

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK ÇERÇEVELERİN MEMETİK ALGORİTMA İLE OPTİMUM TASARIMI

Yunus EFE

DANIŞMAN

PROF. DR. M. Sedat HAYALİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DIYARBAKIR

ARALIK 2015

TEŐEKKÖRLER

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, başlangıcından sonuna kadar, gerekli bütün yardımını benden esirgemeyen, karşılaştığım problemler için deneyimlerinden yararlandığım, tez danışmanım sayın Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOğLU' na sağladığı destek ve katkılarından dolayı içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
KISALTMA VE SİMGELER.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Genetik Algoritmalar ile Yapılmış Önceki Çalışmalar.....	3
2.2. Memetik Algoritmalar ile Yapılmış Önceki Çalışmalar.....	4
3. MATERYAL VE METOT.....	7
3.1. Optimizasyon.....	7
3.2. Yapısal Optimizasyon Formülasyonu	8
3.2.1. Amaç Fonksiyonu	9
3.2.2. Sınırlayıcılar	9
3.3. Genetik Algoritma	11
3.3.1. Genetik Algoritma Operatörleri	11
3.3.2. Sınırlayıcısız Amaç Fonksiyonu	14
3.3.3. Uygunluk Değeri ve Kriteri	15
3.3.4. Genetik Algoritma Program İşleyişi	15
3.4. Memetik Algoritma	18
3.4.1. Memetik Algoritma Program İşleyişi	19
3.5. Program Bilgileri	22
3.5.1. Giriş Veri Dosyası	22
3.5.2. Çıkış Sonuç Dosyası	24
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1. Dört Katlı, Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı	29
4.2. On Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı	33
4.3. Beş Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı	37

4.4.	On Katlı Üç Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı	41
4.5.	Düzlem Çerçeve Sistemin Ağırlığının Nesiller Boyunca Değişimi ...	45
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	47
6.	KAYNAKLAR	49
	ÖZGEÇMİŞ	52

ÖZET

ÇELİK ÇERÇEVELERİN MEMETİK ALGORİTMA İLE OPTİMUM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yunus EFE

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

2015

En uygun maliyet ile en uygun tasarımı ve sonucu elde etmenin amaçlandığı günümüzde, optimizasyon probleminin çözümü için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Alanı itibariyle inşaat mühendisliğinde optimum tasarımda aranan, standartlar ile belirlenmiş sınırlamalar içinde kalarak yapının, mühendislik bakımında istenilen yapısal davranışı göstermesidir.

Bu çalışmada çelik çerçeve sistemlerin, geliştirilen bilgisayar programı yardımıyla, standartlarca belirlenmiş sınırlamalar altında, en az ağırlıklı yapının, kullanılan Memetik algoritma ile elde edilmesi amaçlanmıştır. Önceden yazılmış Genetik algoritma programı geliştirilerek, Memetik algoritmaya modifiye edilmiştir. Bununla, her iki algoritma ile çözümü gerçekleştirilen problemlerin sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışmanın;

Birinci bölümünde, yapılan çalışmanın amacı ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci bölümde, bu konuyla ilgili literatürde yapılmış çalışmalara değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, konuyu teşkil eden algoritmaların genel yapısı, özellikleri, işleyişi, farkları ve ortak yönlerine değinilmiştir.

Dördüncü bölümde, hem Memetik algoritma ile hem de Genetik algoritma ile çözümü gerçekleştirilen problemlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

Beşinci bölümde, çözümü gerçekleştirilen problemlerden, elde edilen sonuçların neticesinde Memetik algoritma ile gerçekleştirilen çözümün, Genetik algoritma ile yapılan çözüme göre daha hafif sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: MEMETİK ALGORİTMA, GENETİK ALGORİTMA, ÇELİK ÇERÇEVE SİSTEMLER, OPTİMUM TASARIM, AISC-ASD

ABSTRACT

OPTIMUM DESIGN OF STEEL FRAMES VIA MEMETIC ALGORITHM

MSc THESIS

Yunus EFE

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DICLE UNIVERSITY

2015

In this period of time, In engineering designs, main aim is to get most cost-effective result. To take tihs result, there are many types of optimization ways for determining optimal design problem. Defining the optimal design in structural engineering; Optimal structural system is not only the lightest structure but also structure which also fulfils required structural safety conditions and constraints, specified by standarts.

In this study, steel frame systems have been determined under the limitation of a minimum weight of structure which intends to be obtained by Memetic Algorithm used with the aid of computer program. At first, pre-written computer program with using Genetic Algorithm has been modified to Memetic Algoritm. Later, the number of structural problem solved and then solutions are evaluated for both algorithm with performed problems.

In this study;

In the first section, the aim and scope of this study is explained.

In the second section, previous studies which are related to Genetic and Memetic algorithm are stated.

In the third section, Not only related detailed informations are given for Optimization, Genetic Algoritms, Memetic Algorithms, but also How these algoritms works, general structures, their properties, differences between these algorithms are explained.

In the fourth section, Both Memetic Algorithm and Genetic Algorithm computer program performed for number of problems to see and evaluated for both algorithms.

In the fifth section, After the results of performed problems, some conclusins obtained. It is observed from solutions that there have been got better results in terms of structural weights in Memetic Algoritm in stead of Genetic Algoritmh.

Keywords: MEMETIC ALGORITHM, GENETIC ALGORITM, STEEL FRAMES, OPTIMUM DESIGN, AISC-ASD

ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No.</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.01 Genetik Algoritma ile Dört Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Çözüm Sonuçları.....	31
Çizelge 4.02 Memetik Algoritma ile Dört Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Çözüm Sonuçları.....	32
Çizelge 4.03 Genetik Algoritma ile On Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı.....	35
Çizelge 4.04 Memetik Algoritma ile On Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları.....	36
Çizelge 4.05 Genetik Algoritma ile Beş Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları.....	39
Çizelge 4.06 Memetik Algoritma ile Beş Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları.....	40
Çizelge 4.07 Genetik Algoritma ile On Katlı Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları.....	43
Çizelge 4.08 Memetik Algoritma ile On Katlı Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları.....	44

ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil No.</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 3.01	Tek Noktalı Çaprazlama.....	12
Şekil 3.02	Çift Noktalı Çaprazlama.....	12
Şekil 3.03	Üniform Çaprazlama.....	13
Şekil 3.04	Mutasyon Operatörü.....	13
Şekil 3.05	Genetik Algoritma Programı Akış Diyagramı.....	17
Şekil 3.06	Lokal Arama Operatörü.....	18
Şekil 3.07	Memetik Algoritma Programı Akış Diyagramı.....	21
Şekil 3.08	Veri Dosyası Gösterimi.....	22
Şekil 3.09	Veri Dosyası Gösterimi.....	23
Şekil 3.10	Çıkış Dosyası İlk Kısım Gösterimi.....	25
Şekil 3.11	Çıkış Dosyası İkinci Kısım Gösterimi.....	26
Şekil 3.12	Çıkış Dosyası Popülasyon Gösterimi.....	26
Şekil 3.13	Çıkış dosyası Her Jenerasyon İçin Analiz Gösterimi.....	27
Şekil 3.14	Çıkış dosyası Sonuç Gösterimi.....	27
Şekil 4.01	Dört Katlı, Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi.....	30
Şekil 4.02	On Farklı Çözümde Dört Katlı Tek Açıklıklı Sistemin Sonuçları...	33
Şekil 4.03	On Katlı, Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi.....	34
Şekil 4.04	On Farklı Çözümde On katlı Tek Açıklıklı Sistemin Sonuçları.....	37
Şekil 4.05	Beş Katlı, İki Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi.....	38
Şekil 4.06	On Farklı Çözümde Beş Katlı İki Açıklıklı Sistemin Sonuçları.....	41
Şekil 4.07	On Katlı, Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi.....	42
Şekil 4.08	On Farklı Çözümde On Katlı Üç Açıklıklı Sistemin Sonuçları.....	45
Şekil 4.09	On Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Nesiller Boyunca Ağırlık Değişimi.....	46

KISALTMA VE SİMGELER

A_k	: Elemanın enkesit alanı
GA	: Genetik Algoritma
MA	: Memetik Algoritma
AISC	: Amerikan Çelik İnşaatı Enstitüsü (American Institute of Steel Construction)
ASD	: Emniyet Gerilmeleri Tasarımı (Allowable Stress Design)
C	: Sınırlayıcı zorlama katsayısı
E	: Elastisite modülü
F_a	: Sadece eksenel basınç kuvveti etkisi altında emniyet gerilmesi
F_b	: Sadece eğilme momenti etkisi altında, basınç eğilme emniyet gerilmesi
f_a	: Hesaplanmış eksenel gerilme değeri
f_b	: Hesaplanmış eğilme gerilmesi değeri
F_y	: Akma gerilmesi değeri
F_t	:Yalnız eksenel çekme kuvveti etkimesi durumunda emniyet gerilmesi
F_e'	: Euler emniyet gerilmesi
FIT	: Bireyin Uygunluk Değeri
FIX	: Optimum Yapı Ağırlığı
F_i	: Uygunluk değeri
FS	: Basınç altında emniyet katsayısı
g_i	: i no. lu elemanda gerilme için sınırlayıcı fonksiyon
g_j	: j no. lu deplasman için sınırlayıcı fonksiyon
I_{min}	: Kesitin minimum atalet momenti
IT	: İterasyon (kuşak sayısı)
K	: Etkili boy faktörü
L, l	: Uzunluk, eleman boyu
$\varphi(x)$	: Sınırlayıcısız amaç fonksiyonu
ρ_i	: Çeliğin özgül ağırlığı

δ_j : j no.lu deplasman değeri

δ_{ju} : Maksimum deplasman değeri

1.GİRİŞ

Türk dil kurumuna göre mühendis, insanların her türlü ihtiyacını karşılamaya dayalı yol, köprü, bina gibi bayındırlık; tarım, beslenme gibi gıda; fizik, kimya, biyoloji, elektrik, elektronik gibi fen, uçak gemi, otomobil, motor iş makinesi gibi teknik ve sosyal alanlarda uzmanlaşmış belli bir eğitim görmüş kimsedir. Mühendislik felsefesi ise ihtiyaçlarının karşılanmasında emniyet ekonomi ve estetiğin göz önüne alınmasıdır.

Bu felsefi yaklaşımla mühendislikte amaçlanan optimum tasarımıdır. Bunu belirleyen en büyük etkenler ise uygun maliyet-ki günümüz koşullarında kullanılan materyallerin değer kazanması belirleyici faktör olmakta- ve emniyet, yapıya etki eden yüklerin standartlar ve yönetmelikler ile belirlenen sınırlamalar içerisinde kalarak uygun dayanımı gösterecek malzemenin seçimidir. Bu şartlar altında yapılan dizayn ile optimum tasarımı elde etmiş oluruz.

Günümüzde en uygun tasarım probleminin çözümü için birçok matematik programlama teknikleri kullanılmaktadır. Optimum tasarım problemlerini ayrık tasarım değişkenlerini kullanarak çözümleme, 1989 yılında Goldberg tarafından Genetik algoritma kullanılarak geliştirilmiştir.

Buna paralel olarak daha sonraki yıllarda Richard Dawkins (1976) tarafından ortaya atılan, genel yapı olarak Genetik algoritmaya benzerlik gösteren ama genetik algoritmadan farklı olarak kromozomu oluşturan elementlerin gen olarak değil, meme olarak tabir edildiği, kromozomları ve yeni bireylerin algoritmanın yapısı itibari ile daha sağlıklı bireyler oluşturulmasını amaçlayan ve üzerinde yeni çalışmalar yapılan Memetik Algoritmayı öne sürmüştür.

Bu çalışmada Genetik algoritmaya göre düzlem çerçevelerin optimum tasarımı yapan programa ilave operatör yapılarak Memetik algoritmaya göre çözümü sağlayacak bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.

Her iki yöntemde birbirine benzemekle birlikte Memetik Algoritmada, Genetik Algoritma'nın üreme, çaprazlama, mutasyon operatörlerinin yanı sıra, lokal arama operatörü eklenmiştir. Eklenen bu operatör daha iyi bir optimum çözümün elde edilmesi için araştırma yapmaktadır.

Bu çalışmada seçilen düzlem çerçeve sistemlerin optimum tasarım örnekleri Genetik Algoritma ve Memetik Algoritma ile çözülerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Mühendislikte istenen asıl amacın kriterlere uygun olarak optimum tasarımın elde edilmesi olduğu için, sürekli olarak optimizasyon alanında gelişmeler yaşanmaktadır. Memetik algoritma, Genetik algoritmaya göre şimdilik gelişmeye ve araştırılmaya açık bir alan olsa da, farklı bilimsel alanlarda yapılmış çalışmalara rastlanılmaktadır. Konu itibari ile çelik çerçeve sistemlerin optimum tasarımı amaçlandığından, bu bölümde yapısal olarak Genetik ve Memetik algoritma ile geçmişte yapılan çalışmalarda kısaca bahsedilmektedir.

2.1 Genetik Algoritmalar ile İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Genetik algoritma ilk olarak John Holland (1975) ile ortaya atıldı. Daha sonra ise John Holland ve öğrencileri tarafından geliştirilmesiyle daha çok ilgi çekti.

Goldberg ve Samtani (1986) 'nin Genetik algoritma yardımıyla on elemanlı düzlem kafes sistemin optimizasyonu ile inşaat mühendisliği alanında ilk defa kullanılmaya başlandı.

Rajeev ve Krishnamoorthy (1992) tarafından yapılan çalışmada iki literatür problemi Genetik algoritma ile çözümlenip, sonuçları karşılaştırıldı. Çalışmada 160 elemanlı iletim kulesinin çözümüyle, daha büyük yapıların, Genetik algoritma ile optimizasyonu gösterilmiş oldu.

Genel olarak Genetik algoritmalar kullanılarak kafes sistemlerin optimizasyonu çalışmaları ile diğer farklı genetik algoritma çeşitlerinin karşılaştırma çalışmaları yapıldı. Jingu ve diğer çalışma arkadaşları(1996), Rajeev ve Krishnamoorthy(1992), Rajeev ve Krishnamoorthy (1997) yaptıkları çalışmalar ile minimum ağırlıklı kafes sistemlerin optimizasyon probleminin çözümü için Genetik algoritmaları kullandılar. Bunu takiben Genetik algoritmalar ile kafes sistemlerde, boyut, şekil ve geometrisini de dikkate alan optimizasyon çözümleri geliştirildi.(Schinler, 2001)

Kafes sistemlerin aksine, çerçeve sistemler ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Camp ve diğer arkadaşları (1996), Genetik algoritma tabanlı Feapgen programı, sonlu eleman analizi yöntemiyle geliştirilmiş, tasarım değişkenleri olarak gerilmelerin AISC-ASD standartlarına, kesitlerin ise AISC' ye göre üretilen çelik

profillere uygun olarak belirlenmiş sistemin çözümünü gerçekleştirmiş ve sonuçları optimumluk kriteri metodu sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Problemlerde tek açıklıklı sekiz katlı çerçeve sistemi ile üç açıklıklı üç katlı çerçeve sistemlerin analizleri sonucu, optimumluk kriteri yöntemine göre daha hafif yapılar elde edilmiştir.(Schinler, 2001)

Hayalioğlu(2000), Genetik algoritma ile lineer olmayan elastik-plastik davranışlı çelik çerçevelerin, ayırık tasarım değişkenlerini kullanarak analizi yapılmıştır. Amaç fonksiyonunun, minimum ağırlıklı yapıyı elde etmenin hedeflendiği problemde, Genetik algoritmanın olumlu sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Kameshki ve Saka(2001), düğüm noktalarının, gerçeğe daha uygun bir şekilde modellenmesinin, çerçeve sistemlerin dizayn ve analizinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda yapılan çalışmada, düğüm noktaları yarı rijit olarak kabul edilen çerçeve sistemin, Genetik algoritma kullanılarak, optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

2.2 Memetik Algoritma ile İlgili Yapılmış Önceki Çalışmalar

Literatürü incelediğimizde, Genetik algoritma ile yapılmış optimizasyon problemlerinin aksine, Memetik algoritma yardımıyla, yapısal optimizasyon problemleriyle ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır.

Koçyiğit (2013) yaptığı tez çalışmasında, belirli sınırlayıcılar altında optimum tasarımı için geliştirilen Genetik ve Memetik algoritmali bilgisayar programını kullanarak çeşitli uzay kafes sistemlerin analizini gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak ise Memetik algoritma ile yapılan çözümlerin Genetik algoritma ile yapılmış çözümlere göre, daha uzun sürede analizlerin gerçekleştiği ama analiz süresinin aksine yapı ağırlığının daha hafif olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın dışında Neri ve Cotta (2012), Memetik algoritmayı içeren bir literatür çalışması hazırlamıştır. Ayrıca Elbeltagi, Hegazy, Grierson (2005) Memetik algoritmayı da içeren Evrimsel algoritmaların sürekli ve ayırık optimizasyon problemlerini; işlem zamanı, yakınsama hızı, eşitlik ve sonuç bakımında karşılaştıran bir çalışma yapmıştır.

Bano ve arkadaşları (2010), su dağıtım şebekelerinin dizaynında Memetik algoritmayı uyguladılar. Yapılan çalışmada Memetik algoritmanın doğruluğunu,

hassasiyetini netleştirmek için Tabu arama, Genetik algoritmanın da bulunduğu beş farklı yöntemle sonuçları karşılaştırıldı.  faklı şebeke dizayn probleminin çözümü sonrası Memetik algoritma ile elde edilen sonuçların, diğer algoritmalara göre, özellikle de zlen problemin boyutları, niteliği arttığında, daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

Tez konusu itibari ile düzlem çerçeve sistemlerin optimum tasarımını ele aldığı için bu bölümde, sistemin optimum tasarımını gerçekleştiren bilgisayar programını oluşturulan kodların hangi temellere dayanılarak oluşturulduğu, hangi yöntemlerin kullanıldığı, kullanılan algoritmaların içeriğinden, yapısından ve işleyişinden bahsedilmektedir.

Çelik çerçeve sistemlerin çözümü için ele aldığımız Memetik algoritma ve Genetik algoritma programların genel itibari ile benzerlik içerse de, algoritmalar yapısal olarak bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklara ve algoritmanın detaylarına değinilecektir.

3.1 Optimizasyon

Çelik yapıların optimum tasarımında asıl amaç bir yandan maliyeti düşürürken diğer yandan da yapının standartlar ile belirlenmiş olan sınır koşullarını sağlanması beklenmektedir. Bu tip problemlerin çözüm yöntemine gelince; Matematik programlama ve Optimumluk kriteri yöntemleri geçmişte daha sık kullanılmış olup, daha sonra ki kısımda, yapısal optimizasyon alanındaki gelişmelere katkı sağlamıştır.

Matematik programlama problemi, belirli kısıtlar altında bir amaç fonksiyonunun optimize edilmesinden oluşmaktadır. Yapısal optimizasyonun matematik programlamanın alt bölümü olan lineer programa uygulamak için, amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılar arasındaki ilişki, tasarım değişkenlerine doğrusallaştırılması gerekir. (Çetin,2007. Camp ve diğ., 1998)

Optimumluk kriteri yöntemi uygulaması özel boyutlandırma koşulları için uygun bir kriterin türetilmesi ve en son boyutlandırmanın başarılması için bir iteratif yolun kurulması esasıyla oluşur.

Bu kriter, sürekli tasarım değişkenlerine dayanmaktadır. Değişkenler optimumluk kriteri yönteminde, iki aşamalı bir prosedürle, istenen durum için genellikle kullanılır. İlk olarak optimizasyon problemi sürekli değişkenler kullanılarak çözülür, daha sonra, bir kısım ayırık değerler, sürekli çözümlerle elde edilen sonuçlar ile eşlenerek, hesaplanır. Optimumluk kriteri yöntemi tek bir yapısal elemanın kesit alanını

tasarım değişkeni olarak kullanır. Diğer kesit alanı özellikleri, seçilmiş tasarım değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilir.

Optimumluk kriterini sağlayan bir boyutlandırmayı elde etmek için yapılan sayısal işlemler, yeniden boyutlandırma adımıyla bir tekrarlanma bağıntısının uygulamasını gerektirir. Tekrarlama bağıntısı, optimumluk kriterini sağlamak için boyutlandırma değişkenlerini değiştiren bir iteratif düzenlemedir. Bu kriterde de amaç bu iteratif yöntemlerle minimum ağırlık boyutlandırmasıdır.

Genetik algoritma ilk olarak John Holland (1975) tarafından önerilen ve yapı itibari ile uygun bireylerin yani en sağlıklı olanın hayatta kalması ilkesini kullanan bir yapıya sahiptir. Genetik algoritmaların yapısal optimizasyon problemlerine uyarlanması gerekir. Sınırlayıcılara bağlı olarak çözümü gerçekleştirilmesi gereken mühendislik problemlerinin, sınırlayıcısız optimizasyon problemine dönüştürülüp, problemin çözümü gerçekleştirilir.

Memetik algoritma ise Richard Dawkins (1976) tarafından ortaya atılan, özellikle de biyolojik eşleyici olan genlerinkine benzer bir rol oynayan ve kromozomları oluşturan “mem” adı verilen yeni bir birim saptadı. Genetik algoritmadan farklı olarak memlerin evrim sürecine dahil edilmeden, lokal arama operatörü yoluyla, bireylerin deneyim kazanmasını sağlamasıdır. Memetik algoritmanın optimizasyon problemine uyarlanması büyük ölçüde Genetik algoritma ile benzerlik gösterirken, yapısındaki lokal arama operatörü ile daha iyi bir optimum çözümün elde edilmesi için araştırma yapmaktadır.

3.2 Yapısal Optimizasyon Formülasyonu

Yapısal optimizasyonda istenilen minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek için bir amaç fonksiyonuna ve minimum ağırlıklı yapısında istenilen yapısal davranışı sergilemesi için sistemin yönetmeliklerle belirlenen sınır koşullarını sağlaması gerekmektedir. Bu bölümde, istenen minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek için kullanılan formülasyonlara değinilecektir.

3.2.1 Amaç Fonksiyonu

Programda minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek için kullanılan fonksiyon aşağıda gösterilmektedir.

$$W(x) = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{mk} \rho_i L_i \quad (3.1)$$

Yukarıda matematiksel olarak gösterilen formülasyonda; $W(x)$ çerçeve sisteminin toplam ağırlığını, A_k k' ıncı eleman grubundaki elemanların kesit alanını, mk k' ıncı gruptaki toplam eleman sayısını, ρ_i ve L_i i'inci elemanın özgül ağırlığı ve uzunluğunu gösterir. (Hayalioğlu ve Değertekin, 2004)

3.2.2 Sınırlayıcılar

Problemin çözümünde asıl amaç yapıya etki eden yükler altında minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek olsa da, yapının uygunluğunu belirlememizde ki en önemli faktör sınır koşullarının sağlanmasıdır. Yapının davranışına bağlı kısıtlamalar, deplasman ve gerilme sınırlayıcılarıdır. Programa esas sınır koşullarının belirlenmesinde ve yapının uygunluğunun denetlenmesinde AISC-ASD yönetmeliğinden yararlanılmıştır.

Deplasman sınırlayıcıları;

$$g_j(x) = \frac{\delta_j}{\delta_{ju}} - 1 \leq 0, \quad j=1, \dots, m \quad (3.2)$$

Burada; δ_j i'nci sınırlanmış deplasman değeri, δ_{ju} sınırlanmış deplasman üst sınırını, m ise çerçevedeki sınırlanmış deplasmanların sayısını göstermektedir. (Hayalioğlu ve Değertekin, 2004)

AISC tarafından emniyet gerilmeleri şöyle ifade edilmektedir:

a) $Kl/r < C_c$ ise eksenel basınç emniyet gerilmesi:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_y}} \quad (3.3)$$

$$r = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \quad (3.4)$$

$$F_a = \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r} \right)^2}{2C_c^2} \right] \frac{F_y}{FS} \quad (3.5)$$

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8C_c} \left(\frac{KL}{r} \right) - \frac{1}{8C_c^3} \left(\frac{KL}{r} \right)^3 \quad (3.6)$$

b) $C_c < KL/r < 200$ ise Euler formülü uygulanır 3.7:

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{FS \left(\frac{KL}{r} \right)^2} \quad (3.7)$$

$$FS = 23/12 = 1,92 \quad (3.8)$$

$KL/r > C_c$ iken akma noktası, izin verilebilir basınç gerilmelerinden bağımsızdır.

Bundan sonra bileşik gerilmelerin istenilen limitler içinde kalması için AISC-ASD yönetmeliğinin etkileşim formülasyonları programda kullanılarak, gerilmelerin istenilen limitler içinde kalıp kalmadığı kontrol edilmiştir. Normalize edilmiş gerilme sınırlayıcıları:

f_a/F_a 0,15 'ten küçük ise:

$$g_i(x) = \left[\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \right]_i - 1.0 \leq 0 \quad i=1,2,...,nm \quad (3.9)$$

f_a/F_a 0,15' ten büyük ise, aşağıdaki formüller kullanılmaktadır:

$$g_i(x) = \left[\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{\left(1 - \frac{f_a}{F_e} \right) F_b} \right]_i - 1.0 \leq 0 \quad (3.10)$$

$$g_i(x) = \left[\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_b}{F_b} \right] - 1.0 \leq 0 \quad i=1,2,\dots, nm \quad (3.11)$$

Eksenel çekme kuvvetinin ve eğilme momentinin birlikte etkimesi durumunda gerilme durumunun kontrolü:

$$g_i(x) = \left[\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} \right] - 1.0 \leq 0 \quad i=1,2,\dots,nm \quad (3.12)$$

Eşitliklerde nm; toplam eleman sayısını temsil etmektedir. C_m bir katsayı olup 0,85 alınmıştır. Bu formülasyonlardan sonra program tarafından yapılan lineer elastik analiz sonuçları ile gerilme değerleri ve kontrolleri yapılmaktadır.

3.3 Genetik Algoritma

Yapısal optimizasyon alanında yaşanan gelişmelerle beraber en uygun çözümü elde etmek için farklı yöntemler geliştirilmeye başlanılmıştır. Evrimsel algoritma türlerinden biri olan Genetik algoritma ilk olarak John Holland (1975) tarafından önerilen ve yapı itibari ile uygun bireylerin yani en sağlıklı olanın hayatta kalması ilkesini kullanan gelişmiş araştırma tekniğidir.

En sağlıklı bireyin seçilimi ve algoritmanın işleyişi, algoritmayı oluşturan adımların ve kullanılan algoritma ile istenilen yapısal optimizasyonun nasıl gerçekleştiği bu kısımda açıklanmaya çalışılmıştır.

3.3.1 Genetik Algoritma Operatörleri

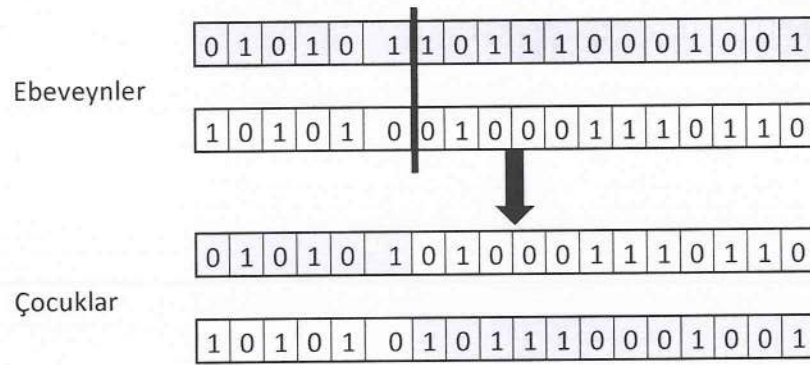
Genetik algoritmayı yapı olarak incelediğimizde, algoritmayı farklı operatörler oluşturmaktadır. Operatörler çeşitlendirilse de program kodunda üreme(reproduction), çaprazlama(crossover) ve mutasyon(mutation) operatörleri kullanılmıştır.

Üreme operatörü, bir toplulukta veya popülasyonda en sağlıklı, uygun bireylerin hayatta kalma prensibini uygular. Algoritmaya göre uygun olduğu belirlenen bireylerin tekrar üreme olasılığı olduğundan eşleşme havuzuna gönderilir.

Eşleşme havuzuna uygunluk değerleriyle orantılı olarak kopyalanan bireylere diğer bir adım olan çaprazlama operatörü uygulanır. Çaprazlama bir yeni bileşim

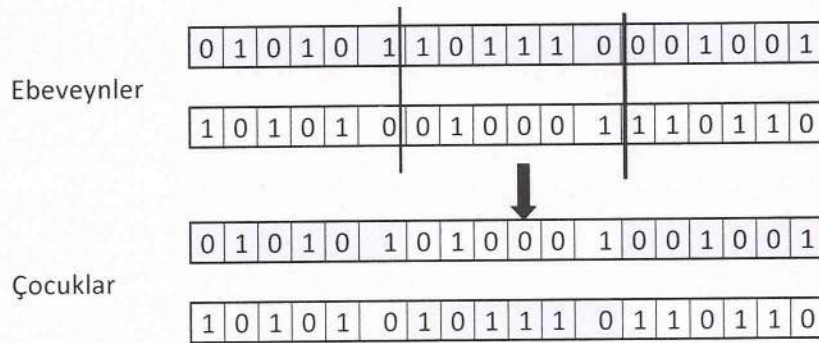
operatörüdür. Burada ilk olarak eşleşme havuzuna gönderilen bireyler, rastgele çift olarak eşleştirilir. Böylece çiftlere çaprazlama operatörü uygulanır. Çaprazlama operatörleri yöntemlerine baktığımızda:

-Tek noktalı çaprazlama: Bu tip çaprazlama operatöründe her iki ebeveynden aynı uzunlukta bir dizi seçilir. Daha sonra bireylerin, seçilmiş olan dizileri sabit kalması şartıyla, kalan dataları karşılıklı olarak iki birey arasında çaprazlanır ve yeni bireyler elde edilmiş olur. Şekil 3.01 ile tek noktalı çaprazlama örneklendirilebilir.



Şekil 3.01 Tek noktalı çaprazlama

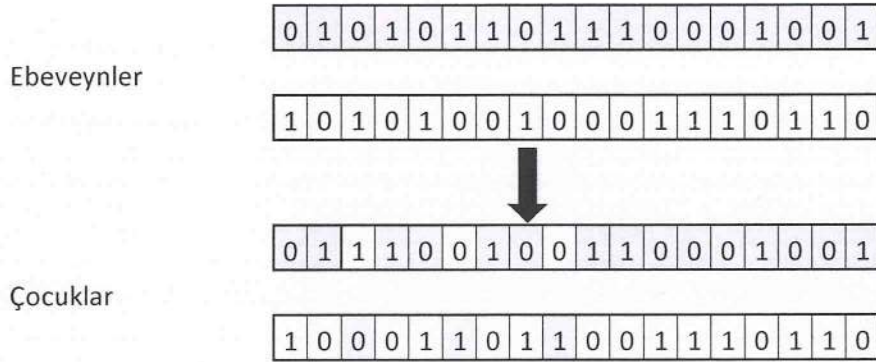
-Çift noktalı çaprazlama: Bu tip çaprazlama operatöründe her iki ebeveynde seçilen iki dizi arasındaki tüm dataların çaprazlanmasıyla, yeni bireyler oluşturulur. Şekil 3.02 ile çift noktalı çaprazlama örneklendirilebilir.



Şekil 3.02 Çift noktalı çaprazlama

-Üniform çaprazlama: Bu tip çaprazlama operatöründe önceden belirlenmiş bir çaprazlama olasılığı seçilir. [0-1] aralığında rastgele sayı üretici her gen için çalıştırılır.

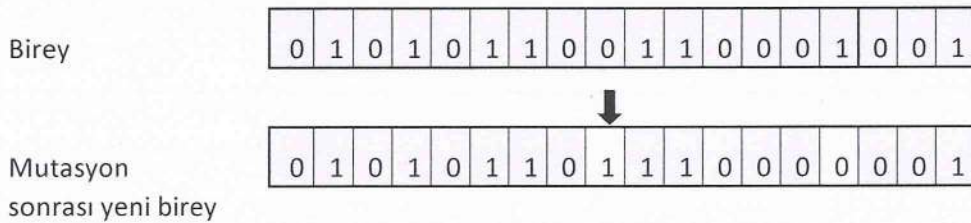
Eğer üretilen bu sayı çaprazlama olasılığından küçük ise ebeveynlerin genleri o gen sırası için karşılıklı olarak değiştirilir, değil ise gen değişimi olmadan bir sonraki gene aynı işlemler uygulanır. Örnek olarak şekil 3.03’ de, üçüncü, altıncı ve dokuzuncu sıradaki genler için üretilen rastgele sayı, çaprazlama olasılığından düşük olduğu kabulüyle yeni bireylerin üretildiği görülmektedir.



Şekil 3.03 Üniform çaprazlama

Geliştirilen bilgisayar programında Üniform çaprazlama operatörü kullanılmıştır.

Mutasyon ise üçüncü operatördür. Çaprazlama operatörü sonrası oluşturulan yeni bireylere, belirlenmiş bir olasılık oranında, mutasyon operatörü uygulanmaktadır. Mutasyon için rastgele sayı üretici her gen için tekrar çalıştırılır. Eğer bu sayı mutasyon olasılığından küçük ise gen ‘1’ ise ‘0’; ‘0’ ise ‘1’ olarak değiştirilir. Örnek olarak şekil 3.04’ de dokuzuncu ve onbeşinci genler için üretilen rastgele sayı, mutasyon olasılığından düşük olduğu kabulüyle gen değişimi gerçekleşmiştir.



Şekil 3.04 Mutasyon Operatörü

3.3.2 Sınırlayıcısız Amaç Fonksiyonu

Matematiksel açıdan tasarım değişkenleri sürekli veya ayrık değişkenler olarak tanımlanabilirler. Sürekli değişkenler belirli bir aralıkta her değeri alabilirler. Ayrık değişkenler ise belirli bir aralıkta önceden belirlenmiş bazı değerlere sahip olabilirler. Yapısal optimizasyonda tasarım değişkenleri bir kafes veya çerçeve elemanlarının kesit alanları veya düğüm noktaları, bir plağın kalınlığı gibi parametreler olabilir. yapısal optimizasyonda deplasman, gerilme, doğal frekans vs. gibi sınırlamalar altında yapının maliyet veya ağırlığının minimize edilmesi istenebilir. Bazı durumlarda ise sabit bir yapı ağırlığı için yapının burkulma yüklerinin veya doğal frekanslarının minimize edilmesi gerekebilir. Optimum tasarımda kullanılan sınırlayıcılar gerilme, deplasmanlar yönetmeliklere uygun seçilmelidir. (Hayalioğlu)

Genetik algoritmalar sınırlayıcısız optimizasyon problemlerin çözümü için çok kullanışlı algoritmalarlardır. Ama mühendislik problemleri sınırlayıcılı optimizasyon problemi olmasına karşın, bunu sınırlayıcısız optimizasyon problemine dönüştürmek gerekmektedir. (Daloğlu ve Aydın 1999, Hayalioğlu 2000)

Yapısal optimizasyon formülasyonu kısmında değinilen sınırlayıcıları sağlamayan tasarımlar direk reddedilmekte bunun yerine bu tasarımlar aşağıda verilen ve sınırlayıcısız amaç fonksiyonu olarak adlandırılan bağıntıyla cezalandırılmaktadır. Bu şekilde cezalandırılmış olan bu tasarımların yakınında olabilecek olan olası optimum tasarımların elde edilmesi ihtimali hesaba katılır. (Hayalioğlu, Değertekin, 2004)

i nolu bireyin sınırlayıcısız amaç fonksiyonu:

$$\varphi_i(x) = W(x)_i (1 + RC) \quad (3.14)$$

R probleme özgü bir ceza sabitidir, örneklerde R=10 alınmıştır. C ise sınırlayıcı zorlama katsayısıdır ve

$$C = \sum_{j=1}^{ms} c_j \quad (3.15)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Burada eğer $g'_j(x) > 0$ ise $c_j = g'_j(x)$ veya $g'_j(x) \leq 0$ ise $c_j = 0$ şeklindedir. Normalleştirilmiş sınırlayıcı $g'_j(x)$,

$$g'_j(x) = \frac{g_j(x)}{R} - 1 \leq 0 \quad (3.16)$$

Şeklinde ifade edilebilir.

Eğer tüm sınırlayıcılar sağlanmışsa C sıfıra eşit olacağından fonksiyonun değeri, sadece yapının ağırlığına eşit olmaktadır. Dolayısıyla ağırlığın minimum olduğu ve tüm sınırlayıcıların sağlandığı durumlar optimum çözümü vermektedir.

3.3.3 Uygunluk Değeri ve Kriteri

Topluluktaki i ' nci birey için uygunluk ifadesi:

$$F_i = [\varphi(x)_{\max} - \varphi(x)_{\min}] - \varphi(x)_i \quad (3.17)$$

Şeklindeir. Bu denklemde $\varphi(x)_{\max}$ topluluktaki maksimum sınırlayıcısız amaç fonksiyonu değeri, $\varphi(x)_{\min}$ topluluktaki minimum sınırlayıcısız amaç fonksiyonu değeridir.

Bu bireyin uygunluğunun hesabı için çerçevedeki deplasman ve gerilme değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu da çelik çerçeve sistemlerin lineer elastik analizlerinin yapılmasıyla elde edilir.

3.3.4 Genetik Algoritma Program İşleyişi

Önceki bölümlerde yapısı anlatılmaya çalışılan Genetik algoritma yöntemiyle çelik çerçeve sistemlerin optimum tasarım algoritması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

-Program giriş veri bilgileri, veri dosyasında okunur.

-Veri dosyasından belirlenen dizi uzunluğuna göre ikili tabandaki sayılardan(0 ve 1) başlangıç topluluğu rastgele oluşturulur.

-İkili sistemde oluşturulan her bir bireyin grupları, onluk sisteme dönüştürülerek, veri dosyasında önceden belirlenen kesit numarası sırasına göre, bireylerde ki her bir alt dizi listede ki kesitler ile eşlenir

-Problemin içeriğine göre belirli grup sayısından oluşan her bir bireyin yani yapının lineer elastik analizi yapıp, deplasman ve gerilme değerleri hesaplanır.

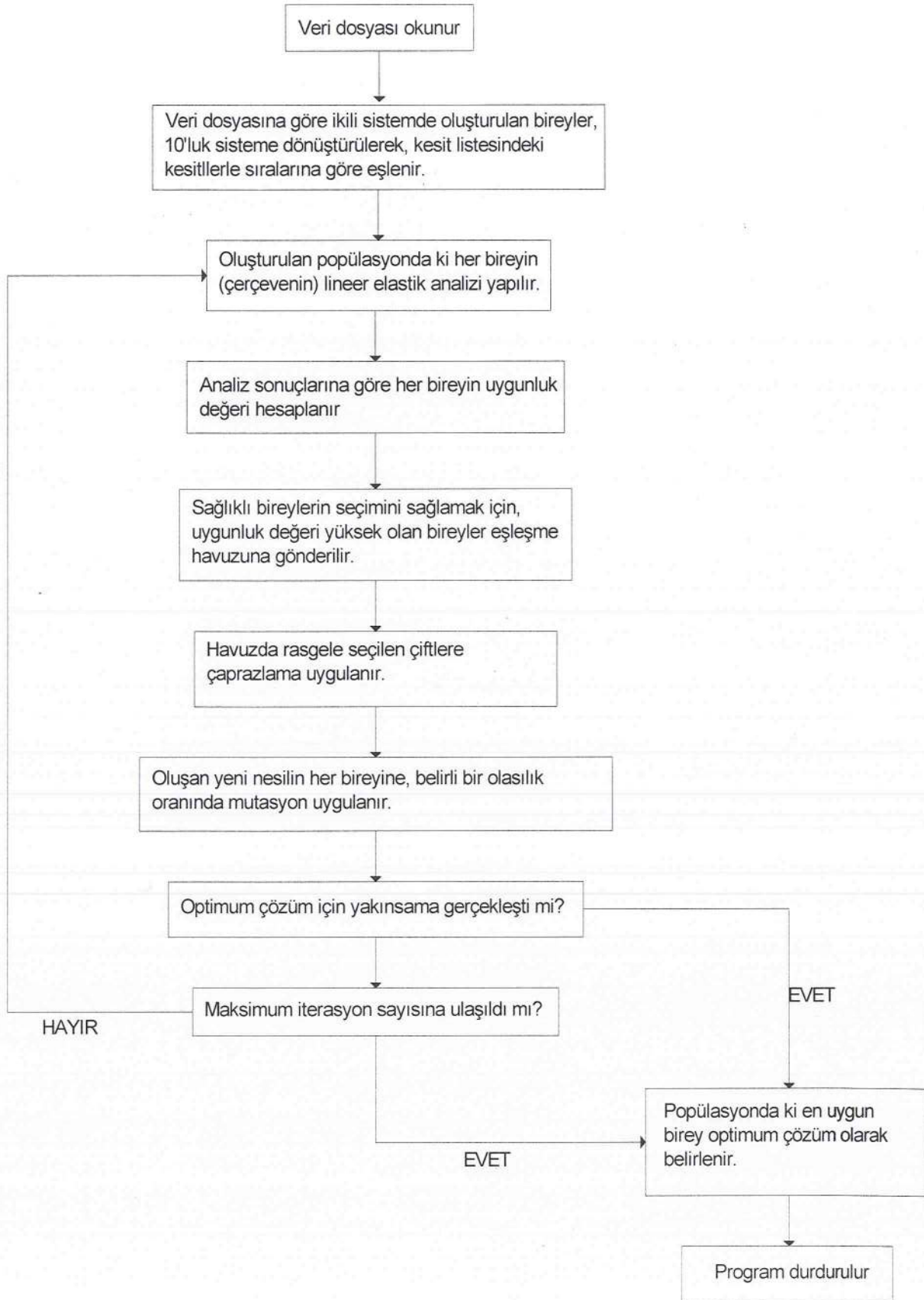
-Analiz sonuçlarına göre, en sağlıklı bireyin belirlenmesi için sınırlayıcısız amaç fonksiyonu değerlerini kullanarak, topluluktaki her bir bireyin uygunluk değeri hesaplanır.

-Uygunluk değerine göre kopyalanan bireyler eşleşme havuzuna gönderilir. Rastgele eşlenen çiftlere, önceden belirlenen çaprazlama olasılığına göre çaprazlama operatörü uygulanarak yeni bireyler elde edilir.

-Bu yeni popülasyona, mutasyon olasılığına göre, mutasyon operatörü uygulanır. Böylelikle oluşturulan yeni popülasyon önceki popülasyonun yerini alır.

-Programda belirlenen iterasyon sayısına göre veya önceki adımlarla oluşturulan yeni popülasyonun bireyleri arasında %80' lik bir yakınsama sağlanıncaya kadar program işleyişi devam eder. İstenilen değere ulaşıncaya, en sağlıklı bireyin seçilimi ile program durdurulur.

Yukarıda anlatılan Genetik algoritma ile çalışan programın işleyişini şekil 3.05 deki akış diyagramı ile kısaca ifade edebiliriz.



Şekil 3.05 Genetik Algoritma Program akış diyagramı

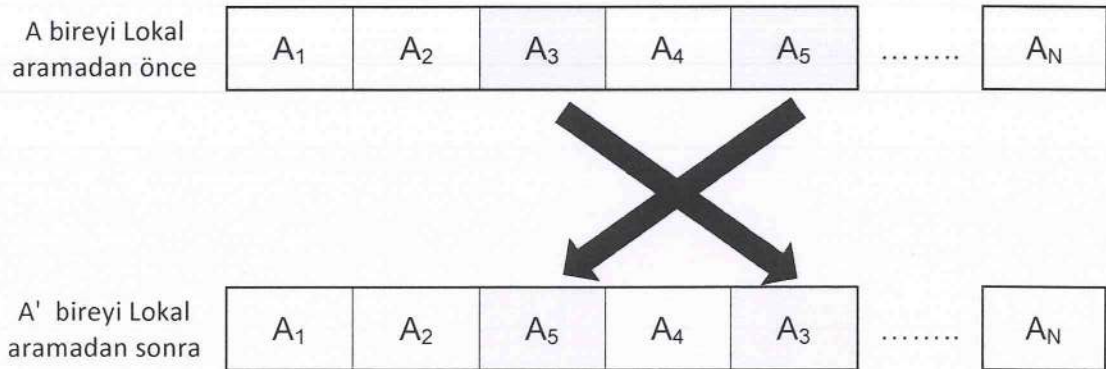
3.4 Memetik Algoritma

Memetik algoritmada da asıl amaç genetik algoritmada ki gibi en sağlıklı bireyin seçilimini esas almaktadır. Ama yapı olarak incelediğimizde Genetik algoritma gibi üreme, çaprazlama, mutasyon operatörlerini kullanmanın yanında en sağlıklı bireyin seçilimi için genetik algortmadan farklı olarak lokal arama operatörü kullanılmaktadır.

Lokal arama operatörü popülasyonda ki her bir bireye tek tek uygulanır. Çalışma prensibine gelince, şekil 3.04 'te de görüldüğü gibi, lokal arama yapılacak bireyde öncelikle rastgele iki bit seçilir. Daha sonra seçilen bu bitlerdeki değerler değiştirilir. Bu değişiklikle oluşturulan yeni bireyde iyileşme sağlanması amaçlanmaktadır. Eğer yeni bireyde iyileşme sağlanmıyorsa, aynı birey için lokal arama tekrar edilir. Bu tekrarlama işlemleri bireyde iyileşme sağlamıyorsa, programda operatörün durdurulması için, maksimum lokal arama sayısı belirlenmektedir. Programda her bireye uygulanacak maksimum lokal arama sayısı bir formül ile belirlenmiştir. Elbeltagi, Hegazy ve Grierson(2005) yaptıkları çalışmada

$$N = n * (n - 1) / 2 \quad (n = \text{bir bireydeki toplam bit sayısı}) \quad (3.18)$$

denklemini kullanmışlardır.



Şekil 3.06 Lokal Arama Operatörü Gösterimi

Kaynak: Emad Elbeltagi, Tarek Hegazy, Donald Grierson “Comparison among five evolutionary-based optimization algorithms” **Advanced Engineering Informatics** 19(2005) Dergisi s.43-53

Programda da bu denklem kullanılarak maksimum lokal arama değeri belirlenmiştir.

3.4.1 Memetik Algoritma Program İşleyişi

Memetik algoritma yapı ve işleyiş bakımından genetik algoritma ile büyük benzerlik gösterse de, asıl fark lokal arama operatörünün kullanımındır. Programda iki farklı noktada lokal arama yapılmaktadır. Program başlangıcında ilk popülasyona (topluluğa) lokal arama uygulanmaktadır. Daha sonra ise her yeni neslin her bireyine, mutasyon operatöründen sonra lokal arama operatörü tekrar uygulanarak bireylerde iyileşme sağlanması amaçlanmıştır. Bu bilgi ışığında program işleyişi şu şekildedir:

- Program giriş veri bilgileri, veri dosyasından okunur.

- Veri dosyasında belirlenen dizi uzunluğuna göre ikili tabandaki sayılardan (0 ve 1) başlangıç topluluğu rastgele oluşturulur.

- İkili sistemde oluşturulan her bir bireyin dizileri onluk sisteme dönüştürülerek, veri dosyasında önceden belirlenen kesit numarası sırasına göre, bireylerde ki her alt dizi , listede ki kesitler ile eşlenir.

- Problemin içeriğine göre belirli grup sayısından oluşan her bir bireyin yani yapının lineer elastik analizi yapıp, deplasman ve gerilme değerleri hesaplanır.

- Lokal arama operatörü burada ilk popülasyona uygulanarak bireylerde iyileşme sağlanmaya çalışılır. Daha sonra her bireyin uygunluğu tekrar analiz yapılarak, bireylerde iyileşme olup olmadığı kontrol edilir.

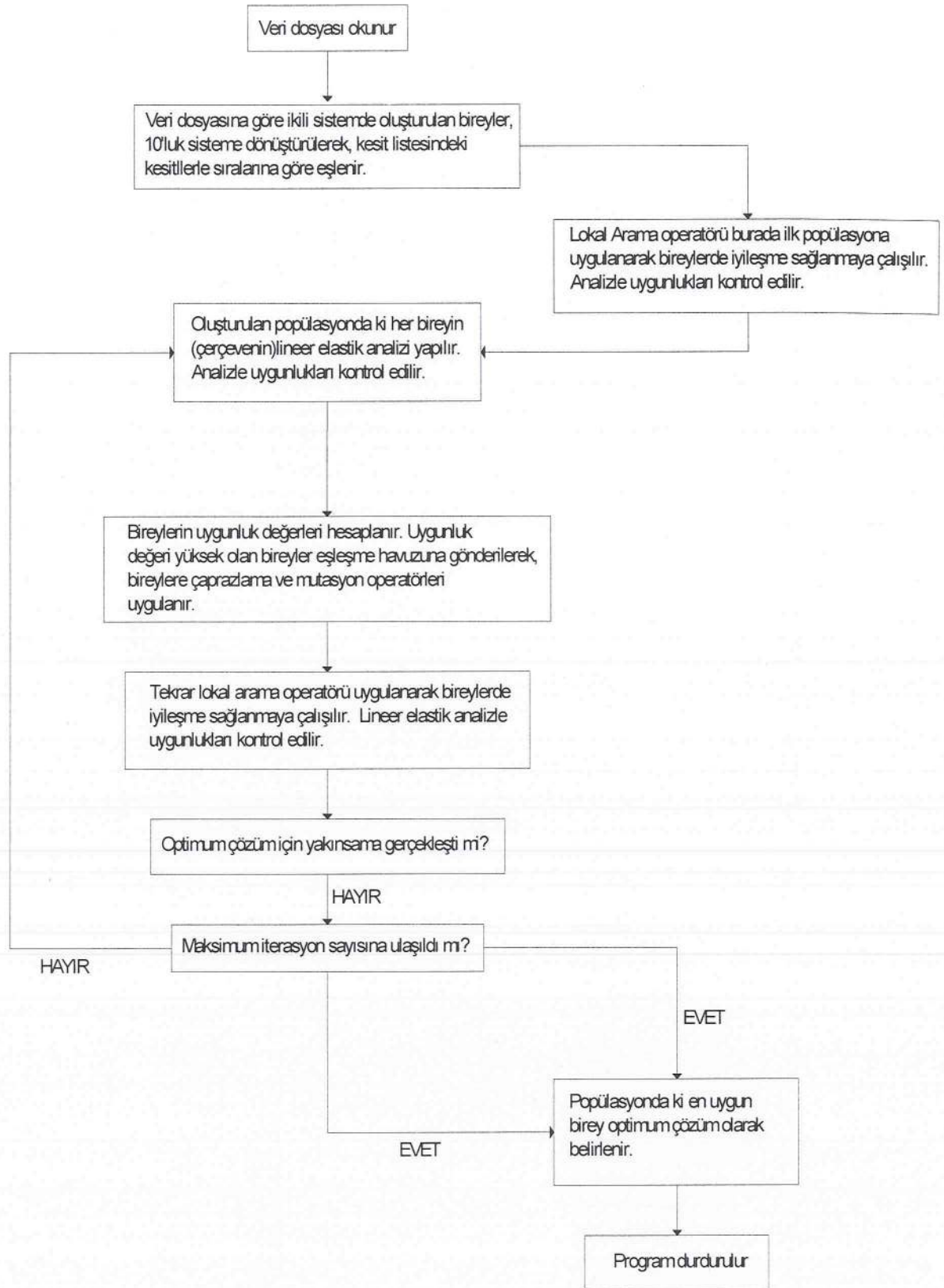
- Analiz sonuçlarına göre bireylerin uygunluk değerleri hesaplanır.

- Uygunluk değerine göre belirlenen bireyler eşleşme havuzuna gönderilir. Rastgele eşlenen çiftlere, önceden belirlenen çaprazlama olasılığına göre çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanır.

-Çaprazlama ve mutasyon operatörleri uygulanarak elde edilen yeni bireylere tekrar lokal arama operatörü uygulanarak bireylerin analizleri yapılarak, daha uygun bireyler ile yeni popülasyon oluşturulur.

-Programda belirlenen maksimum iterasyon sayısına göre veya önceki adımlarla oluşturulan yeni popülasyonun bireyleri arasında %80' lik bir yakınsama sağlanıncaya kadar program işleyişi devam eder.

Yukarıda işleyişi anlatılan Memetik algoritma programının işleyişini aşağıdaki şekil 3.07 deki akış diyagramı ile kısaca ifade edebiliriz.



Şekil 3.07 Memetik Algoritma programı akış diyagramı

3.5 Program Bilgileri

Genetik ve Memetik algoritmalarla oluşturulan bilgisayar program kodları bazı farklılıklar içerse de, giriş veri dosyaları ve kullanılan terimler ortak seçilmiştir. Dolayısıyla tasarımı yapılacak sistemler ait bilgilerin hazırlanışı da aynı olacak şekilde belirlenmiştir.

Çıkış dosyası da aynı şekilde büyük benzerlik göstermektedir. Bu kısımda giriş ve çıkış dosyalarının içeriğinden bahsedilecektir.

3.5.1 Giriş Veri Dosyası

Her iki algoritma içinde çözümü istenen problemin veri dosyası içeriği aşağıdaki gibidir:

VERİ DOSYASI

3	7	6	30	64	250	1.0	1.3	1-Sistemin Genel Terimleri
16	14	6	2	20600.	23.5	.000076982		
1 0.	1464.	2-Sistemin koordinat bilgileri						
2 457.	1464.							
3 914.	1464.							
4 0.	1098.							
5 457.	1098.							
6 914.	1098.							
7 0.	732.							
8 457.	732.							
9 914.	732.							
10 0.	366.							
11 457.	366.							
12 914.	366.							
13 0.	0.							
14 914.	0.							
8 1 2 3 4 5 6 7 8	3-Elemanların grup bilgileri							
4 9 10 11 12 13 14 15 16								
1		1	2	1	4- Sistemi oluşturan elemanların bilgileri			
2		2	3	1				
3		4	5	1				
4		5	6	1				
5		7	8	1				
6		8	9	1				
7		10	11	1				
8		11	12	1				
9		1	4	2				
10		3	6	2				
11		4	7	2				
12		6	9	2				
13	7	10	3					
14	9	12	3					
15	13	10	3					
16	14	12	3					
13	1	1	1	5- Mesnet bilgileri				
14	1	1	1					
12								
1 46.0	-50.	0.	6-Sistemin yük bilgileri					
2 0.	-100.	0.						
3 0.	-50.	0.						
4 35.0	-50.	0.						
5 0.	-100.	0.						
6 0.	-50.	0.						
7 23.	-50.	0.						
8 0.	-100.	0.						

Şekil 3.08 Veri Dosyası Gösterimi

VERİ DOSYASI

7	23.	-50.	0.	6- Sistemin yük bilgileri								
8	0.	-100.	0.									
9	0.	-50.	0.									
10	12.	-50.	0.									
11	0.	-100.	0.									
12	0.	-50.	0.									
1	1	1	10.	7- Sistemin deplasman bilgileri								
1	2	1	10.									
2	2	1	10.									
1	2	2	10.									
3	2	2	10.									
5	2	2	10.									
7	2	2	10.	8- Profillerin kesit özellikleri								
36.53	1967.	235.6										
45.25	2510.	293.6										
65.25	3831.	425.57										
113.3	7483.	748.3										
44.13	2944.	316.6										
53.83	3692.	388.6										
78.08	5696.	569.6										
131.3	10640.	967.4										
51.46	4170.	406.9										
64.34	5410.	515.2										
91.04	8091.	735.5										
194.4	14600.	1217.										
60.38	5835.	521.										
76.84	7763.	675.1										
106.	11260.	938.3										
199.6	24290.	1799.										
68.97	7981.	654.1										
86.82	10450.	836.4										
118.4	14920.	1148.										
219.6	31310.	2159.										
78.02	10560.	799.8										
97.26	13670.	1013.										
.	.	.										
.	.	.										
.	.	.										
HE180AA+	HE180A	HE180B	HE180M	HE200AA+	HE200A	HE200B	HE200M	HE220AA+	HE220A	HE220B	HE220M	9-Profillerin isimleri
HE240AA+	HE240A	HE240B	HE240M	HE260AA+	HE260A	HE260B	HE260M	HE280AA+	HE280A	HE280B	HE280M	
HE300AA+	HE300A	HE300B	HE300C	HE300M	HE320AA+	HE320A	HE320B	HE320M	HE340AA+	HE340A	HE340B	
HE340M	HE360AA+	HE360A	HE360B	HE360M	HE400AA+	HE400A	HE400B	HE400M	HE400X299	HE400X347	HE400X403	
HE400X468	HE450AA+	HE450A	HE450B	HE450M	HE450X312	HE450X368	HE450X436	HE450X519	HE500AA+	HE500A	HE500B	
HE500M	HE500X320	HE500X379	HE500X451									

Şekil 3.09 Veri Dosyası Gösterimi

Yukarıda ki şekillerde sayısal değerleri girilmiş veri dosyası gösterilmiştir. Veri dosyasında ki değerler, dokuz kısımdan oluşmaktadır.

İlk kısımda sistemin genel özellikleri girilmektedir. Bunlar; ilk satırda farklı grup sayısı, sınırlanmış deplasman sayısı, her grup için gen kodundaki bit sayısı, popülasyonu oluşturan toplam birey sayısı, alternatif kesit sayısı ve maksimum iterasyon sayısıdır. Daha sonraki satırda; toplam eleman sayısı, düğüm noktası sayısı, mesnet sayısı, elastisite modülü, akma emniyet gerilmesi ve çeliğin özgül ağırlığıdır.

İkinci kısımda, sistemin koordinat bilgileri verilmektedir. Bu da üç kısımdan oluşmaktadır. Düğüm noktası ve düğüm noktasının, referans noktasına olan uzaklığı şeklinde tanımlanmıştır.

Üçüncü kısımda, farklı gruplara ait olan elemanlar, o grupta bulunan toplam eleman sayısı belirtilerek, hangi elemanların o gruba ait olduğu gösterilmektedir.

Dördüncü kısımda eleman bilgileri verilmektedir. Burada sırası ile her bir elemanın başlangıç ve bitiş düğüm noktaları ve hangi gruba ait olduğu belirtilmektedir.

Beşinci kısımda, mesnet bilgileri verilmektedir. Öncelikle düğüm noktasının, hangi mesnete geldiği belirtildikten sonra, mesnetin belirtilen yönde hareket etmesine izin veriliyorsa 0 değeri, izin verilmiyorsa 1 değeri verilerek mesnet tanımlanmış olur.

Altıncı kısımda yük bilgileri verilmektedir. Yük bilgileri, ilk olarak bir kuvvet altında bulunan toplam düğüm nokta sayısı belirtilmektedir. Bunu takip eden satırlarda, yük etki eden düğüm noktası ve yük değerleri belirtilerek, veri dosyasına işlenir.

Yedinci kısımda deplasman bilgileri verilmektedir. Bu kısımda tasarımı düşünülen yapıda, belirlenmiş bir değer altında deforme olması istenmeyen yapının elemanı tanımlandıktan sonra, elemanın düğüm noktası ve deplasmanın sınırlandığı yönü ve deplasmanın üst değeri girilerek, tanımlanır.

Sekizinci kısımda tanımlanması istenen profillerin kesit özellikleri tanımlanmaktadır. Bu kısımda profillerin gerilme değerlerini ve amaç fonksiyonu sonrası toplam ağırlığı hesaplanması da dahil kesit alanı, atalet momenti ve plastik moment değeri girilmektedir.

Dokuzuncu kısımda ise hesaplamalar sonucu, belirlenen optimum kesitlerin, profil listesindeki isimleri girilerek, sonuç dosyasında profillerin isimlerinin belirtilmesi için veri dosyasına eklenmiştir.

3.5.2 Çıkış Sonuç Dosyası

Programın çalıştırılmasından sonra bir çok veri çıkış dosyasına yazdırılabilir. Kullanılan bilgisayar programlarında ilk kısımda veri dosyasında ve yapıya ait genel bilgiler verilmektedir. İkili sistemde oluşturulan popülasyonun gösterimi ile bunu takiben grup numaralarına göre, her grubun, kesit listesindeki profiller ile eşlenmesi için bireyleri oluşturan her bir grup onluk sistemde gösterilmektedir. Bu şekilde kesitler ile eşlenmiş olan bireylerin analizleri yapılarak ağırlık ve deplasman değerleri belirlenir.

Program durma kriteri sağlanıncaya kadar devam eden işlemlerin sonucunda optimum yapının ağırlığı, grupların kesit bilgileri verilmektedir.

14:20:37:17

DATA OF STR.

M	NJ	NR	NRJ	E	FY	RO	AMIN	SIGA
16	14	6	2	20600.000	23.5000	.0000770		

COORDINATION OF JOINTS

POINT	X	Y
1	.0000	1464.0000
2	457.0000	1464.0000
3	914.0000	1464.0000
4	.0000	1098.0000
5	457.0000	1098.0000
6	914.0000	1098.0000
7	.0000	732.0000
8	457.0000	732.0000
9	914.0000	732.0000
10	.0000	366.0000
11	457.0000	366.0000
12	914.0000	366.0000
13	.0000	.0000
14	914.0000	.0000

GROUPS OF MEMBERS

GROUP NO	M E M B E R S							
1	1	2	3	4	5	6	7	8
2	9	10	11	12				
3	13	14	15	16				

MEMBERS AND THEIR PROPERTIES

MEMBER	JJ	JK	A	I	L	CX	CY
1	1	2	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
2	2	3	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
3	4	5	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
4	5	6	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
5	7	8	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
6	8	9	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
7	10	11	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
8	11	12	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000
9	1	4	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000
10	3	6	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000
11	4	7	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000
12	6	9	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000
13	7	10	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000
14	9	12	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000

Şekil 3.10 Çıkış Dosyası İlk Kısım Gösterimi

3. Materyal ve Metot

MEMBERS AND THEIR PROPERTIES				A	I	L	CX	CY
MEMBER	JJ	JK						
1	1	2	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
2	2	3	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
3	4	5	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
4	5	6	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
5	7	8	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
6	8	9	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
7	10	11	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
8	11	12	.00000	.00000	457.00000	1.00000	.00000	
9	1	4	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
10	3	6	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
11	4	7	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
12	6	9	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
13	7	10	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
14	9	12	.00000	.00000	366.00000	.00000	-1.00000	
15	13	10	.00000	.00000	366.00000	.00000	1.00000	
16	14	12	.00000	.00000	366.00000	.00000	1.00000	

DEGREE OF FREEDOM FOR SUPPORTS			
POINT	X DEG	Y DEG	Z DEG
13	1	1	1
14	1	1	1

EXTERNAL LOADS WHICH EFFECT JOINTS			
POINT	X FORCE	Y FORCE	MOMENT
1	46.0000	-50.0000	.0000
2	.0000	-100.0000	.0000
3	.0000	-50.0000	.0000
4	35.0000	-50.0000	.0000
5	.0000	-100.0000	.0000
6	.0000	-50.0000	.0000
7	23.0000	-50.0000	.0000
8	.0000	-100.0000	.0000
9	.0000	-50.0000	.0000
10	12.0000	-50.0000	.0000
11	.0000	-100.0000	.0000
12	.0000	-50.0000	.0000

ULTIMATE LOAD FACTOR = 1.30

JB= 12

LIMITED DISPLACEMENTS	
NO	UPPER LIMIT
1	10.00
4	10.00

Şekil 3.11 Çıkış Dosyası İkinci Kısım Gösterimi

```

STRING LENGTH = 6      NUMBER OF GROUPS = 3      NO. OF TOTAL POPULATION = 30
POPULATION CONSIDERED FOR THE DESIGN
0 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1
1 1 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1
1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0
1 1 0 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0
1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1
1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1
1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0
0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0 0 0
1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1
1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 1
1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0
1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0
1 1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0
1 0 1 0 1 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0
1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1
0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1
0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 1
0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0
1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1
0 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0
1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1
0 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0
1 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1
0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 1
1 0 0 1 0 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1 0
1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0
1 1 0 1 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 0
#####
#                               NUMBER OF GENERATION = 1                               #
#####
1 38 64
52 35 38
36 43 20
36 41 3
51 14 61
57 13 28
2 22 6
60 48 58
48 46 11
23 44 25
54 15 21
48 28 58
9 12 34
49 6 49

```

Şekil 3.12 Çıkış Dosyası Popülasyon Gösterimi

```

#####
#               NUMBER OF GENERATION = 1               #
#####
15 38 64
52 55 38
59 53 20
36 41 3
51 14 61
57 13 28
2 22 6
60 48 58
48 46 11
23 44 25
54 15 21
48 28 58
9 12 34
49 6 49
33 3 57
44 11 58
56 2 10
18 38 42
32 43 12
21 11 54
50 32 9
22 24 18
2 41 25
48 3 4
27 21 13
37 40 50
1 30 16
38 30 51
59 31 34
56 45 45

=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 1= .10658D+03
***** LINEER ANALIZ *****
DET= .10000D+01
CONSTRAINED DISPLACEMENTS :
.636362441D+01 .634404815D+01 .632447189D+01 -.285655183D+01 -.247906684D+01
-.229933212D+01 -.226442984D+01

=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 2= .12620D+03
***** LINEER ANALIZ *****
DET= .10000D+01
CONSTRAINED DISPLACEMENTS :

```

Şekil 3.13 Çıkış Dosyası Her Jenerasyon İçin Analiz Gösterimi

```

=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 24= .69742D+02
=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 25= .69742D+02
=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 26= .69742D+02
=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 27= .69742D+02
=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 28= .69742D+02
=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 29= .76525D+02
***** LINEER ANALIZ *****
DET= .10000D+01
CONSTRAINED DISPLACEMENTS :
.624925307D+01 .623732355D+01 .622539403D+01 -.142171177D+01 -.111361991D+01
-.108607410D+01 -.102278521D+01

=====
WEIGHT OF INDIVIDUAL NO. 30= .73742D+02
***** LINEER ANALIZ *****
DET= .10000D+01
CONSTRAINED DISPLACEMENTS :
.631954841D+01 .630770608D+01 .629586376D+01 -.146240610D+01 -.113598645D+01
-.109078662D+01 -.102176280D+01
.69742E+02 .76525E+02 .70280E+02

NUMBER OF MUTATIONS = 2
RT= .83333D+00
OPTIMUM WEIGHT AFTER 65 GENERATION IS .69742D+02
32 25 50
HE320B HE240AA+ HE450AA+
15:09:35:69

```

Şekil 3.14 Çıkış dosyası Sonuç Gösterimi

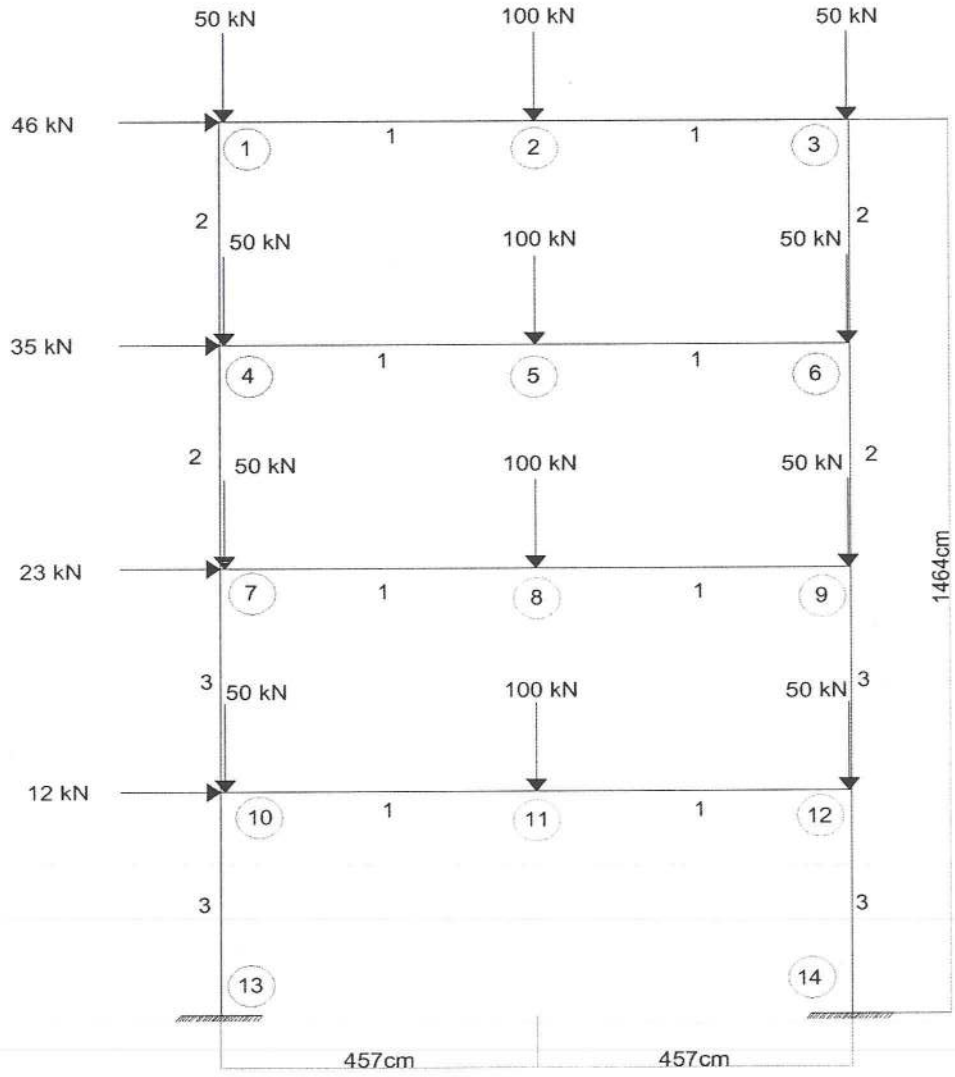
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada çelik çerçeve sistemlerin genetik ve Memetik algoritma ile optimum tasarım için iki ayrı bilgisayar programı geliştirilmiştir. Tasarım değişkenlerini oluşturan çelik profillerin, kesit özellikleri güncel Avrupa HE kesit profil listesinden yararlanılarak program veri listesine girilmiştir. Çelik çerçeve sistemlerin optimum tasarımları yapılırken başlangıç popülasyonu her program çalışmasında değişik rasgele sayı üretici çekirdeğinden başlayarak, 10 ayrı optimum tasarım elde edilmiştir.

Tüm problemlerde ortak olan çeliğin elastisite modülü $E=20600 \text{ kN/cm}^2$, özgül ağırlığı $\rho=0,000076982 \text{ kN/cm}^3$ kabul edilip tasarımlarda bireylerdeki her bir kesit grubu 6 bitten oluşan gen kodu seçilmiştir. Dolayısıyla alternatif kesit sayısı 64 olarak belirlenmiştir. Toplam popülasyon sayısı ise 30 olarak seçilmiştir.

4.1 Dört Katlı, Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı

Boyutları, eleman grupları düşey ve yatay yükleri verilen 4 katlı tek açıklıklı çerçeve sistem şekil 4.01' de gösterilmektedir.



Şekil 4.01 Dört Katlı, Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Kaynak: M.S. Hayalioğlu, “Optimum design of geometrically non-linear elastic-plastic steel frames via genetic algorithm” **Computer and Structures** 77(2000) Dergisi, s. 527-538

1 ve 3 nolu düğüm noktalarında yatay deplasmanlar ile 2,5,8,11 nolu düğüm noktalarında düşey deplasmanlar 10 cm ile sınırlandırılmış olup, ayrık değişkenleri oluşturan kesit profil özellikleri HE 180 AA ‘dan HE 500x451 ‘e kadar olan 64 kesitten oluşmaktadır.

Verilen bilgiler ile önceki kısımlarda açıklanan çerçeve sistemin veri dosyası hazırlanıp, programın çalıştırılması ile sistemin hem Genetik algoritma ile hem de Memetik algoritma ile optimum tasarım sonuçları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.01 Genetik Algoritma ile Dört Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Çözüm Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler			Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	
1	73	66.947	27	30	50	00:00:01
			HE300B	HE320AA+	HE450AA+	
2	84	60.501	42	15	58	00:00:01
			HE400AA+	HE240B	HE500AA+	
3	105	60.186	42	38	35	00:00:01
			HE400AA+	HE360AA+	HE340A	
4	99	60.838	50	25	35	00:00:01
			HE450AA+	HE300AA+	HE340A	
5	93	57.471	42	25	50	00:00:01
			HE400AA+	HE300AA+	HE450AA+	
6	63	60.838	50	25	35	00:00:01
			HE450AA+	HE300AA+	HE340A	
7	69	63.661	35	30	58	00:00:01
			HE340A	HE320AA+	HE500AA+	
8	59	61.118	50	34	31	00:00:01
			HE450AA+	HE340AA+	HE320A	
9	54	72.055	27	35	35	00:00:01
			HE300B	HE340A	HE340A	
10	62	59.214	42	30	58	00:00:01
			HE400AA+	HE320AA+	HE500AA+	
	Min. Ağırlık	57.471				
	Ort. Ağırlık	62.28				

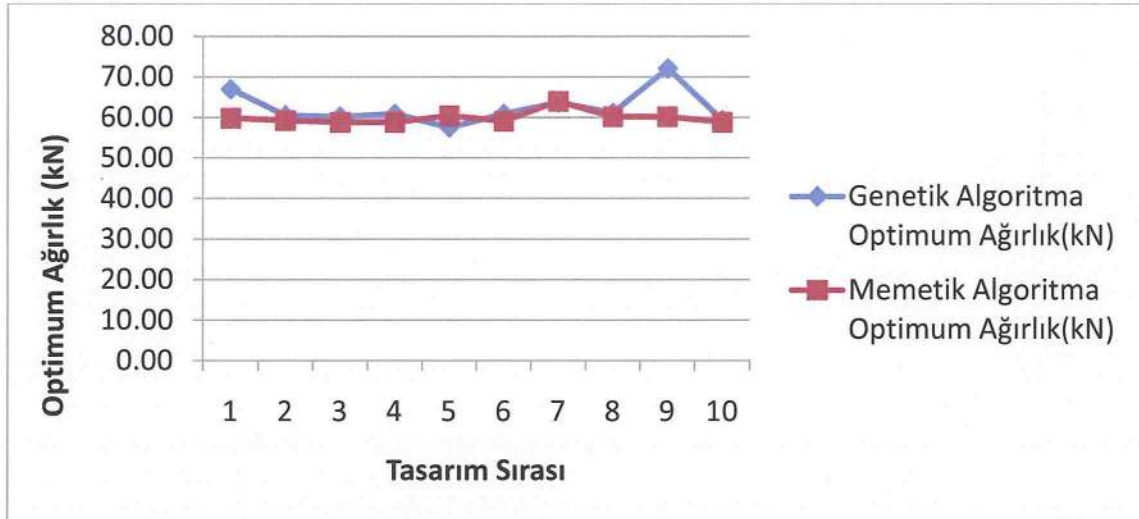
Bu kısımda problemin Genetik algoritmaya göre çözümü ile elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Çizelge 4.02 Memetik Algoritma ile Dört Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Çözüm Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler			Toplam lokal arama sayısı	Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup		
1	72	59.812	50	25	31	144129	00:00:24
			HE450AA+	HE300AA+	HE320A		
2	127	59.214	42	30	58	257621	00:00:42
			HE400AA+	HE320AA+	HE500AA+		
3	88	58.777	42	34	50	180077	00:00:29
			HE400AA+	HE340AA+	HE450AA+		
4	120	58.777	42	34	50	245545	00:00:40
			HE400AA+	HE340AA+	HE450AA+		
5	62	60.363	50	34	42	128656	00:00:21
			HE450AA+	HE340AA+	HE400AA+		
6	86	59.057	50	25	42	178116	00:00:29
			HE450AA+	HE300AA+	HE400AA+		
7	56	63.945	35	34	35	115152	00:00:19
			HE340	HE340AA+	HE340A		
8	115	60.186	42	38	35	236039	00:00:39
			HE400AA+	HE360AA+	HE340A		
9	107	60.186	42	38	35	215627	00:00:35
			HE400AA+	HE360AA+	HE340A		
10	105	58.777	42	34	50	213610	00:00:35
			HE400AA+	HE340AA+	HE450AA+		
	Min. Ağırlık	58.777					
	Ort. Ağırlık	59.909					

Bu kısımda problemin Memetik algoritmaya göre çözümüyle elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

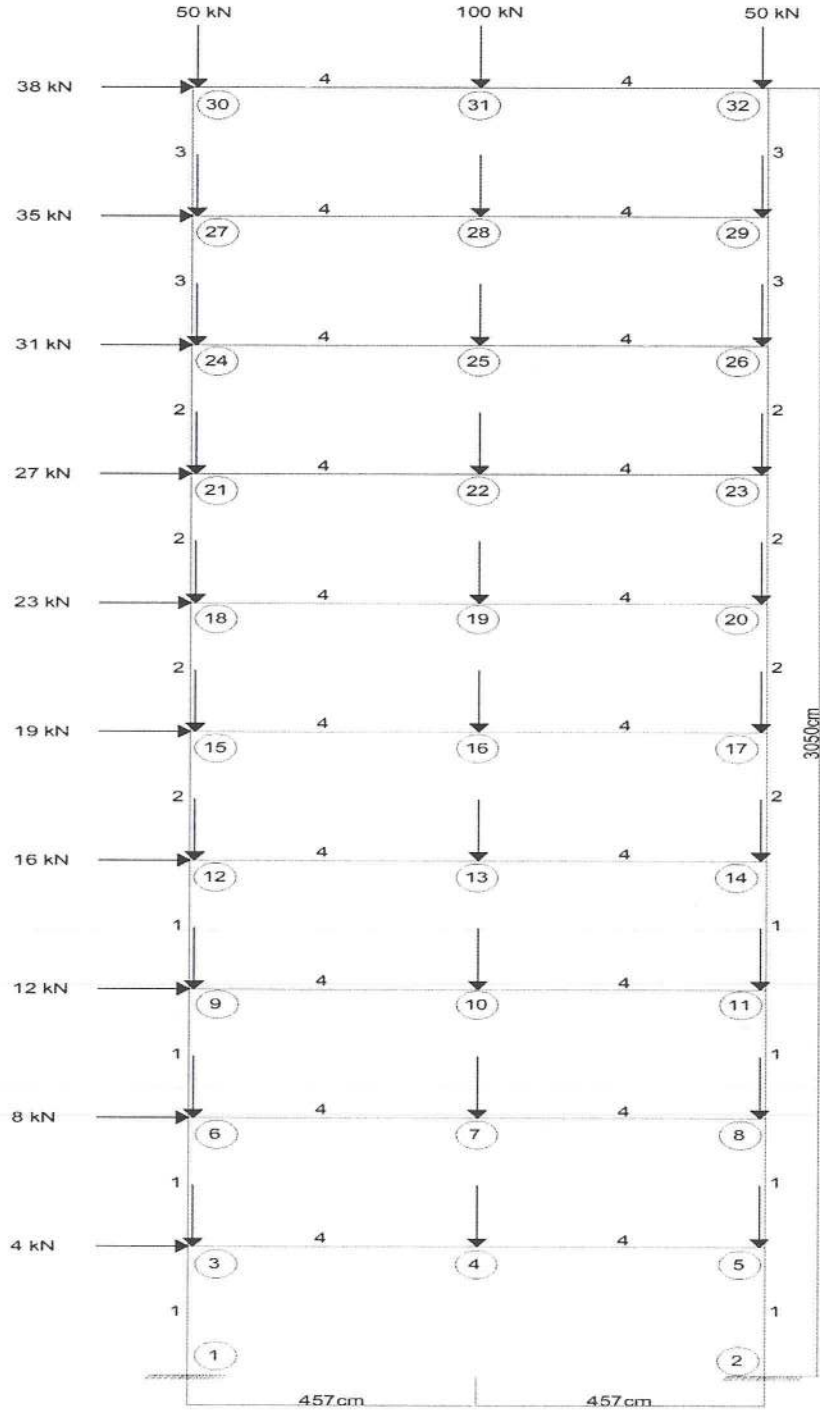
Her iki algoritma ile 10' ar kez çözümü gerçekleştirilen problemin ortalama sonuçları karşılaştırıldığında Memetik algoritma ile elde edilen çözümün Genetik algoritma ile elde edilen çözüme oranla yaklaşık %4 oranında daha hafif olduğu görülmektedir. Aşağıda ise bulunan sonuçların grafiksel olarak gösterimi verilmektedir. Grafikten de anlaşılabileceği gibi çözüm sonuçları birbirine yakın olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 4.02 10 Farklı Çözümde Dört Katlı Tek Açıklıklı Sistemin Sonuçları

4.2 On Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı

Yatay ve düşey yükleri verilmiş olan şekildeki 10 katlı tek açıklıklı sistemin optimum tasarımı amaçlanmaktadır. Çerçeve sistem 4 farklı gruptan oluşmuş olup, en üst katın yatay deplasmanı 20 cm, 28 ve 31 nolu düğüm noktaları 10'ar cm olarak sınırlandırılmıştır. Sistemin optimizasyonu için HE 280 AA 'dan HE 650B 'ye kadar 64 farklı profilin özellikleri veri dosyasına girilmiştir. Aşağıda şekli gösterilen problemin çözümü için, programın çalıştırılmasıyla aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.03 On Katlı, Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Kaynak:M.S. Hayalioğlu, "Optimum design of geometrically non-linear elastic-plastic steel frames via genetic algortihm" *Computer and Structures* 77(2000) Dergisi, s. 527-538

Bu kısımda problemin Genetik algoritmaya göre çözümü ile elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Çizelge 4.03 Genetik Algoritma ile On Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.grup	
1	162	196.00	5	32	16	8	00:00:02
			HE300AA+	HE450B	HE340B	HE300C	
2	66	217.99	57	8	8	32	00:00:01
			HE600M	HE300C	HE300C	HE450B	
3	70	206.32	5	9	8	8	00:00:01
			HE300AA+	HE320M	HE300C	HE300C	
4	82	235.10	57	5	8	32	00:00:01
			HE600M	HE300AA+	HE300C	HE450B	
5	104	178.89	32	8	16	8	00:00:01
			HE450B	HE300C	HE340B	HE300C	
6	149	196.00	5	32	16	8	00:00:02
			HE300AA+	HE450B	HE340B	HE300C	
7	129	217.80	5	32	8	32	00:00:02
			HE300AA+	HE450B	HE300C	HE450B	
8	155	191.19	9	32	7	8	00:00:02
			HE320M	HE450B	HE320A	HE300C	
9	74	203.48	9	9	8	8	00:00:01
			HE320M	HE320M	HE300C	HE300C	
10	94	193.17	9	32	16	8	00:00:01
			HE320M	HE450B	HE340B	HE300C	
	Min. Ağırlık	178.89					
	Ort. Ağırlık	203.59					

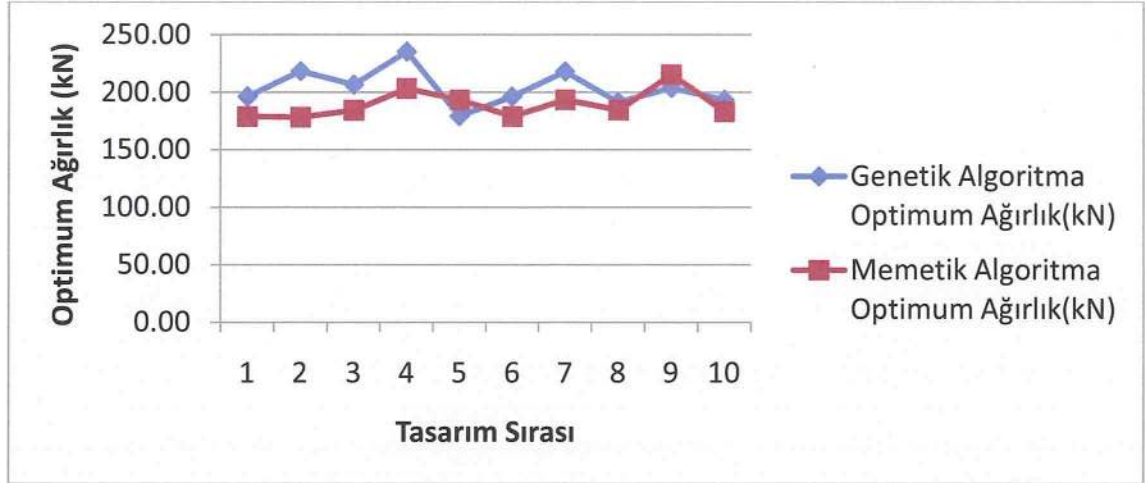
4.Araştırma Bulguları

Bu kısımda problemin Memetik algoritmaya göre çözümüyle elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Çizelge 4.04 Memetik Algoritma ile On Katlı Tek Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Toplam lokal arama sayısı	Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup		
1	113	178.69	32	8	4	8	426434	00:02:48
			HE450B	HE450B	HE280M	HE300C		
2	154	178.03	32	8	12	8	576486	00:04:03
			HE360B	HE300C	HE320B	HE300C		
3	81	184.12	32	32	4	8	295361	00:01:54
			HE360B	HE450B	HE280M	HE300C		
4	138	203.08	57	32	8	8	517630	00:03:20
			HE600M	HE450B	HE300C	HE300C		
5	197	193.17	9	32	16	8	756768	00:04:53
			HE300M	HE450B	HE340B	HE300C		
6	106	178.69	32	8	4	8	402733	00:02:39
			HE450B	HE300C	HE280M	HE300C		
7	141	193.17	32	9	16	8	534389	00:03:27
			HE450B	HE300M	HE340B	HE300C		
8	98	184.32	32	32	16	8	535835	00:03:28
			HE450B	HE450B	HE340B	HE300C		
9	177	214.97	9	32	8	32	662969	00:04:16
			HE300M	HE450B	HE300C	HE450B		
10	94	182,98	32	17	16	8	35562	00:02:19
			HE300M	HE450B	HE340B	HE300C		
	Min. Ağırlık	178.03						
	Ort. Ağırlık	189.12						

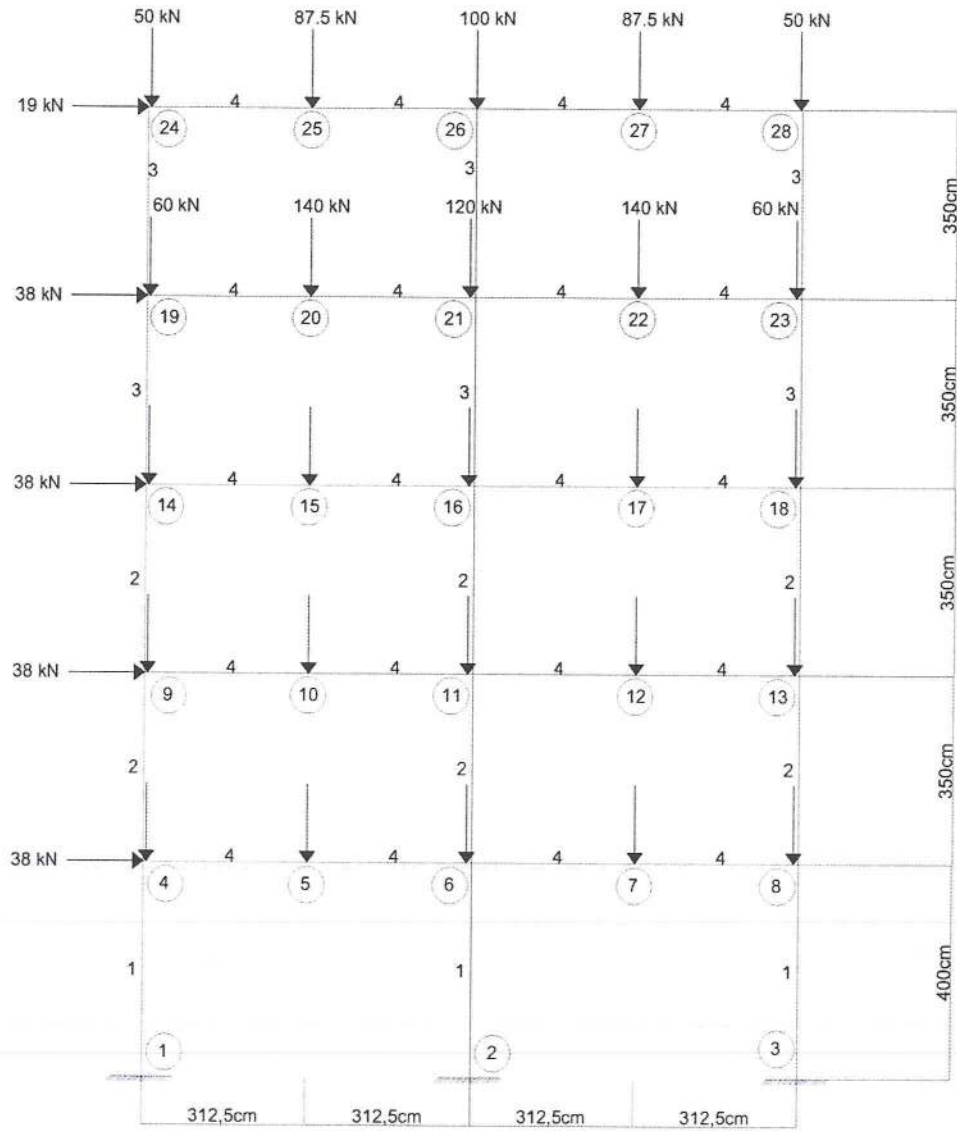
Her iki algoritma ile 10' ar kez çözümü gerçekleştirilen problemin sonuçları karşılaştırıldığında Memetik algoritma ile elde edilen çözümün Genetik algoritma ile elde edilen çözüme oranla yaklaşık %7,1 oranında daha hafif bir sonuç elde edilmiştir. Şekil 4.04' te ise bulunan sonuçların grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.04 10 Farklı Çözümde On katlı Tek Açıklıklı Sistemin Sonuçları

4.3 Beş Katlı, İki Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı

4 farklı gruptan ve 35 elemandan oluşan çerçeve sistemin yükleri ve boyutları şekilde görülmektedir. En üst katın yatay deplasmanları 7,20 cm ile kısıtlanırken, 25,27 nolu düğüm noktalarının düşey deplasmanları ise 7,20 cm ile sınırlanmıştır. Ayrık değişkenleri temsil eden 64 farklı profilin kesit özellikleri HE 280 AA+’ dan HE 650B ‘ye kadar veri dosyasında verilmektedir. Aşağıda şekli verilen çerçevenin lineer elastik analizleriyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.05 Beş Katlı, İki Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Kaynak:M.S. Hayalioğlu, S.O. Degertekin, “Design of non-linear steel frames for stress and displacement constraints with semi-rigid connections via genetic optimization” *Struct Multidisc Optim* 27, Dergisi, s. 259-271.

Bu kısımda problemin Genetik algoritmaya göre çözümü ile elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Çizelge 4.05 Genetik Algoritma ile Beş Katlı İki Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.grup	
1	69	214.03	51	16	15	16	00:00:02
			HE550X393	HE340B	HE340A	HE340B	
2	121	208.38	51	31	6	16	00:00:03
			HE550X393	HE450A	HE300A	HE340B	
3	87	211.26	51	16	6	31	00:00:02
			HE550X393	HE340B	HE300A	HE450A	
4	70	204.30	35	16	6	16	00:00:02
			HE450X368	HE340B	HE300A	HE340B	
5	86	211.08	51	16	11	16	00:00:02
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B	
6	77	215.17	51	31	15	16	00:00:02
			HE550X393	HE450A	HE340A	HE340B	
7	61	195.77	35	16	11	7	00:00:01
			HE450X368	HE340B	HE320A	HE300B	
8	107	211.08	51	16	11	16	00:00:02
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B	
9	91	211.08	51	16	11	16	00:00:02
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B	
10	60	208.33	35	16	6	31	00:00:01
			HE450X368	HE340B	HE300A	HE450A	
	Min. Ağırlık	195.77					
	Ort. Ağırlık	209.05					

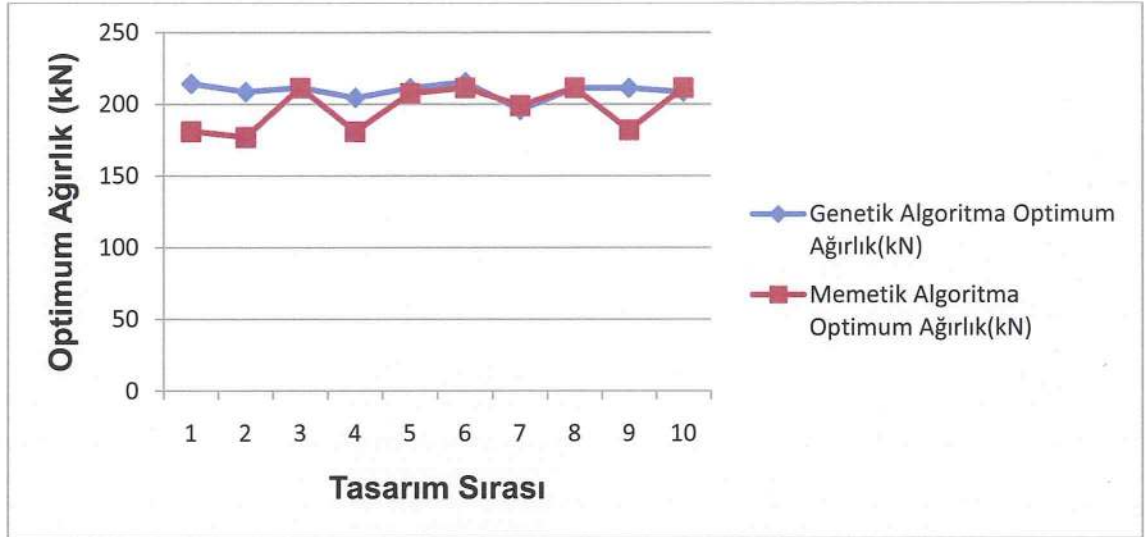
Bu kısımda problemin Memetik algoritmaya göre çözümüyle elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

4.Araştırma Bulguları

Çizelge 4.06 Memetik Algoritma ile On Katlı Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Toplam lokal arama sayısı	Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup		
1	119	180.81	16	16	6	31	444521	00:03:42
			HE340B	HE340B	HE300A	HE450A		
2	127	176.78	16	16	6	16	476128	00:03:56
			HE340B	HE340B	HE300A	HE340B		
3	139	211.08	51	16	11	16	522147	00:04:30
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B		
4	140	180.62	16	16	11	16	519762	00:04:17
			HE340B	HE340B	HE320A	HE340B		
5	141	207.24	51	16	6	16	532432	00:04:27
			HE550X393	HE340B	HE300A	HE340B		
6	143	211.08	51	16	11	16	542427	00:04:28
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B		
7	133	198.71	51	16	11	7	498176	00:04:23
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE300B		
8	84	211.08	51	16	11	16	319241	00:02:39
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B		
9	89	181.77	16	31	11	16	331702	00:02:52
			HE340B	HE450A	HE320A	HE340B		
10	111	211.08	51	16	11	16	417043	00:03:41
			HE550X393	HE340B	HE320A	HE340B		
	Min. Ağırlık	176.78						
	Ort. Ağırlık	197.03						

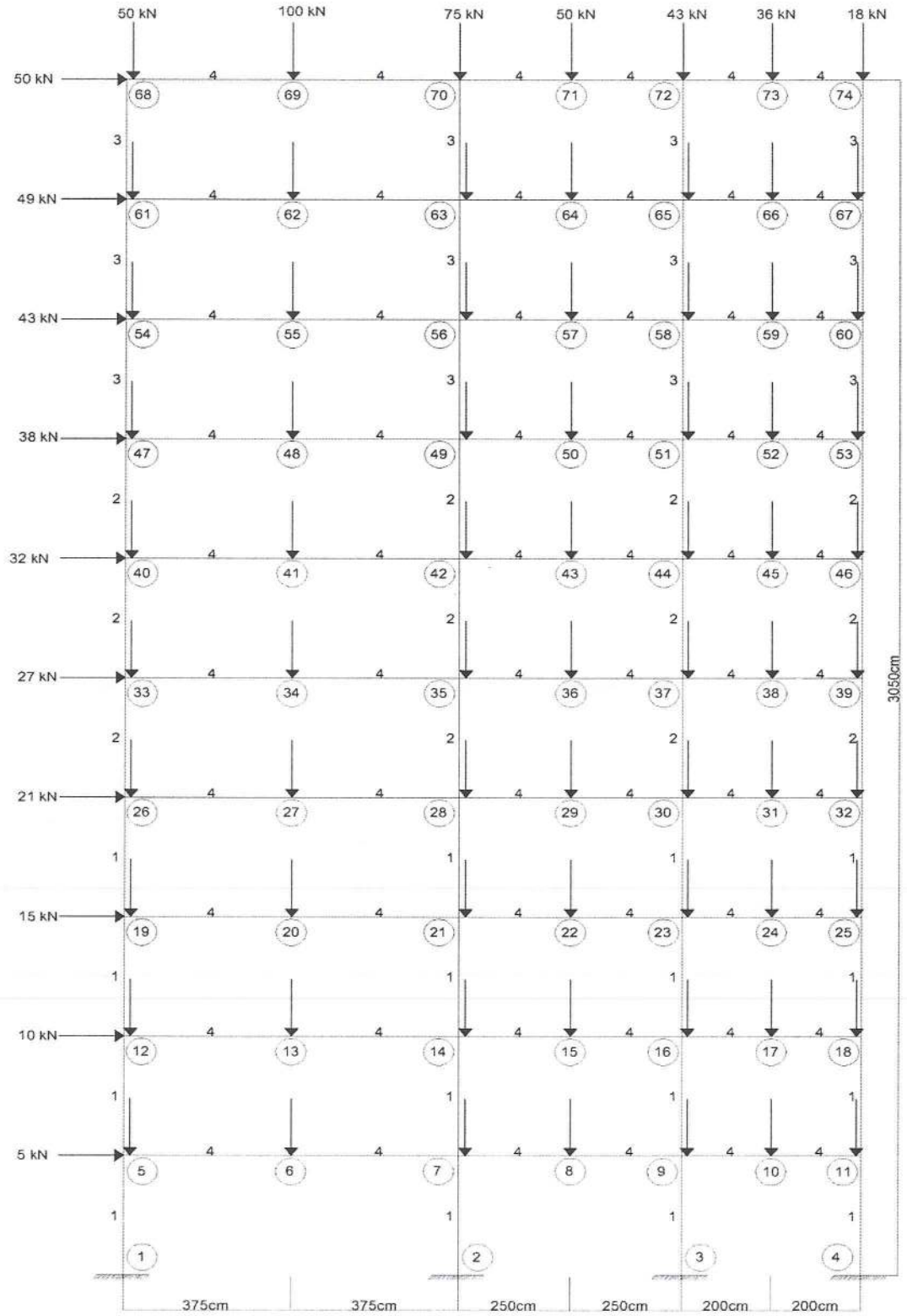
Her iki algoritma ile 10' ar kez çözümü gerçekleştirilen problemin sonuçları karşılaştırıldığında Memetik algoritma ile elde edilen çözümün Genetik algoritma ile elde edilen çözüme oranla yaklaşık %5,7 oranında daha hafif bir sonuç elde edilmiştir. Aşağıda ise bulunan sonuçların grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.06 On Farklı Çözümde Beş Katlı İki Açıklıklı Sistemin Sonuçları

4.4 On Katlı, Üç Açıklıklı Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı

4 farklı gruptan ve 100 elemandan oluşan çerçeve sistemin yükleri ve boyutları şekilde görülmektedir. En üst katın yatay deplasmanları 18 cm ile kısıtlanırken, 69,71,73 nolu düğüm noktalarının düşey deplasmanları ise 10 cm ile sınırlanmıştır. Ayrık değişkenleri temsil eden 64 farklı profilin kesit özellikleri HE 300 AA' dan HE 650x487 'ye kadar veri dosyasında verilmektedir. Aşağıda şekli verilen çerçevenin lineer elastik analizleriyle aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.07 On Katlı, Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemi

Kaynak:M.S. Hayalioğlu, “Optimum design of geometrically non-linear elastic-plastic steel frames via genetic algorithm” *Computer and Structures* 77(2000) Dergisi, s. 527-538

Bu kısımda problemin Genetik algoritmaya göre çözümü ile elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

Çizelge 4.07 Genetik Algoritma ile On Katlı Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.grup	
1	87	420.33	4	4	50	27	00:00:06
			HE300C	HE300C	HE600AA+	HE450A	
2	85	425.87	52	27	12	27	00:00:06
			HE600B	HE450A	HE340B	HE450A	
3	97	491.50	31	27	12	12	00:00:06
			HE450X368	HE450A	HE340B	HE340B	
4	60	507.65	31	4	3	27	00:00:05
			HE450X368	HE300C	HE300B	HE450A	
5	131	490.76	39	27	3	12	00:00:08
			HE500X379	HE450A	HE300B	HE340B	
6	108	513.80	31	4	12	27	00:00:07
			HE450X368	HE300C	HE340B	HE450A	
7	81	519.60	47	4	3	27	00:00:06
			HE550X393	HE300C	HE300B	HE450A	
8	76	582.69	47	31	8	12	00:00:05
			HE550X393	HE450X368	HE320B	HE340B	
9	121	502.07	31	4	8	12	00:00:08
			HE450X368	HE300C	HE320B	HE340B	
10	82	504.78	31	4	12	12	00:00:07
			HE450X368	HE300C	HE340B	HE340B	
	Min. Ağırlık	420.33					
	Ort. Ağırlık	495.91					

Bu kısımda problemin Memetik algoritmaya göre çözümüyle elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

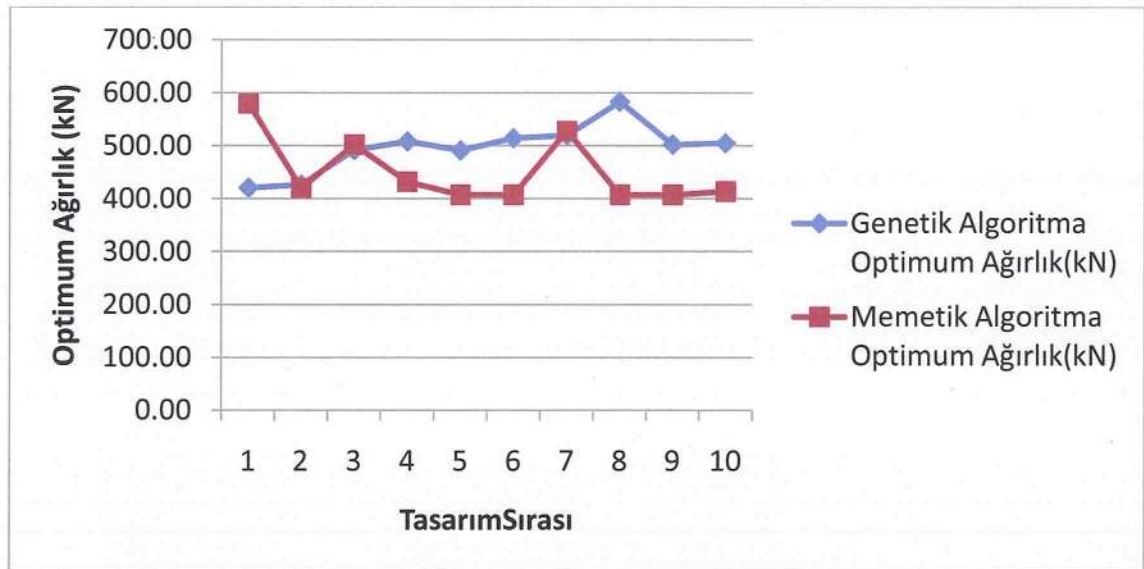
4.Araştırma Bulguları

Çizelge 4.08 Memetik Algoritma ile On Katlı Üç Açıklıklı Çelik Çerçeve Sistemin Optimum Tasarımı Sonuçları

Tasarım Sıra Numarası	İterasyon sayısı	Optimum Ağırlık (kN)	Kesitler				Toplam lokal arama sayısı	Süre sa:dk:sn
			1. Grup	2.Grup	3.Grup	4.Grup		
1	121	579.25	47	31	3	12	456647	00:17:57
			HE550X393	HE450X368	HE300B	HE340B		
2	149	419.54	4	4	8	27	530135	00:20:56
			HE300C	HE300C	HE320B	HE450A		
3	135	502.07	31	4	8	12	487463	00:18:20
			HE450X368	HE300C	HE320B	HE340B		
4	116	431.50	52	4	58	12	430730	00:16:08
			HE600B	HE300C	HE650A A+	HE340B		
5	114	407.08	4	4	3	12	421054	00:15:46
			HE300C	HE300C	HE300B	HE340B		
6	106	407.08	4	4	3	12	365518	00:13:27
			HE300C	HE300C	HE300B	HE340B		
7	134	527.74	47	4	27	27	498901	00:18:41
			HE550X393	HE300C	HE450A	HE450A		
8	97	407.08	4	4	3	12	343855	00:12:53
			HE300C	HE300C	HE300B	HE340B		
9	128	407.08	4	4	3	12	426267	00:16:14
			HE300C	HE300C	HE300B	HE340B		
10	124	413.22	4	4	12	12	442893	00:16:33
			HE300C	HE300C	HE300B	HE300B		
	Min. Ağırlık	407.08						
	Ort. Ağırlık	450.31						

Her iki algoritma ile 10' ar kez çözümü gerçekleştirilen problemin sonuçları karşılaştırıldığında Memetik algoritma ile elde edilen çözümün Genetik algoritma ile elde edilen çözüme oranla yaklaşık %9,2 oranında daha hafif bir sonuç elde edilmiştir.

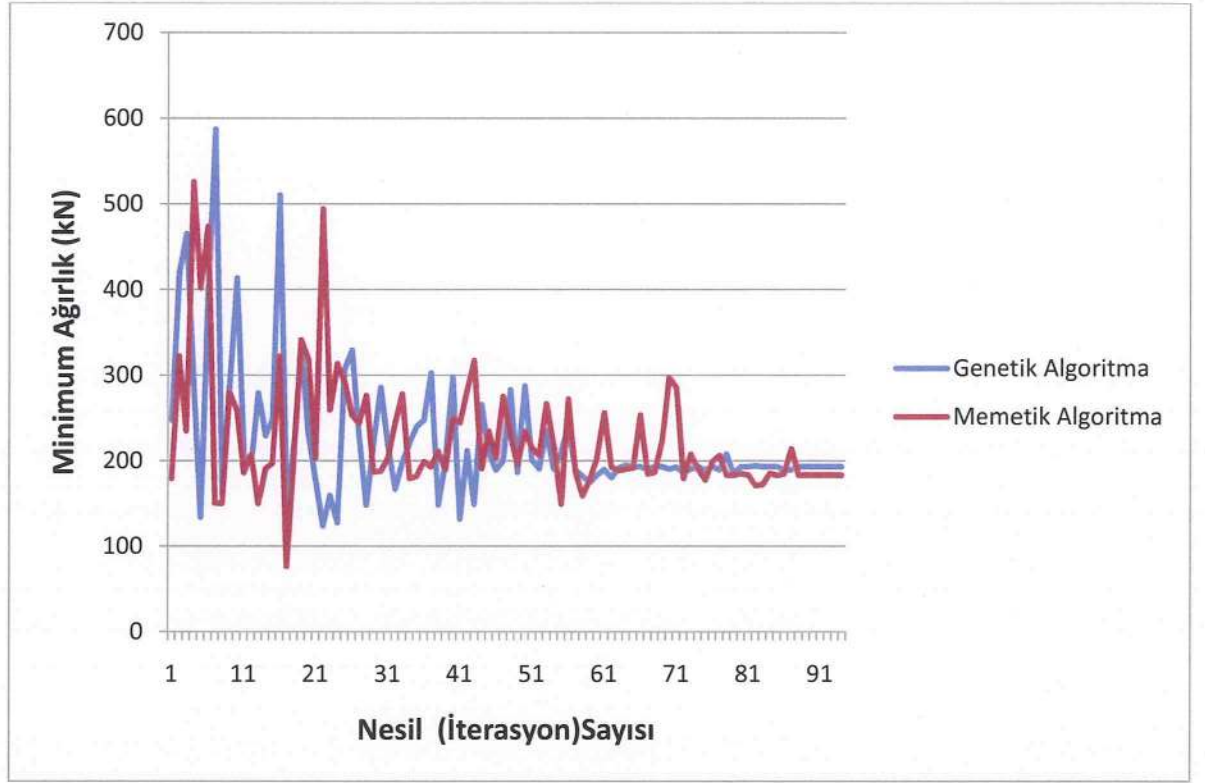
Bu da yapının fazla elemanla oluşması ile elde edilen sonuçlarında gittikçe iyileştiğini göstermektedir. Aşağıda ise bulunan sonuçların grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.08 On Farklı Çözümde On Katlı Üç Açıklıklı Sistemin Sonuçları

4.5 Düzlem Çerçeve Sistemin Ağırlığının Nesiller Boyunca Değişimi

Bu kısımda on katlı tek açıklıklı düzlem çerçeve sistem için, her iki algoritma ile yapılan on farklı çözümden, onuncu çözüm sonrası sistem ağırlığının nesiller boyu değişimi aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 4.09 On Katlı Tek Açıklıklı Çerçeve Sistemin Nesiller Boyunca Ağırlık Değişimi

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada çelik çerçeve sistemlerin Memetik algoritma ile optimum tasarımı incelenmiştir. Memetik algoritma ile çalışan bilgisayar programını geliştirmek için önceden hazırlanmış Genetik algoritma programı kodlarından faydalanılarak, çelik çerçeve sistemlerin optimum tasarımını, Memetik algoritma ile sağlayan bilgisayar programı hazırlanmıştır.

Yapıyı oluşturacak elementlerin dizaynı ve beklenen yapısal davranışı, standartlar ile belirlenmiş sınırlamalar altında göstermesi ve bununla amaçlanan sonucu vermesi istenilmektedir. Programa esas olan sınırlamalar AISC-ASD yönetmeliğinden faydalanılarak belirlenmiştir.

Algoritmaların işleyişi aşamasında Memetik algoritma ile yapılan tasarımların Genetik algoritma ile yapılan tasarımlara oranla daha uzun süre aldığı gözlemlendi. Süre uzunluğunun sebebi ise Memetik algoritmayı, Genetik algoritmadan ayıran Lokal arama operatörünün çalışma prensibidir. Genetik algoritma da her bir bireyin analizi kullanılan operatörlerden sonra gerçekleşirken. Memetik algoritmada ise Lokal arama operatörü sonrası, her gen değişimi için sistemin yeniden analizinin yapılması gerekir. Lokal arama operatöründe n ; her bireydeki toplam gen(bit) sayısı ve her bir birey için; $n \times (n-1)/2$ kadar lokal arama yapılması gerekliliği, tekrar yapılması gereken analiz sayısının büyüklüğünün ve bunun sonucunda analiz süresinin uzunluğunu ifade etmektedir.

Yapılan çözümlerde asıl amacın minimum ağırlıklı yapıyı elde etmek olduğu bu çalışmada, işlem süresi de ayrı bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüz şartlarında maliyeti minimize etmek için elde edilecek sonucun, sonrasında getireceği maliyetleri de göz önüne alırsak, dizayn aşamasında az da olsa tasarıma ayrılan zamanın ileriki dönemlerde çok daha faydalı dönüşleri olduğu görüşü savunulmaktadır.

Bu yaklaşımla göz önüne alınan örneklerde yapılan tasarımların Memetik algoritma ile Genetik algoritma ile elde edilen tasarımlara oranla %3,8 ila %9,2 arasında değişen bir yüzde ile daha hafif olduğu gözlemlenmiştir.

6.KAYNAKLAR

American Institute of Steel Construction Allowable Stress Design (AISC-ASD) 2001.

Artar,M., Daloğlu, A.,2015. Çelik Sistemlerin Genetik Algoritma ile Dinamik Sınırlayıcılı Optimizasyonu, İMO Teknik Dergi (2015) s. 7077-7098.

Banos,R., Gil, C., Reca, J., Montoya, F.G., 2010. A Memetic Algorithm Applied To The Design Of Water Distribution Networks. Applied Soft Computing 10 (2010) s. 261-266.

Camp, C., Pezeshk, S., Cao, G. 1998. Optimized Design of Two-Dimensional Structures Using A Genetic Algorithm. Journal of Structural Engineering, (1998), s. 551-559

Çetin, E. Matematik Programlama.” [www. biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/matematik/kuralim.htm](http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/matematik/kuralim.htm)”

Daloğlu,A., Aydın, Z., 1999. Kafes Sistemlerin Uygulamaya Yönelik Optimum Tasarımı. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi (1999), Cilt 5, Sayı 1, s. 951-957.

Dawkins,R., 1976. The Selfish Gene. Claredon Press, Oxford(1976)

Değertekin, S.Ö., Hayalioğlu, M.S., 2010. Modern Arama Yöntemleriyle Üç Boyutlu Çelik Çerçevelerin Optimizasyonu. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu (2010)

Değertekin, S.Ö., Ülker,M.,Hayalioğlu,M.S., 2006. Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı. İMO Teknik Dergi (2006), 3917-3934, Yazı 259

Elbeltagi, E., Hegazy, T., Grierson, D. 2005. Comparison Among Five Evolutionary Based Optimization Algorithms. Advanced Engineering Informatics, 19 (2005), s. 43-53

Goldberg, D.E., 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Reading, MA: Addisson-Wesley, 1989.

Guimaraes, F.G., ve Wanner, F.E., Campelo, F., Takahashi, R.H.C.,Igarashi, H., Lowther, D.A., Ramirez, J.A. 2006. Local Learning and Search in Memetic Algorithms, IEEE Congress on Evolutionary Computation (2006)

Hayalioğlu, M.S., , Yapısal Optimizasyonda Yeni Gelişmeler

Hayalioğlu, M.S. 2000, Optimum Design of Geometrically Non-linear Elastic-Plastic Steel Frames Via Genetic Algorithm. Computers and Structures,77 (2000), s. 527-538

Hayalioğlu, M.S.Değertekin, S.O. 2004, Design of Non-linear Steel Frames for Stress and Displacement Constraints with Semi-rigid Connections Via Genetic Optimization. Struct Multidisc Optim 27 (2004), s. 259-271

Hayalioğlu, M.S. Değertekin, S.O. 2005 , Çelik Uzaysal Çerçeve Yapıların Optimum Tasarımı, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi (2005)

Holland, J.H., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975.

Kameshki, E.S., Saka, M.P., 2001. Optimum Design of Nonlinear Steel Frames with Semi-rigid Connections Using a Genetic Algorithm. Computers and Structures 79(2001) s. 1593-1604.

Koçyiğit Y., 2013. Uzay Kafes Sistemlerin Memetik Algoritma ile Optimum Tasarımı.Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 2013.

Leite, J.P.B., Topping, B. H. V.(1998). Improved Genetic Operators for Structural Engineering Optimization. Advances in Engineering Software, 29 (7-9), s. 529-562.

Neri, F. Cotta, C. 2012, Memetic Algorithms and Memetic Computing Optimization: A Literature Review, Swarm and Evolutionary Computation 2 (2012), s. 1-14

Rajeev, S., Krishnamoorthy C.S., 1992. Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithms. Journal of Structural Engineering, ASCE 1992;118:1233-50

Rajeev, S., Krishnamoorthy, C.S., 1992. Discrete Optimization of Structures Genetic Algorithms. Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No.5, May 1992, pp. 1233-1250.

Saruhan, H. 2004. Genetic Algorithms: An Optimization Technique. Technology, Volume 7 (2004), Issue 1, s. 105-114

Schinler, D.C. 2001, Design of Partially Restrained Steel Frames Using Advanced Analysis and an Object-Oriented Evolutionary Algorithm, Yüksek Lisans Tezi, Milwaukee, Wisconsin. Fen Bilimleri Enstitüsü

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Diyarbakır'da doğdu. İlkokul,ortaokul ve liseyi Diyarbakır'da okudu. 2011 yılında Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2012 yılından beri DİSKİ Genel Müdürlüğü bünyesinde İnşaat Mühendisi görevlisi olarak çalışmaktadır.