sonucu $\lambda=0.454$ olarak bulunmuştur. Bulanık gelir fonksiyonunda bu değer yerine konulduğu zaman gelir $Z= 8.274.883$ TL olmaktadır.

Model sonuçlarına göre işletme ağustos ayında; 28-30 bx'te 410.910 kg., 36-38 bx'te 63.863,8 kg. yarı mamul üretmelidir. Aynı ay içinde 14-16 bx'te 107.726 kg., 28-30 bx'te 207.727 kg., 36-38 bx'te 560.380 kg. aseptik üretmelidir. Üretilmesi gereken mamul miktarları ise; 1 kg'lıktan 1.154.551 kutu, 5 kg'lıktan 107.727 kutu, 10 kg'lıktan 2.109 kutudur.

İşletme ağustos ayında fiili olarak; 28-30 bx'te 428.690 kg., 36-38 bx'te 66.590 kg. yarı mamul, 14-16 bx'te 107.043 kg., 28-30 bx'te 207.454 kg., 36-38 bx'te 578.106 kg. aseptik, 1 kg'lık 1.188.325, 5 kg'lık 103.909 kutu, 10 kg'lık 2.200 kutu mamul üretimi gerçekleştirmiştir.

Kurulan model sonucu bulunan üretim miktarları ile fiili üretim miktarları arasındaki yüzdesel farklar ise sırasıyla -% 4,33, -% 4,27, % 0,63, % 0,13, -% 3,16, -% 2,93, % 3,54 ve -% 4,31 olarak gerçekleşmiştir. Bu farklar bir planlama yöntemi olarak bulanık doğrusal programlamanın uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Model sonucu üretilmesi gereken ürün miktarlarının günlere göre dağılımı tablo 8’de, fiili gerçekleştirilmiş üretim miktarları ise tablo 9’da verilmiştir. Tablolar incelendiğinde; model ile yapılan planlamadaki günlük üretim çeşitliliğinin, fiili gerçekleşene göre daha az olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada da görüldüğü gibi; üretim planlama birçoğ etmenin dikkate alınması gereken karmaşık bir

süreçtir. Bu sebeple planlamanın matematiksel modeller aracılığı ile yapılması ciddi zaman tasarrufu sağlamanın yanında, elle planlamada karşılaşılabilecek problemleri ortadan kaldıracaktır. Ayrıca verilerdeki bulanıklıkların dikkate alınması modellere esneklik kazandırmakta, daha gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Tablo 8. Model Sonucu Elde Edilen Ağustos Ayı Üretim Miktarları

TARİH	ÜRETİLMESİ GEREKEN SALÇA MİKTARLARI							
	Yarı Mamuller (Kg)		Aseptikler (Kg)			Mamuller (Kutu)		
	28/30	36/38	14/16	28/30	36/38	28/30 (1 Kg)	28/30 (5 Kg)	30/32 (10 Kg)
01.08.2012						72.202		
02.08.2012						45.126		
03.08.2012						16.245		
04.08.2012						28.880		
05.08.2012						42.721		
06.08.2012						162.730		
07.08.2012						140.159		
08.08.2012						33.451		
09.08.2012						120.683		
10.08.2012						148.791		
11.08.2012						150.829		
12.08.2012						112.854		
13.08.2012			5,3			79.880	7.389	
14.08.2012							7.706	
15.08.2012	50.552,2		89.948,4				21.327	
16.08.2012		3.184,2	17.772,4	78.181,0				
17.08.2012		30.339,8						
18.08.2012	43.117,9						13.705	
19.08.2012								
20.08.2012		30.339,8				14.263,8		
21.08.2012								2.109
22.08.2012						97.087,4		
23.08.2012						109.223,3		
24.08.2012						127.427,2		
25.08.2012						115.291,3		
26.08.2012							28.800	
27.08.2012				63.513,8			28.800	
28.08.2012	164.055,9							
29.08.2012	153.184,2							
30.08.2012								
31.08.2012				66.032,3				
Toplam	410.910,2	63.863,8	107.726,2	207.727,1	560.380,3	1.154.551	107.727	2.109

Tablo 9. Firmanın Fiili Ağustos Ayı Üretim Miktarları

TARİH	ÜRETİLMESİ GEREKEN SALÇA MİKTARLARI							
	Yarı Mamuller (Kg)		Aseptikler (Kg)			Mamuller (Kutu)		
	28/30	36/38	14/16	28/30	36/38	28/30 (1 Kg)	28/30 (5 Kg)	30/32 (10 Kg)
01.08.2012	17.250					43.200		
02.08.2012						29.893		
03.08.2012						26.692		
04.08.2012	1.500					13.779	8.640	
05.08.2012						139.778		
06.08.2012							9.360	
07.08.2012	2.250						13.200	
08.08.2012	38.110						6.000	
09.08.2012	15.480			79.788			0	
10.08.2012	73.960			24.909			2.869	
11.08.2012	40.420	10.800			43.898,7	6.000		
12.08.2012	17.200	9.000		3.754	86.269,7	12.000		
13.08.2012					78.915,5			
14.08.2012		10.650			72.436,9			
15.08.2012	16.340	1.800			100.509,2	30.000		
16.08.2012	12.040	6.300			84.914,9	18.000		
17.08.2012	33.540	17.100			69.098,9	25.200		720
18.08.2012	12.900	7.420			42.061,9	12.000		1.480
19.08.2012								
20.08.2012	6.020					2.400		
21.08.2012	22.360	3.520		10.480		61.200		
22.08.2012	18.920			60.723		44.400	5.760	
23.08.2012	38.700			27.801		45.600	4.560	
24.08.2012	17.200					97.470	19.920	
25.08.2012	2.580					127.200	9.360	
26.08.2012						53.942	18.480	
27.08.2012	37.620					99.600	5.760	
28.08.2012			107.043			73.200		
29.08.2012	4.300					63.600		
30.08.2012								
31.08.2012						163.171		
Toplam	428.690	66.590	107.043	207.454	578.106	1.188.325	103.909	2.200

Kaynakça

1. Abdel Kader, M. G. & Dugdale, D., (2001). Evaluating Investment in Advanced Manufacturing Technology: A Fuzzy Set Theory Approach. *British Accounting Review*, 33, s.455-489.
2. Çetinkaya, K. (2000). *Toplam Tasarım*. (1.Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
3. Amiri, N. M. & Nasser, S.H. (2006). Duality in Fuzzy Number Linear Programming By Use Of A Certain Linear Ranking Function. *Applied Mathematics and Computation*, 180, 207.
4. Baykal, N. and Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
5. Carlsson, C. & Korhonen, P. (1986). A Parametric Approach to Fuzzy Linear Programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 17-30.
6. Çevik, O. & Yıldırım, Y. (2010). Bulanık Doğrusal Programlama ile Süt Ürünleri İşletmesinde Bir Uygulama. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 12 (18), 15-26.
7. Domatesin Tarihçesi. [Online] Erişim: <http://www.harranova.com.tr/domTar.html>. (23.12.2012).
8. Keskin, G. (2012). *Domates ve Domates Salçası Durum ve Tahmin 2011/2012*. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Ankara: TEPGE Yayın No: 201.
9. Kobu, B. (2010). *Üretim Yönetimi*. (15. Baskı). İstanbul: 2010.
10. Korkmaz, M. (2006). *Orman İşletmelerinde Üretim Planlarının Optimizasyon Olanakları ve Bir Uygulama*. Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Isparta.
11. Lai, C. & Hwang L. (1992). Interactive Fuzzy Linear Programming. *Fuzzy Sets And Systems*, Vol: 45, Issue: 2, s. 169-183.
12. Mendel, J. M. (2000). *Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems*. Usa: Prentice Hall PTR.
13. Moore, G. & Jablonski, R. (1969). *Production Control*. (3 Edition). New York.
14. Oruç, K. O., Güngör İ., Irmak, S & Şenol, S. (2012). Menu Planning With Fuzzy 0-1 Integer Programming, 3rd International Symposium on Sustainable Development, May 31 - June 01 2012, Sarajevo.
15. Özkan, M.M., (2002). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi*. Uludağ Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Bursa.
16. Sarısaçlı, İ. E. (2010). *Domates Salçası*. [Online] Erişim: http://www.ceidam.com/FileUpload/bs238314/File/domates_sa_lcası.pdf. (28.12.2012).
17. Yılmaz, H. (2010). *Doğrusal Programlama Tekniği ile Üretim Planlamasının Mobilya Sektöründe Uygulanması*. Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
18. T.C MEB. (2010). *Salça Üretim Teknolojisi Ders Notları*. Gıda Teknolojisi. Ankara.
19. Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Üretim Planlamasında Bir Uygulama Örneği*, Uludağ Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa.
20. Werners, B. (1987). An Interactive Fuzzy Programming System. *Fuzzy Sets and Systems*, 23, 131-147.
21. Zadeh, L.A. (1965). Information and Control. *Fuzzy Sets*, 8, 338-353.
22. Zimmermann, H.J. (1983). Fuzzy Mathematical Programming, *Computers and Operations Research*, 10 (4), 291-298.

This page intentionally left blank



alphanumeric journal

The Journal of Operations Research, Statistics, Econometrics and Management Information Systems

Volume 1, Issue 1, 2013



2013.01.01.OR.03

AN APPLICATION ON FLOWSHOP SCHEDULING*

Sündüs DAĞ†

Istanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Üretim Anabilim Dalı, İstanbul

Abstract

Flow shop scheduling problem has been well known as a research field for fifty years. In recent years, researchers have suggested many heuristic procedures to solve this type of problems. Most of these proposed algorithms in flow shop literature were applied to the benchmark problems. Few studies in flow shop literature include a real production application. The aim of this paper is to apply scheduling activity in a real flow shop production line. A cable production line is chosen for the application. All of the jobs are processed with same order which is named as permutational environment. The production line which is composed of eight different machines produces twelve kinds of cable. In other words, the problem size is 12 jobs x 8 machines. The objective of this problem focuses on minimizing total completion time and makespan. An ant colony algorithm is proposed to solve the problem. By changing initial solution of the algorithm, effect on objective function was monitored.

Keywords: Scheduling, Flowshop, Ant colony, Real production environment

Jel Code: C6

Özet

Akış tipi çizelgeleme problemi yaklaşık elli yıldır araştırmacıların fazlasıyla ilgisini çeken bir konu haline gelmiştir. Son yıllarda, bu tip problemlerin çözümüne yönelik birçok meta-sezgisel algoritma önerilmiştir. Çizelgeleme literatürüne bakıldığında, yapılan çalışmalarda geliştirilen algoritmaların kıyaslama problemleri üzerinde denendiği gözlenmiştir. Gerçek üretim problemleri üzerinde yapılan çalışma sayısı çok azdır. Bu çalışmanın amacı, gerçek bir akış tipi üretim hattında çizelgeleme çalışmasının uygulanmasıdır. Uygulama alanı olarak kablo üretim sektöründen bir firma seçilmiştir. Seçilen üretim hattındaki makineler akış tipi üretime uygun bir biçimde sırlanmıştır ve tüm işlerin bu makinelerden geçiş sırası aynıdır. Üretim hattı sekiz makineden oluşur ve bu hatta on iki çeşit kablo üretilmektedir. Problemde amaç, maksimum tamamlanma zamanı ve toplam akış zamanını enküçüklemektir. Problemin çözümü için bir karınca koloni algoritması önerilmiştir. Ayrıca algoritmanın başlangıç çözümü değiştirilerek sonuç üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çizelgeleme, Akış tipi atölye, Karınca koloni algoritması, Gerçek üretim uygulaması

Jel Kodu: C6

* Bu çalışma 14. Uluslararası Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur.

This paper has been presented at 14th International Symposium on Econometrics Operations Research and Statistics

† skumpas@istanbul.edu.tr

1. Introduction

Flowshop scheduling problem is one of the most studied problem in the scheduling literature. The objective of this problem generally focuses to minimize the makespan. Besides this, total flow time, tardiness, idle time are also considered. First research on flowshop scheduling problem has been done by Johnson (1954). Johnson developed an exact algorithm for n tasks and two-machines flowshop scheduling problem with objective of makespan. After the Johnson's paper, many exact algorithms and heuristics have been proposed for solving flowshop scheduling problems with different objectives. Ignall and Schrage (1965), Lominicki (1965), Ashour (1970), McMahon and Burton (1967), Bansal (1977), Lageweg et al. (1978), Stafford (1988) have been proposed exact solutions for this problem. Exact algorithms are limited by the problem size to solve, as they become impractical for large size problems. When the flow shop scheduling problem enlarges as including more jobs and machines, it becomes a combinatorial optimization problem. Combinatorial optimization problems are in NP-hard problem class, and approximate optimum solutions are preferred for such problems. Several heuristics for the flowshop scheduling problem have been developed by Palmer (1965), Smith and Dudek (1967), Campbell et al. (1970), Gupta (1971), Dannenbring (1977), Nawaz et al. (1983), Hundal and Rajgopal (1988), Widmer and Hertz (1989), Taillard (1990), Ho and Chang (1991), Rajendran and Chaudhuri (1991), Rajendran (1993), Rajendran and Ziegler (1997), Woo and Yim (1998), Lui and Reeves (2001), Framinan and Leisten (2003), Kalczynski and Kamburowski (2007), Li et al. (2009), Rad et al. (2009). In recent years, to obtain better solutions modern metaheuristics have been presented for the flowshop scheduling problem such as simulated annealing (SA), tabu search (TS), genetic algorithms (GA), particle swarm optimization (PSO) and ant colony optimization (ACO). Osman and Potts (1989), Ogbu and Smith

(1991), Ishibuchi, Misaki, and, Tanaka (1995), Zegordi, Itoh, and, Enkawa (1995), Wodecki and Bozejko (2002) are well-known studies for SA. Ben-Daya and Al-Fawzan (1998), Grabowski and Pempera (2001), Watson et al. (2002), Grabowski and Wodecki, (2004), Eksioglu, Eksioglu, and, Jain (2008) solved flowshop scheduling problem with TS. Liao, Tseng, and Luarn (2007), Tasgetiren et al. (2007), Jarboui, et al. (2008), Lian, Gu, and Jiao (2008), Kuo et al. (2009), Zhang, Ning, and Ouyang (2010), presented PSO algorithms for flowshop scheduling problem.

Recently, ACO algorithm has become the mostly used technique to solve scheduling problems. The pioneering research has been done by Stutzle (1998). Stutzle (1998) has proposed ACO algorithm, called MMAS, to solve the flowshop scheduling problem with the objective of minimizing the makespan. T'kindt et. al. (2002) have proposed the 2-machine flowshop scheduling problem with the objective of minimizing both the total completion time and the makespan criteria. Rajendran and Ziegler (2004) have developed two ACO algorithms for the the flowshop scheduling problem with the objective of minimizing the makespan and total flowtime of jobs. Ying and Liao (2004) have proposed an ACO algorithm, called ACS, to solve the flowshop scheduling problem with the objective of minimizing the makespan. Yagmahan and Yenisey (2010) have developed a new ACO to minimize makepan and total flowtime of jobs in the flowshop environment.

The aim of this paper is to apply scheduling activity in a real flow shop production line. A cable production line is chosen for the application. All of the jobs are processed with same order which is named as permutational environment. The production line which is composed of eight different machines produces twelve kinds of cable. In other words, the problem size is 12 jobs x 8 machines. An ant colony algorithm is proposed to solve the problem. By changing initial solution of the algorithm, effect on objective function was monitored.

2. Problem Description and Mathematical Formulation

A flowshop production system is defined by more or less continuous and uninterrupted flow of jobs through multiple machines in series. All jobs in flowshop have to follow the same route; in other words, work-flow is unidirectional. The flowshop scheduling problem consists in scheduling n jobs with given processing times on m machines. It is assumed that each job can be processed on only one machine at a time and that each machine can process only one job at a time. Besides, machines are continuously available, all jobs are independent and available for processing at time 0. Setup times are sequence independent and are included in the processing times, or ignored.

The problem is denoted as $F_m/prmu/C_{max}, \Sigma F$. F_m shows machine environment, $prmu$ gives details of processing characteristics, and C_{max} and ΣF describes the objectives to be minimized.

The objective is to find the job sequence given minimum C_{max} and ΣF values. The notation used in the formulation are as follows:

- n total number of jobs to be scheduled
- m total number of machines in the flowshop
- t_{ij} processing time for job i ($i=1,2,\dots,n$) on machine j ($j=1,2,\dots,m$)
- σ the set of scheduled jobs
- $C(\sigma, j)$ the completion time of partial schedule σ on the j -th machine
- $C(\sigma_i, j)$ the completion time of job i on machine j when job i is appended to σ .
- F flow time

Assuming that each operation is to be performed as soon as possible, for a given sequence of jobs the completion or finishing times of the operations can be found as follows:

The completion times of each job i on the machines are given by

$$C(\sigma_i, 1) = t(\sigma_i, 1) \quad (1)$$

$$C(\sigma_i, l) = C(\sigma_{i-1}, l) + t(\sigma_i, l) \quad i=2, \dots, n \quad (2)$$

$$C(\sigma_l, j) = C(\sigma_l, j-1) + t(\sigma_l, j) \quad j=2, \dots, m \quad (3)$$

$$C(\sigma_i, j) = \max\{C(\sigma_{i-1}, j), C(\sigma_i, j-1)\} + t(\sigma_i, j) \quad i=2, \dots, n; j=2, \dots, m \quad (4)$$

Then the makespan and total flow time can be defined respectively as follows:

$$C_{max}(\sigma) = C(\sigma_n, m) \quad (5)$$

$$\sum F = \sum_{i=1}^n C(\sigma_i, m) \quad (6)$$

3. Ant Colony Optimization

Ant Colony Optimization (ACO) is an artificial system developed to solve hard combinatorial optimization problems (Stützle and Dorigo 2003). The first ACO was first mentioned by Dorigo's PhD thesis in 1992 with the name Ant System.

The ACO algorithm is developed by the inspiration of ants' ability to find the shortest path between their nests and food sources. Food search techniques of natural ant colonies have been used for development of this method. The basic principle of the ACO is to follow the trails of a chemical substance which is named as pheromone. While walking, ants excrete pheromone on the ground and follow, in probability, pheromone earlier laid by other ants. A greater amount of pheromone on the path gives an ant a stronger stimulation and thus a higher probability to follow it (Ying and Liao, 2004). Shorter distance to the destination (i.e., better objective function value) results in greater pheromone level. In other words, the pheromone amount between any two nodes is inversely related to the long of the path.

The first example of such an algorithm is Ant System (AS) developed by Dorigo, Maniezzo, and Coloni (1991a, 1991b, 1996), Coloni, Dorigo, and Maniezzo (1992a, 1992b) for the Traveling Salesman Problem (TSP). Afterwards, several different ACO algorithms are suggested to improve its performance. Here are some of most popular

variations of ACO Algorithms: Elitist Ant System (Dorigo 1992), Ant-Q (Gambardella and Dorigo, 1995), Ant Colony System (ACS) (Gambardella and Dorigo 1996), MMAS (Stutzle and Hoos 1996) and rank-based ant system by (Bullnheimer, Hartl, and Strauss 1999)

4. Multi-Objective Ant Colony System Algorithm

The first major improvement over the original ant system to be proposed was ant colony system (ACS), introduced by Dorigo and Gambardella (1996) to create a solution for Travelling Salesman Problem. Differs from AS in three points (Dorigo and Gambardella,1997):

- The state transition rule provides a direct way to balance between exploration of new edges and exploitation of a priori and accumulated knowledge about the problem
- Pheromone evaporation and pheromone deposit only takes place on the arcs belonging to the best-so-far tour
- When ants construct a solution a local pheromone updating is applied.

Multi-Objective Ant Colony System Algorithm (MOACSA) are used in this study. MOACSA was proposed for flowshop scheduling problems by Yağmahan and Yenisey in 2010. Small changes have been made in the MOACSA. Initial solution and parameter values are changed according to the problem.

The $F_m/prmu/C_{max},\Sigma F$ problem can be represented by a disjunctive graph in Figure 1.(Ying and Liao,2010)

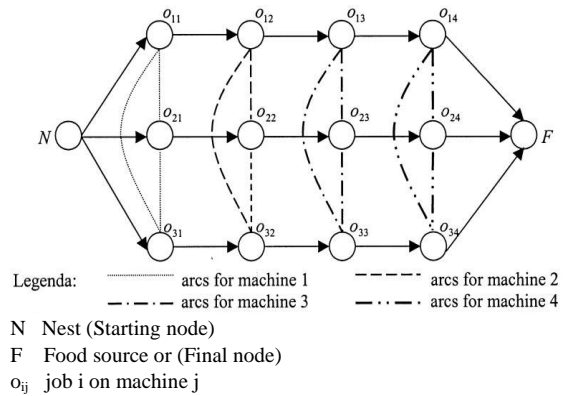


Figure 1. Representation of disjunctive graph

Fig. 1 gives an instance consist of 4 machines and 3 jobs. machines. In a disjunctive graph, circles represent jobs. Conjunctive arcs (directed arcs) explain precedence constraints among the machines for the same job. Disjunctive arcs (undirected) conform to possible constraints among the jobs on the same machine.

The structure of the MOACSA is given in the following,

- | |
|---|
| <p>1.Initialization: The pheromone trails, the heuristic information and the parameters are initialized</p> <p>2. Iterative Procedure:</p> <p>2.1 A colony of ants determines starting jobs.</p> <p>2.2 Construct a complete schedule for each ant:</p> <p><i>Repeat</i></p> <p>Apply state transition rule to select the next processing job</p> <p>Apply the local updating rule</p> <p><i>Until</i> a complete schedule is constructed</p> <p>2.3 Apply local search process</p> <p>2.4 Apply the global updating rule</p> <p>3. Stopping Criteria: If the maximum number of iterations is verified, then STOP; Otherwise go to step 2.</p> |
|---|

Figure 2. Structure of the MOACSA

4.1. Pheromone trails

The first step of the algorithm is to determine the initial pheromone trails

(τ_0). The initial pheromone trail can be determined either randomly or by an initial solution. In this study, firstly, initial pheromone trail is

determined randomly. Then, SPT (Jobs with the shortest processing time are scheduled first) and LPT (Jobs with the longest processing time are scheduled first) rules are used for determination of the initial pheromone trail.

Initial pheromone level is calculated by following formulation:

$$\tau_0 = \left[n \cdot (C_{\max}(S)) + \sum F(S) \right]^{-1} \quad (7)$$

where n is the number of jobs, $C_{\max}(S)$ is the makespan of the solution and $\sum F(S)$ is the total flowtime of the solution for sequence S generated by the SPT or LPT rules.

4.2. Heuristic information

Heuristic information is used in conjunction with the pheromone trails to manage ants' probabilistic solution process. Heuristic information directs ants in the search process for improving computational efficiency and solution accuracy. It is important to use problem specific knowledge. Heuristic algorithms or priority rules can use as heuristic information. The heuristic information used in this study is distance between two jobs determined by SPIRIT (Sequencing Problem Involving a Resolution by Integrated Taboo Search Techniques) rule presented by Widmer and Hertz (1989). According to this rule, the distance between job i ($i = 1, 2, \dots, n$ U N) and job u ($u = 1, 2, \dots, n$) is given by the following equation:

$$d_{ij} = t_{i1} + \sum_{k=2}^m (m-k) \cdot |t_{ik} - t_{jk-1}| + t_{jm} \quad (8)$$

SPIRIT is based on a weighting of the difference between the processing times of jobs. The distance d_{ij} between two jobs is a measure of increase in objective function value if job i scheduled after job j .

For job i ($i = 1, 2, \dots, n$ U N) and job u ($u = 1, 2, \dots, n$) heuristic information is described as follows:

$$\eta(i,u) = \frac{1}{d_{iu}} \quad (9)$$

4.3. Solution Procedure

First, in the initialization step the pheromone trails are initialized, the heuristic information and the parameters are set.

Second, in the iterative process a colony of ants is initially positioned on the starting job. Each ant builds a tour by recurrently applies the state transition rule to select the next job until a complete schedule is built. When constructing a schedule, both pheromone amount and heuristic information is taken into account for determining of the jobs to be selected.

While constructing the schedule, an ant also decreases the amount of pheromone between selected jobs by applying the local updating rule to change other ants schedule. Once all ants have completed their schedules, an adjacent pairwise interchange (API) method is applied to the best schedule to get a better schedule. Afterwards, the global updating rule is applied to increase pheromone between jobs of the best schedule up to the current iteration and decrease pheromone between other jobs. In this way, all the ants will head for a better schedule.

4.4. State transition rule

When building a tour in ACS, an ant k at the current position of node i chooses the next node j to move to by applying the following rule state transition rule:

$$J = \begin{cases} \arg \max_{u \in S_k(i)} [\tau(i,u)]^\alpha [\eta(i,u)^\beta] & \text{if } q \leq q_0 \\ J & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

where $\tau(i,u)$ is the pheromone trail of edge (i,u) , the heuristic desirability $\eta(i,u) = 1/d(i,u)$ is the inverse of the length from node i to node u ($d(i,u)$), $S_k(i)$ is the set of nodes that remain to be visited by ant k positioned on node i . Besides, α is a parameter which determines the relative importance of

pheromone trail ($\alpha > 0$); β is a parameter which determines the relative importance of heuristic information ($\beta > 0$); where q is a random number uniformly distributed in $[0 .. 1]$; q_0 is a parameter ($0 \leq q_0 \leq 1$) which determines the relative importance of exploitation versus exploration. Additionally, J an operation randomly selected according to a probability distribution, called the random-proportional rule, given in the following equation:

$$P_k(i, j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i, j)]^\alpha [\eta(i, j)]^\beta}{\sum_{u \in S_k(i)} [\tau(i, j)]^\alpha [\eta(i, j)]^\beta} & \text{if } j \in s_k(i) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

Every time an ant in node i chooses an operation j to move to, it generates a random number q . If $q \leq q_0$, then the best job is chosen using the Eq. (10), otherwise the best job is chosen using Eq. (11).

4.5. Local updating rule

While building a solution, ants change their pheromone level between selected jobs by applying the local updating rule of Eq. (12)

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - pl) \cdot \tau_{ij} + pl\tau_0 \quad (12)$$

pl is the local pheromone evaporating parameter ($0 < pl < 1$).

4.6. Global updating rule

This rule is applied after all ants completed their schedules. The ant which constructed the shortest tour from the beginning of the trial is allowed to deposit pheromone. By means of global updating rule, a greater amount of pheromone trail is left between neighbour jobs of best schedule. The pheromone level is updated by applying the global updating rule of Eq.(13).

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho g) \cdot \tau_{ij} + \rho g \cdot \Delta\tau_{ij} \quad (13)$$

$$\Delta\tau_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{L_b} & \text{if } (i, j) \in \text{best schedule} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

ρg is the pheromone evaporating parameter of global updating ($0 < \rho g < 1$). L_b is the objective function value of the best schedule until the current iteration.

4.7. Local search

In some cases, extra steps are needed to improve the quality of the constructed solutions. Performing a local search based on heuristical knowledge to improve the quality of constructed solutions can speed up the the algorithm. Adjacent pairwise interchange method (API) is used for proposed MOACSA. This procedure is obtained by swapping two adjacent jobs.

5. Case Study

In this section, an application of the proposed algorithm for the flow shop -type production system is presented. The production line discussed is composed of eight different machines. Machines in the production line are sequenced in accordance with the flow shop type production system. The sequence of processing a job on all machines is identical and unidirectional for each job. In other words, each machine processes the jobs in the same order.

Machines in the production line perform the following operations respectively:

1. Wire drawing
2. Conductor stranding
3. Insulation
4. Core stranding
5. Filling
6. Armouring
7. Outer sheathing
8. Packaging

Twelve kind of cable is produced in the production line. The cable names and characteristics are shown in Table 1.

Table 1- The cable names and characteristics

Name of Cable	Characteristic of Cable
YVZ 3V (3x240/120)	3 Cored-phase cross section 240 mm ² / neutralcross section 120 mm ²
YVZ 3V (3x240/50)	3 Cored-phase cross section 240 mm ² / neutralcross section 50 mm ²
YVZ 3V (3x185/95)	3 Cored-phase cross section 185 mm ² / neutralcross section 95 mm ²
YVZ 3V (3x150/70)	3 Cored-phase cross section 150 mm ² / neutralcross section 70 mm ²
YVZ 3V (3x120/70)	3 Cored-phase cross section 120 mm ² / neutralcross section 70 mm ²
YVZ 3V (3x100/50)	3 Cored-phase cross section 100 mm ² / neutralcross section 50 mm ²
YVZ 3V (3x95/70)	3 Cored-phase cross section 95 mm ² / neutralcross section 70 mm ²
YVZ 3V (3x95/50)	3 Cored-phase cross section 95 mm ² / neutralcross section 50 mm ²
YVZ 3V (3x70/35)	3 Cored-phase cross section 70 mm ² / neutralcross section 35 mm ²
YVZ 3V (3x35/16)	3 Cored-phase cross section 35 mm ² / neutralcross section 16 mm ²
YVZ 3V (3x25/16)	3 Cored-phase cross section 25 mm ² / neutralcross section 16 mm ²
YVZ 3V (3x16/10)	3 Cored-phase cross section 16 mm ² / neutralcross section 10 mm ²

The production is carried out as follows:

Copper comes to the company as electrolytic copper cathode with a 99.7% pureness. Before the production raw material is heated in an oven to 1180 °C and becomes semi-manufactured 8mm copper wire rod. This 8mm package is thinned on the wire drawing machine. Then, thinned wire rod is stranded according to the account of resistance. Stranded wire is insulated with the plastic material. After the this stage, four cored cable insulated is stranded in order to obtain medium-voltage cable. It is covered with the plastic sheating material to become single cable. Then, this single cable is armoured with steel. In the last isolation step, steel armoured cable covered with

the PVC material and the final product are packed on the packaging machine.

The problem taken from the company is composed of 12 jobs x 8 machines. Processing time of every job is determined by the employees of the production line. The objective of the study is to obtain best schedule minimizing makespan and total flow time. The problem is solved by MOACSA.

In the previous study, parameter analysis were carried out for the flow shop scheduling problems. The details of the analysis can be found in Dağ (2012). The parameter analysis was made on ten benchmark problems with 20 machines-5 jobs and 20 machines-10 jobs given by Taillard (<http://mistic.heig-vd.ch/taillard>). The best values of computational analysis for the flow shop scheduling problems with only makespan objective were obtained for $\alpha=1$, $\beta=0.5$, $p1=0.2$, $p_g=0.1$, $q_0=0.9$ and t_{max} (iteration number)= 1000.

The algorithm is coded in MATLAB 9.0 and implemented on Intel Core i7 1.60 GHz system with the 8 GB DDR3 RAM. The algorithm is repeated with the 10 runs on the problem and the best solution is selected.

Table 2 shows the MOACSA results. Times in the table 1 are given in minute.

Table 2- Results

Criteria	Initial solution rule		
	Random	SPT	LPT
Cmax	2940 min.	2910 min.	2915 min.
ΣF	18471 min.	18070 min.	18062 min.

According to the scheduling data taken from the company, makespan value and total flow time value are respectively 3217 min. and 27460 min. Looking at the Table-2, the proposed algorithm provides approximately %10 improvement for makespan and % 30 improvement for total flow time compared with the schedule of company.

Additionally, by changing initial solution of the algorithm, effect on objective function is monitored. When an initial solution (SPT or LPT) is used in the

algorithm, solution results are better than the random selection for both makespan and total flow time.

6. Conclusion

This paper presents a real-world scheduling problem. The application is carried out in a well-known cable production company. Production system in the company is arranged in accordance with the flow shop. The problem consists of 12 jobs and 8 machines. The objective of this problem is to minimize both makespan and total flow time.

In recent years, metaheuristic algorithms are proposed to solve this type of problems. In this paper, an ACO algorithm are offered to solve the problem because of showing good performance. The results of the proposed algorithm provides significant improvement for both makespan and total flow time compared with the schedule data taken from the company. The results of the study are able to be used by the company managers for giving direction to the production. As a future research, I plan to make some modifications and improvements on the algorithm and local search method to apply for larger size problems.

References

- Ashour, S. (1970). An experimental investigation and comparative evaluation of flowshop sequencing techniques. *Operations Research*, 18, 541–549.
- Ben-Daya, M., & Al-Fawzan, M. (1998). A Tabu Search Approach for the Flowshop Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*, 109, 88–95.
- Bullnheimer, B., Hartl, R.F. & Strauss, C. (1999). A New Rank-based Version of the Ant System: A Computational Study. *Central European Journal for Operations Research and Economics*, 7, 25–38.
- Campbell, H.G., Dudek, R.A., & Smith B.L. (1970). A Heuristic Algorithm for the n Job m Machine Sequencing Problem. *Management Science*, 16, 10–16.
- Colomi, A., Dorigo, M., & Maniezzo, V. (1992a). Distributed optimization by ant colonies. In F. J. Varela & P. Bourguine (Eds.), *Proceedings of the first European conference on artificial life* (pp. 134–142). Cambridge: MIT Press.
- Colomi, A., Dorigo, M., & Maniezzo, V. (1992b). An investigation of some properties of an ant algorithm. In R. Manner & B. Manderick (Eds.), *Proceedings of PPSN-II, second international conference on parallel problem solving from nature* 509–520).
- Dag, S. (2012). Optimization of flowshop scheduling problems using heuristic techniques. Istanbul University, Ph.D. Thesis, Istanbul, Turkey: Department of Business Administration (in Turkish).
- Dannenbring, D.G. (1977). An Evaluation of Flowshop Sequencing Heuristic", *Management Science*, 23, 1174–1182.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colomi, A. (1991a). Positive feedback as a search strategy. Technical Report, 91-016, Italy: University of Milan.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colomi, A. (1991b). The ant system: An autocatalytic optimizing process. Technical Report, 91-016 (Revised), Italy: University of Milan.
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Colomi, A. (1996). The ant system: Optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part B*, 26, 29–41.
- Dorigo, M., & Gambardella, L.M. (1996). A Study of Some Properties of Ant-Q. In *Proceedings of PPSN Fourth International Conference on Parallel Problem Solving From Nature*, 656–665.
- Dorigo, M., & Gambardella, L.M. (1997). Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the TSP. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 1, 1–24.
- Eksioglu, B., Eksioglu, S. D., & Jain, P. (2008). A tabu search algorithm for the flowshop scheduling problem with changing neighborhoods. *Computers and Industrial Engineering*, 54, 0360–8352.
- Framinan, J.M., & Leisten, R. (2003). An efficient constructive heuristic for flowtime minimisation in permutation flow shops. *Omega-International Journal of Management Science* 31, 311–317.
- Gambardella, L. M., & Dorigo, M. (1995). Ant-Q: A reinforcement learning approach to the traveling salesman problem. In A. Prieditis & S. Russell (Eds.), *Proceedings of the Twelfth international conference on machine learning (ML-95)* (pp. 252–260). Palo Alto: Morgan Kaufman
- Gambardella, L. M., & Dorigo, M. (1996). Solving symmetric and asymmetric TSPs by ant colonies. In *Proceedings of the 1996 IEEE international conference on evolutionary computation* (pp. 622–627). Piscataway: IEEE Press
- Grabowski, J., & Wodecki, M. (2004). A Very Fast Tabu Search Algorithm for The Permutation Flowshop Problem with Makespan Criterion. *Computers and Operations Research*, 31, s.1891–1909.
- Grabowski, J., & Pempera, J. (2007). The permutation flow shop problem with blocking. *Omega*, 35, 302–311.

21. Gupta, J.N.D. (1971). A Functional Heuristic Algorithm For Flow-Shop Scheduling Problem. *Operations Research*, 22, 39-47.
22. Ho, J.C., & Chang, Y. (1991). A New Heuristic For The n-Job, m-Machine Flowshop Problem. *European Journal of Operations Research*, 52, 194-202.
23. Hundol, T.S., & Rajgopal, J. (1988). An Extension of Palmer's Heuristic for the Flow shop Scheduling Problem. *International Journal of Production Research*, 26, 1119-1124.
24. Ignall, E., & Schrage, L. (1965). Application of the branch and bound technique to some flowshop scheduling problems. *Operations Research*, 13, 400-412.
25. Ishibuchi H., Misaki, S., & Tanaka, H. (1995). Theory and Methodology Modified Simulated Annealing Algorithms for The Flowshop Sequence Problem. *European Journal of Operations Research*, 81, 388-398.
26. Jarboui, B., Eddaly, M., & Siarry, P. (2009). An estimation of distribution algorithm for minimizing the total flowtime in permutation flowshop scheduling problems. *Computers & Operations Research* 36, 2638-2646.
27. Johnson, S.M. (1954). Optimal two three-stage production schedule with setup times included. *Naval Research Logistics Quarterly*, 1, 61-68.
28. Kalczyński, P., & Kamburowski, J. (2008). An improved NEH Heuristic to Minimize Makespan in Permutation Flowshops. *Computers and Operations Research*, 35, 3001-3008.
29. Lageweg, B. J., Lenstra J., K., & Rinnooy Kan A., H. G. (1978). A general bounding scheme for the permutation flow-shop problem. *Operations Research*, 26, 53-67.
30. Li, X.P., Wang, Q., & Wu, C. (2009) Efficient composite heuristics for total flowtime minimization in permutation flow shops. *Omega-International Journal of Management Science* 37 (1), 155-164.
31. Liu, J., & Reeves, C.R. (2001). Constructive and composite heuristic solutions to the P// \sum C_i scheduling problem. *European Journal of Operational Research* 132, 439 - 452 .
32. Lominicki, A.Z. (1965). A Branch and bound algorithm for the exact solution of the three-machine scheduling problem. *Operational Research Quarterly*, 16, 439-452.
33. McMahon, G. B., & Burton, P. (1967). Flowshop scheduling with branch and bound method. *Operations Research*, 15, 473-481.
34. Nawaz, M., Enscore, J.E., & Ham, İ. (1983). A Heuristic Algorithm For The m-Machine, n-Job Flow-Shop Sequencing Problem. *Omega*, 11, 91-95.
35. Ogbu, F., & Smith, D. (1990). Simulated Annealing for The permutation Flowshop Problem. *Omega, The International Journal of Management Science*, 19, 64-67.
36. Osman, H.İ., & Potts, C. (1989). Simulated Annealing for Permutation Flowshop Scheduling. *Omega, The International Journal of Management Science*, 17, 551-557.
37. Palmer, D.S. (1965). Sequencing jobs through a multi-stage process in minimum total time a quick method of obtaining a near optimum. *Operational Research Quarterly*, 16, 101-107.
38. Rad, S.F., Ruiz, R. & Boroojerdian, N. (2009). New High Performing Heuristics for Minimizing Makespan in Permutation Flowshops. *Omega*, 37, 331-345.
39. Rajendran, C., & Chaudhuri D. (1991). An Efficient Heuristic Approach to the Scheduling of Jobs in a Flowshop. *European Journal of Operational Research*, 61, 318-325.
40. Rajendran, C. (1993). Heuristic algorithm for scheduling in a flowshop to minimize total flowtime. *International Journal of Production Economics* 29, 65-73.
41. Rajendran, C., & Ziegler, H. (1997a). Heuristics for scheduling in a flowshop with setup, processing and removal times separated. *Production Planning and Control* 8, 568-576.
42. Rajendran, C., & Ziegler, H. (2004). Ant-colony algorithms for flowshop scheduling to minimize makespan/total flowtime of jobs. *European Journal of Operational Research*, 155, 426-438.
43. Smith, R.D., & Dudek, R. A. (1967). A General algorithm for the solution of the n job, m machine sequencing problem of the flowshop. *Operations Research* 15, 71-82.
44. Stafford, E.F. (1988). On the development of a mixed-integer linear programming model for the standard flowshop. *Journal of the Operational Research Society* 39, 1163-1174.
45. Stutzle, T., & Hoos, H. (1996). Improving the ant system: A detailed report on MAX-MIN ant system. Technical Report, AIDA-96-12 (Revised version), Darmstadt: Darmstadt University of Technology.
46. Stuetzle, T., (1998). An ant approach for the flow shop problem. In: *Proceedings of the 6th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT '98)*, vol. 3. Verlag Mainz, Aachen, Germany, 1560-1564.
47. Stutzle, T., & Dorigo, M. (2003). The ant colony optimization metaheuristic: Algorithms, applications, and advances. In F. Glover & G. Kochenberger (Eds.), *Handbook of metaheuristics* (pp. 251-285). Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers.
48. Taillard, E. (1990). Some Efficient Heuristic Methods for The Flowshop Sequencing Problem. *European Journal of Operational Research*, 47, 65-74.
49. Taşgetiren, M.F., Liang, Y.C., Şevkli M. & Gençyılmaz, G. (2007). A Particle Swarm Optimization Algorithm for Makespan and Total Flowtime Minimization in the Permutation Flowshop Sequencing Problem. *European Journal of Operational Research*, 142, 250-257.
50. T'kindt, V., Monmarche, N., Tercinet, F., & Laugt, D. (2002). An Ant Colony Optimization Algorithm to Solve a 2-machine Bicriteria Flowshop Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*, 142, 250-257.
51. Watson, J.-P., Barbulescu, L., Whitley, L.D., & Howe, A.E. (2002). Contrasting structured and random permutation flow-shop scheduling problems: Search-space topology and algorithm performance. *INFORMS Journal on Computing* 14, 98-123
52. Widmer, M., & Hertz, A. (1989). A New Heuristic Method for The Flowshop Sequencing Problem. *European Journal of Operational Research*, 41, 186-193.

53. Wodecki, M. & Bozejko, W. (2002). Solving the Flow Shop Problem by Parallel Simulated Annealing. In *Parallel Processing and Applied Mathematics*, 2328, 236–244.
54. Woo, H. S., & Yim, D.S. (1998). A heuristic algorithm for mean flowtime objective in flowshop scheduling. *Computers and Operations Research* 25, 175–182.
55. Yağmahan, B., & Yenisey M.M. (2010). A Multiobjective Ant Colony System Algorithm for Flowshop Scheduling Problem. *Expert system with Application*, 37, 01361-1368.
56. Ying, K.C. ve Liao, C.J., 2004 An Ant Colony System for Permutation Flowshop Sequencing”, *Computers and Operations Research*, C:31, No:5, s.791-801.
57. Zhang, C., Ning, J., & Ouyang, D. (2010). Hybrid Alternate Two Phases Particle Swarm Optimization Algorithm for Flow Shop Scheduling Problem. *Computers and Industrial Engineering*, 58, 1-11.
58. Zegordi, S.Y., Itoh, K. & Enkawa, T. (1995). Minimizing Makespan for Flowshop Scheduling by Combining Simulated Annealing with Sequencing Knowledge. *European Journal of Operational Research*, 85., 515-531.

alphanumeric

The Journal of
Operations Research, Statistics,
Econometrics and Management Information Systems

Volume 1

Issue 1

2013

Peer Reviewed International Journal

<http://www.alphanumericjournal.com/>