

15th ISEOS

PROCEEDINGS BOOK

15th International Symposium on Econometrics,

Operations Research and Statistics

22-25 May 2014 Suleyman Demirel University



Suleyman Demirel University, Department of Econometrics





ORGANIZING COMMITTEE

Hakan DEMİRGİL
Abdullah EROĞLU
Sadık ÇÖKELEZ
Kenan Oğuzhan ORUÇ
Aliye Atay KAYIŞ
Yılmaz KILIÇASLAN
Erdoğan ÖZTÜRK
Harun SULAK
Yusuf DEMİR
Murat ÇUHADAR
Meltem AYCAN KARAATLI
Ömer Utku ERZENGİN
Hikmet ORHAN
Hakan BOZDAĞ
Vedat BAYDAR
Onur DEMİREL
Aykut SEZGİN
Buhari DOĞAN
Süha ÇELİKKAYA
Süleyman Kağan GÜRBÜZ
Faruk ERİNCİ
Harun ÖZTÜRK
Pınar ARSLAN
Canan ŞENTÜRK
Fatih DEMİR
Hande UZUNOĞLU ÜNLÜ



ISEOS 2014

15th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ECONOMETRICS, OPERATIONS RESEARCH AND STATISTICS

Isparta, Turkey, May 22-24, 2014

Editors

Kenan Oğuzhan Oruç

Hakan Demirgil



ISBN: 978-9944-452-80-9

DISCLAIMER

All articles have been printed as received and formatted for uniformity and the Organizing and Scientific Committees cannot be claimed responsible of the contents and future applications.



CONTENTS

ECONOMETRICS.....	9
AN APPLICATION OF KEYNESIAN CONSUMPTION FUNCTION AND MULTIPLIER ON TURKISH ECONOMY.....	10
AR - GE HARCAMALARI VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ: PANEL VERİ ANALİZİ.....	24
AR-GE'NİN TEŞVİKİ AMACIYLA UYGULANAN MALİYE POLİTİKALARININ ETKİNLİĞİ VE GELİŞMİŞ ÜLKELERDEN ÖRNEKLER	40
BİREYSEL EMEKLİLİK FONLARINI BELİRLEYEN FAKTÖRLER: OECD ÖRNEĞİ	54
BURS VE SOSYAL YARDIM ALAN ÖĞRENCİLERİN HARCAMA VE AİLE GELİR BEYANLARININ EKONOMETRİK MODELLENMESİ.....	65
ÇALIŞAN KADIN BOŞANIYOR MU? TÜRKİYE ÜZERİNE AMPİRİK BİR ANALİZ	78
DIŞ TİCARET-REEL DÖVİZ KURU İLİŞKİSİ: TÜRKİYE EKONOMİSİ ÜZERİNE BİR İNCELEME (2004-2013)	90
DIŞ TİCARETTE REKABET GÜCÜNÜN BELİRLEYİCİSİ OLARAK AR-GE VE İNOVASYON: EKONOMETRİK BİR ANALİZ.....	108
DÖVİZ KURU OYNAKLIĞININ TÜRKİYE'NİN EURO ALANINA OLAN İHRACATI ÜZERİNE ETKİSİ (2002-2013).....	122
FİNANSAL İSTİKRARSIZLIK VE KURUMSAL KALİTE (YÖNETİŞİM) İLİŞKİSİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ	138
FORECASTING BIST NATIONAL-100 INDEX BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK AND REGRESSION MODELS.....	155
HİSSE SENEDİ ENDEKSLERİNE YÖNELİK YATIRIM TERCİHLERİ: BİST 100 ÜZERİNE BİR UYGULAMA.....	167
KAMU HARCAMALARI VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNE WAGNER YASASI ÇERÇEVESİNDEN BİR BAKIŞ: TÜRKİYE İÇİN EKONOMETRİK BİR ANALİZ.....	182
MACROECONOMIC DETERMINANTS OF MERGER AND ACQUISITIONS IN TURKEY: AN ARDL BASED COINTEGRATION APPROACH.....	192
MALİYE POLİTİKASI AÇISINDAN REEL KAMU HARCAMALARI & EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİ: TÜRKİYE EKONOMİSİ İÇİN ÇOK VEKTÖRLÜ EŞBÜTÜNLEŞİM ÇÖZÜMLEMESİ VE YAPISAL VEKTÖR HATA DÜZELTME MODELİ BULGULARI.....	203
PARA VE FİZİKİ SERMAYE İLİŞKİSİ: MCKINNON TAMAMLAYICILIK HİPOTEZİ TÜRKİYE EKONOMİSİ İÇİN NE KADAR GEÇERLİ?.....	223
PETROL FİYAT GETİRİLERİ İLE BIST ANA SEKTÖR GETİRİLERİ ARASINDA RİSK İLİŞKİSİ	234
SABİT İKAME ESNEKLİKLİ ÜRETİM FONKSİYONUNUN İKAME ESNEKLİK PARAMETRESİNİN TAHMİN EDİLMESİ: ÖRNEK OLAY İNCELEMESİ.....	250
SATIN ALMA GÜCÜ PARİTESİ TEORİSİNİN GEÇERLİLİĞİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ.....	262
TÜRKİYE EKONOMİSİ İÇİN SERMAYE HİZMETLERİ ENDEKSİ: BÜYÜME MUHASEBESİ YAKLAŞIMI.....	274



TÜRKİYE'DE ENERJİ TÜKETİMİ, FİNANSAL GELİŞME, EKONOMİK BÜYÜME, SANAYİLEŞME VE KENTLEŞME: ÇOKLU YAPISAL KIRILMALI BİR ARAŞTIRMA	284
TÜRKİYE'DE SANAYİ SEKTÖRÜ VE EKONOMİK BÜYÜME İLİŞKİSİNİN KALDOR YASASI ÇERÇEVESİNDE SINANMASI: EKONOMETRİK BİR ANALİZ.....	296
WHAT DETERMINES TO HOLD A HIGH-PAYING JOB? THE CASE OF TURKEY	310
WHAT IS THE SIGNIFICANCE OF IMPROVING HEALTH LEVEL IN ACCELERATING ECONOMIC GROWTH?.....	322
YABANCI SERMAYENİN BÖLGELER ARASINDAKİ DAĞILIM FARKLILIKLARI VE TERCİH NEDENLERİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ	335
YABANCI YATIRIMCI PORTFÖYLERİNE KUR RİSKİNİN ETKİSİ.....	346
YURT DIŞI EĞİTİM PROGRAMLARININ BİREYLERİN KISA VE UZUN DÖNEM GELİRLERİNE ETKİSİ: ÇALIŞANLAR ÜZERİNE EĞİLİM SKORU EŞLEŞTİRMESİ UYGULAMASI.....	359
STATISTICS.....	373
BAĞIMSIZ İKİ ÖRNEK ORTALAMASINI KARŞILAŞTIRMADA RANK TRANSFORM METODUNUN KULLANILMASI İLE OLUŞAN AMPİRİK I.TİP HATA ORANI.....	374
BAYESIAN MULTINOMIAL LOGISTIC REGRESSION MODEL OF ORGANIC FOOD BUYERS DATA	383
BULANIK ORTAMDA SATIŞ GELİRLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK ÇOKLU REGRESYON TAHMİN MODEL ÖNERİSİ VE BİR TEKSTİL İŞLETMESİNE UYGULANMASI. 394	
DEVLET ÜNİVERSİTELERİNİN AKADEMİK PERFORMANSLARININ ÇOK BOYUTLU ÖLÇEKLEME YÖNTEMİ İLE ANALİZİ.....	406
ÖZEL DERSANE VE KOLEJLERDEKİ ÖĞRETMENLERİN TÜKENMİŞLİK DÜZEYLERİNİN MASLACH VE KOPENHAG ENVANTERLERİNE GÖRE ÖLÇÜLMESİ VE KARŞILAŞTIRMASI	417
HİBRİD SİSTEMLER İÇİN BAYESÇİ YAKLAŞIM.....	425
LIMITATIONS IN AVERAGE RUN LENGTH CALCULATIONS IN STATISTICAL PROCESS CONTROL	446
LOJİSTİK REGRESYON VE BANKACILIK VERİLERİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA.....	455
NODEXL İLE SOSYAL AĞ ANALİZİ: #AKADEMİKZAM ÖRNEĞİ	464
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ'NDE OKUYAN ÖĞRENCİLERİN BAŞARI DURUMLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN LOJİSTİK REGRESYON ANALİZİ İLE BELİRLENMESİ	483
RAYLI SİSTEM FİLO ARAÇLARINDA ARIZA DAĞILIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ	492
SOSYAL AĞ VERİLERİNİN KUVVET YASASI OLASILIK DAĞILIMINA UYGUNLUK ANALİZİ: TWITTER ÖRNEĞİ.....	501
SU KİRLİLİĞİ VE SUBJEKTİF YOKSULLUK ÜZERİNE BİR ALAN ÇALIŞMASI: AŞAĞI BÜYÜK MENDERES HAVZASI ÖRNEĞİ	524
SÜREKLİ BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER İÇİN ORANSAL ODDS MODELİ, KARAR AĞACI ve YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRMA PERFORMANSININ KARŞILAŞTIRILMASI.....	535
THE DETERMINATION OF THE FACTORS EFFECTING THE STUDENTS' FOREIGN LANGUAGE ACHIEVEMENT AT PAMUKKALE UNIVERSITY BY USING LOGISTIC REGRESSION ANALYSIS	552



TOPKAPI SARAYI MÜZESİ'NDE ZİYARETÇİ PROFİLİ VE MEMNUNİYET ARAŞTIRMASI: ÖLÇEK TASARIMINA İLİŞKİN BİR UYGULAMA	560
TÜRKİYE'DE HAVA YOLU ULAŞIM TALEBİNİN BOX-JENKINS VE GRİ TAHMİN YÖNTEMLERİ İLE TAHMİNİ	576
TÜRKİYE'DEKİ DOLAR KURU VOLATİLİTESİNİN MODELLENMESİ	589
TÜRKİYE'DEKİ İŞ KAZALARININ GELECEK YILLAR İÇİN TAHMİNİ	601
TÜRKİYE'NİN MOBİLYA SEKTÖRÜ REKABETÇİLİĞİNİN REKABET GÜCÜ ENDEKSLERİ BAKIMINDAN ANALİZİ VE BAZI TESPİTLER	612
OPERATIONS RESEARCH	623
A FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS MODEL FOR THE EVALUATION OF PRINT ADVERTISEMENT DESIGNS	624
ACİL SERVİS ANAHTAR PERFORMANS ÖLÇÜTLERİNİN BULANIK AHP İLE ÖNCELİKLENDİRİLMESİ	644
BİNA ISI YALITIMINDA KULLANILAN EN UYGUN MALZEMENİN SEÇİMİNDE AHP YÖNTEMİNİN UYGULANMASI	655
BİR RAYLI TAŞIT İÇİN PROJE YÖNETİMİ UYGULAMASI	664
BORSALARIN PERFORMANSININ ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI	673
BUILDING SCENARIOS FOR WIND ENERGY WITH FUZZY COGNITIVE MAPS	690
BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSES KULLANILARAK TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİ SANTRALİNİN KURULUŞ YERİ SEÇİMİ	699
BULANIK ÖLÇÜ UZAYLARI ve BULANIK KOALİSYON FONKSİYONLARININ RIESZ AYRIŞIMI	710
ÇOK AMAÇLI DOĞRUSAL PROGRAMLAMA PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA: GLOBAL KRİTER ve ÖNCELİKLİ HEDEF PROGRAMLAMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI	714
DEPO SÜREÇLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ VE BİR UYGULAMA	722
DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON ANALYTIC NETWORK PROCESS FOR NON-TRADITIONAL MACHINING PROCESS SELECTION	727
EKONOMİK BİR BÜYÜME MODELİ'NİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI	738
GRİ İLİŞKİSEL ANALİZ YÖNTEMİ İLE TEDARİKÇİ SEÇİMİ VE BİR TEKSTİL FABRİKASINDA UYGULAMA ÇALIŞMASI	750
GSM OPERATÖRÜ KULLANICILARININ MÜŞTERİ MEMNUNİYETİNİN TOPSIS YÖNTEMİYLE ÖLÇÜLMESİ	763
GUGUK KUŞU ALGORİTMASI: BİR PLASTİK ATIK TOPLAMA UYGULAMASI	775
HÜCRESEL ÜRETİMDE İŞGÜCÜ PLANLAMASI VE UYGULAMASI	785
İKİLİ KARŞILAŞTIRMA MATRİSİNİN YEREL AĞIRLIKLARININ BULUNMASINDA LP-GW-AHP METOT	792
KARMA İMALAT ORTAMI İÇİN ÜRETİM SEVKİYAT ENTEGRE PLANLAMASI	799
KLASİK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE KATEGORİK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ MODELLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ	808



LOJİSTİK MERKEZİ YER SEÇİMİ İÇİN ANALİTİK AĞ SÜRECİ YÖNTEMİNİN KULLANILMASI	823
MAKİNE SEÇİMİ İÇİN BULANIK DEMATEL VE BULANIK TOPSİS YÖNTEMLERİNİN BİRLEŞTİRİLMESİ.....	836
MOBİL İŞLETİM SİSTEMLERİNİN BULANIK VIKOR YAKLAŞIMI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	852
ON FILLED FUNCTION METHOD AND APPLICATIONS	864
ORACLE VERİ TABANINDA PL/SQL DİLİNDE GENETİK ALGORİTMA KULLANILARAK YAPAY ZEKA VE BULANIK MANTIK TABANLI SORGULAMAYAZILIMI GELİŞTİRİLMESİ VE UYGULAMASI	872
PATIENT PROFILE DETERMINATION FOR A PHARMACY VIA DATA MINING CLASSIFICATION TECHNIQUES	892
PERFORMANCE EVALUATION OF THE HYBRID APPROACHES FOR SOLVING THE CAPACITATED LOT SIZING PROBLEM WITH SETUP CARRYOVER AND BACKORDERING	900
RESEARCH AND ANALYSIS ON A FURNITURE PRODUCTION SYSTEM VIA VALUE STREAM MAPPING AND WORK STUDY	915
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE MERMER İŞLETMELERİNİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ	950
YAMUK BULANIK SAYILARLA BİR BULANIK EKONOMİK SİPARİŞ MİKTARI MODELİ.....	976
YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASI İLE ZAMAN PENCERELİ TAKIM ORYANTİRİNG PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ	986
YAPAY SİNİR AĞLARI ÇOKLU LOJİSTİK REGRESYON VE ÇOKLU DİSKRİMİNANT ANALİZ YÖNTEMLERİNDEN YARARLANARAK YEREL SEÇİMLERDE SEÇMEN TERCİHLERİNİN SINIFLANDIRILMASI: OSMANİYE İLİ UYGULAMASI.....	1000
YAPAY SİNİR AĞLARI YÖNTEMİ İLE TÜRKİYE'DEKİ TURİZM GELİRİNİN TAHMİN EDİLMESİ.....	1022
POSTERS.....	1031
DEPO PLANLAMASI ve ÜRÜNLERİN DEPOLARA ATANMASI PROBLEMİNİN MODELLENMESİ.....	1032
PARA POLİTİKASI ARAÇLARININ ENFLASYON HEDEFLEMESİ ÜZERİNE GÖRELİ ETKİSİ: TÜRKİYE EKSENİNDE BİR ZAMAN SERİSİ ÇÖZÜMLEMESİ.....	1040
ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN İNTERNET KULLANIM TERCİHLERİNİN AHP KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ.....	1053

YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASI İLE ZAMAN PENCERELİ TAKIM ORYANTİRİNG PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ

Muhlis ÖZDEMİR¹,

Mustafa CAN²

Özet

Sürü zekâsı temelli olan Yapay Arı Kolonisi meta-sezgisel tekniklerden birisidir. Arıların yuvalarına besin taşıma davranışlarının gözlemlenmesi ile geliştirilen Yapay Arı Koloni Algoritması arı kolonilerinden esinlenilmiş bir algoritmadır. Bir tür spor olan Oryantiring önceden belirlenmiş olan bir başlangıç noktası ve varış noktası olan aynı zamanda belirli noktaları ziyaret ederek puan toplayıp önceden belirlenen zamanda başlanılan noktaya dönmeyi zorunlu kılan İsveç kökenli bir spordur. Bu çalışmada “Zaman Pencereci Takım Oryantiring Problemleri” yapay arı koloni algoritması kullanılarak sınanacaktır. Daha önce literatürde 100 düğümlü problemler için İteratif Yerel Arama, Değişken Komşuluk Araması, Hızlı Tavlama Benzetimi ve Yavaş Tavlama Benzetimi teknikleri ile sınama sonuçları elde edilmiştir. 100 düğümlü problemler için yapay arı koloni algoritması kullanılarak elde edilen sınama sonuçları literatürde yer alan diğer sonuçlar ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca literatürde yer almasına rağmen halihazırda başka araştırmacılar tarafından çözülmediği düşünülen 50 düğümlü problemlerin sınama sonuçlarına da yer verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Sürü Zekâsı, Zaman Pencereci Takım Oryantiring Problemi, Yapay Arı Kolonisi, Meta-Sezgisel

Jel Kodu: C61

THE TEAM ORIENTEERING PROBLEM WITH TIME WINDOWS BY USING ARTIFICIAL BEE COLONY ALGORITHM

Abstract

Artificial bee colony is one of a swarm intelligence based approach. Artificial bee colony is a meta-heuristic method that was inspired by honey bee colonies and based on observing the nourishment behavior of honey bees. Orienteering is a kind of sport which originated in Sweden. Given a set of known locations with starting and ending point, each with a score, a service time, and a time window, a set of vehicle tours that maximizes the total collected scores on condition on turning to the start or end point. In this study artificial bee colony algorithm will be applied to the team orienteering problems with time windows benchmark instances. Artificial bee colony algorithm results for hundred nodes will be compared with iterated local search, variable neighborhood search, fast simulated annealing and slow simulated annealing results in the literature. In addition to these benchmark results new results will be proposed for the fifty nodes problems which might not solved in the literature previously.

Key Words: Swarm Intelligence, Team Orienteering Problems with Time Windows, Artificial Bee Colony, Meta-Heuristic

Jel Code: C61

GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak her geçen gün insanlar bilgisayarlardan daha fazla faydalanmaktadır. İnsanların çok uzun sürede çözebilecekleri hatta bazen çözemeyecekleri problemleri bilgisayarlar çok daha hızlı ve etkin bir biçimde çözebilmektedir. Bundan dolayı bilgisayarlar hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. İnsanoğlu, insanlık var olduğundan bu yana karmaşık dünya

¹Araştırma Görevlisi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, muhliozdemir@istanbul.edu.tr

²Araştırma Görevlisi Dr., İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, cmustafa@istanbul.edu.tr

problemleri ile mücadele etmek zorunda kalmıştır. Bu problemlerle başa çıkabilmek için birçok optimizasyon tekniği geliştirilmiş ve her geçen gün araştırmacılar tarafından yeni teknikler geliştirilmektedir. Sürü zekâsı temelli olan Yapay Arı Kolonisi(YAK) meta-sezgisel tekniklerden birisidir. Arıların yuvalarına besin taşıma davranışlarının gözlemlenmesi ile geliştirilen Yapay Arı Koloni Algoritması(YAKA) arı kolonilerinden esinlenilmiş bir algoritmadır.

Belirli kısıtlar ve belirli bir zaman zarfında maksimizasyon ya da minimizasyon yaparak eniyileme çalışmasına optimizasyon denir. Optimizasyon genel anlamda var olan bir problem için en iyi çözümdür(Raymond, 2009). Optimizasyon tekniklerinden birçok alanda faydalanılmaktadır. Optimizasyon teknikleri birçok çalışma alanına girmekle beraber matematikten yöneylem araştırmasına, bilgisayar ve mühendislik bilimlerine kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

Sezgisel kelimesi keşfetmek, bulmak anlamına gelmektedir(Cura, 2008). Sezgisel tekniklerin hiç birisi tam anlamıyla kesin çözümü bulduğunu iddia edemez. Sezgisel teknikler sadece en iyi çözümü elde etmeye çalışan tekniklerdir. Sezgisel teknik ile ilgili bir tanım vermek gerekirse şöyle bir tanımlama yapmak mümkündür. Bir sezgisel teknik, kabul edilebilir hesaplama maliyetleri ile uygunluğu veya optimalliği kesin sağlamsa da optimale yakın çözümü arayan bir tekniktir(Reeves, 1995).

Sürü zekâsı, hayvanların kendi kendilerine organize olarak kolektif davranış sergilemeleri ile ortaya çıkmıştır(Karaboğa vd., 2012). Sürü zekâsına dayalı birçok algoritma geliştirilmiştir. Her geçen gün literatüre araştırmacılar tarafından yeni algoritmalar kazandırılmaktadır. Bu algoritmalarından birisi de Yapay Arı Kolonisi(YAK)'dir. Sürü zekâsı tekniklerinin, aslında sezgisel tekniklerden olmasına rağmen doğada var olan ve hayvanların güdülerinden hareketle toplu halde sergilemiş oldukları davranışları konu edinen ve bu davranışlardan hareketle insan yararına olanı ortaya koymaya çalışan teknikler olduğu söylenebilir. Bir başka ifadeyle doğal süreçler gözlemlenmiş bu gözlemlere bağlı olarak optimizasyon amaçlı teknikler geliştirilmiştir

Orienteering kelimesi Türk Dil Kurumu tarafından oryantiring olarak kabul edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada orienteering kelimesi oryantiring olarak kullanılacaktır. Kelime olarak oryantiring yön bulma anlamına gelmektedir. Bir tür spor olan Oryantiring önceden belirlenmiş bir başlangıç noktası ve varış noktası olan aynı zamanda belirli noktaları ziyaret ederek puan toplayıp önceden belirlenen zamanda başlanılan noktaya veya bitiş noktasına dönmeyi zorunlu kılan İsveç kökenli bir spordur. Shih-Wei Lin ve Vincent F. Yu, Zaman Pencereci Takım Oryantiring Problemleri(ZPTOP) için 2012 yılında yaptıkları çalışmada Hızlı Tavlama Benzetimi(HTB) ve Yavaş Tavlama Benzetimi(YTB) tekniklerini kullanarak elde ettikleri sonuçları İteratif Yerel Arama(İYA), Değişken Komşu Arama(DKA) sonuçları ile karşılaştırmıştır(Lin ve Yu, 2012). Bu çalışmada 100 düğümlü problemler için YAKA kullanılarak elde edilen sına sonuçları literatürde yer alan diğer sonuçlar ile karşılaştırılacaktır. Ayrıca literatürde yer almasına rağmen hâlihazırda başka araştırmacılar tarafından çözülmediği düşünülen 50 düğümlü problemlerin sına sonuçlarına da yer verilecektir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde yapay arı kolonisi ile ilgili literatür taramasına yer verilecektir. Üçüncü bölümde yapay arı koloni algoritmasına, dördüncü bölümde zaman pencereci takım oryantiringe, beşinci bölümde matematiksel modele ve son bölümde YAKA ile elde edilen sonuçların diğer sonuçlarla olan karşılaştırmasına yer verilecektir.

LİTERATÜR TARAMASI

Günümüzde insanoğlu hayvanları ve hayvan davranışlarını izleyerek birçok alanda hayvanlardan çok fazla yararlanmışır. Bunun bir örneği de Yapay Arı Kolonisi Yaklaşımı(YAKY)dir. 2005 yılında Derviş Karaboğa tarafından arıların besin kaynağı arama davranışlarından hareketle optimizasyon amaçlı geliştirilen Yapay Arı Kolonisi(Artificial Bee Colony, ABC, YAK) yaklaşımı son yıllarda büyük önem kazanmıştır.

2005 yılında geliştirilmesine rağmen literatürde bu alanda yapılmış çok fazla çalışma vardır. İlk yıllarda çok fazla çalışma olmamasına rağmen 2009 yılından itibaren bu alanda yapılan çalışmalar hızlı bir şekilde artmıştır.

Meta-sezgisel tekniklerden birisi olan YAK, Karaboğa tarafından teknik bir rapor olarak literatüre kazandırılmışır(Karaboğa, 2005). Bu raporda Karaboğa arılar hakkında genel bir bilgi verdikten sonra arıların besin arama davranışlarını modelleyerek YAK algoritmasından ve algoritma parametrelerinden

bahsetmiştir. YAK ile ilgili ilk konferans ise Baştürk ve Karaboğa tarafından IEEE(Institute of Electrical and Electronical Engineers)'de 2006 yılında gerçekleştirilmiştir(Baştürk ve Karaboğa, 2006). YAK ile ilgili ilk makale ise 2007 yılında Karaboğa ve Baştürk tarafından yazılmıştır(Karaboğa ve Baştürk, 2007a). Bu makalede YAK ile Genetik Algoritma(GA) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu(PSO)'nun performans karşılaştırması yer almaktadır. Ayrıca kontrol parametrelerinin YAK üzerindeki etkisi ile algoritmanın hızına etkisinden bahsetmişlerdir. YAK her ne kadar da kısıtsız optimizasyon problemlerine uygulanmak üzere ortaya konulmuşsa da 2007 yılında Karaboğa ve Baştürk kısıtlı optimizasyon problemlerinde de YAK'ın kullanılabilceğini göstermişlerdir(Karaboğa ve Baştürk, 2007b). İkinci makale ise yine Karaboğa ve Baştürk tarafından 2007 yılında yazılmış olan ve YAK'ın performans değerlendirmesinin ele alındığı bir çalışma olmuştur(Karaboğa ve Baştürk, 2007c). Bu çalışmada Karaboğa ve Baştürk Diferansiyel Gelişim(DG), PSO ve Evrimsel Algoritmaları(EA) çok boyutlu numerik optimizasyon problemlerine uygulamışlardır.

YAK birçok farklı alanda uygulaması olan bir yaklaşımdır. Literatür incelendiğinde, YAK ile yapılan uygulamaların mühendislik alanındaki optimizasyon problemlerinin çözümünden yapay sinir ağlarının eğitilmesine, veri madenciliği uygulamalarından kablosuz sensör ağlara, resim işleme uygulamalarından ayırık ve kombinatoriyel optimizasyon problemlerinin çözümüne kadar birçok farklı alanda olduğu görülmektedir. YAK ile yapılmış olan çalışmaların 3'e ayrıldığını söylemek mümkündür. Bu çalışmalar, karşılaştırmaların yapıldığı çalışmalar, melez çalışmalar ve uygulamaların yer aldığı çalışmalar şeklindedir(Karaboğa vd., 2012).

YAK, Sayısal optimizasyon problemlerinin çözümü için önerilmesine rağmen yapılan ilk çalışma YAK'ın diğer tekniklerle karşılaştırılmasıdır(Karaboğa vd., 2012). 2007 yılında Karaboğa, Akay ve Öztürk Yapay Sinir Ağları(YSA)'nın eğitilmesinde YAK'ı kullandıkları bir çalışma yapmışlardır(Karaboğa vd., 2007d). Bu çalışmada YSA'yı eğitirken kullanılan optimum ağırlığın ayarlanmasında YAK'ı kullanmışlardır. Aynı yıl Karaboğa ve diğerleri sinyal işleme uygulamalarında YSA'nın eğitilmesi için YAK'ı kullanmışlardır ve algoritmanın performansını DG ve PSO algoritmaları ile karşılaştırmışlardır(Karaboğa ve Akay, 2007e).

2008 yılında Quan and Shi kontraktif haritalama sabit nokta teoremine dayalı yeni bir arama operatörünü tanıtmışlardır. Yapılan çalışmada 10 tane çok değişkenli karşılaştırma problemi kullanarak YAK'ın global optimizasyonun bulunmasında oldukça etkili olduğunu ortaya koymuşlardır(Quan ve Shi, 2008). Yine aynı yıl Rao, Narasimham ve Ramalingaraju sistem kayıplarının minimizasyonu probleminin çözümü için YAK'ı kullandıkları yeni bir metot önerisinde bulunmuşlardır. Yaptıkları çalışmayı bilgisayar simülasyonu üzerinde göstererek YAK'ın çözüm kalitesinin ve hesaplama etkinliğinin oldukça iyi olduğunu, çaprazlama ve mutasyon gibi parametrelere ihtiyaç duyulmadığını ortaya koymuşlardır. (Rao vd., 2008).

Kurban ve Beşdok radyal tabanlı sinir ağlarını YAK ile eğiterek atalet sensör tabanlı arazi sınıflandırmasında kullanmışlardır. YAK ile YSA'nın eğitilmesinde GAL, Kalman Filtresi Algoritması(KFA) ve Gradyen İniş Algoritmasının(GİA) performans karşılaştırmasını yapmışlardır ve YAK'ın YSA'nın eğitilmesinde daha başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır(Kurban ve Beşdok, 2009).

Verimliliğinin artırılması için çeşitli klasik ve evrimsel algoritmaların YAK ile birlikte kullanıldıkları literatürde görülmektedir. Bu tür çalışmalar melez(hybrid) çalışmalar olarak bilinmektedir. Marinakis, Marinaki ve Matsatsinis YAK'ın da içinde yer aldığı açgözlü rastgele uyarlanabilir arama prosedürü(GRASP- Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) ile kümeleme analizi yaptıkları yeni bir melez algoritma önerisinde bulunmuşlardır. Önerdikleri algoritmayı ikiye ayırdıklarını birinci safhada YAK'ı kullanarak seçim yaptıklarından, ikinci safhada ise GRASP kullanarak kümeleme yaptıklarından bahsetmişlerdir(Marinakis vd., 2009).

Çobanlı ve diğerleri elektrik sistemlerinde aktif güç kaybı minimizasyonu için YAK temelli bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmaya göre elektrik sistemlerindeki güç kayıplarının engellenmesinde YAK'ın kullanılması etkili sonuçlar doğurmuştur(Çobanlı vd., 2010).

Tsai ve diğerleri sürü zekası temelli Kedi Sürü Optimizasyon Algoritması(KSOA) ile YAK'ı birlikte kullandıkları yeni bir melez yaklaşım önerisinde bulunmuşlardır. KSOA ile nümerik hesaplamaları gerçekleştirmişler ve YAK ile de arıların besin arama davranışlarını simüle ederek literatürde yer alan 5 adet test problemlerine uygulamışlardır(Tsai vd., 2010).

Çelik ve diğerleri sezgisel veri madenciliği sınıflandırması ismini verdikleri yeni bir YAK önerisinde bulunmuşlardır. Önerdikleri yaklaşımla elde ettikleri sonuçları PSO, Kural Sınıflandırma Algoritması(KSA) ve C4.5 Algoritmasının sonuçları ile karşılaştırmışlardır(Çelik vd., 2011).

Lee ve Cai YAK'ın bazı dezavantajları olduğundan bahsederek yeni bir çeşitlilik stratejisi önerisinde bulunmuşlardır. Önerdikleri stratejinin YAK'dan çok daha iyi performans sağladığını belirtmişlerdir(Lee ve Cai, 2011).

Mandal ve diğerleri boru hattı kaçaklarının ekonomik kayıplara neden olduğuna ve halk sağlığını tehdit eden bir sorun olduğuna dikkat çekerek boru hattı kaçakları tespitinde kaba küme teorisi ve karar destek makinalarını YAK ile birlikte kullandıkları bir çalışma gerçekleştirmişlerdir(Mandal vd., 2012).

Mansouri ve diğerleri yeni bir tahmin algoritması olan bulanık polinom enterpolasyon algoritması ile YAK'ı birlikte kullanarak elde ettikleri sonuçları GA ve PSO ile elde edilmiş olan sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Önerdikleri yaklaşımla elde ettikleri sonuçların diğer iki yöntemden daha iyi sonuçlar olduklarını ifade etmişlerdir(Mansori vd., 2012)

Geliştirildiği günden itibaren çok fazla sayıda makale literatüre kazandırılmıştır. Dolayısıyla literatüre kazandırılan bütün makalelerden burada bahsetmek mümkün değildir. Daha ayrıntılı makale taraması için Karaboğa ve diğerlerinin 2012 yılında yazdıkları “*A Comprehensive Survey: Artificial Bee Colony Algorithm and Applications*” isimli makale incelenebilir.

YAPAY ARI KOLONİ ALGORİTMASI

Doğada arıların besin arama davranışları insanlara ilham kaynağı olmuş ve bunun neticesinde ise Yapay Arı Kolonisi Algoritması(YAKA) geliştirilmiştir. YAKA'da arıların bütün davranışları bire bir modellenmemiş ve bunun yanında da bazı varsayımlarda bulunulmuştur. Bu varsayımlar her bir nektarın çıkarılmasında sadece bir görevli arının olmasıdır. Dolayısıyla algoritmada yer alan ve kullanılacak olan besin sayısı ile görevli arı sayısının birbirine eşit olması gerekmektedir. Bir diğer varsayım ise işçi arı ile gözcü arı sayısının birbirine eşit olmasıdır. Böyle bir varsayımda bulunulmasına rağmen aslında bir nektara gidip gelen arının görevli olduğu besin kaynağı tükendiğinde bu arının kâşif arı olması da söz konusudur. Bir besinin kalitesi ne kadar yüksekse o kaynağın uygunluk değeri de o denli iyidir. Dolayısıyla YAKA ile optimum çözümün elde edilmesine çalışılır. Bu noktada algoritmayı kullanan kişinin amacı maksimizasyon ya da minimizasyon olsun nektar kalitesi çözümün uygunluk değerine denk gelmektedir(Karaboğa, 2011)

Besin kaynağı keşfinde bulunan kâşif arı bulduğu besin kaynağından kovana nektar taşımaya başlar. Kovana gelen arı nektarı boşalttıktan sonra üç olasılık söz konusudur. Bunlar; dans alanına giderek besin kaynağı ile ilgili bilgiyi diğer arılarla paylaşmak, hiç bilgi vermeden doğrudan besin kaynağına yönelmek ya da bulduğu besin kaynağını terk ederek yeniden kâşif arı olmaya devam etmektir. Kovanda bekleyen gözcü arılar da izledikleri dansa göre ilgili besin kaynağına yöneleceklerdir. YAKA ile ilgili kaba kod aşağıda yer almaktadır.

YAKA'nın adımları:

Adım 1: Rastgele besin kaynakları oluşturulur. Bu besin kaynaklarına sadık kalınarak işçi arı sayısı ve gözcü arı sayısı belirlenir. Ayrıca limit değeri de tespit edilir ve kontrol amaçlı sayaç değışkeni oluşturulur.

Adım 2: Oluşturulan bu besin kaynaklarına ait her bir besinin çözüm değeri amaç fonksiyonunun türüne göre hesaplanır.

Adım 3: Maksimum döngü sayısı belirlenerek işçi arılar besin kaynaklarına gönderilir. İşçi arılar rastgele bir besine yönelerek bu besin kaynağını işlemeye başlarlar. Besin kaynağı işlendikten sonra bu besine ait yeni besin kalitesi(çözüm değeri) hesaplanır. Elde edilen çözüm değeri önceki çözüm değerinden daha iyi ise bu besin ve besinle ilgili bilgiler hafızaya alınırlar. Eğer çözüm değerinde iyileşme sağlanırsa limit değeri sıfırlanır aksi takdirde limit değeri bir arttırılır. Limit değeri için belirli bir üst değer belirlemek algoritmanın çalıştırılması esnasında sonsuz döngüye girmeye engel olacaktır.

Adım 4: İşçi arılardan sonra gözcü arılar devreye girerler. Besinlerin uygunluk değerine göre bir besin kaynağı seçilir. Gözcü arılar bu besin kaynağı üzerinde çalışmaya başlarlar. Aynı şekilde elde edilen çözüm değeri önceki çözüm değerinden daha iyi ise bu besin ve besinle ilgili bilgiler hafızaya alınır. Eğer besin kaynağında iyileşme sağlarsa limit değeri sıfırlanır aksi takdirde limit değeri bir arttırılır. Bu safhada gözcü arılar işçi arılardan farklı olarak uygunluk değerine göre seçim yaparlar.

Adım 5: İşçi arı ve gözcü arı safhasından sonra kâşif arı devreye girer. Kâşif arı safhasının esas nedeni algoritmanın yerel minimum ya da maksimumda takılmasına engel olmaktır. Dolayısıyla elde edilmiş olan çözümü tamamıyla bozarak yani limit değerleri tamamen sıfırlanarak yeni bir çözüm değeri üretilmesini sağlar. Elde edilen çözüm değeri ile önceden hafızaya alınmış olan çözüm değeri karşılaştırılır. Bu iki çözüm değerinden iyi olanının hafızada tutulmasına devam edilir.

Adım 6: Maksimum döngü sayısı sağlanıncaya kadar işçi arı, gözcü arı ve kâşif arı safhası devam ettirilir. Durdurma kriteri sağlanınca algoritma sonlandırılır.

Yukarıda yer alan YAKA'nın adımlarından da anlaşıldığı üzere YAKA'yı dörde ayırmak mümkündür. Bunlar rastgele besin kaynaklarının üretilmesi, işçi arıların besin kaynaklarına gönderilmesi, gözcü arıların uygunluk değerine göre besin kaynağı seçmesi ve en son olarak da nektarı tükenen besin kaynağının terk edilmesidir.

ZAMAN PENCERELİ TAKIM ORYANTİRİNG

İngilizcede Orienteering olarak kullanılan kelime Türk Dil Kurumu'na Oryantiring olarak kabul edilmektedir.

Oryantiring sporu İsveç kökenli bir spordur. Oryantiring kelimesi de İsveç dilinden gelmektedir. 19. Yüzyılda askeri bir spor olarak ortaya çıkmış ve 19. Yüzyılın sonlarına doğru yaygınlaşmıştır. 1961 yılında Uluslararası Oryantiring Federasyonu kurulmuş ve Türkiye bu federasyona 2001 yılında katılmıştır(Şık, 2008).

Oryantiring genellikle dağlık veya ormanlık alan içinde oynanan bir açık hava sporudur(Chao vd., 1996).

Koşarak hedef bulma sporu da denilebilir. Daha detaylı olarak söylemek gerekirse önceden belirlenmiş olan bir başlangıç noktası ve varış noktası olan aynı zamanda belirli noktaları ziyaret ederek puan toplayıp önceden belirlenen zamanda başlanılan noktaya dönmeyi zorunlu kılan bir spordur. Oryantiring sporunun çeşitli türleri mevcuttur bazılarında başlanılan noktaya dönmek zorunlu iken bazılarında zorunlu olmamaktadır. Bazı oryantiring sporlarında amaç alınan cezaları minimize etmek iken bazılarında da toplanan puan maksimize edilmeye çalışılır. Genel itibariyle özetlemek gerekirse belirli bir hareket noktasından çıkıp önceden belirlenen noktalara zamanında ulaşmayı amaçlayan bir tür spordur. Uğranılan her noktadan puan toplanılabildiği gibi uğranılmayan her noktada da cezalandırma olabilmektedir. Gerek başlanılan noktaya dönmek zorunlu olsun gerekse de başka bir noktada bitirmek zorunlu olsun ilgili varış noktasına zamanında ulaşamadığında oyun kaybedilmiş olmaktadır.

Bu spor bireysel olarak yapılabildiği gibi birden fazla kişinin takım oluşturarak da bu sporu yapması mümkündür. Bireysel olarak yapılan literatürde Oryantiring Problemi(OP), takım halinde yapılanı da Takım Oryantiring Problemi olarak bilinmektedir(TOP). Ziyaret edilmesi gereken noktalar zaman pencereleri ile kısıtlanırsa da Zaman Pencereleri ile Takım Oryantiring Problemi yani Team Orienteering Problem with Time Windows(TOPTW) olarak bilinmektedir.

Takım halinde gerçekleştirilen oryantiring sporunda takımın her bir üyesi toplanan puanı maksimize etmek veya alınacak olan cezayı minimize etmek amacı ile başlangıç noktası ile varış noktası arasındaki uğranılması gereken bütün noktaları ziyaret etmeye çalışacaklardır. Bütün takım üyeleri başlangıç noktasından hareket etmelidir(Jin, 2012)

Takım üyelerinin her birinin ziyaret edecekleri noktaları belirlemesi gerekir. Bu ziyaretler sonunda önceden belli olan varış noktasına zamanında uğranılması zorunluluğu vardır. Takım üyesinin birinin ziyaret ettiği bir noktayı başka bir üyenin ziyaret etmesi takıma ekstra puan getirmeyeceğinden dolayı takım üyeleri birbirlerinin uğradıkları noktalara uğramamaya çalışacaklardır. Daha doğrusu ziyaret edilen bir noktanın başka bir üye tarafından ziyaret edilmesi takım açısından hem zaman hem de puan kaybı olacaktır. İşte bu duruma engel olabilmek amacı ile takım üyelerinin kendi aralarında anlaşarak hangi

üyenin hangi noktaları ziyaret edeceğine karar vermeleri gerekir. Yani toplam tur içerisinde takımın alacağı puanı maksimize etmesi için alt turların belirlenmesi gerekmektedir. Bu problem literatürde Takım Oryantiring Problemi olarak bilinmektedir.

Zaman pencereli takım oryantiring sporunda ise başlangıç noktası ile varış noktası arasındaki noktaların da her birinin kendisine ait zaman pencereleri vardır. Takım üyelerinin uğradıkları noktalardan puan kazanabilmeleri için noktanın kendisine ait olan zaman pencereleri aralığında noktaya ulaşmalıdırlar. Aynı takım oryantiring probleminde olduğu gibi zaman kısıtı altında takım oryantiring sporunda da varış noktasına belirtilen zamanda ulaşılması gerekir aksi takdirde o oyun kaybedilmiş olacaktır.

ZPTOP'da belirli sayıda merkez vardır. Her bir merkezin puanı, servis süresi ve zaman penceresi vardır. Burada zaman penceresinden kasıt problemde yer alan merkeze ait belirli bir açılış zamanının ve kapanış zamanının olduğudur. Problemde yer alan düğümleri dolaşarak puan toplamaya çalışan araçlar ve bu araçlara ait araç rotaları vardır. Araçların başlangıç noktaları ve varış noktaları aynıdır ve genellikle bir çeşit depoda son bulmaktadır. Her bir düğümde bulunan merkez en fazla bir kere ziyaret edilebilmektedir. Her bir düğüm arasındaki ziyaret sürelerinin bilindiği varsayılmaktadır. Her bir düğüme ait koordinatlar bilinmekte olup bu düğümler arasındaki uzaklıklar ilgili koordinatlar aracılığıyla hesaplanmaktadır. Düğümler arasındaki uzaklıklar yani bir düğümden başka bir düğüme varış süresi uzaklık cinsinden hesaplanmakta ve bu uzaklık, zaman birimi olarak kullanılmaktadır. Her bir rotanın uzunluğu zaman pencereleri ile kısıtlanmaktadır. İlk düğüme gidişin ve son düğümden ilk düğüme dönüşün puanı sıfırdır. Zaman kısıtlarından dolayı problemde yer alan düğümlerin hepsine uğrama zorunluluğu yoktur. Her düğüme uğrama zorunluluğu olmuş olsaydı problem Gezen Satıcı Problemi(GSP) olurdu. Ayrıca düğümler arasındaki mesafenin hesaplanmasında öklidyen uzaklık kullanılmaktadır. Bu problemde temel amaç ilgili düğümlerin zaman pencereleri aralığında ziyaret edilerek elde edilecek olan puanın maksimize edilmesidir.

Oryantiring problemi(OP) literatürde zor problem olarak geçmektedir. Takım oryantiring problemi(TOP), oryantiring probleminin(OP) bir uzantısıdır. ZPTOP ise takım oryantiring probleminin bir uzantısıdır. Hal böyle olunca zaten zor olan bir problem ilk önce takım kısıtı getirilerek zorlaştırılmış daha sonra da zaman pencereleri kısıtı getirilerek daha da zorlaştırılmıştır. Bu çalışmada takım kısıtı ile kullanılan kamyon kısıtı ifade edilmektedir.

Bütün kamyonlar belirli bir başlangıç noktasından başlamalı ve kendilerine ait rotada yer alan düğümleri dolaştıktan sonra belirtilen zaman aralığında başladıkları noktaya dönmelidirler. İlgili düğümler ziyaret edilip puan alınsa bile başlangıç noktasına zamanında varılamayan turdan hiç puan alınamamaktadır. Kamyonlar sırasıyla kendilerine ait rotada yer alan düğümlerde bulunan merkezleri ziyaret etmelidirler. Kamyonların rotalarında bütün düğümler yer almasına rağmen zaman kısıtına uymayan düğümleri ziyaret etme zorunluluğu bulunmamaktadır. Her bir merkez yalnızca bir kere ziyaret edilebilmektedir. Eğer kamyon merkezin açılış süresinden önce ilgili düğüme ulaşmışsa ilgili düğüme ait zaman penceresinde yer alan açılış zamanına kadar merkezin açılmasını beklemelidir. Zaman penceresinden önce düğüme ulaşılmışsa bekleme yapılarak bu sorun ortadan kaldırılabiliriyorken kapanış zamanından önce düğüme varılamıyorsa bu düğümden puan alınamamaktadır dolayısıyla bu düğüme uğranılmamaktadır. Burada amaç en yüksek puan getirisine sahip araç rotalarının belirlenerek puan maksimizasyonunun gerçekleştirilmesidir.

MATEMATİKSEL FORMÜLASYON

Oryantiring problemi 1984 yılında Tsiligirides tarafından "Heuristic Methods Applied to Orienteering" isimli çalışma ile literatüre kazandırılmıştır(Tsiligirides, 1984). $G=(N,A)$ ifadesinde N , başlangıç noktası 1 ve varış noktası n olan düğümler(node) kümesini ifade etmektedir($N = 1, \dots, n$), A ise yollar(arc) kümesini ifade etmektedir. Bu durumda $A = \{(i, j) : i \neq j \wedge i, j \in N\}$ A kümesi bağlantılardan oluşur demektir. $i = \{1, \dots, n\}$ ifadesinde, her düğümün kendine ait skoru s_i , servis süresi T_i ve zaman penceresi $[O_i, C_i]$ vardır. Tur sayıları kamyon sayısına(m) eşit olmalıdır. Her bir tur başlangıç noktasından başlamalı(başlangıç noktası 1) ve varış noktasında(n) tamamlanmalıdır. i düğümünden j düğüme gidiş süresi t_{ij} ile ifade edilmektedir. Her bir rota için toplam seyahat süresi önceden belirlenmiş olan varış

zamanını($T_{(max)}$) aşmamalıdır. Her ziyaret ilgili düğümün zaman pencereleri aralığında gerçekleştirilmelidir. Eğer şehre açılış zamanından önce ulaşılmışsa ilgili kamyon şehrin açılış zamanına kadar beklemek durumundadır. Her bir düğüme ait skor sadece bir kamyon tarafından toplanabilir yani aynı noktaya başka kamyonların uğraması ekstra puan kazandırmayacaktır. Dolayısıyla toplam toplanan puanı maksimize etmeyi amaçlayan zaman kısıtı altında takım oryantiring probleminin matematiksel modeli aşağıdaki gibidir(Lin, S. W., 2012 ; Vansteenwegen P., et al 2009) .

$$Max \sum_{d=1}^m \sum_{i=2}^{n-1} s_i y_{id} \quad (42)$$

Yukarıda, toplam toplanan puanı maksimize eden aynı zamanda da amaç fonksiyonu olan ifade yer almaktadır.

$$\sum_{d=1}^m \sum_{j=2}^{n-1} x_{1jd} = \sum_{d=1}^m \sum_{i=2}^{n-1} x_{ind} = m, \quad (43)$$

(2) numaralı denklem her bir turun başlangıç noktasından başlayıp varış noktasında tamamlanmasını gösteren eşitliktir.

$$\sum_{d=1}^m y_{dk} \leq 1, \quad k = 2, \dots, n-1, \quad (44)$$

(3) numaralı denklem tüm kamyonların her şehri sadece bir kere ziyaret edilebileceğini gösteren eşitliktir.

$$\sum_{i=1}^{n-1} x_{ikd} = \sum_{j=2}^{n-1} x_{kj d} = y_{kd}, \quad k = 2, \dots, n-1, \quad d = 1, \dots, m, \quad (45)$$

(4) numaralı denklem bir kamyon ziyaret ettiği bir düğümden ayrıldığında sadece kendi rotasında bulunan bir şehre gidebileceğini gösteren eşitliktir. Kısacası bu denklem ile her kamyonun sadece kendine ait rotada bulunan düğümlere gidebileceği ifade edilmektedir.

$$\sum_{i=1}^{n-1} (T_i y_{id} + \sum_{j=2}^n t_{ij} x_{ij d}) \leq T_{max}, \quad d = 1, \dots, m, \quad (46)$$

(5) numaralı denklem ile her bir tur için düğüm ziyaretleri ile ortaya çıkan zaman ile servis sürelerinin toplamı varış noktasının kapanış zamanından küçük olması gerektiğini gösteren denklemdir.

$$\alpha_{1d} = T_1 \quad d = 1, \dots, m, \quad (47)$$

(6) numaralı denklem bütün turlar için başlangıç noktasından ilk düğüme varış süresini göstermektedir.

$$\alpha_{rd} = \max \left[\left(\alpha_{(r-1)d} + \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{n-1} \begin{cases} t_{ij} x_{jid} y_{id} & \text{if } u_{id} = r \\ 0 & \text{else} \end{cases} \right), \sum_{i=1}^n \begin{cases} 0_i y_{id} & \text{if } u_{id} = r \\ 0 & \text{else} \end{cases} \right] + \sum_{i=1}^n \begin{cases} T_i y_{id} & \text{if } u_{id} = r \\ 0 & \text{else} \end{cases}, \quad r = 2, \dots, n, \quad d = 1, \dots, m, \quad (48)$$

(7) numaralı denklem d turunda r pozisyonunun varış zamanını göstermektedir yani bir düğümden hareket edip başka bir düğüm ziyaret edildiğinde ziyaret edilen şehrin zaman penceresine uyup uymadığı kontrol edilir eğer geliş zamanı ilgili düğümün zaman pencereleri aralığında ise bu süreye bir de servis süresi eklenir. Eğer düğüm ziyaret edildiğinde açılış zamanı henüz gerçekleşmediyse ilgili kamyon ziyaret ettiği düğümün açılış zamanını bekleyecektir. Yine bu durumda da düğüme ait servis süresi kadar

bekleyecektir. Aksi durumda ise yani ilgili düğümün zaman pencereleri aralığında ziyareti gerçekleştirilemezse o ziyaretten puan alınamayacağı için düğüm atlanacaktır.

$$C_i \geq \sum_{d=1}^m \sum_{r=2}^n \begin{cases} y_{id}(\alpha_{rd} - T_i) & \text{if } u_{id} = r \\ 0 & \text{else} \end{cases}, \quad i = 1, \dots, n, \quad (49)$$

(8) numaralı denklem düğümün sadece zaman pencereleri ile belirtilen zaman aralıklarında ziyaret edilebileceğini gösteren denklemdir.

$$2 \leq u_{id} \leq n, \quad i = 2, \dots, n, \quad d = 1, \dots, m, \quad (50)$$

(9) numaralı denklem, (17) ve (18) numaralı kısıtların tekrara düşmeden eş zamanlı olarak değerlendirilmesini sağlayan eşitliklerdir.

$$u_{id} - u_{jd} + 1 \leq (n-1)(1 - x_{ijd}), \quad i = 2, \dots, n, \quad d = 1, \dots, m, \quad (51)$$

(10) numaralı denklem alt turların tekrara düşmesini engelleyen eşitliklerdir.

$$x_{ijd}, y_{id} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad d = 1, \dots, m. \quad (52)$$

(11) numaralı denklem kısıtı, karar değişkeninin 0-1 tamsayı koşulunu ifade etmektedir. d turunda eğer i düğümü ziyaret edilmişse y_{id} değeri 1'e eşittir. Aksi takdirde y_{id} değeri 0'a eşit olacaktır. d turunda eğer j düğümü i düğümünden sonra ziyaret edilmişse x_{ijd} değeri 1'e eşit olacaktır. Aksi takdirde x_{ijd} değeri 0'a eşit olacaktır. u_{id} ile d turunda i 'inci yerin pozisyonu ifade edilmektedir. α_{rd} ifadesi ile d turunda r pozisyonuna varış zamanı ifade edilmektedir.

UYGULAMA VE SONUÇLAR

Test problemleri, Matlab programında YAKA kodlanarak saat vurum sıklığı 3.20 Ghz ve 2 Gb iç belleği olan Windows 7 işletim sistemli bilgisayarda çözdürülmüştür. Sınama sonuçları, literatürde yer alan daha önceki çalışmalarda elde edilen sınama sonuçları ile karşılaştırılmıştır. İlgili test problemleri internette indirilebilmektedir (Ku Leuven, 2012) Tablo 1' de **OPT** ile optimum çözüm değeri, m ile kamyon sayıları ifade edilmektedir. Righini ve Salani' ye ait olan 29 test probleminde YAKA ile elde edilen sonuçlar IYA, DKA, HTB ve YTB teknikleri ile elde edilmiş olan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu sonuçlar Shih-Wei Lin ve Vincent F. Yu tarafından 2012 yılında yapılmış olan çalışmadan alınmıştır (Lin ve Yu, 2012). YAKA ile elde edilen sınama sonuçları 100 ve 50 düğümlü problemler için en az 5'er defa çalıştırılmış olup elde edilen en iyi sonuçlar aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. 100 düğümlü sonuçlar Tablo 1'de 50 düğümlü problemler için önerilen sonuçlar ise Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 9: 100 düğümlü problemler için karşılaştırmalı sonuçlar tablosu

Problem Adı	m	OPT	IYA	DKA	HTB	YTB	YAKA
<i>c101</i>	10	1810	1720	1809	1760	1770	1590
<i>c102</i>	10	1810	1790	1810	1800	1810	1680
<i>c103</i>	10	1810	1810	1810	1810	1810	1750
<i>c104</i>	10	1810	1810	1810	1810	1810	1790
<i>c105</i>	10	1810	1770	1810	1720	1780	1610
<i>c106</i>	10	1810	1750	1810	1710	1800	1620
<i>c107</i>	10	1810	1790	1810	1760	1760	1650
<i>c108</i>	10	1810	1810	1810	1750	1770	1660



<i>c109</i>	10	1810	1810	1810	1780	1810	1730
<i>r101</i>	19	1458	1441	1456	1453	1455	1394
<i>r102</i>	17	1458	1450	1451	1452	1458	1425
<i>r103</i>	13	1458	1450	1453	1450	1455	1364
<i>r104</i>	9	1458	1402	1444	1426	1442	1398
<i>r105</i>	14	1458	1435	1450	1455	1458	1363
<i>r106</i>	12	1458	1441	1452	1451	1458	1351
<i>r107</i>	10	1458	1431	1450	1433	1452	1316
<i>r108</i>	9	1458	1430	1453	1432	1447	1350
<i>r109</i>	11	1458	1432	1448	1432	1453	1307
<i>r110</i>	10	1458	1419	1451	1441	1454	1307
<i>r111</i>	10	1458	1410	1449	1440	1444	1347
<i>r112</i>	9	1458	1418	1452	1416	1446	1345
<i>rc101</i>	14	1724	1686	1705	1703	1712	1567
<i>rc102</i>	12	1724	1659	1696	1683	1718	1554
<i>rc103</i>	11	1724	1689	1716	1700	1724	1576
<i>rc104</i>	10	1724	1719	1723	1707	1719	1552
<i>rc105</i>	13	1724	1691	1698	1698	1716	1596
<i>rc106</i>	11	1724	1665	1695	1687	1714	1522
<i>rc107</i>	11	1724	1701	1721	1709	1722	1576
<i>rc108</i>	10	1724	1698	1722	1712	1719	1591



Tablo 10: 50 düğümlü problemler için önerilen sınama sonuçları

Problem Adı	<i>m</i> =1					BEST					<i>m</i> =2					BEST					<i>m</i> =3					BEST					<i>m</i> =4					BEST				
<i>c101</i>	490	450	450	480	450	490	460	500	440	470	470	500	590	590	610	570	590	610	680	680	710	680	670	710																
<i>c102</i>	500	490	520	500	500	520	480	530	490	490	500	530	640	650	660	660	650	660	760	730	750	730	740	760																
<i>c103</i>	540	540	530	530	530	540	530	570	520	540	530	570	670	670	650	670	660	670	770	760	770	760	770	770																
<i>c104</i>	570	560	560	560	570	570	570	590	560	560	560	590	690	700	690	680	690	700	800	790	790	780	790	800																
<i>c105</i>	480	470	500	500	470	500	500	490	490	480	480	500	620	600	640	630	610	640	700	710	720	690	710	720																
<i>c106</i>	470	460	460	460	460	470	480	480	480	470	450	480	600	600	590	620	590	620	680	680	700	700	700	700																
<i>c107</i>	520	510	500	510	520	520	500	510	510	500	500	510	630	620	650	650	640	650	710	710	740	730	730	740																
<i>c108</i>	520	510	540	500	520	540	560	510	510	530	520	560	640	650	650	650	650	650	730	730	700	750	730	750																
<i>c109</i>	530	540	540	550	540	550	580	540	540	530	540	580	680	670	680	670	670	680	760	750	750	760	760	760																
<i>r101</i>	236	234	234	246	244	246	246	246	234	244	234	246	333	318	330	331	347	347	417	406	421	414	415	421																
<i>r102</i>	326	310	315	314	320	326	326	336	347	311	322	347	428	430	433	416	426	433	499	494	480	502	499	502																
<i>r103</i>	353	337	328	351	340	353	353	349	331	328	348	353	443	454	468	466	469	469	517	535	543	543	531	543																
<i>r104</i>	362	372	364	367	355	372	391	369	382	366	380	391	499	491	475	488	493	499	551	581	582	584	554	584																
<i>r105</i>	284	284	284	270	284	284	284	279	284	284	269	284	399	380	374	379	383	399	508	488	474	463	467	508																
<i>r106</i>	327	360	341	346	360	360	354	355	342	345	354	355	430	427	436	477	438	477	513	538	535	546	540	546																
<i>r107</i>	362	355	355	332	361	362	366	358	352	375	352	375	488	461	459	477	464	488	554	588	547	560	566	588																
<i>r108</i>	366	350	362	373	382	382	382	405	395	362	359	405	490	476	499	504	482	504	561	591	569	584	583	591																
<i>r109</i>	327	332	329	324	327	332	332	324	313	312	326	332	454	424	440	440	437	454	530	518	522	540	521	540																
<i>r110</i>	343	348	349	338	342	349	341	353	340	347	367	367	454	449	451	454	448	454	533	523	537	520	526	537																
<i>r111</i>	349	342	377	360	349	377	356	369	365	361	348	369	482	476	465	449	448	482	555	562	567	547	580	580																
<i>r112</i>	372	362	354	344	387	387	369	366	379	377	372	379	491	493	480	493	492	493	559	563	577	576	566	577																
<i>rc101</i>	350	360	340	340	360	360	360	360	350	350	350	360	500	530	470	500	510	530	660	610	620	610	630	660																
<i>rc102</i>	410	380	400	390	370	410	390	400	370	400	390	400	560	560	540	540	560	560	670	660	700	670	690	700																
<i>rc103</i>	420	430	430	410	440	440	420	420	410	420	430	430	600	580	590	580	620	620	710	760	700	720	700	760																
<i>rc104</i>	460	440	450	440	450	460	470	460	440	460	440	470	630	600	610	620	630	630	730	740	740	760	710	760																
<i>rc105</i>	370	380	360	370	370	380	390	390	380	360	390	390	540	530	500	510	560	560	630	700	670	680	610	700																
<i>rc106</i>	390	390	390	390	380	390	390	400	390	390	400	400	560	550	550	530	540	560	670	700	690	690	710	710																
<i>rc107</i>	430	420	430	420	430	430	430	440	400	390	440	440	570	590	560	580	560	590	700	710	730	700	750	750																



Suleyman Demirel University, Department of Econometrics



rc108 440 460 440 440 450 460 440 460 450 460 430 460 580 620 590 600 630 630 730 720 730 730 690 730

Righini ve Salani' ye ait olan test problemlerinden 9 tanesi *c_100* isimli, 12 tanesi *r_100* isimli ve 8 tanesi ise *rc_100* isimli problemlerdir. 100 düğümlü problemler için elde edilen ortalama sınama sonuçları Tablo 3' te verilmiştir.

c_100 isimli problemler için elde edilen ortalama sınama sonuçlarının, IYA yönteminde 1784,4, DKA yönteminde 1809,9, HTB yönteminde 1766,7, YTB yönteminde 1791,1 şeklinde olduğu görülmektedir. YAKA yöntemi ile elde edilen sonuçların ortalaması ise 1675,6'dır. Bu noktada en başarılı yöntemin DKA yöntemi olduğunu söylemekle birlikte YAKA yöntemi ile elde edilmiş olan sınama sonuçları da oldukça iyidir.

r_100 isimli problemler için elde edilen ortalama sınama sonuçlarının, IYA yönteminde 1429,9, DKA yönteminde 1450,7, HTB yönteminde 1440,1, YTB yönteminde 1451,8 şeklinde olduğu görülmektedir. YAKA yöntemi ile elde edilen sonuçların ortalaması ise 1355,8'dir. Bu noktada en başarılı yöntemin YTB yöntemi olduğunu söylemekle birlikte YAKA yöntemi ile elde edilmiş olan sınama sonuçlarının da iyi olduğu söylenebilir.

rc_100 isimli problemler için elde edilen ortalama sınama sonuçlarının, IYA yönteminde 1688,5, DKA yönteminde 1709,4, HTB yönteminde 1699,9, YTB yönteminde 1718,0 şeklinde olduğu görülmektedir. YAKA yöntemi ile elde edilen sonuçların ortalaması ise 1566,8'dir. Bu noktada en başarılı yöntemin SSA yöntemi olduğunu söylemekle birlikte ABC yöntemi ile elde edilmiş olan sınama sonuçlarının da iyi olduğu söylenebilir.

Tablo 11: 100 düğümlü problemlere ait ortalama sınama sonuçları

Problem	IYA	DKA	HTB	YTB	YAKA
<i>c_100</i>	1784,4	1809,9	1766,7	1791,1	1675,6
<i>r_100</i>	1429,9	1450,7	1440,1	1451,8	1355,8
<i>rc_100</i>	1688,5	1709,4	1699,9	1718,0	1566,8

50 düğümlü problemler için YAKA ile elde edilen ortalama sınama sonuçları ise Tablo 4'teki gibidir.

Tablo 12: 50 düğümlü problemler için ortalama sınama sonuçları

Problem	m=1	m=2	m=3	m=4
<i>c_100</i>	519	530	650	744
<i>r_100</i>	358	367	474	558
<i>rc_100</i>	413	414	575	705

50 düğümlü problemler için önerilen sınama sonuçlarının diğer yöntemlerle elde edilecek olan sınama sonuçlarının ilerleyen çalışmalarda karşılaştırılması uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

- Baştürk B., Karaboğa D.,(2006), An Artificial Bee Colony (Abc) Algorithm for Numeric Function Optimization
- Chao M., Golden B. L., Wasil E. A.,(1996), The team orienteering problem
- Cura Tunçhan,(2008), Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları, Papatya Yayınevi
- Çelik M., Karaboga D., Köylü F.,(2011), Artificial bee colony data miner (abc-miner)
- Çobanlı S., Öztürk A., Güvenç U., Tosun S.,(2010), Active power loss minimization in electric power systems through artificial bee colony algorithm
- Karaboga D., Basturk B.,(2007b), Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for Solving Constrained Optimization Problems,s
- Karaboğa D., Akay B., Öztürk C., (2007d), Artificial Bee Colony Optimization Algorithm for Training Feed-Forward Neural Networks
- Karaboğa D., Akay B.,(2007e), Artificial Bee Colony Algorithm on Training Artificial Neural Networks
- Karaboğa D., Basturk B.,(2007a), A Powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (abc) Algorithm,
- Karaboğa D., Baştürk B.,(2007c), On the Performance of Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm
- Karaboğa D., Görkemli B., Öztürk C., Karaboğa N.,(2012), A Comprehensive Survey: Artificial Bee Colony Algorithm and Applications
- Karaboğa D.,(2005), An Idea Based on Honey Bee Swarm for Numerical Optimization
- Karaboğa D.,(2011), Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, Nobel Yayın Dağıtım, Genişletilmiş 2. Basım
- Kurban T., Beşdok E.,(2009), A comparison of rbf neural network training algorithms for inertial sensor based terrain classification
- Lee W. P., Cai W. T.,(2011) A novel artificial bee colony algorithm with diversity strategy
- Li Jin,(2012), Research on team orienteering problem with dynamic travel times
- Mandal S. K., Chan F. T. S., Tiwari M. K.,(2012), Leak detection of pipeline: An integrated approach of rough set theory and artificial bee colony trained svm
- Mansouri P., Asady B., Gupta N.,(2012), An approximation algorithm for fuzzy polynomial interpolation with ArtificialBee Colony algorithm
- Marinakis Y., Marinaki M., Matsatsinis N.,(2009), A hybrid discrete artificial bee colony grasp algorithm for clustering
- Quan H., Shi X.,(2008), On the Analysis of Performance of the Improved Artificial-Bee-Colony Algorithm
- Rao R. S., Narasimham S. V. L., Ramalingaraju M.,(2008), Optimization of Distribution Network Configuration for Loss Reduction Using Artificial Bee Colony Algorithm
- Raymond C.,(2009), Studies in Computational Intelligence, Nature Inspired Algorithms for Optimisation, Volume 193
- Reeves C. R.,(1995), Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems, Mcgraw Hill Book Co Ltd



Shih-Wei Lin, Vincent F. Yu,(2012), A simulated annealing heuristic for the team orienteering problem with time windows

Şık Ecir,(2008), Orienteering Problemi için Sezgisel Bir Yaklaşım ve Örnek Uygulamalar, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tez

Tsai P. W., Pan J. S., Shi P., Liao B. Y.,(2010), A new framework for optimization based on hybrid swarm intelligence

Tsiligirides, (1984),Heuristic Methods Applied to Orienteering

Vansteenwegen P., Souffriau W., Berghe G.V., Van Oudheusden D., A.,(2009), Guided Local Search Metaheuristic for the Team Orienteering Problem

Ku Leuven,(2014) <http://www.mech.kuleuven.be/en/cib/op>, (Erişim Mart 2014)