



## KESİKLİ HARMONİ ARAMA ALGORİTMASI İLE OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ: LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Mehmet Cabir AKKOYUNLU<sup>1</sup>, Orhan ENGİN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, KONYA

<sup>1</sup>[mehmetcabira@hotmail.com](mailto:mehmetcabira@hotmail.com), <sup>2</sup>[orhanengin@yahoo.com](mailto:orhanengin@yahoo.com)

**ÖZET:** Genellikle optimizasyon problemlerinde kullanılan değişkenlerin sürekli değişkenler olduğu kabul edilmektedir. Ancak gerçek hayatta çoğu problemin değişkenleri kesikli veya tam sayı değişkenler şeklindedir. Optimizasyon problemlerinde kesikli tam sayı değişkenlerin dikkate alınmasıyla karmaşıklık daha fazla artmaktadır. Bu tür karmaşık problemlerin çözümünde az da olsa çeşitli yöntemler mevcuttur.

Bu çalışmada bir müzik eserinde oluşan harmoniden esinlenilerek geliştirilen Harmoni Arama Algoritması ve henüz yeni bir uygulaması olan Kesikli Harmoni Arama Algoritması ile ilgili yapılan araştırmalar incelenmiştir. Kesikli Harmoni Arama Algoritması kullanılarak optimizasyon problemlerinin çözümü bu konuda bir alternatif sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Harmoni Arama, Kesikli Harmoni Arama, Metasezgisel Yöntemler, Optimizasyon.

### Optimization Problems Solving with Using of Discrete Harmony Search Algorithm: A Review

**ABSTRACT:** It is usually assumed the variables which are used in the optimization problems are continuous variables. However, the variables have discrete or integer values in many real life practices. Considering discrete integer variables in the optimization problems makes the problems more complex. There are few methods to solve these type of problems.

The Harmony Search Algorithm inspired by improvisation of musical harmony and a recent variant of it, The Discrete Harmony Search Algorithm were investigated. It is thought that The usage of the Discrete Harmony Search Algorithm is going to provide a good alternative to solve the optimization problems.

**Keywords:** Discrete Harmony Search, Harmony Search, Metaheuristic Methods, Optimization

#### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Optimizasyon, hemen her alanda kullanılan bir kavram olup, kazancı maksimum ve maliyeti minimum yapmayı amaçlamaktadır. Optimizasyon için bir çok yöntem kullanılabilir. Eğer kullanılan yöntem, belirli bir probleme her uygulandığında aynı sonucu veriyorsa, bu tür yöntemlere deterministik yöntemler denir. Deterministik yöntemler, genellikle en iyi bir tek çözümü bulmak için kullanılırlar. Deterministik yöntemler, bazı problemlerin çözümü için

mümkün olmayabilmekte veya çok zaman ve maliyet gerektirebilmektedir. Bu tür problemlerde deterministik olmayan yöntemlerin kullanımı başarılı olabilir.

Deterministik olmayan yaklaşımlar, aynı başlangıç durumu için farklı sonuçlar verebilmekte, ancak en iyi olmasa da kabul edilebilir bir sonuca belirli bir süre sonunda ulaşabilmektedirler. Metasezgisel yöntemler, deterministik olmayan yöntemlerdir ve en iyi çözümü garanti etmemekle birlikte, denenmesi

gereken olasılıkların çok fazla olduğu durumlarda daha az deneme ile kabul edilebilir seviyede iyi bir çözüm bulmaktadırlar.

Bir sistemin birden fazla mümkün çözümleri olabilir. Bunlardan bazıları diğerlerinden daha iyi olabilir. Bu nedenle, bu alternatif tasarımları karşılaştıracak bir kriter olmalıdır.

Pek çok optimizasyon algoritması bulunmaktadır. Ancak bu metotların çoğu belirli bir tür problemin çözümü için geliştirilmiş yöntemlerdir. Bu nedenle, optimizasyon probleminin çözümüne yönelik gerekli metodun seçimi için, optimizasyon probleminin türünün belirlenmesi önemlidir.

## 2. METASEZGİSEL YÖNTEMLER (METAHEURISTIC METHODS)

Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerin birçoğunda, problemin çözüm uzayı sonsuzdur veya tüm çözümlerin değerlendirilemeyeceği kadar geniştir. Sezgisel metotlar bu sorunun ortadan kaldırılması, kabul edilebilir bir zaman diliminde iyi bir çözümün bulunması amacı ile geliştirilmiş tekniklerdir. Böyle problemler için kabul edilebilir bir sürede çözümlerin değerlendirilmesiyle; aslında tüm çözüm uzayında bazı çözümlerin değerlendirilmesi aynı anlama gelmektedir. Bazı çözümlerin neye göre ve nasıl seçileceği ise sezgisel tekniğe göre değişiklik göstermektedir (Cura, 2008).

Sezgisel modeller çoğunlukla "NP Hard" olarak bilinen "Zor" problemlerin çözümü için geliştirilmiş optimizasyon teknikleridir. Bu modellerin kullanımı son yıllarda giderek artmakta ve mevcut tekniklere yenileri eklenmektedir. Bu modeller, çözüm uzayının tamamını aramadıkları için optimum çözümü garanti edememektedirler, bununla birlikte kabul edilebilir iyilikte bir çözümü, kısa zamanda bulmaktadırlar.

Literatürde çokça çalışılan sezgisel tekniklerden bazıları; Yapay Sinir Ağları, Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Tavlama Benzetimi, Tabu

Arama, Parçacık Sürü Optimizasyonu olarak sıralanabilir. Bunlara nazaran daha yeni veya daha az çalışılan metasezgisellerden bazıları da; Arı Kolonisi Algoritması, Harmoni Arama Algoritması (HAA), Kanguru Algoritması olarak sıralanabilir.

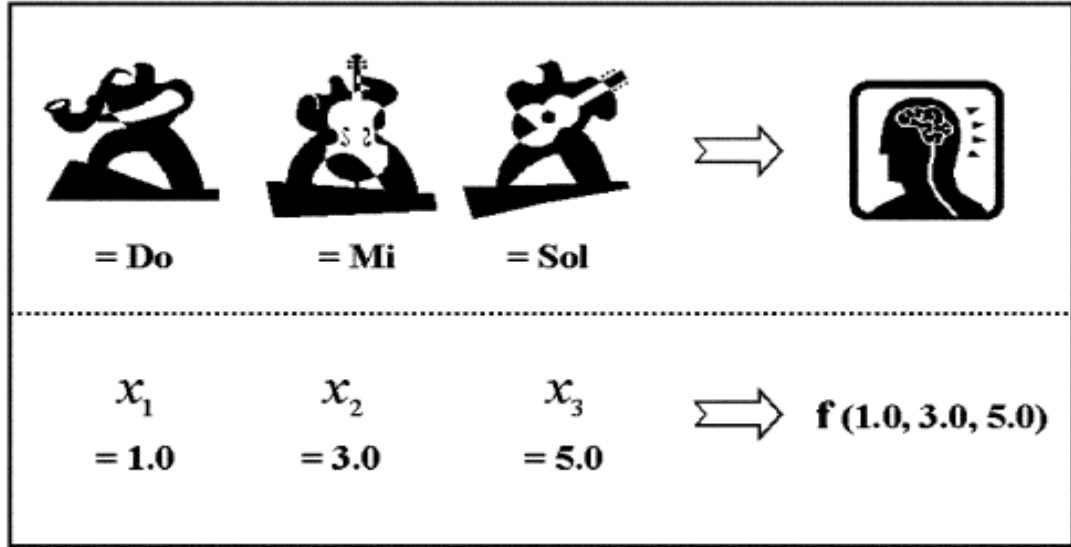
Bu araştırmada, son dönemlerde gelişim gösteren sezgisel bir model olan, Kesikli Harmoni Arama Algoritması (KHAA) modelinin optimizasyon problemlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu yöntemle ilgili olarak daha geniş bilgi sonraki kısımlarda sunulmuştur.

## 3. HARMONİ ARAMA VE KESİKLİ HARMONİ ARAMA METODU (HARMONY SEARCH AND DISCRETE HARMONY SEARCH METHODS)

### 3.1 Harmoni Arama Algoritması, HAA (HARMONY SEARCH ALGORITHM)

Sezgisel ve metasezgisel yöntemler optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu problemlerde uygulanan metodun performansı, minimum toplam tamamlanma zamanına, katlanılabilir hesaplama sürelerinde erişebilmesiyle değerlendirilir. Yani yalnızca toplam tamamlanma zamanının kısalığı değil, aynı zamanda hesaplanma süresinin kısalığı da istenmektedir.

Müzik geliştirme esnasında her bir sanatçı enstrümanının akordunu yaparak mümkün ses aralıkları dâhilinde icra yapar ve birlikte bir harmoni vektörü oluştururlar. Eğer oluşturulan akortlar güzel bir harmoni sağlamışsa her sanatçının hafızasında bu harmoni depolanır. Bunu mühendislik problemine uygularsak; başlangıçta her bir değişkenin başlangıç değeri mümkün aralıklar dahilinde seçilir, birlikte bir çözüm vektörü oluştururlar ve eğer iyi bir sonuç elde edilmişse değişkenin hafızasında depo edilir. En kötü harmoni hafızadan çıkarılır. Ayrıca her bir adımda bulunan sonuç geliştirilmeye çalışılır (Lee ve Geem, 2004).



Şekil 1. Müzik geliştirme ve mühendislik optimizasyonu arasındaki bağlantı (*Relationship between music improvement and engineering optimisation*) (Lee ve Geem, 2005).

Müzik icrası sırasında müzisyenler bir takım notaları değiştirirler, eğer yapılan değişiklik daha güzel bir harmoni sağlıyorsa harmoni hafızasına alınır. Optimizasyon problemleri için ise atanan her bir değişken için değişiklikler söz konusudur, yapılan değişiklik başarı sağlıyorsa çözüm hafızasına alınır ve harmonideki en kötü çözüm de çıkarılır. Bir müzisyen harmoni oluştururken şu üç kuralı uygular:

1. Hafızasındaki bir akordu çalar.
2. Hafızasındaki akordun bir komşu akordunu kullanır.
3. Mümkün olan ses aralıkları dahilinde rastgele bir seçim yapar.

Bu sıralamayı aynı şekilde optimizasyon problemine aşağıdaki gibi uygulamak mümkündür(Lee ve Geem, 2005);

1. Hafıza karşılıkları da denilen Harmoni Hafızasından (HH) herhangi bir değer seçilebilir.
2. Mümkün olan aralıktaki bir değer komşu değeri seçilebilir. ( Bu adım Ayar düzeltmesi (Akort ayarı) olarak da adlandırılmaktadır.)
3. Mümkün olan rastgele bir seçim yapılabilir.

HAA son zamanlarda geliştirilmiş olan sezgisellerden birisidir. Temel olarak HAA,

harmonideki en kötü vektör ile güncelleme operatörü kullanılarak kıyaslanır. Aday vektör kıyaslamalarla güncellenir. Bu optimizasyon süreci belirlenmiş bitirme kriteri sağlanana kadar tekrar ettirilir. Basitliği ve uygulama kolaylığı nedeniyle HAA bir çok optimizasyon problemi için dikkat çekicidir (Geem ve ark., 2001). Genel olarak Harmoni arama prosedürü 5 adımdır:

*Adım 1.* Optimizasyon problemi ve algoritma parametrelerinin başlatılması

*Adım 2.* Harmoni hafızasının başlatılması

*Adım 3.* Yeni harmoninin geliştirilmesi

*Adım 4.* Harmoni hafızasının güncellenmesi

*Adım 5.* Bitirme kriteri sağlanmadıysa 3. ve 4. Adımların tekrar edilmesi.

### 3.2. Kesikli Harmoni Arama Algoritması, KHAA (DISCRETE HARMONY SEARCH ALGORITHM)

Temel HAA sürekli yapıdadır. Kesikli çözümler için doğrudan uygun iş permutasyonları üretmesi mümkün değildir. Bu nedenle KHAA geliştirilmiştir.

### 3.2.1. Harmoni hafızasının başlatılması (Initialization of Harmony Memory)

Nawaz ve ark. (1983) NEH sezgisellerinin geleneksel iş çizelgeleme problemleri için en etkili sezgiselleden biri olduğunu ifade etmiştir. İş çizelgeleme problemlerinde temel anlayış, toplam işlem süresi uzun olan işlerin, diğer kısa süreli işlere göre etkinlik açısından yüksek önceliğe sahip olduğu şeklindedir. Ancak iş akış tipi çizelgelemede sınırlı kısıtlamalar nedeniyle, Minimum Sınırlamalı Gecikme (MSG) sezgiseli, NEH sezgiselinden daha iyi sonuçlar vermiştir (Han ve ark., 2010).

Han ve ark. (2010) MSG sezgiselini dikkate alarak başlangıç permutasyonlarının oluşturulması ve başlangıç prosedürünü aşağıdaki gibi açıklamıştır:

*Adım 1:* MSG kullanılarak harmoni üretilir ve Harmoni hafızasına alınır.

*Adım 2:* Çözüm uzayında rastgele bir harmoni üretilir. Eğer üretilen harmoni Harmoni Hafızasındaki var olan harmonilerden farklıysa Harmoni Hafızasına alınır; değilse dikkate alınmaz.

*Adım 3:* Harmoni Hafızası, Harmoni Hafızası Boyutu Bireylerine (HHBB) sahip oluncaya kadar Adım 2 tekrar edilir.

### 3.2.2. Yeni harmoni vektörünün geliştirilmesi

(Improvisation of a New Harmony Vector)

Gelişim tablosu, önemsiz sırayla başlar ve hafıza hesaplama (karşılık) kuralı, ayar düzeltme kuralı ve kontrol parametreleri tarafından,  $X_{yeni}$  üretilir (Harmoni hafızası değiştirme oranı-Ayar Düzeltme Oranı).  $Q=\{1,2,\dots,n\}$  çizelgenmemiş iş sırasını göstermektedir.

$\pi^k=\{\pi^k(1), \pi^k(2), \dots, \pi^k(n)\}$  karşılıklı iş kümesidir. Bu bilgiler doğrultusunda geliştirme prosedürü aşağıdaki gibi oluşturulur (Han ve ark., 2010):

$J=1$  den  $n'$  ye kadar

1. Rastgele bir değer seçilir
2. Değer Harmoni Hafızasında var mı kontrol edilir?
3. Yoksa yeni X değeri seçilen rastgele değer olur.

4. Hafızaya alınır ve  $Q$  ve  $\pi^k$  kümesinden çıkarılır.
5. ADO uygulanır.
6. Operatör değiştirilir.
7. Bitirme şartı sağlanınca işlem biter (Han ve ark., 2010).

### 3.2.3. Komşuluk Ekleme Dayalı Yerel Arama (Local Search Based on Neighbourhood)

KHAA' da, gelişim yeteneğinin artırılabilmesi için yerel arama prosedürü gerekli bir şarttır.

$\pi^k = \{\pi^k(1), \pi^k(2), \dots, \pi^k(n)\}$  kümesi şimdiye kadar elde edilmiş en iyi iş sırası kümesini göstermiş olsun. Yerel arama prosedürü aşağıdaki gibi tanımlanır (Gao ve ark., 2011; Han ve ark., 2010);

*Adım 1:*  $i=1$  varsayılır.

*Adım 2:* X yeni permutasyonunda  $\pi^k$  i işi bulunur ve çıkarılır.

*Adım 3:*  $\pi^k$  i işi  $X_{yeni}$  permutasyonunda farklı bir konuma yerleştirilir. Mümkün olan tüm yerleştirmeler hesaba katılır ve elde edilen en iyi  $\pi^*$  sırası yazılır. Eğer  $\pi^*$  sırası  $X_{yeni}$  den daha iyi ise  $X_{yeni} = \pi^*$  kabul edilir.

*Adım 4:*  $i=i+1$  olduğunda eğer  $i \leq n$  ise Adım 2'ye gidilir.

*Adım 5:*  $X_{yeni}$  permutasyonu Adım 1'den Adım 4'e kadar geliştirildiğinde, Adım 1'e gidilir, yoksa çıktı şimdiki  $X_{yeni}$  permutasyonudur.

## 4. OPTİMİZASYON PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜNDE HARMONİ ARAMA ALGORİTMASI UYGULAMALARI (OPTIMIZATION PROBLEMS SOLVING APPLICATIONS WITH USING OF DISCRETE HARMONY SEARCH ALGORITHM)

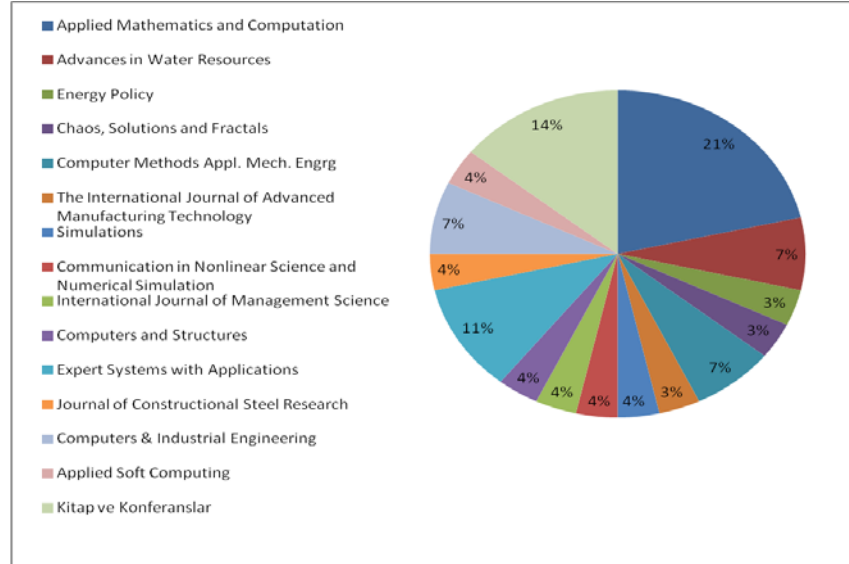
Optimizasyon alanındaki birçok yayına rağmen, HAA ve KHAA ile ilgili olarak yapılan çalışma sayısı sınırlı sayıdadır. Özellikle de KHAA son yıllarda geliştirildiği için çok az sayıda araştırma mevcuttur. HAA ile ilgili yapılan literatür çalışmaları kronolojik sıraya aşağıda sunulmaktadır. Ayrıca çalışmaların yayınlanmış olduğu dergilerin yüzdesel olarak gösterildiği pasta grafiği Şekil 2' de sunulmuştur.

Geem ve ark. (2001) müzik geliştirme üzerine temellen bir harmoni arama mantığını optimizasyon problemleri üzerine

uygulamışlardır. Temel olarak HAA, harmoni vektörlerinden rastgele bir biçimde başlangıç popülasyonu oluşturulması ve bu hafıza vektörünün geliştirilmesi mantığıyla çalıştırılmıştır.

Lee ve Geem (2004) HAA' ya dayanan bir optimizasyon yöntemi kullanmışlardır. HAA'

da, müziğin birimleri arasındaki uyumun, arama sürecine uygulanması kavramsallaştırılmıştır. Bu yöntemde ilk başta bir başlangıç değerine gerek duyulmamıştır, ardışık arama yerine, rastgele arama kullanılmış ve türetilen bilgilerin gereksiz olduğu söylenmiştir.



Şekil 2. İncelenen çalışmaların yayınlandığı dergilerin yüzdesel dağılımı (*Percentage distribution of journal which the analyzed studies published on*)

Mahdavi ve ark. (2007), optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilmiş bir harmoni arama yöntemi önermişlerdir. Bu metod, HAA' nın yaklaşma oranı ve düzgünlüğünün artırılmasıyla türetilmiştir. Çalışmada, HAA için seçilen parametreler tartışılmış ve bu parametreler için stratejiler sunulmuştur. Önerilen metodun, standart optimizasyon problemlerindeki başarısı ve çeşitli kıyaslamaları çalışmada sunulmuştur.

Ayvaz (2007), yer altı Piezometrik gözlemlerin verilen bir kümesine dayanarak, parametrelerin bölge yapısının ve akifer parametrelerinin tanımlandığı bir ters çözüm algoritması önermiştir. Bölge yapısı tanımlama probleminde bulanık ortalama kümeleme yöntemi kullanmıştır. Optimizasyon tekniği olarak HAA kullanarak problemi çözmüştür.

Omran ve Mahdavi (2008) küresel en iyi harmoni arama adlı çalışmada, parçacık mantığından esinlenerek harmoni aramayı geliştirmeye çalışmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada önerdikleri metodu 10 farklı örnek çözümü ile diğer harmoni arama örnekleriyle

kıyaslamışlar ve genellikle daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Küresel en iyi harmoni arama parametrelerini analiz etmişlerdir ve tam sayılı programlama deneme problemlerinde test etmişlerdir. Önerdikleri metodun harmoni arama problemleri için etkin bir alternatif olduğunu sunmuşlardır.

Fesanghary ve ark. (2008) mühendislik optimizasyon problemlerini çözmeye, sürekli dizayn değişkenlerinin kullanıldığı bir hibrid HAA kullanmışlardır. Harmoni arama algoritmalarının başarılı sonuçlar bulmalarına rağmen yerel arama konusunda hala yetersiz olduğunu vurgulayan araştırmacılar, bu konuda Sıralı Dörtlü Programlama kullanarak yerel arama adımını hızlandırmışlardır. Yapılan örnek çalışmada ise önerdikleri yöntemin sonuçlarını sunmuşlardır.

Geem (2008), öncelikle harmoni arama çalışmalarında genellikle sürekli değişkenlerin kullanıldığını, ancak günlük yaşamda verilerin daha çok kesikli olduğunu vurgulamış ve gerçekçi tasarım durumlarını hesaba katmak için

“kesikli tasarım değişkenleri için yeni türetilmiş harmoni arama algoritması” geliştirmiştir.

Ceylan ve ark. (2008) HAA kullanarak taşıma enerjisi talebi hesaplayan yeni bir metot önermişlerdir. Nüfus, yurt içi üretim ve araç kilometrelerini girdi olarak almışlardır. Oluşturulan modelin sonuçlarını, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın verileriyle karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, önerilen HAA'nın, enerji modellemede kullanılabileceğini göstermiştir.

Saka (2009) BS 5950 için performans sınırları ve davranışlarını kullanarak optimum dizayn algoritması geliştirmiştir. Kiriş ve kolonlar için hesaba katılan güç sınırları, yanal burulma burkulma olarak dikkate alınmıştır. Uygun malzemenin tasarımının optimum ağırlıkta seçimine karar vermede HAA kullanılmıştır.

Coelho ve Bernert (2009) farklı ilk şartlardaki, iki özdeş kesikli kaotik sistemin senkronizasyonu için, geliştirilmiş HAA'ya dayanan, Orantılı Bütünleşik Türetilmiş Kontrolcüler konusunu araştırmışlardır.

Ayvaz (2009) çalışmasında simülasyon modeli olarak üç boyutlu farklı yer altı suyu kaynakları akış modeli geliştirmiştir. Sonra bu modeli HAA ile bütünleştirmiştir. Sonuçları çeşitli yer altı suyu yönetimi problemleri ile test etmiştir.

Alataş (2010) “Kaotik harmoni arama algoritmaları” çalışmasında karakteristiklere yaklaşmayı geliştirmek için parametrelerin adaptasyonunda, kaotik haritalandırmayı kullanmıştır. Bu yöntemin sürecin yerel arama noktalarında sıkışıp kalmasını önlediğini savunmuştur. Bunun için kaotik numara üreticisi kullanmıştır. Yapılan kıyaslamalı çalışmalar sonucunda bazı metotların çözüm kalitesini, bazılarının ise küresel arama kabiliyetini artırdığını gözlemiştir.

Wang ve ark (2010) akış tipi çizelgelemede, toplam akış zamanını minimize etmede, hibrid arama algoritması, hibrid küresel en iyi arama algoritması ve hibrid değiştirilmiş küresel en iyi arama algoritması olmak üzere üç hibrid HAA geliştirmişlerdir. Yaptıkları uygulamalar sonucunda hibrid değiştirilmiş küresel en iyi arama algoritmasının, iş çizelgelemede toplam akış zamanı kriterine bağlı

problemlerin çözümünde etkinliğini sunmuşlardır.

Geem ve Sim (2010) “Parametre ayarı gerektirmeyen harmoni arama algoritması” adlı çalışmalarında Genetik Algoritma, Tabu Araması, Karınca Koloni Optimizasyonu ve Parçacıklı Sürü Optimizasyonu gibi yöntemlerde gerekli olan parametre ihtiyacına değinmişlerdir. Çalışmada daha başarılı sonuçlar için bu parametrelerin seçimine özen göstermek gerektiğinden bahsetmişlerdir. Deneyim gerektiren bu parametrelili sistem yerine, harmoni hafızasında her değişken için operasyon tipi içeren ek bir matris önerisi sunmuşlardır.

Jaberipour ve Khorram (2010) sürekli tasarım değişkenleri için iki farklı yeni harmoni arama yöntemi önermişlerdir. İlk algoritma yeni bir aralık genişliği tanımlayan harmoni aramadır. İkincisi, ilk algoritmanın yaklaşma oranını ve başarı düzgünlüğünü geliştirmiş bir HAA'dır. Bazı matematiksel fonksiyon minimizasyon problemleri ve bazı mühendislik optimizasyon problemlerinin çözümü bu algoritmalarının etkinliğini ve yeterliliğini göstermiştir.

Zou ve ark. (2010a) parçacıklı sürü optimizasyon yönteminin sürü zekâsından ilham alarak, güvenilirlik problemlerinin çözümü için yeni bir HAA önermişlerdir. Önerilen metot pozisyon güncelleme ve küçük olasılıklarla genetik mutasyon olmak üzere iki önemli aşamadan oluşturulmuştur. İteratif olarak harmoni hafızası bir sonraki küresel en iyi sonuçla optimum değeri bulmaktadır.

Zou ve ark. (2010b) iş atama problemlerinde ara işlemci iletişiminin toplamını ve bazı kısıtlı kaynaklar için işlem maliyetlerini minimize etmek için iş atama problemlerinde yeni bir küresel HAA kullanmışlardır.

Pan ve ark. (2010a) sürekli optimizasyon problemlerinin çözümü için kendinden adaptif küresel en iyi harmoni arama algoritması önermişlerdir. Önerilen algoritmada elde var olan verilerden yeni harmoniler üretmek için yeni bir geliştirme şeması sunmuşlardır. Harmoni hafızası durumu oranı ve aşama ayar oranı dinamik olarak öğrenen mekanizmalar yardımıyla değiştirilmiştir. Mesafe genişliği ilk aşamalarda iyi sonuç arama ile düzenlenmiş ve

son aşamalarda arama süreçlerinden yararlanılmıştır.

Han ve ark. (2010) akış tipi çizelgeleme problemlerinde tamamlanma zamanı minimizasyonu amacı için KHAA kullanmışlardır. Önerilen hibrid KHAA, kesikli iş permutasyonlarını, harmonileri göstermekte kullanmıştır ve yeni harmoniler üretmek için iş permutasyonuna dayalı geliştirme tablosuna başvurmuştur. Hesaplamalar ve simülasyonlar sonucu elde edilen sonuçlar önerilen algoritmanın sınırlı iş akış çizelgeleme problemlerinin çözümünde tamamlanma zamanı kriteri için etkili ve verimli olduğunu göstermiştir.

Pan ve ark. (2010b) yeni bir KHA algoritması kullanarak, sıralı bağımlı kurulum zamanları için yüklemelerin bölündüğü akış tipi çizelgelerde tamamlanma zamanı minimizasyonu yapmışlardır. Geleneksel HAA' dan farklı olarak iş permutasyonlarını harmonileri göstermekte ve iş permutasyonlarına dayalı geliştirilmiş harmoniler üretmekte kullanmışlardır. Algoritmanın arama kabiliyetini yükseltmek için yeni performans yükseltmeli sezgisel (NEH metodu) üzerine temellenen etkili bir başlangıç şeması oluşturmuşlardır.

Gao ve ark. (2011) beklemez akış tipi çizelgeleme problemlerinde, toplam akış zamanını minimize eden KHAA geliştirmişlerdir. Kesikli iş permutasyonlarıyla kurulan bir harmoni kurulmuş, NEH metodu ile harmoni geliştirilmiştir. Yeni aşama ayarı kuralı uygulanarak yeni harmoni üretimi geliştirilmiştir. Algoritmanın yerel faydalanma yeteneğini geliştirmek için yerel arama kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar ve kıyaslamalar metodun başarısını vurgulamıştır.

Wang ve ark. (2011) sınırlı permutasyon akış tipi çizelgeleme problemlerinde, tamamlanma zamanı kriteri için, hibrid modifiye küresel en iyi harmoni arama algoritması kullanmışlardır. Öncelikle En Büyük Pozisyon Değeri (EBPD) kuralı sürekli harmoni vektörlerini, iş permutasyonlarına dönüştürmekte kullanılmıştır. Etkili başlama tablosu NEH metodu uygulanarak oluşturulmuştur. Yeni keşifler uygulayarak harmoni hafızasındaki harmoni vektörleri

geliştirilmiştir. Ayrıca yeni bir aşama ayarı kuralı, küresel en iyi harmoni vektöründen temel alınarak geliştirilmiştir.

Pan ve ark. (2011) eş boyutlardaki kesikli akış durumunda akış tipi çizelgeleme problemlerinde dinamik alt harmoni hafızası algoritması ve yerel en iyi arama algoritmasını kullanarak, toplam ağırlıklandırılmış erken bitme ve gecikme hatalarını minimize etmeyi önermişlerdir. Öncelikle problemi, HAA' ya uygun hale getirmek için değer sıralaması kuralı uygulayarak sürekli harmoni vektörlerini kesikli iş sıralarına dönüştürmüşlerdir. Daha sonra NEH algoritması kullanarak etkili başlangıç şemasını oluşturmuşlardır. Sonraki aşamada alt harmoni hafızalarını birçok alt gruba bölerek çeşitliliği artırmışlardır. Alt harmoni hafızaları vektörlerinden yeni bir gelişim şeması oluşturmuşlardır. Harmoni vektörlerindeki değerlerin üretilmesinde kaotik sıra kullanarak çeşitliliği artırmışlardır. Yerel arama kabiliyetini geliştirmek için de yerel arama algoritmasını kullanmışlardır. Hesaplamalı deneyler ve kıyaslamalar Hibrid Genetik Algoritma ve Hibrid Kesikli Parçacıklı Sürü Algoritmasından daha iyi sonuçlar vermiştir.

Zou ve ark. (2011a) sırt çantası (0-1) problemleri için yeni bir küresel HAA önermişlerdir. Önerilen algoritma konum güncelleme ve küçük olasılıklarla genetik mutasyon olmak üzere iki önemli aşama içermektedir. Her bir iterasyonda kötü harmoniden iyi bir harmoniye hareket, küresel en iyi harmoni algoritması ile sağlanmıştır.

Zou ve ark. (2011b) bir gaz türbininin aşırı hız koruma sistemi için, Küresel HAA uygulamışlardır. Karmaşık (köprü) Sistem Optimizasyon Problemleri ve Güvenilirlik-Fazlalık Optimizasyon Problemleri olmak üzere iki çeşit problem tipi olduğunu açıklamışlardır. Genel olarak iki problemin de Karışık tamsayılı lineer olmayan programlama kapsamında olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında etkili bir küresel HAA yı Parçacıklı sürü optimizasyonu algoritması ile birleştirerek optimizasyon problemlerini çözmüşlerdir. Yapılan hesaplamalar ve kıyaslamalar ile önerdikleri metodun başarısını sunmuşlardır.

## 5. SONUÇ (RESULTS)

Araştırmada, sonsuz sayıdaki çözümleri barındıran arama uzayı içerisinde, kabul edilebilir bir süre içerisinde, tatmin edici sonuçlara ulaşan algoritmaların bir yenisi olarak HAA incelenmiştir. Günlük hayattaki optimizasyon problemlerinin değişkenleri daha

çok kesikli olduğu için, KHAA üzerinde durulmuştur. HAA' nın optimizasyon problemlerinin çözümü alanlarındaki çalışmalar incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda kesikli veriler için, KHAA yönteminin, optimizasyon problemlerinin çözümünde bir alternatif yöntem olacağı belirlenmiştir.

## 6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Alataş, B., 2010, "Chaotic Harmony Search Algorithms", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 216, No.1, pp. 2687–2699.
- Ayvaz, M. T., 2007, "Simultaneous Determination of Aquifer Parameters and Zone Structures with Fuzzy C-Means Clustering and Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm", *Advances in Water Resources*, Vol. 30, No.1, pp. 2326–2338.
- Ayvaz, M. T., 2009, "Application of Harmony Search Algorithm to the Solution of Groundwater Management Models", *Advances in Water Resources*, Vol. 32, No.1, pp. 916–924.
- Ceylan, H., Ceylan, H., Haldenbilen, S., Başkan, Ö., 2008, "Transport Energy Modeling with Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm, an Application to Turkey", *Energy Policy*, Vol. 36, No.1, pp. 2527– 2535.
- Coelho, L. S., Bernert, D. L. A., 2009, "An Improved Harmony Search Algorithm for Synchronization of Discrete-Time Chaotic Systems", *Chaos, Solutions and Fractals*, Vol.41, No.1, pp. 2526–2532.
- Cura, T., 2008, *Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları*, Papatya Yayınları, İstanbul, 14-15.
- Fesanghary, M., Mahdavi, M., Jolandan, M. M., Alizadeh, Y., 2008, "Hybridizing Harmony Search Algorithm with Sequential Quadratic Programming for Engineering Optimization Problems", *Computer Methods Appl. Mech. Engrg.*, Vol.197, No.1, pp. 3080–3091.
- Gao, K. Z., Pan, Q. K., Li, J. Q., 2011, "Discrete Harmony Search Algorithm for the No-Wait Flow Shop Scheduling Problem with Total Flow Time Criterion", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, DOI 10.1007/s00170-011-3197-6.
- Geem, Z. W., Kim, J. H., Loganathan, G. V., 2001, "A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search", *Simulations*, Vol. 76, No.1, pp. 60-68.
- Geem, Z. W., 2008, "Novel Derivative of Harmony Search Algorithm for Discrete Design Variables", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 199, No.1, pp. 223–230.
- Geem, Z. W., Sim, K. B., 2010, "Parameter-setting-free harmony search algorithm", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 217, No.1, pp. 3881–3889.
- Han, Y.Y., Pan, Q.K., Liang, J.J., Li, J., 2010, "A Hybrid Discrete Harmony Search Algorithm for Blocking Flow shop Scheduling, Bio-Inspired Computing: Theories and Applications (BIC-TA)", 2010 *IEEE Fifth International Conference*, Changsha, 435-438.
- Jaberipour, M., Khorram, E., 2010, "Two Improved Harmony Search Algorithms for Solving Engineering Optimization Problems", *Communication in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, Vol. 15, No.1, pp. 3316–3331.
- Mahdavi, M., Fesanghary, M., Damangir, E., 2007, "An Improved Harmony Search Algorithm for Solving Optimization Problems", *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 188, No.1, pp. 1567–1579.
- Nawaz, M., Enscore, E. E. J., Ham, I., 1983, "A Heuristic Algorithm for Them-Machine, N-Job Flow Shop Sequencing Problem", *International Journal of Management Science*, Vol. 11, No.1, pp. 91 -95.
- Lee, K. S., Geem, Z. W., 2004, "A New Structural Optimization Method Based on the Harmony Search Algorithm", *Computers and Structures*, Vol. 82, No.1, pp. 781–798.



- Lee, K. S., Geem, Z. W., 2005, "A New Meta-Heuristic Algorithm for Continuous Engineering Optimization: Harmony Search Theory and Practice", *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.*, Vol.194, No.1, pp. 3902–3933.
- Omran, M. G. H., Mahdavi, M., 2008, "Global-Best Harmony Search", *Applied Mathematics and Computation*, Vol.198, No.1, pp. 643–656.
- Pan, Q. K., Suganthan, P. N., Taşgetiren, M. F., Liang, J.J., 2010a, "A Self-Adaptive Global Best Harmony Search Algorithm for Continuous Optimization Problems", *Applied Mathematics and Computation*, Vol.216, No.1, pp. 830–848.
- Pan, Q. K., Duan, J. H., Liang, J. J., Gao, K., Li J., 2010b, "A Novel Discrete Harmony Search Algorithm for Scheduling Lot-streaming Flow Shops", *Control and Decision Conference (CCDC)*, 2010 Chinese, Xuzhou, 1531-1536.
- Pan, Q. K., Suganthan, P. N., Liang, J.J., Taşgetiren, M. F., 2011, "A Local-Best Harmony Search Algorithm with Dynamic Sub-Harmony Memories for Lot-Streaming Flow Shop Scheduling Problem", *Expert Systems with Applications* Vol. 38, No.1, pp. 3252–3259.
- Rao, S. S., 1996, *Engineering Optimization: Theory and Practice*, Third Edition, John Wiley & Son, New York.
- Saka, M., P., 2009, "Optimum Design of Steel Sway Frames to BS5950 Using Harmony Search Algorithm", *Journal of Constructional Steel Research*, Vol. 65, No.1, pp. 36–43.
- Wang, L., Pan, Q. K., Taşgetiren M. F., 2010, "Minimizing the Total Flow Time in a Flow Shop With Blocking by Using Hybrid Harmony Search Algorithms", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No.1, pp. 7929–7936.
- Wang, L., Pan, Q. K., Taşgetiren., M. F., 2011, "A Hybrid Harmony Search Algorithm for The Blocking Permutation Flow Shop Scheduling Problem", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 61, No.1, pp. 76–83.
- Zou, D., Gao, L., Li, S., Wu, J., 2011a, "Solving 0–1 Knapsack Problem by a Novel Global Harmony Search Algorithm", *Applied Soft Computing*, Vol. 11, No.1, pp. 1556–1564.
- Zou, D., Gao, L., Li, S., Wu, J., 2011b, "An Effective Global Harmony Search Algorithm for Reliability Problems", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No.1, pp. 4642–4648.
- Zou, D., Gao, L., Wu, J., Li, S., Li Y., 2010a, "A Novel Global Harmony Search Algorithm for Reliability Problems", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 58, No.1, pp. 307–316.
- Zou, D., Gao, L., Wu, J., Li, S., Wu, J., Wang, X., 2010b, "A Novel Global Harmony Search Algorithm for Task Assignment Problem", *The Journal of Systems and Software*, Vol. 83, No.1, pp. 1678–1688.