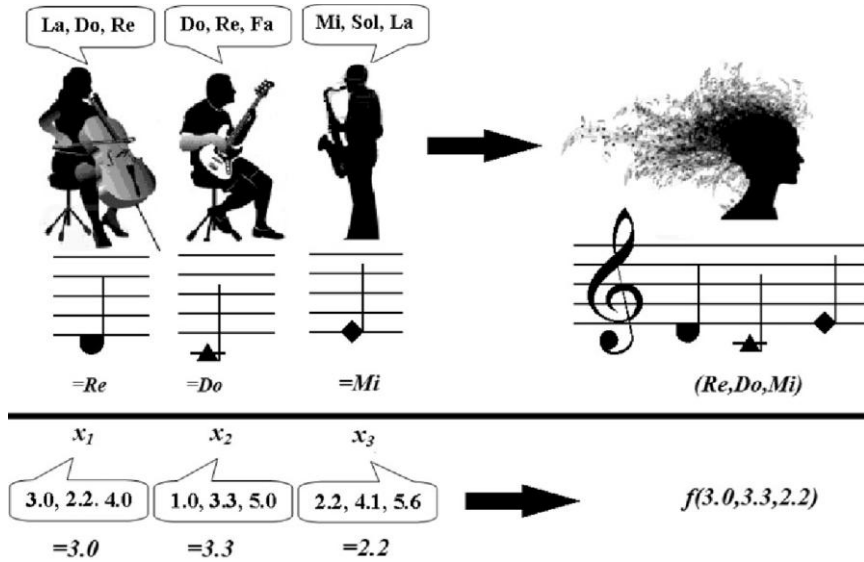


1. Harmoni Arama Algoritması

Türk Dil Kurumu tanımına göre **harmoni** (armoni), iki veya daha çok sesin aynı anda kulağa hoş gelecek bir biçimdeki uyumudur. Harmoni arama algoritmasının çalışma yapısı bu harmoni tanımı ile yakından ilgilidir.

Harmoni arama algoritması *müzik tabanlı* bir meta-sezgisel algoritmadır. Müzikte çok sayıda ses ile kusursuz bir harmoni arama sürecini taklit etme ve bu süreci optimizasyonda kullanma, harmoni algoritmasının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kısaca, harmoni arama algoritmasında bir müzisyenin esinlenme süreci taklit edilmektedir. Bu süreç Şekil 1'de gösterilmektedir. Müzikte, daha iyi bir harmoni bulmak için estetik bir beğeni kriteri kullanılır. Buna göre farklı müzik aletleri çalınan parça ne kadar güzelse o kadar iyi bir harmoni bulunmuştur. Buradaki estetik beğeni optimizasyondaki amaç fonksiyonunu temsil etmektedir.



Şekil 1. Harmoni algoritmasının çalışma yapısı [3]

Her müzisyen, daha iyi parçalar çalmak için beğendiği (amacına uygun) iyi notaları hafızasında tutar. Bir müzisyen üç şekilde en iyi harmoniyi (çözümü) veya müzik parçasını bulur:

1. Hafızasında bulunan ve iyi olduğunu düşündüğü bir nota dizisini çalarak - **Ezbere çalma**
2. Hafızasındaki bu nota dizisini geliştirerek - **Ezberlediği notalarda ufak ayarlamalar yapmak**
3. Rastgele notalar üreterek - **Olası seçenekler arasından rastgele çalmak**

Geem ve arkadaşları [1] 2001 yılında yukarıda anlatılan süreci optimizasyon problemlerine uygulamak için bir arama algoritmasına dönüştürmüşlerdir. Harmoni arama algoritması genetik algoritmaya çok

benzeyen veya çoğu makalede de tespit edildiği gibi genetik algorithmadan daha hızlı ve daha basit çalışan bir algorithmadır. Ancak genetik algorithmadan daha iyidir demek yanlış olabilir.

Tablo 1. Harmoni arama algoritması, genetik algoritma ve optimizasyon ile müzik terimlerinin eşleştirilmesi

Müzik terimi	Optimizasyon	Harmoni Algoritması	Genetik Algoritma
Müziyen/müzik aleti	Karar değişkeni	Karar değişkeni (nota)	Karar değişkeni (gen)
Nota	Karar değişkeninin değeri	Notanın değeri	Genin değeri
Harmoni	Çözüm	Bir çözümü temsil eden harmoni	Bir çözümü temsil eden kromozom
Pratik yapma	İterasyon	İterasyon	İterasyon
Esilenme	Bir karar değişkeni değeri seçme	Nota değerini seçme	Gen değeri seçme
Estetik beğeni	Amaç fonksiyonu	Amaç fonksiyonu	Amaç fonksiyonu
En çok beğenilen müzik	En iyi sonuç	En iyi harmoni	En iyi kromozom

1.1. Harmoni Arama Algoritması nasıl çalışır?

Harmoni arama süreci iteratif bir süreçten oluşur ve aşağıda verilen adımları takip eder. Algoritmanın hızlı ve etkili çalışması özellikle 1. aşamaya bağlıdır.

Aşama 1. Harmoni arama için parametreleri belirle

- ✓ Karar değişkenlerinin sayısı
- ✓ Karar değişkenlerinin aralıkları (kısıtlar)
- ✓ Harmoniyi tasarla (amaç fonksiyonu)
- ✓ Harmoni hafızasının boyutu (HMS)
- ✓ Harmoni hafızasını kullanma oranı (harmony memory consideration rate-HMCR)
- ✓ Ton ayarlama oranı (pitch adjusting rate-PAR)
- ✓ İterasyon sayısı veya sonlandırma kriteri

Harmoni hafızası (harmony memory) bu algoritmanın en önemli yapısıdır. Bu hafıza ile genetik algorithmadaki en iyi bireylerin seçimi arasında bir benzerlik kurulabilir. Bu hafıza sayesinde iyi çözümler sonraki iterasyonlara aktarılabilir, böylece her iterasyonda optimuma yaklaşılmaya çalışılacaktır. *Harmoni hafızasını kullanma oranı*, bu oran $[0,1]$ aralığındadır, karar değişkeni değerinin hangi oranla harmoni hafızasındaki bir değerden seçileceğini belirler. Bu seçim için $[0,1]$ aralığından rastgele bir sayı üretilir, eğer bu sayı harmoni hafızasını kullanma oranını sağlıyorsa harmoni hafızasından ya rastgele olarak veya genetik algorithmadaki turnuva seçim metoduna benzer bir metotla değişken seçimi yapılır. Harmoni hafızasını kullanma oranının seçimi önemli bir karardır. Eğer bu oran çok düşük seçilirse (örneğin 0'a çok yakın); (i) hafızadaki iyi çözümler kullanılmaz, (ii) optimuma yaklaşma hızı düşük olabilir, ve (iii) problem rastgele aramaya dönüşebilir. Eğer bu oran çok yüksek seçilirse (örneğin 1'e çok yakın); o zaman tüm değişkenler harmoni hafızasından seçilir ve daha iyi çözümler keşfedilemeyebilir. Bu oran genetik

algoritmadaki çaprazlama oranına benzer ve genelde 0.7-0.9 aralığında olması istenir. *Nota (ton) ayarlama oranı* ise harmoni hafızasından seçilmiş bir notanın (nota değerinin) komşu değerlerinin incelenip incelenmeyeceğini belirler. Kısaca, *ton ayarlama oranı* harmoni hafızasındaki mevcut değeri ton ayarlama fonksiyonu ile hafifçe değiştirerek yeni bir çözüm oluşturur. Bu yeni çözüm harmoni hafızasından alınan değer civarındadır. Literatürde lineer ve lineer olmayan ton ayarlama fonksiyonları olmakla birlikte genelde aşağıdaki lineer ton ayarlama fonksiyonu kullanılır.

$$x_{yeni} = x_{eski} \pm rand(0,1) \times bw \quad (\text{ton ayarlama fonksiyonu})$$

bw (band width)= Sabit bir değer olan bant genişliği

Rand= [0,1] aralığındaki bir rastgele değer

Ton ayarlama oranı genetik algoritmadaki mutasyon gibi çalışır ve çözümlerdeki çeşitliliği artırır. Dar aralıktaki düşük bir ton ayarlama oranı aramayı (optimuma ulaşmayı) yavaşlatırken, geniş bir aralıktaki yüksek bir ton ayarlama oranı optimum değer etrafında saçılmaya neden olarak rastgele aramaya yol açabilir. Bu oran literatürde genelde 0.1-0.5 aralığından seçilmektedir.

Seçilen rastgele değer eğer harmoni hafızasını kullanma oranını sağlanmazsa değişken için belirli bir aralıktan *rastgele seçim* yapılır. Rastgele arama ile genetik algoritmadaki mutasyon arasında benzerlik kurulabilir. Rastgele seçim ton ayarlama gibi hafızadaki çözüm çeşitliliğinin artmasını sağlar. Ancak ton ayarlama daha limitli bir alanda rastgele seçim yapar ve yerel aramaya karşılık gelir. Halbuki rastgele seçim çok geniş bir alandan seçim yapar ve global aramaya karşılık gelir.

Aşama 2. Harmoni hafızasının boyutu (HMS) kadar rastgele çözüm oluştur

HMS genelde literatürde 50-100 arasındadır. Ancak bu sayı modele ve modeli tasarlayan kişilerin beklentilerine göre değişebilir, yani bu aralığın dışında da olabilir.

Aşama 3. Esinlenme ile yeni bir çözüm (tek çözüm) oluştur

Esinlenme sonucunda $[x_1, x_2, \dots, x_n]$ gibi yeni bir çözüm vektörü oluşturulur. Burada her bir "x" karar değişkenlerini temsil eder. Harmoni algoritmasında esinlenme aşağıdaki şekilde yapılır:

for (iterasyon sayısı)

{

for (karar değişkeni sayısı)

{

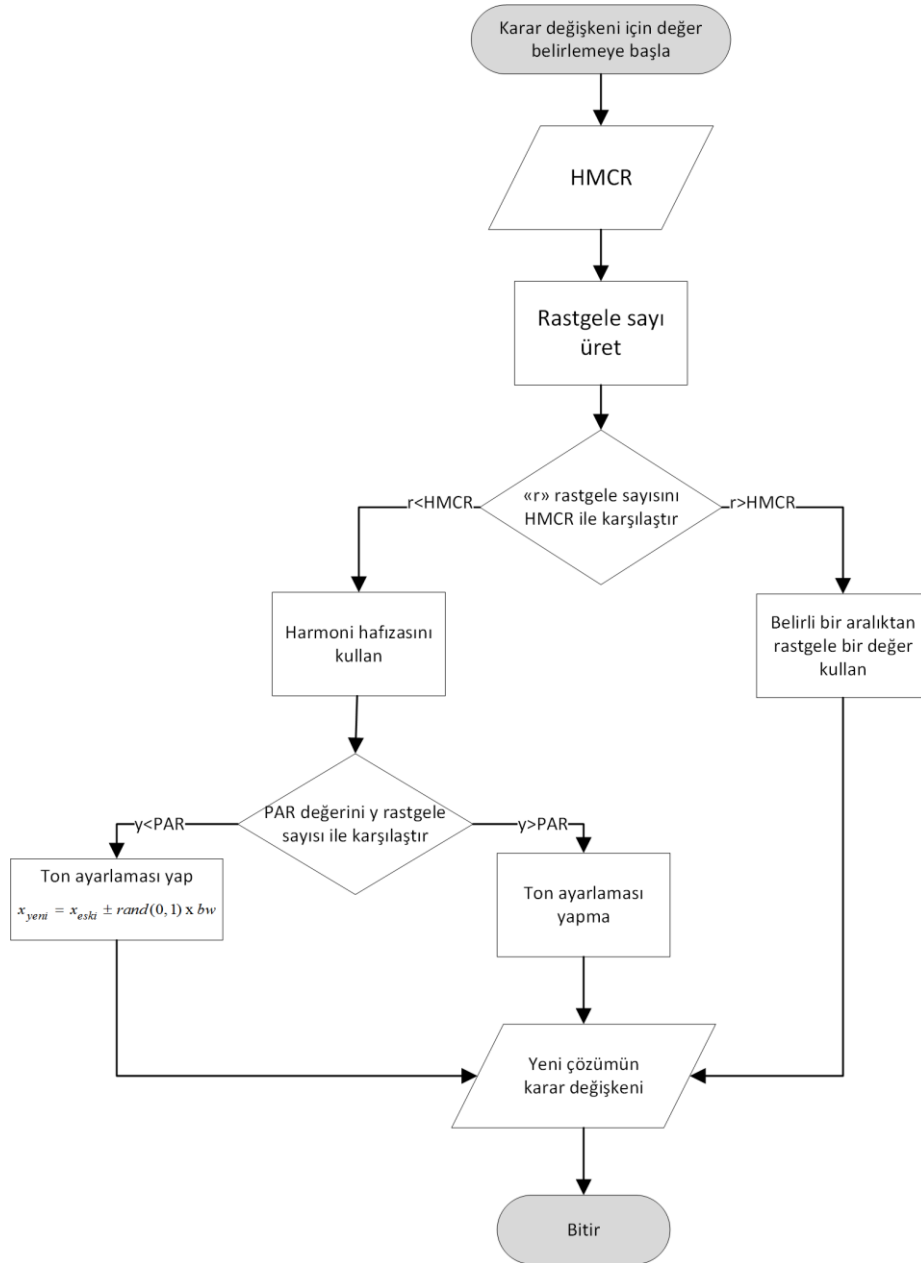
(i) Karar değişkeni için [0-1] aralığından rastgele bir değer belirle. Bu değer [0-HMCR] aralığında ise bu karar değişkenine, harmoni hafızasındaki çözümlerden bu karar değişkenine ait değerlerden biri rastgele veya bir prosedürle ata. Daha sonra harmoni hafızasından seçim yapılan bu karar değişkeni değerini için ton ayarlama işlemini (PAR) kontrol et. Bu işlem için [0-1] aralığından rastgele bir sayı üretilir. Eğer bu sayı [0-PAR] aralığında ise harmoni hafızasından seçilen değere bir ton ayarlama işlemi yapılır. Aksi halde harmoni hafızasından seçilen değer aynen kullanılır.

(ii) Eğer rastgele atanan değer (1-HMCR] aralığında ise belirli bir aralıktan rastgele olarak bir karar değişkeni değeri ata.

}

Yeni harmoniyi hafızadaki en kötü değerle karşılaştır. Daha iyi ise hafızaya al (kötüyü sil), daha kötü ise kullanma.

}



Şekil 2. Esinlenmede çözümdeki her karar değişkeni için değer belirleme süreci

Aşama 4. Yeni çözümü değerlendir

Esinlenme ile yeni bir çözüm bulunduktan sonra mevcut harmoni hafızasındaki en kötü çözüm tespit edilir. Eğer elde edilen yeni çözüm ondan daha iyi ise bu kötü çözüm harmoni hafızasından çıkarılır ve yeni çözüm hafızaya eklenir. Eğer elde edilen çözüm hafızadaki en kötü çözümden daha kötü ise değişiklik yapılmadan sürece devam edilir.

Aşama 5. Sonlandırma kriterini kontrol et

Sonlandırma kriteri, bir iterasyon sayısı olabileceği gibi belirli bir süre veya çözümde değişimin olmadığı iterasyon sayısı da olabilir. Genelde sonlandırma kriteri olarak literatürde iterasyon sayısı kullanılmaktadır. Sonlandırma kriteri sağlandıktan sonra, hafızadaki en iyi değer algoritmanın bulduğu en iyi sonucu temsil eder. Ancak bulunan bu değer bu problemin optimum

sonucu olmayabilir. Çünkü harmoni arama algoritması bir meta-sezgisel algoritmadır ve meta-sezgisel algoritmalar optimum sonucu bulmayı garanti etmezler. Ancak yeterli iterasyon veya süre çalışabilirlerse ve başlangıç parametreleri de uygun seçilirse optimum değeri yakalayabilirler. Meta-sezgiseller kurallı sezgiseller oldukları için her iterasyonda optimuma yaklaşmak için çaba gösterirler.

1.2. Harmoni Arama Algoritmasının Performansına Etki Eden Kriterler

Bu algoritmada dört önemli kriter aramanın kalitesini etkiler. Bunlar: (i) HMCR, (ii) PAR, (iii) harmoni hafızasının boyutu ve (iv) sonlandırma kriteridir. Performans üzerinde etkili en önemli parametreler PAR ve HMCR'dir. Bu iki parametre, iyi çözüm elde etmeyi ve optimum çözüme yaklaşma hızını direk olarak etkiler. HMCR bütün çözüm alanında rastgele aramayı yönetirken, PAR dar bir alanda yerel aramayı yönetir. Bu iki değer de (0,1) aralığından değerler alır. HMCR 1'e yaklaştıkça çözümdeki çeşit sayısı azalır ve hafızayı kullanma oranı artar. HMCR 0'a yaklaştıkça problem rastgele aramaya döner ve her iterasyonda optimuma yaklaşma amacından uzaklaşılır. PAR ise 0'a yaklaştıkça yerel çeşitlilik azalır, 1'e yaklaştıkça rastgele arama özelliği kazanmaya başlar.

Harmoni arama algoritmasına etki eden kriterlerden *harmonie hafızasının boyutu* hafızada saklanan çözüm sayısını temsil eder ve genetik algoritmadaki popülasyon sayısına denk gelir. Hafıza boyutu küçüldükçe çeşitlilik azaldığı için en iyi çözüme yaklaşma hızı azalır, hafıza boyutunun aşırı büyük olması ise rastgele aramalarda çok farklı çözüm alanlarına yönelmeden dolayı zaman kaybına neden olabilir.

Harmoni arama algoritmasına etki eden son kriter ise sonlandırma kriteridir. Bu kriter genelde iterasyon sayısıdır. Eğer çok düşük seçilirse optimuma yeterince ulaşmadan algoritma tamamlanır, çok yüksek seçilirse algoritma optimuma ulaştıktan sonra gereksiz yere çalışır ve zaman kaybına neden olur, hatta çözümde bozulma da görülebilir.

1.3. Genetik Algoritma ile Kıyaslama

Harmoni arama algoritması genetik algoritmaya benzer çalışan bir algoritmadır. Bu iki algoritma da kurallı rastgele arama tekniğidir [2]. Genel görüş, harmonie arama algoritmasının genetik algoritmaya göre basitlik avantajına sahip olduğudur.

Harmoni arama algoritmasındaki *hafıza* ile genetik algoritmadaki "en iyi bireylerin seçimi" arasında bir benzerlik kurulabilir. Harmonie arama algoritmasındaki bu *hafıza* sayesinde *iyi çözümler* sonraki iterasyonlara aktarılır, böylece her iterasyonda optimuma yaklaşılmaya çalışılır.

Harmoni arama algoritmasındaki esinlenme süreci genetik algoritmadaki yavru üretme sürecine (çaprazlama+mutasyon) benzer. Ancak genetik algoritma yeni yavru (çözüm) üretirken sadece iki bireyden veri alışverişi (çaprazlama) yaparken, harmoni arama algoritması yeni bireylerin karar değişkenlerine tüm harmoni hafızasından değer atama şansına sahiptir. Esinlenme sürecindeki ton ayarlama işlemi ile genetikteki mutasyon işlemi de birbirine benzer.

Harmoni hafızasını kullanma oranı genetik algoritmadaki çaprazlama oranına benzer ve genelde 0.7-0.9 aralığında olması istenir. Çaprazlama oranı gibi harmoni hafızasını kullanma oranı da çözüm çeşitliliğini amaçlar.

Rastgele arama ile genetik algoritmadaki mutasyon arasında benzerlik kurulabilir. *Rastgele arama*, ton ayarlama gibi hafızadaki çözüm çeşitliliğinin artırılmasını sağlar. Ancak ton ayarlama daha limitli bir alanda rastgele seçim yapar ve yerel aramaya karşılık gelir. Halbuki rastgele seçim çok geniş bir alandan seçim yapar ve global aramaya karşılık gelir.

Kaynakça

- [1] Geem, Z.W., Kim, J.H., Loganathan, G.V., A new heuristic optimization algorithm: harmony search. *J. Simulation* 76(2), 60–68 (2001)
- [2] Gao, X.Z., Govindasamy, V., Xu, H., Wang, X., Zenger, K., Harmony search method: theory and applications. *Comput Intell Neurosci.* 2015;2015:258491. doi: 10.1155/2015/258491.
- [3] Salam Salameh Shreem and Salwani Abdullah and Mohd Zakree Ahmad Nazri, Hybrid feature selection algorithm using symmetrical uncertainty and a harmony search algorithm, *Int. J. Systems Science*, 47, 2016, 1312-1329.