

Kolektif Karar Optimizasyonu Algoritması ile I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu

Halil Eroğlu¹, Veli Akay², Ebubekir Seyyarer^{3,*}

¹Pusula Çağrı Merkezi İletişim Şirketi, Van, Türkiye,

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Van, Türkiye,

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Van, Türkiye

e-mail: eseyyarer@yyu.edu.tr

DOI: 10.57244/dfbd.1494064

Geliş tarihi/Received:01/06/2024

Kabul tarihi/Accepted:04/08/2024

Özet

Yapıların sağlamlığı ve dayanıklılığı, kirişlerin düşey deplasmanlarının kontrol altında tutulmasıyla doğrudan ilişkili olduğu için I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu (I-KKDDM) önemlidir. Yüksek düzeydeki düşey deplasmanlar yapıda gerilme ve deformasyona neden olabilir ve sonuçta yapısal hasara yol açabilir. I-KKDDM, kirişler arasındaki etkileşimleri dikkate alarak yapının daha doğru davranışını modellemek için kullanılmaktadır. Bu yöntem, kirişlerin doğru bir şekilde yerleştirilmesini sağlar ve böylece kirişler arasındaki etkileşimler en aza indirilmektedir. Sonuç olarak, yapının daha sağlam ve dayanıklı olması sağlanmaktadır. Ayrıca I-KKDDM, yapıların daha iyi bir şekilde optimize edilmesine yardımcı olmaktadır ve malzeme kullanımını en aza indirerek maliyetleri azaltmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yapı mühendisliğinde ve inşaat sektöründe I-KKDDM yöntemi önemlidir ve yapıların daha güvenli, dayanıklı ve ekonomik olarak inşa edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu problem daha önce farklı meta sezgisel algoritmalar ile çözülmüştür ancak Kolektif Karar Optimizasyonu (Collective Decision Optimization, CDO) algoritması ile çözülmemiştir. Bu çalışmada, I-KKDDM problemine CDO algoritması uygulanarak elde edilen değerlerle daha önce Çiçek Tozlaşması Algoritması (Flower Pollination Algorithm, FPA) ile elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır. Sonuçlar incelendiğinde, CDO algoritması ile elde edilen 0.015985 uygunluk değeri, FPA algoritmasının 0.023821 uygunluk değerine göre %32.89 daha iyi olup, CDO algoritması ile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Kolektif Karar Optimizasyon Algoritması, I-Kesitli Kiriş Problemi, Meta sezgisel Optimizasyon

Vertical Displacement Minimization of I-Section Beam with Collective Decision Optimization Algorithm

Abstract

Minimizing the Vertical Displacement of I-Section Beams (I-VDDM) is important because the structural integrity and durability of buildings are directly related to controlling the vertical displacements of beams. High levels of vertical displacement can cause stress and deformation in the structure, ultimately leading to structural damage. I-VDDM is used to model the more accurate behavior of the structure by considering the interactions between beams. This method ensures the correct placement of beams, thereby minimizing interactions between them. As a result, the structure becomes more robust and durable. Additionally, I-VDDM helps optimize structures more effectively, reducing material usage and lowering costs. For these reasons, the I-VDDM method is significant in structural engineering and the construction industry, aiding in the construction of safer, more durable, and cost-effective buildings. This problem has been previously solved using various meta heuristic algorithms, but it has not been addressed using the Collective Decision Optimization (CDO) algorithm. In this study, the values obtained by applying the CDO algorithm to the I-VDDM problem are compared with the values previously obtained using the Flower Pollination Algorithm (FPA). Upon examining the results, it is observed that the CDO algorithm's fitness value of 0.015985 is 32.89% better than the FPA algorithm's fitness value of 0.023821, indicating that better results are achieved with the CDO algorithm.

Keywords: Collective Decision Optimization Algorithm, I-Section Beam Problem, Meta heuristic Optimization

GİRİŞ

Kesitli kirişin düşey deplasmanın minimizasyonu, yapısal mukavemet ve stabilite açısından önemlidir. Bu nedenle, çeşitli yapısal uygulamalarda kullanılan kesitli kirişlerin tasarımında önemli bir faktördür. Kesitli kirişin düşey deplasmanı, yapının düşey yükler altında ne kadar hareket ettiğini göstermektedir. Yapısal tasarımda, kesitli kirişin düşey deplasmanı, yapıyı çevreleyen diğer yapı elemanları ve çevre yapılarla olan etkileşimi de etkileyebilir. Bu nedenle, düşey deplasmanın minimizasyonu, yapısal dayanıklılığı ve stabilitesini artırarak, yapıyı güçlendirmeye yardımcı olur. Ayrıca kesitli kirişin düşey deplasmanı, yapının rahatlığı ve konforu açısından da önemlidir. Yapının içinde veya yakınında bulunan insanların rahat ve güvenli bir şekilde hareket etmeleri, düşey deplasmanın minimizasyonu ile sağlanabilir. Kesitli kirişin düşey deplasmasının minimizasyonu, yapısal dayanıklılığı, stabilitesi, insan konforu ve güvenliği açısından önemlidir (Bekiroğlu 2006). Bu nedenle, kesitli kirişlerin tasarımında düşey deplasmanın dikkate alınması gerekmektedir. Bu tip problemleri çözmek için meta-sezgisel yöntemlerden oldukça faydalanılmaktadır.

Meta-sezgisel yöntemler, optimizasyon yöntemleri olarak kabul edilmektedir. Sistemler için en uygun değerleri bulmaya yarayan optimizasyon yöntemleri maliyet açısından çok önemlidir. Genellikle maliyet minimizasyonlarında ya da kar maksimizasyonlarında kullanılmaktadır. Optimizasyon yöntemlerinin Sezgisel ve Meta-Sezgisel yöntemleri mevcuttur. Deneme yanılma yöntemini kullanarak sonuç bulan yöntemlere sezgisel yöntem denilmektedir ve meta-sezgisel yöntemlerden performans olarak oldukça düşüktür. Deterministik yöntemlerle çözülemeyen problemlerin çözümünde meta-sezgisel yöntemler çok başarılı olmaktadır. Meta-sezgisel yöntemler, çözümü bulmayı garanti etmezler ama en makul sürede çözüme en yakın sonucu bulmaktadırlar. Birçok farklı meta-sezgisel yöntem mevcuttur. Genetik algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Diferansiyel Gelişim Algoritması, Yapay Arı Koloni Algoritması, Karınca Kolonisi Optimizasyonu ve Gri Kurt Algoritması en popüler yöntemlerdendir. CDO ve FPA da bu yöntemlerden ikisidir (Derdiman 2022).

Çalışmamızda I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu problemi CDO algoritması ile çözülmüş ve daha önce FPA ile yapılmış sonuçlar karşılaştırılmıştır. Seçilen CDO algoritması, tek amaçlı optimizasyon problemleri için tasarlanması dezavantajı olarak kabul edilebilir. Fakat bu dezavantajını ortadan kaldıran çalışmalar literatürde bulunmaktadır (Xu ve ark. 2018). Metasezgisel algoritmalar kullanılarak kirişlerin minimizasyonu ile ilgili geçmişte yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar şöyle özetlenebilir;

Taylan (2019) trapez ve dalgalı çelik kirişlerin yük taşıma kapasitesi ile ilgili yazdığı tezde ateşböceği algoritması kullanarak kirişin minimum ağırlığını bulmaya çalışmaktadır (Taylan 2019). Erdal vd. (2016) yaptıkları çalışmada sinisoidal gövde açıklıklı çalışmada I kesitli profil problemini ele alarak, minimum ağırlığı bulmada harmoni arama ve partikül küme algoritmalarını kullanmaktadır ve sonuç olarak harmoni arama algoritmasının daha etkili optimum değerleri verdiği sonucuna varmaktadır (Erdal ve ark. 2016). Taş (2017) yazdığı tezde çelik kirişlerin yük taşıma kapasitelerinde minimum ağırlığı bulmak için harmoni arama ile partikül küme

algoritmalarını kullanmaktadır ve harmoni arama yöntemi ile daha iyi sonuçlar elde etmektedir (Taş 2017). Yücel vd. (2019) yaptıkları çalışmada I kesitli kirişin tasarım değişkenlerinin minimizasyonu için FPA kullanılmaktadır (Yücel vd. 2019). Yücel vd. (2020) yayınlanan makalesinde, konsol kirişin ağırlık minimizasyon işleminde yapay arı kolonisi (ABC), yarasa (BA) ve modifiye edilmiş yarasa (MBA) algoritmaları kullanarak optimum değerler bulunmaya çalışmaktadır, MBA ile en iyi sonuç elde edilmektedir (Yücel ve ark. 2020). Erdal vd. (2020) yaptıkları çalışmada kompozit kirişlerin optimizasyonu için av arama algoritması (PSA) kullanılmaktadır ve optimal tasarlanmış bir I-kesitli kiriş önermektedir (Erdal ve ark. 2020). Özbaşaran (2018) I kesitli kirişin optimum tasarımı ile ilgili çalışmasında, karga arama algoritmasını (CSA) kullanarak optimum değerleri bulmaya çalışmaktadır (Özbaşaran 2018). Derdiman (2022) kirişlerde optimal değerlerin bulunması için parçacık sürü optimizasyonunu (PSO) kullanılmaktadır ve kullandığı 600 modelde kesit boyutları için en düşük maliyeti verecek şekilde optimize işlemi yapılmaktadır (Derdiman 2022). Abed (2020) çelik yapıların kiriş ve kafes sistemlerinin optimum boyutlarının bulunması için ağaç tohumu (ATA), karga araması (KAA) ve simbiyotik organizmalar araması (SOA) yöntemlerini kullanılmaktadır ve her üç algoritma ile benzer sonuçlar elde edilmektedir (Abed 2020). Derdiman (2022) makas kirişlerin optimal değerlerinin bulunması ile ilgili çalışmasında genetik algoritma (GA) yöntemini kullanarak optimal kesit değerlerini bulmaktadır ve etkili sonuçlar elde etmektedir (Derdiman 2022). Derdiman (2022) yaptığı çalışmada, 5236 model ele alınıp kirişli döşemelerin kısıtlar altında parçacık sürü optimizasyonu (Particle Swarm Optimization, PSO) yöntemi kullanarak optimizasyon işlemi yapmaktadır. Farklı modeller için optimum değerler bulunmaktadır (Derdiman 2022). Çat (2019) I- kesitli çelik kirişler ile ilgili tez çalışmasında, gri kurt optimizasyon (Gray Wolf Optimization, GWO) algoritması kullanarak tasarım değişkenleri belirlemektedir ve moment faktörü için uygun bir formül elde edilmektedir (Çat 2019).

Literatürdeki çalışmalardan en önemli farkı; I-kesitli kirişlerin optimizasyonunda CDO algoritması ile kullanan ilk uygulama olmasıdır. Ayrıca 2012 yılında literatüre kazandırılan FPA yöntemiyle 2017 yılında literatüre kazandırılan CDO algoritmasını karşılaştırılması bakımından da oldukça önemli bir çalışma olduğunu düşünmekteyiz. Yıllar geçtikçe literatüre kazandırılan meta-sezgisel yöntemlerin başarısının farklı problemlerde kanıtlanması açısından bu tür çalışmalar önemlidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

CDO Algoritması

CDO algoritması 2017 yılında Zhang ve arkadaşları tarafından yapay sinir ağlarını eğitmek için ortaya atılmaktadır (Zhang ve ark. 2017). İnsanın karar verme davranışı temeline dayanmaktadır. Bu yöntem bir sorunla karşılaştığımızda, genellikle farklı yeteneklere sahip grup üyelerini en iyi program veya planı geliştirmek için bir araya getirmek için yapılmaktadır. Hayatımızda tipik bir karar verme eylemi için farklı yetenek ve özellikte oluşan kişilerden oluşan bir toplantı yapmaktır. Şekil 1'de gösterildiği gibi, toplantının her bir üyesi, bir düşünceye veya plana karşılık gelen karar verici olarak adlandırılmaktadır. Toplantının tartışma sürecinde herkes kendi düşüncelerini veya planlarını ifade etmektedir ve bunlar değiş tokuş edilmektedir. Ortaya çıkan şemalardan en iyisi nihai sonuç olarak seçilmektedir (Zhang ve ark. 2017).

CDO algoritması, birden fazla unsuru veya ajanı optimize etmek ve bu unsurların bir şekilde etkileşim de olduğu bir problemin çözümü için

kullanılabilmektedir. Örneğin, bir grup aracın veya robotun bir görevi birlikte yerine getirmesi gerektiği durumlarda, bu algoritma her aracın hareketlerini koordine ederek en iyi sonuca ulaşmayı hedeflemektedir. Böylece, problemi en iyi çözmek için tüm unsurların birlikte çalışmasını sağlamaktadır.



Şekil 1. Karar verme toplantısı (Zhang ve ark. 2017).

Algoritmanın Çalışma Şekli

Meta sezgisel algoritmaların genelinde başlangıç popülasyonu rastgele seçilmektedir. CDO algoritmasında da başlangıç popülasyonu rastgele oluşturulmaktadır (Zhang vd. 2017). Algoritmanın çalışmasında kullanılan yöntemler; deneyime dayalı, başkalarına dayalı, grup düşüncesine dayalı, lider tabanlı ve yenilik temelli aşamalarından oluşmaktadır (Çelik ve ark. 2019).

1. Grup oluşturma: Karar verme davranışını net bir şekilde modellemek için, N ajanlı bir başlangıç popülasyonunun uygun çözüm uzayından rastgele örneklendiğini varsayalım.

$$X_i(t) = (x_i^1(t), x_i^2(t), \dots, x_i^D(t)), i = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$x_i(t) = LB^k + r \times (UB^k - LB^k), k = 1, 2, \dots, D \quad (2)$$

$$Pop(t) = (X_1(t), X_2(t), \dots, X_N(t))$$

Burada N popülasyon boyutunu, D optimizasyon boyutunu, r (0,1) aralığında rastgele bir sayı, LB ve UB alt ve üst sınırları ifade etmektedir.

2. Deneyime dayalı aşaması: Toplantıda, bir konu hakkında karar verenin ilk tepkisi, günlük hayattan edindiği kişisel deneyimlere dayalı olarak düşünmek ve bir ön plan geliştirmektir. CDO algoritmasında kişisel deneyim, bireyin o ana kadarki en iyi konumu (φ_p) olarak tanımlanmaktadır. Operatör aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$newX_{i0} = X_i(t) + \vec{\tau} \times step_{size}(t) \times d_0 d_0 = \varphi p - X_i(t) \quad (3)$$

3. Başkalarına dayalı aşama: Deneyime dayalı aşamadan sonra, toplantı da karar vericilerin zaten kendi düşünceleri ve planları vardır. Diğer üyelerle rastgele etkileşime girmektedirler. Tartışma ve iletişim yardımıyla düşünce akışı sağlanmaktadır. CDO algoritmasında, popülasyondan rastgele bir bireysel $X_j(t)$ seçilmektedir ve uygunluk değeri açısından mevcut üyeden ($X_i(t)$) daha iyi olmaktadır. Hesaplama formülü aşağıdaki gibi tasarlanmaktadır:

$$newX_{i1} = newX_{i0} + \vec{\tau} \times step_{size}(t) \times d_1 d_1 = beta_1 \times d_0 + beta_{11} \times (X_j(t) - X_i(t)) \quad (4)$$

Bu denklem de J [1,4] aralığında rastgele bir tam sayı, τ her sayının (0,1) aralığında dağıldığı vektörü, $step_{size}(t)$ yineleme adım boyutunu ve d_1 yeni hareket yönünü, $beta_1$ (-1,1) aralığında, $beta_{11}$ (0,2) aralığında rastgele sayıları ifade etmektedir.

4. Grup düşüncesine dayalı aşama: Toplantıda herkes kendi düşüncesini isteğe bağlı olarak ifade etmektedir. O zaman her bir karar vericinin kararı kolektif düşünceden etkilenebilir. Önerilen modelde, basitlik adına, tüm bireylerin geometrik merkezinin (φG) grup düşüncesinin konumu olarak tanımlandığı varsayılabilir.

$$\varphi G = \frac{1}{N} (x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)) = \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^1(t), \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2(t), \dots, \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^D(t) \right\} \quad (5)$$

Yeni konumda aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$newX_{i2} = newX_{i1} + \vec{\tau} \times step_{size}(t) \times d_2 d_2 = beta_2 \times d_1 + beta_{22} \times (\varphi G - X_i(t)) \quad (6)$$

Burada d_2 yeni yönü ifade etmektedir.

5. Lidere dayalı aşama: Genel bir karar vermede liderin yeri çok önemlidir. Kararın yönü ve nihai karara etkisi büyüktür. Lider (φL), popülasyondaki en iyi birey (en uygun eleman) olarak kabul edilmektedir.

$$newX_{i3} = newX_{i2} + \vec{\tau} \times step_{size}(t) \times d_3 d_3 = beta_3 \times d_2 + beta_{33} \times (\varphi L - X_i(t)) \quad (7)$$

6. Yerel arama olarak çalışan rastgele yürüme stratejisini kullanarak konumu biraz değiştirmek avantaj sağlamaktadır. Bu durumda, bazı komşular en iyi çözüm etrafında rastgele üretilebilmektedir.

$$newX_q = \varphi L + \vec{W}_q \quad (q = 1,2,3,4,5) \quad (8)$$

w_q , (0,1) aralığında rastgele bir vektörü ifade etmektedir.

7. Yenilik Temelli aşama: Değişkenler arasında küçük bir değişiklik yapılarak devam edilmektedir. Denklem 9'daki gibi yapılmaktadır.

$$r_1 \leq MF_{newX_{i4}} = newX_{i3}newX_{i4}^p = LB(p) + r_2 \times (UB(p) - LB(p)) \quad (9)$$

r_1 ve r_2 , (0,1) aralığında rastgele bir değere karşılık gelmektedir. p ise [1,D] aralığında bir değerdir. MF yenilik değeridir. Adım büyüklüğü de denklem 10'daki gibi hesaplanabilir. En fazla olabilecek iterasyonu sayısını ifade eder.

$$step_{size}(t) = 2 - 1.7\left(\frac{t-1}{T-1}\right) \quad (10)$$

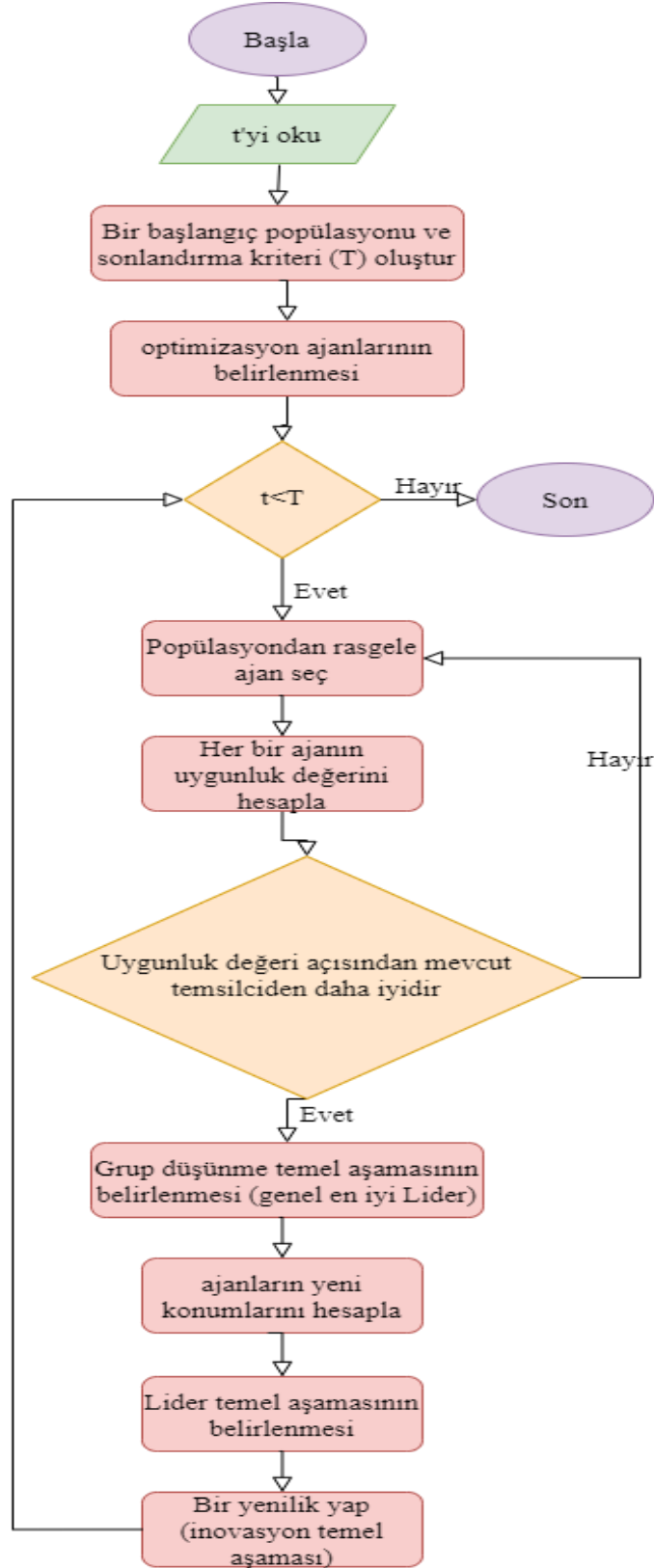
Şekil 2'de CDO'nun akış şeması gösterilmektedir. CDO'nun tüm evrim sürecinin farklı ana operatörleri (deneyime dayalı, başkalarına dayalı, grup düşüncesine dayalı, lidere dayalı ve inovasyona dayalı) ve en iyi bireylerin etrafındaki alanda arama yapmak için rastgele yürüyüş stratejisini içerdiği görülmektedir (Zhang ve ark. 2018).

Kesitli Kiriş İçin Düşey Deplasman Minimizasyonu Problemi

I-kesitli kirişler, genellikle inşaat ve mühendislik projelerinde kullanılan önemli yapı elemanlarıdır. Bu kirişlerin düşey deplasmanı minimizasyonu ise çeşitli nedenlerle önemli olmaktadır (Alhammedi 2021).

1. Yapının dayanıklılığı: I-kesitli kirişler, yapıların dayanıklılığı ve sağlamlığı için önemlidir. Düşey deplasmanlar, kirişin yüksekliği ve açıklığı gibi faktörlere bağlı olarak artabilmektedir. Bu deplasmanlar, yapıya ek yük bindirerek dayanıklılığını azaltabilmektedir. Bu nedenle, düşey deplasmanların minimizasyonu, yapıların dayanıklılığını artırmaktadır.
2. Konfor: I-kesitli kirişlerin kullanıldığı yapılar, insanların yaşadığı veya çalıştığı yerler olabilmektedir. Bu nedenle, düşey deplasmanların minimizasyonu, konforlu bir yaşam veya çalışma ortamı sağlamak için önemlidir.
3. Estetik: I-kesitli kirişlerin deplasmanları, yapıların estetiğini de etkileyebilmektedir. Özellikle, çok katlı binalarda düşey deplasmanların fazla olması, binanın dengesiz veya güvensiz görünmesine neden olabilmektedir.

Bu nedenlerle, inşaat ve mühendislik projelerinde, I-kesitli kirişlerin düşey deplasmanlarının minimizasyonu önemlidir. Bu minimizasyon, yapıların dayanıklılığını artırır, konforlu bir ortam sağlar ve estetik olarak daha uygun bir görünüm elde edilmesinde etkili olmaktadır. Minimizasyon işlemi meta sezgisel algoritmalar aracılığı ile yapılmaktadır. Bu çalışma da CDO algoritmasını kullanarak minimizasyon işlemi yapılmaktadır.



Şekil 2. CDO'nun akış diyagramı (Nichkuhi ve ark. 2020)

Problem Formülasyonu

Verilen bir I-kesitli kirişin boyutları, malzeme özellikleri, yükler ve sınır koşulları biliniyorsa, kirişin herhangi bir kesitindeki düşey deplasmanını hesaplamak mümkündür. İşte bu düşey deplasmanını minimize etmek, problem olarak formüle edilebilmektedir:

$$f(x) = \frac{PL^3}{48EI} \quad (11)$$

Denklem 11'de düşey deplasman değeri için amaç fonksiyonu formüleştirilmektedir (Bekdaş ve ark. 2021). Burada x kirişin tasarım parametrelerini ifade etmektedir. I kirişe ait atalet moment değerini, L kiriş boyunu ve E ise elatiside modülünü ifade etmektedir. Tasarım parametreleri ve sabitleri Tablo 1'de, kısıtlarımız ise Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Tasarım Sabit ve Parametreleri (Bekdaş ve ark. 2021).

| Parametre | Anlamı | Değeri ya da Değişim Aralığı |
|-----------|-----------------------|-------------------------------|
| P | Düşey Tasarım Yüğü | 600 (kN) |
| Q | Yatay Tasarım Yüğü | 50 (kN) |
| L | Kiriş uzunluğu | 200 (cm) |
| E | Elastisite modülü | 20000 ((kN)/cm ²) |
| h | Kiriş yüksekliği | 10 ≤ h ≤ 80 (cm) |
| b | Kiriş flanş genişliği | 10 ≤ b ≤ 50 (cm) |
| t_w | Gövde kalınlığı | 0.9 ≤ t _w ≤ 5 (cm) |
| t_f | Flanş kalınlığı | 0.9 ≤ t _f ≤ 5 (cm) |

Tablo 2. Kısıtlar (Bekdaş ve ark. 2021).

| Kısıt adı | Formülü | Kısıtı |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| g1 | $2bt_f + t_w(h - 2t_f)$ | ≤ 300 (cm ²) |
| g2 | $(18000h/t_w(h - 2t_f)^3 + 2bt_f(4t_f^2 + 3h(h - 2t_f))) + (15000b/t_w^3(h - 2t_f) + 2t_w b^3)$ | ≤ 6 (cm ²) |

Tüm bu değerler göz önünde bulundurulduğunda minimizasyon işlemi için denkleminin son hali şu şekilde ifade edilecektir:

$$\text{Minf}(h, b, t_w, t_f) = \frac{5000}{\left(\frac{t_w(h - 2t_f)^3}{12}\right) + \left(\frac{b t_f^3}{6}\right) + 2b t_f \left(\frac{h - t_f}{2}\right)^2} \quad (12)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

I-kesitli kirişin düşey deplasman minimizasyonu problemi, yapı mühendisliği ve mekanik alanında oldukça yaygın bir problemidir. Bu problem, belirli bir uzunluğa ve I-kesit özelliklerine sahip bir kirişin, belirli bir yük altında ne kadar eğileceğini veya deforme olacağını hesaplamak için kullanılmaktadır (Fenercioğlu ve ark.). Kirişin düşey deplasmanını minimize etmek için, kiriş üzerindeki yüklerin dağılımını ve bu yüklerin boyutlarını optimize etmek gerekmektedir. Optimize edilecek formül denklem 12'de gösterilmektedir. Bu optimizasyon işlemi, kiriş içindeki gerilme ve deformasyonların minimum seviyeye indirgenmesine yardımcı olmaktadır. I-kesitli kirişin düşey deplasman minimizasyonu problemindeki amaç, kirişin düşey deplasmanını minimize

etmek için uygun bir uygunluk fonksiyonu (denklem 12) tanımlamaktır. Bu bölümde, CDO algoritması ile bu uygunluk fonksiyonunu minimize eden en iyi kombinasyonu sağlayan çözüm bulunmaktadır. Uygunluk fonksiyonunun minimum değeri, kirişin optimum tasarımını temsil etmektedir. Amaç fonksiyonu, sürüdeki her ajanın uygunluğunu hesaplamaktadır. Bu uygulamada, amaç fonksiyonu çok amaçlı bir problemi iki kısıtla değerlendirmektedir. Amaç, iki kısıtlamayı karşılarken belirli bir performans ölçütünü en üst düzeye çıkarmaktır. Minimize edilecek performans metriği denklem 12’de verilmektedir. Burada h , b , t_w ve t_f bir kirişin enine kesitini tanımlayan dört boyuttur. İki kısıtlama ise denklem 13 ve 14’te verilmektedir.

$$g1 = 2bt_f + t_w(h - 2t_f) \leq 300 \quad (13)$$

$$g2 = \frac{18000h}{t_w(h-2t_f)^3 + 2bt_f(4(t_f^2) + 3h(h-2t_f))} + 15000 \frac{b}{(h-2t_f)(t_w^3) + 2t_w(b^3)} \leq 6 \quad (14)$$

Kısıtlamalardan herhangi biri ihlal edilirse, aracının uygunluğu, bunun geçerli bir çözüm olmadığını gösteren büyük bir 10^6 değerine ayarlanmaktadır. Aksi takdirde uygunluk, yukarıdaki performans metriğine ayarlanmaktadır. Amaç fonksiyonu, sürüdeki her ajan için bir tane olmak üzere bir dizi uygunluk değeri döndürmektedir. CDO algoritması, etmenlerin konumlarını güncellemek ve en iyi çözümü aramak için bu uygunluk değerlerini kullanmaktadır.

Sonuç olarak 100 iterasyonda 100 defa algoritma çalıştırıldığında, Tablo 3’teki ortalama çıktılar elde edilmektedir.

Tablo 3. CDO Çıktısı

| Parametreler: | Değerleri: |
|---------------|--------------------|
| h | 79.35805636361731 |
| b | 49.78066375813147 |
| t_w | 0.9858273706526672 |
| t_f | 1.8538270881079064 |

Bu optimum tasarım kirişin içindeki gerilme ve deformasyonların minimum seviyeye indirgenmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle, uygunluk fonksiyonunu minimize etmek, kirişin performansını en üst düzeye çıkarmak için önemlidir. Tablo 4’te görüldüğü üzere probleme uygun değerler CDO ve FPA ile hesaplanmaktadır ve probleme en ideal çözümü veren tasarım parametreleri bulunmaktadır. Aynı zamanda Tablo 5’te uygunluk değerleri hesaplanmaktadır.

Tablo 4. CDO ve FPA Karşılaştırılması

| Parametre | CDO | FPA (Bekdaş G. ve ark. 2021) |
|-----------|--------------------|------------------------------|
| h | 79.35805636361731 | 61.68913703615012 |
| b | 49.78066375813147 | 40.185666655730124 |
| t_w | 0.9858273706526672 | 3.0077703221442214 |
| t_f | 1.8538270881079064 | 1.5246954608758148 |

Tablo 5. CDO ve FPA Uygunluk Değerlerinin Karşılaştırılması

| CDO Uygunluk Değeri | FPA Uygunluk Değeri (Bekdaş G. ve ark. 2021) |
|----------------------|----------------------------------------------|
| 0.015985000848309196 | 0.02382110587984502 |

Tablo 5’ te ki değerler göz önüne alındığında CDO algoritmasının I Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu Problemi’nde FPA’ya göre daha etkin bir sonuç verdiği gözlemlenmektedir. %33 civarında bir başarıya sahip CDO algoritmasının yeni nesil başarılı algoritmalar arasında olduğu gösterilmektedir. Literatüre yeni eklenen algoritmalarının amacı da genelde önceki algoritmalarından daha fazla başarı elde etmektir. CDO’nun bu alandaki başarısını kanıtlamak için farklı kesitlerde kirişlerin optimizasyonunda kullanmak gerekmektedir. Gelecekteki çalışmalarda bunların yapılması planlanmaktadır. Farklı kesitlerde olan kirişlerin optimizasyonunun yanı sıra farklı alanlardaki problemlere de uygulanması gerekir. Özellikle çok amaçlı optimizasyon problemleri için modifiye edilen yapısı da denenmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makalede, I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu problemi için CDO ve FPA optimizasyon algoritmalarının uygulanması incelenmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, CDO algoritmasının daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir.

CDO algoritması, doğal eğilim optimizasyonu yöntemleri temel alınarak geliştirilen bir optimizasyon algoritmasıdır. CDO, birçok bireysel optimizasyon yöntemini bir arada kullanarak, daha iyi sonuçlar elde etmeyi hedeflemektedir. Bu nedenle, I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu problemi için CDO algoritmasının kullanılması, daha başarılı sonuçlar vermesi beklenen bir durumdur.

Öte yandan, FPA’da I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu problemi için kullanılabilen bir optimizasyon algoritmasıdır. Ancak, yapılan çalışmalar sonucunda CDO algoritmasının %32.89’luk başarı oranıyla daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın sonucuna göre, I-Kesitli Kirişin Düşey Deplasman Minimizasyonu problemi için CDO algoritmasının daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu sonuç, gelecekte yapılan benzer çalışmalarda da göz önünde bulundurulması gereken bir faktör olmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abed, G. R. (2020). Güncel metasezgisel optimizasyon algoritmaların çelik yapıların optimum boyutlandırılması problemindeki performanslarının incelenmesi. <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/xmlui/handle/123456789/5809>.
- Alhammedi, S. A. (2021). Numerical investigation into the effectiveness of steel i-beam strengthening techniques in steel-framed buildings. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 18.
- Bekdaş G., Nigdeli S.M., Yücel M., Kayabekir A.E. (2021). Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları ve Mühendislik Uygulamaları, *Seçkin Yayınları*.

- Bekiroğlu, D. (2006). *Prefabrike Yapıların Depreme Dayanıklı Tasarımı, Onarım ve Güçlendirilmesi* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çat, M. (2019). *Yapısal çelik kirişlerin elastik kritik moment değerini etkileyen parametrelerin incelenmesi ve değerlendirilmesi* (Master's thesis, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çelik, Y., Yıldız, İ., & Karadeniz, A. T. (2019). Son Üç Yılda Geliştirilen Metasezgisel Algoritmalar Hakkında Kısa Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 463-477.
- Derdiman, M. K. (2022). Ayrık PSO algoritması ile sehim kısıtı altında iki doğrultudaki kirişli döşemelerin güvenilirlik tabanlı optimizasyonu. *El-Cezeri*, 9(1), 49-64.
- Derdiman, M. K. (2022). Betonarme ön üretimli makas kirişlerin değişen tasarım momentleri altında beton dayanımlarına bağlı optimal kesit değerlerinin belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(3), 408-417.
- Derdiman, M. K. (2022). Betonarme sürekli kirişlerde optimal kesit ve donatı oranlarının parçacık sürü optimizasyon algoritması ile belirlenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(4), 923-940.
- Erdal, F., Tunca, O., & Özçelik, R. (2020). Experimental investigation and numerical analysis of optimally designed composite beams with corrugated steel webs. *Steel and Composite Structures*, 37(1), 1-14.
- Erdal, F., Tunca, O., Taş, S., & Çarbaş, S. (2016). Sinüsoidal Gövde Açıklıklı Çelik Kirişlerin Optimum Boyutlandırılması. *1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences Afyon Kocatepe University, Turkey 21-22 April 2016*
- Fenercioğlu, T., Sönmez, N., Koçak, A., Uğur, Y., & Sönmez, İ. K. Öngerilmeli betondan I kesitli prefabrike kirişlerin demiryolu köprülerinde etkin kullanımı. <https://eskisakarya.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/1478.pdf>.
- Nichkuhi, V. L., Azari, M. N., & Mousavi, S. A. (2020). Optimum Design of a High-Temperature Superconducting Induction/Synchronous Motor to Increase Torque Density Using Collective Decision Optimization Algorithm. *International Journal of Industrial Electronics, Control and Optimization*, 3(2), 137-146.
- Özbaşaran, H. (2018). Optimal design of I-section beam-columns with stress, non-linear deflection and stability constraints. *Engineering Structures*, 171, 385-394.
- Taş, S. (2017). Optimum boyutlandırılmış gövde yüksekliği artırılmış çelik kirişlerin yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırmalı analizi. <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/xmlui/handle/123456789/3269>
- Taylan, H. (2019). Trapez ve dalgalı formdaki ondülün gövdeli çelik kirişlerin yük taşıma kapasitelerinin karşılaştırmalı analizi. <http://acikerisim.akdeniz.edu.tr/xmlui/handle/123456789/4496>.
- Xu, X., Hu, Z., Su, Q., & Xiong, Z. (2018). Multiobjective collective decision optimization algorithm for economic emission dispatch problem. *Complexity*, (1), 1027193.
- Yucel, M., Nigdeli, S. M., & Bekdaş, G. (2019). Estimation model for generation optimization of design variables for I-beam vertical deflection minimization.

In IV. Eurasian Conference on Civil and Environmental Engineering (ECOCEE) (pp. 17-18).

- Yücel, M., Bekdaş, G., & Nigdeli, S. M. (2020). Minimizing the weight of cantilever beam via metaheuristic methods by using different population-iteration combinations. *WSEAS Transactions in Computers*, *19*, 69-77.
- Zhang, Q., Wang, R., Yang, J., Ding, K., Li, Y., & Hu, J. (2017). Collective decision optimization algorithm: A new heuristic optimization method. *Neurocomputing*, *221*, 123-137.
- Zhang, Q., Wang, R., Yang, J., Ding, K., Li, Y., & Hu, J. (2018). Modified collective decision optimization algorithm with application in trajectory planning of UAV. *Applied Intelligence*, *48*, 2328-2354.