T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÜZLEM KAFES SİSTEMLERİN GENETİK VE MEMETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM TASARIMI

Egemen KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DİYARBAKIR
Aralık 2017

T.C.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Egemen KAYA tarafından yapılan "Düzlem Kafes Sistemlerin Genetik ve Memetik Algoritmayla Optimum Tasarımı" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU

Üye : Doç. Dr. Halil GÖRGÜN

Üye : Yrd. Doç. Dr. Recep Kadir PEKGÖKGÖZ

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 08/01/2018

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../.....

Doç. Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

TEŞEKKÜR

Gerek lisans gerekse yüksek lisans sürecinde hiçbir şekilde fedakarlıktan çekinmeyen ve bana hakkı ödenemeyecek şekilde katkısı bulunan çok değerli tez danışmanım Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU hocama en içten, en samimi teşekkürlerimi sunmaktayım. Tez hazırlama sürecinde benden yardımlarını esirgemeyen halam Melek Kaya'ya, çalışma arkadaşım Araştırma Görevlisi Arda Burak Ekmen'e, Araştırma Görevlisi Rabia İzol'e ve Harran Üniversitesinin tüm Araştırma Görevlilerine teşekkürlerimi ifade etmekteyim.

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR……		I
İÇİNDEKİLER…….....		II
ÖZET…….....		IV
ABSTRACT…….....		V
ÇİZELGE LİSTESİ…….....		VI
ŞEKİL LİSTESİ…….....		VII
KISALTMA VE SİMGELER…….		IX
1.	**GİRİŞ**…….....	1
2.	**KAYNAK ÖZETLERİ**…..……	3
3.	**MATERYAL ve METOT**……	7
3.1.	Optimum Boyutlandırma……..…….....	7
3.1.1.	Boyutlandırma Parametreleri……..…….....	7
3.1.2.	Optimum Ağırlık ve Amaç Fonksiyonu...……..	8
3.1.3.	Gerilme ve Yer Değiştirme Kısıtları……...	10
3.2.	Genetik Algoritma……...……...	12
3.2.1.	Genetik Algoritma Çözüm Basamakları…….....	13
3.3.	Memetik Algoritma……...……...	22
3.3.1.	Yerel Aramalar……	24
3.4.	Boyutlandırma Sonuç Dosyaları…..…….....	24
4.	**BULGULAR VE TARTIŞMA**…….	31
4.1.	Eleman Sayısı 21 Olan Düzlem Kafes Sistem.…….....	31
4.1.1.	21 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar……...	32
4.2.	Eleman Sayısı 29 Olan Düzlem Kafes Sistem.…..……...	34
4.2.1.	29 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar……...	35
4.3.	Eleman Sayısı 41 Olan Düzlem Kafes Sistem.……	37
4.3.1.	41 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar……...	38
4.4.	Eleman Sayısı 49 Olan Düzlem Kafes Sistem.…….....	41
4.4.1.	49 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar……...	42

5. SONUÇ VE ÖNERİLER…….. 47

6. KAYNAKLAR……... 49

ÖZGEÇMİŞ…….. 51

ÖZET

DÜZLEM KAFES SİSTEMLERİN GENETİK VE MEMETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Egemen KAYA

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2017

Bu çalışmada statik yüklere maruz düzlem kafes sistemlerin, gerilme ve yer değiştirme kısıtları altında minimum ağırlıklarının elde edilmesi hedeflenmiştir. Optimizasyon yöntemleri olarak Genetik ve Memetik Algoritmalar kullanılmış ve en uygun çözümler elde edilmeye çalışılmıştır. Önceden çerçeveler için yazılmış olan bir Genetik Algoritma bilgisayar programı kafes sistemler için uyarlanmış ve ayrıca ilave rutinlerle Memetik algoritmaya dönüştürülmüştür. Düzlem kafes sistemlerin analizi için matris deplasman metodu kullanılmıştır. Gerilmeler ve yer değiştirmeler ilgili yönetmelikler kullanılarak kısıtlanmıştır.

Çubuk sayıları değişen dört ayrı düzlem kafes sistem için tasarımlar yapılmıştır. Genetik Algoritma ile elde edilen minimum ağırlıklar, Memetik Algoritma ile elde edilen minimum ağırlıklar ile kıyaslanmıştır. Ayrıca algoritmaların optimum tasarımda geçirdikleri çözüm süreleri de kıyaslanmıştır.

Elde edinilen bulgulara göre Memetik Algoritma ile elde edilen sistemlerin daha hafif olduğu saptanmıştır. Fakat Memetik Algoritmanın Genetik Algoritmaya göre daha uzun sürelerde çözümleri gerçekleştirdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Düzlem Kafes Sistemler, Optimum Boyutlandırma, Genetik Algoritma, Memetik Algoritma

ABSTRACT

OPTIMAL DESIGN OF PLANE TRUSS SYSTEMS USING GENETIC AND MEMETIC ALGORITHMS

MSc THESIS

Egemen KAYA

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2017

The aim of this study is to obtain minimum weight designs of planar trusses subjected to static loads, under displacement and stress constraints. Genetic and Memetic Algorithms were used as optimization methods and obtaining the optimum solutions were tried. Matrix displacement method was employed for the analysis of the planar trusses. Stresses and displacements were restricted according to the relevant specifications.

Optimum designs were performed four different trusses with varying number of bars. Minimum weights obtained using Genetic Algorithm were compared with the ones of Memetic Algorithm. The computing time, during optimum designs, was also compared for both algorithms.

According to the obtained findings, more lightweight trusses are detected when Memetic Algorithm is used. However, it is observed that Memetic Algorithm has longer computing time as compared to the one of Genetic Algorithm.

Key Words : Plane Truss Systems, Optimum Design, Genetic Algorithm, Memetik Algorithm

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 3.1.	Çelik çift korniyer profiller	8
Çizelge 4.1.	21 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı	32
Çizelge 4.2.	21 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı	33
Çizelge 4.3.	29 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı	35
Çizelge 4.4.	29 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı	36
Çizelge 4.5.	41 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı	38
Çizelge 4.6.	41 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı	39
Çizelge 4.7.	41 elemanlı sistemin gerilme kısıt fonksiyonu değerleri	40
Çizelge 4.8.	41 elemanlı sistemde aktif yer değiştirmeler	41
Çizelge 4.9.	49 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı	42
Çizelge 4.10.	49 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı	43
Çizelge 4.11.	49 elemanlı sistemin gerilme kısıt fonksiyonu değerleri	44
Çizelge 4.12.	49 elemanlı sistemde aktif yer değiştirmeler	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 3.1.	Genetik algortima akış diyagramı	14
Şekil 3.2.	Program datası birinci kısım	15
Şekil 3.3.	Program datası ikinci kısım	15
Şekil 3.4.	Program datası üçüncü kısım	15
Şekil 3.5.	Program datası dördüncü kısım	16
Şekil 3.6.	Program datası beşinci kısım	16
Şekil 3.7.	Program datası altıncı kısım	16
Şekil 3.8.	Program datası yedinci kısım	17
Şekil 3.9.	Program datası sekizinci kısım	17
Şekil 3.10.	Program datası dokuzuncu kısım	17
Şekil 3.11.	Program datası onuncu kısım	18
Şekil 3.12.	Program datası ilk 30 profil	18
Şekil 3.13.	Program datası son 34 profil	19
Şekil 3.14.	Onluk sistemde bireylerin profil sıra numaraları	20
Şekil 3.15.	Bireylerin genlerinde karşılıklı bit takası (çaprazlama)	21
Şekil 3.16.	Bireylerin genlerinde mutasyon	22
Şekil 3.17.	Memetik algoritma akış diyagramı	23
Şekil 3.18.	Yerel arama	24
Şekil 3.19.	Boyutlandırma sonuç dosyası birinci kısım	25
Şekil 3.20.	Boyutlandırma sonuç dosyası ikinci kısım	26
Şekil 3.21.	Boyutlandırma sonuç dosyası üçüncü kısım	26
Şekil 3.22.	Boyutlandırma sonuç dosyası dördüncü kısım	27
Şekil 3.23.	Boyutlandırma sonuç dosyası beşinci kısım	28
Şekil 3.24.	Genetik algoritmada optimum birey için analiz tekrarı	28
Şekil 3.25.	Memetik algoritmada optimum birey için analiz tekrarı	29
Şekil 4.1.	21 elemanlı düzlem kafes sistem	31
Şekil 4.2.	21 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası	34

Şekil 4.3. 29 elemanlı düzlem kafes sistem 34

Şekil 4.4. 29 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası 37

Şekil 4.5. 41 elemanlı düzlem kafes sistem 37

Şekil 4.6. 41 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası 40

Şekil 4.7. 49 elemanlı düzlem kafes sistem 41

Şekil 4.8. 49 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası 44

KISALTMALAR VE SİMGELER

AISC : Amerikan Çelik İnşaat Enstitüsü

ASD : Müsaade Edilebilir (Emniyet) Gerilme Tasarımı

LRFD : Yük ve Dayanım Çarpanı Tasarımı

$W_i(x)$: j numaralı yapı sisteminin toplam ağırlığı

A_n : Eleman en kesit alanı

ρ_j : Eleman özgül ağırlığı

L_j : Eleman uzunluğu

δ_ℓ : j numaralı düğüm noktası için yer değiştirme değeri

$\delta_{\ell limit}$: j numaralı düğüm noktasında kısıtlanmış olan toplam yer değiştirmenin üst sınırı

$\sigma_{çem}$: Çekme emniyet gerilmesi

σ_j : Herhangi bir elemanda oluşan çekme veya basınç gerilmesi

R : Elemanın zayıf eksen etrafındaki eylemsizlik yarıçapı

K : Efektif boy katsayısı

I_{min} : Elemanın zayıf eksen etrafındaki eylemsizlik momenti

λ_{kr} : Kritik narinlik

KE : Basınç durumu emniyet katsayısı

σ_{bem} : Basınç emniyet gerilmesi

E : Elastisite modülü

σ_{akma} : Çeliğin akma gerilmesi

λ : Eleman narinliği

$\Phi_i(x)$: j numaralı sistemin amaç fonksiyonu

C : Amaç fonksiyon değerini belirleyen katsayı

$g_\ell(x)$: Yer değiştirme kısıt fonksiyonu

$G_j(x)$: Gerilme kısıt fonksiyonu

$\Phi_{max}(x)$: Jenerasyondaki en yüksek optimum ağırlık

$\Phi_{min}(x)$: Jenerasyondaki en düşük optimum ağırlık

F_j : j numaralı bireyin uygunluk değeri

F_o : Jenerasyondaki ortalama uygunluk değeri

F_{pj} : j numaralı bireyin uygunluk kriteri

R_t : Sonlanma kriteri

FT_{max} : Jenerasyondaki maksimum uygunluk kriteri

FT_o : Jenerasyondaki ortalama uygunluk kriteri

NN : Herhangi bir bireydeki maksimum yerel arama sayısı

b_{top} : Yerel arama yapılan bireyin toplam bit sayısı

1. GİRİŞ

Yapı güvenliği sağlandığı sürece en ekonomik sistemi elde edebilmek inşaat mühendisliğinde önem arz etmektedir. Kullanılacak maddi imkanların sınırsız olmayışı böyle bir sonuca sebep olan etkenlerden biridir. Güvenlik kısıtları sağlanmak koşuluyla en ekonomik çözümü elde edebilmek çalışmamızın hedefi olmuştur.

Düzlem kafes sistemlerin analizleri için matris deplasman metodu kullanılmış olup en uygun durum çözümleri yani optimum boyutlandırmayı elde edebilmek için de genetik ve memetik algoritmalardan yararlanılmıştır. Hesaplamaların tamamı geliştirilen bilgisayar programları kullanılarak yapılmıştır. Analiz metodu, genetik ve memetik algoritmalar ile uyumlu bir şekilde kodlanmıştır. Düzlem kafes sistemlerin çözümünde kullanılacak parametreler data dosyası şekline getirilip programa girdi olarak dahil edilmiştir. Girdiler, düzlem kafes sistemlerin eleman sayıları, düğüm noktaları koordinatları, yük bilgileri, gerilme ve deplasman kısıtları, kullanılacak profil özellikleri, sistemlerin serbestlik dereceleri, mesnet bilgileri ve özellikleri şeklinde tanımlanmıştır.

Optimum çözümler ile elde edilen sonuçlar çıktı dosyası haline getirilip otomatik bir şekilde kaydedilmiştir. Genetik ve memetik algoritmalar ile yapılan boyutlandırmalar sonucunda minimum ağırlıklar hedeflenmiştir. En hafif sistemi oluşturabilmek için farklı 64 profilin bulunduğu bir liste oluşturulmuştur. Algoritmalar, güvenlik kısıtlarını aşmamak şartıyla bu listeden en hafif kesitleri seçmektedirler. Genetik algoritma ile varılan sonuçlar, memetik algoritma ile varılan sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar yapılırken her defasında farklı bir rastgele noktadan başlayan 15 adet çözüm sonucu elde edilen ortalama optimum ağırlıklar kullanılmıştır. Ek olarak algoritmaların çözümleri gerçekleştirdikleri süreler irdelenmiştir. Bu iki kıstas kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Gerilme ve yer değiştirme kısıtları AISC-ASD şartnamesi dikkate alınarak belirlenmiştir. Yapı çeliği elemanları, boy uzadıkça daha narin davranmaktadırlar. Düzlem kafes sistemi oluşturan elemanların narinlikleri burkulma problemlerini meydana getirmektedir. Elemanların burkulma tiplerine yani narinliklerin kritik sınırları aşması veya aşmaması durumlarına göre farklı çözüm teorileri izlenmiştir.

Elemanların kesit alanları ile uzunlukları çarpılarak hacimler ve hacimler ile özgül ağırlıklar çarpılarak elemanların ağırlıkları, tüm elemanların ağırlıkları toplanarak da

sistemin ağırlığı elde edilmiştir. Sistemin verilen gerilme ve yer değiştirme kısıtları altında minimum ağırlığının elde edilmesi, bu çalışmanın amacını oluşturmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Güvenlik kısıtlarını ihlal etmeden en ekonomik çözümleri elde etmek için kullanılan algoritmalar gün geçtikçe iyileştirildiğinden, daha önce yapılmış olan çalışmaları özetlemek gerekmektedir. Genetik veya memetik algoritmaların kullanıldığı önceki çalışmalar özet şeklinde sunulmuştur.

Rajan (1995), uzay kafes sistemlerin boyutsal, şekilsel, topolojik olarak çözümü için genetik algoritmayı kullanmıştır. Optimum boyutlandırma yapılırken boyutlandırma değişkenleri olarak sistemin kesit alanları gibi sonlu eleman modeli ile ilgili boyut parametreleri alınmıştır. Kısıtlar olarak maksimum gerilmeler ve yer değiştirmeler kullanılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak yapının optimum ağırlığı alınmış ve farklı kafes sistemler, elemanları gruplandırılarak en uygun boyutlandırmalar elde edilmiştir.

Galante (1996), genetik algoritmayı gerçek dünyadaki makas sistemlerin optimum tasarımı için kullanmıştır. Gerçek durumlara yaklaşabilmek için farklı yükleme durumları, yer değiştirmelerde kısıtlamalar, çubuklarda maksimum gerilmeler, elastik ve plastik burkulmalar göz önünde bulundurulmuştur. 10 elemanlı bir kafes sistem ve 160 elemanlı bir iletim kulesi için optimum boyutlandırmalar yapılmıştır.

Camp ve ark. (1998), düzlem sistemlerin optimum çözümlerini elde etmek için genetik algoritmayı kullanmışlardır. Gerilme kısıtları için AISC-ASD yönetmeliği dikkate alınmıştır. Amaç fonksiyonu olarak sistemin tamamının ağırlığı ya da sistemin maliyetinin kullanılabileceği belirtilmiştir. Sabit, esnek, düzgün çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılmıştır. 10 elemanlı kafes, tek açıklıklı 8 katlı çerçeve, 3 açıklıklı 3 katlı çerçeve sistemlerin çözümleri incelenmiştir.

Hayalioğlu (2000), boyutlandırma değişkenlerini, temin edilebilen çelik kesitlerden seçmiştir. Doğrusal olmayan elastik ve plastik çelik optimum çözümlerinin elde edilmesi hedeflenmiştir. Üreme, çaprazlama, mutasyon operatörlerini içeren genetik algoritma kullanılmıştır. Çerçevelerin analizinde Newton-Raphson tipi yinelemeli artımsal yük yaklaşımı kullanılmıştır. Doğrusal olmayan elastik ve plastik çerçeveler için üretilmiş boyutlandırmalar, doğrusal olan elastik davranışın kabul edildiği boyutlandırmalarla karşılaştırılmıştır. Optimum ağırlık hedef olarak seçilmiş ve yer değiştirme kısıtlamaları kullanılmıştır.

Elbeltagi ve ark. (2005), belirlenmiş olan test problemleri için evrimsel bazlı algoritmaların karşılaştırmalarını yapmışlardır. Bunlar; genetik algoritma, memetik algoritma, parçacık sürüsü, karınca koloni sistemleri ve karıştırılmış kurbağa sıçraması yöntemleridir. Minimum maliyetler hedeflenmiş olup, çözüm süreleri irdelenmiştir.

Hayalioğlu ve Değertekin (2005), Genetik algoritma kullanarak, yarı-rijit kiriş-kolon birleşimli ve yarı-rijit temel bağlantılı doğrusal olmayan çelik çerçeveler için optimum çözüm yöntemi sunmuşlardır. Bu çalışmada AISC-LRFD ve AISC-ASD yönetmeliklerine göre yapılan çözümler ile kıyaslanmış olup, toplam ağırlıklar ve toplam maliyetler hedeflenmiştir.

Değertekin ve ark. (2006), üç boyutlu çelik çerçevelerin optimum tasarımı için tabu arama metodu ve genetik algoritmayı kullanmışlardır. İlgili boyutlandırma yönetmeliklerine uygun olarak gerilmeler ve yanal yer değiştirmeler kısıtlanmıştır. Yapı sistemlerinin minimum ağırlıkları hedeflenmiştir.

Toğan ve Daloğlu (2006), uzay kafes sistemlerin şekilsel ve boyutsal optimum tasarımı için genetik algoritmayı kullanmışlardır. Amaç fonksiyonu sistemin hacmi ve ağırlığı olarak belirtilmiştir. Boyutlandırma değişkenleri için düğüm noktalarındaki koordinatlar ve kesit alanları kullanılmıştır. TS 648 tasarım şartları göz önünde bulundurulmuştur. 25 elemanlı 10 düğüm noktalı uzay kafes sistemin, 72 elemanlı 20 düğüm noktalı uzay kafes sistemin, 154 elemanlı iletim hattı kulesinin ve 52 elemanlı kubbenin optimum çözümleri elde edilmiştir. Sistemlerin ağırlıklarında büyük miktarda iyileşmelerin gerçekleştiği ifade edilmiştir.

Toğan ve ark. (2006), düzlem kafeslerin optimum çözümü için daha önceden kodlanmış ve denenmiş genetik algoritma programını, MATLAB genetik aracından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. Çatı makası, kule gibi çeşitli sistemler ele alınmıştır. Analiz için matris deplasman metodu kullanılmıştır. Kodlanmış olan genetik algoritma programının çok daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu tespit edilmiştir.

Bano ve ark. (2010), memetik algoritmayı su dağıtım sistemlerinin optimum çözümleri için kullanmışlardır.

Neri ve Cotta (2012), memetik algoritma üzerine önceki çalışmalardan derleme çalışması yapmışlardır.

Koçyiğit (2013), üç boyutlu kafes sistemlerin, memetik ve genetik algoritmalar ile optimum çözümlerinin yapıldığı bir tez çalışması hazırlamıştır. Çalışmada, boru kesit profil listesi kullanılmıştır. Gerilmelerin ve yer değiştirmelerin kısıtlandığı bu tez çalışmasında amaç fonksiyonu olarak yapı ağırlığı kullanılmıştır.

Efe (2015), genetik ve memetik algoritma kullanarak düzlem çelik çerçevelerin optimum tasarımını yapmış olduğu bir tez çalışması hazırlamıştır. Çalışmada, yer değiştirme ve gerilmeler kısıtlanarak yapıların optimum ağırlıkları ve çözüm süreleri kıyaslanmıştır. Profil kesitleri olarak geniş başlıklı HE kesitler kullanılmış, ayrıca ilgili yönetmeliğin eğilme çubuklarına ait mukavemet denklemleri kullanılmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmamızda düzlem kafes sistemlerin optimum kesit boyutlandırması hedeflenmiştir. Genetik ve memetik algoritmalar kullanılarak bu çözümlerden elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Amaç fonksiyonu olarak kısıtların da dahil edildiği yapı ağırlığı kullanılmıştır. Çözümlerin ekonomik olması ve aynı zamanda gerekli güvenlik şartlarını sağlaması için yer değiştirmeler ve gerilmeler kısıtlanmıştır. Her iki algoritmanın bilgisayar programı geliştirilmiştir.

3.1. Optimum Boyutlandırma

Sistemlerin çözümünde kullanılacak materyaller bu bölümde sunulmuştur. Boyutlandırma parametreleri, optimum ağırlık, gerilme ve yer değiştirme kısıtları düzlem kafesler için birer optimum tasarım materyali olmuştur.

3.1.1. Boyutlandırma Parametreleri

Optimum çözümleri yapabilmek için problemin ne olduğunu bilmek gerekmektedir. Problemin var olduğu aralığı boyutlandırma parametreleri meydana getirmektedir. Problemin niteliğine göre değişiklik göstermektedirler. Düğüm noktaları koordinatları, eleman uzunlukları, eleman başlangıç ve bitiş noktaları gibi değişkenler yapı sisteminin iskeletini oluşturmaktadır. Elastisite modülü, mesnet durumları, akma gerilmesi gibi değişkenler ise yapı sisteminin davranışını belirlemektedir. Elemanların özgül ağırlıkları, enkesit alanları, eylemsizlik momentleri de birer boyutlandırma parametresi olarak tanımlanmıştır.

Enkesit alanları ve eylemsizlik momentleri, uygulamaya yönelik kullanılan çift korniyerlerin oluşturduğu 64 kesitlik bir listeden meydana gelmektedir. Kullanılan algoritma her seferinde bu listeden gereken kesitleri seçerek en uygun çözüme ulaşmaya çalışmaktadır.

64 adet çift korniyerin oluşturduğu enkesit alanları ve eylemsizlik momentleri aralığı Çizelge 3.1. ile belirtilmiştir.

Çizelge 3. 1. Çelik çift korniyer profiller

Profil No	Kesit Alanı	Atalet Momenti		Profil No	Kesit Alanı	Atalet Momenti
	cm^2	cm^4			cm^2	cm^4
1) 2L 50x4	7.78	17.94		**33)** 2L 80x14	41.20	230.00
2) 2L 50x5	9.60	22.00		**34)** 2L 90x8	27.80	208.00
3) 2L 50x6	11.38	25.60		**35)** 2L 90x9	31.00	232.00
4) 2L 50x7	13.12	29.20		**36)** 2L 90x11	37.40	276.00
5) 2L 50x8	14.82	32.60		**37)** 2L 90x13	43.60	316.00
6) 2L 50x9	16.48	35.80		**38)** 2L 90x16	52.80	372.00
7) 2L 55x5	10.64	29.40		**39)** 2L 100x8	31.00	290.00
8) 2L 55x6	12.62	34.60		**40)** 2L 100x10	38.40	354.00
9) 2L 55x8	16.46	44.20		**41)** 2L 100x12	45.40	414.00
10) 2L 55x10	20.20	52.60		**42)** 2L 100x14	52.40	470.00
11) 2L 60x5	11.64	38.80		**43)** 2L 100x16	59.20	524.00
12) 2L 60x6	13.82	45.60		**44)** 2L 100x20	72.40	622.00
13) 2L 60x8	18.06	58.20		**45)** 2L 110x10	42.40	478.00
14) 2L 60x10	22.20	69.80		**46)** 2L 110x12	50.20	560.00
15) 2L 65x6	15.06	58.40		**47)** 2L 110x14	58.00	638.00
16) 2L 65x7	17.40	66.80		**48)** 2L 120x11	50.80	682.00
17) 2L 65x8	19.70	75.00		**49)** 2L 120x12	55.00	736.00
18) 2L 65x9	22.00	82.60		**50)** 2L 120x13	59.40	788.00
19) 2L 65x11	26.40	97.60		**51)** 2L 120x15	67.80	892.00
20) 2L 70x6	16.26	73.80		**52)** 2L 130x12	60.00	944.00
21) 2L 70x7	18.80	84.80		**53)** 2L 130x14	69.40	1080.00
22) 2L 70x9	23.80	105.20		**54)** 2L 130x16	78.60	1210.00
23) 2L 70x11	28.60	123.60		**55)** 2L 140x13	70.00	1276.00
24) 2L 75x6	17.50	91.20		**56)** 2L 140x15	80.00	1446.00
25) 2L 75x7	20.20	104.80		**57)** 2L 150x12	69.60	1474.00
26) 2L 75x8	23.00	117.80		**58)** 2L 150x14	80.60	1690.00
27) 2L 75x 10	28.20	142.80		**59)** 2L 150x15	86.00	1796.00
28) 2L 75x12	33.40	164.80		**60)** 2L 150x16	91.40	1898.00
29) 2L 80x7	21.60	128.40		**61)** 2L 150x18	102.00	2100.00
30) 2L 80x8	24.60	144.60		**62)** 2L 150x20	112.60	2300.00
31) 2L 80x10	30.20	175.00		**63)** 2L 160x15	92.20	2200.00
32) 2L 80x12	35.80	204.00		**64)** 2L 160x17	103.60	2460.00

3.1.2. Optimum Ağırlık ve Amaç Fonksiyonu

Düzlem kafeslerin optimum çözümlerine, en uygun yapı ağırlıkları, kısıtlar sağlanarak ulaşılmıştır. Her grup için atanan kesit alanları kullanılarak eleman boyları ile çarpılmaktadır. Bulunan hacim değerleri özgül ağırlıklar ile çarpılarak elemanların

ağırlıkları bulunmuştur. Sonuçta ağırlıklar toplanarak denklem (3.1) ile i numaralı kafes sistemin ağırlığı bulunmaktadır.

Denklem (3.2) de amaç fonksiyonu sistemin gerilme ve yer değiştirme kısıtlarına göre belirlenmektedir. Yer değiştirme ve gerilme kısıtları aşılmamış ise elde edilen ağırlık değeri anlamlı bir sonuç ifade etmektedir. Yer değiştirme ve gerilme kısıtları aşılmış ise elde edilen ağırlık değeri anlamsız bir sonuç meydana getirmiştir. Popülasyondaki en uygun birey olduğu söylenememektedir.

$$\min \quad W_i(x) = \sum_{n=1}^{ng} A_n \sum_{j=1}^{mk} \rho_j L_j \tag{3.1}$$

Düzlem kafes sistemin her bir elemanı için bulunan ağırlıkların toplamı yani sistemin toplam ağırlığı $W_i(x)$ olarak ifade edilmiştir. Yukarıdaki eşitlikte, A_n, n grubuna ait olan elemanın enkesit alanı, ng, toplam grup sayısı, ρ_j, i numaralı elemanın özgül ağırlığı, L_j, i numaralı elemanın uzunluğu, mk, k grubundaki toplam eleman sayısıdır (Hayalioğlu 2000).

Denklem (3.2) ile belirtilen i numaralı kafes sistemin (bireyin) amaç fonksiyonu, sistemin toplam ağırlığı ve kısıtlayıcılardan oluşturulmuştur. Denklem (3.2) ile verilmiş olan k, boyutlandırması yapılacak sistem dikkate alınarak seçilen sabit bir sayıdır. Bu çalışmada 10 alınmıştır. Denklem (3.3) ile amaç fonksiyonu şekillendiren yer değiştirme kısıtları ve denklem (3.4) ile amaç fonksiyonunu şekillendiren gerilme kısıtları sunulmuştur. Denklem (3.5) ile sunulan C, amaç fonksiyon değerini belirleyen bir katsayıdır ve denklem (3.3), (3.4) yardımı ile hesaplanmaktadır. Gerilme ve yer değiştirme kısıtları aşılmamış ise amaç fonksiyonu, optimum yapı ağırlığına eşit olmaktadır. Gerilme ve yer değiştirme kısıtları aşılmış ise amaç fonksiyonunun değeri yapı ağırlığını geçmektedir (Hayalioğlu 2000).

$$\Phi_i(x) = W_i(x)(1 + kC) \tag{3.2}$$

$$g_\ell(x) \le 0 \longrightarrow v_\ell = 0, \qquad g_\ell(x) > 0 \longrightarrow v_\ell = g_\ell(x), \quad \ell=1,\ldots,m \tag{3.3}$$

$$G_j(x) \le 0 \longrightarrow v_j = 0, \qquad G_j(x) > 0 \longrightarrow v_j = G_j(x), \; j=1,\ldots,n \tag{3.4}$$

Burada m, kafes sistemin sınırlanmış yer değiştirme sayısını, n ise kafes sistemin çubuk sayısını göstermektedir.

$$C = \sum_{\ell=1}^{m} v_{\ell} + \sum_{j=1}^{n} v_{j} \tag{3.5}$$

3.1.3. Gerilme ve Yer Değiştirme Kısıtları

Düzlem kafeslerin optimum çözümü yapılırken gerilmelerin ve yer değiştirmelerin üst limitlerinin aşılmaması gerekmektedir. Limitlerin aşılması durumunda yapı kullanılmaz hale gelmekte ve anlamsız bir ağırlık değeri çözüm olarak elde edilmektedir.

Yer değiştirmeler göz önüne alındığında, herhangi bir düğüm noktasının yer değiştirmesinin, o nokta için belirlenen yer değiştirme sınırını aşmaması gerekmektedir. Yer değiştirme kısıtları, denklem (3.6), (3.7), (3.8), (3.9) ile izah edilmiştir.

$$\delta_{\ell} \le \delta_{\ell \lim it} \tag{3.6}$$

$$\delta_{\ell} - \delta_{\ell \lim it} \le 0 \qquad \ell=1,\ldots,m \tag{3.7}$$

$$\frac{\delta_{\ell}}{\delta_{\ell \lim it}} - 1 \le 0 \qquad \ell=1,\ldots,m \tag{3.8}$$

$$g_{\ell}(x) = \frac{\delta_{\ell}}{\delta_{\ell \lim it}} - 1 \le 0 \quad \ell=1,\ldots,m \tag{3.9}$$

Yukarıdaki eşitliklerde, δ_{ℓ}, ℓ numaralı düğüm noktası için yer değiştirme değeri, $\delta_{\ell limit}$, ℓ numaralı düğüm noktasında kısıtlanmış olan yer değiştirme değerinin üst limiti, $g_{\ell}(x)$, ℓ numaralı düğüm noktası için kısıtlanmış yer değiştirme fonksiyonu, m, düzlem kafes sistem üzerinde kısıtlanmış olan toplam yer değiştirme sayısıdır (Hayalioğlu 2000).

Gerilmeler AISC-ASD şartnamesi temel alınarak kısıtlanmıştır.

Düzlem kafes sistemin taşıyıcı elemanlarının çekme gerilmelerine maruz kaldıkları durumlarda, çekme emniyet gerilmesi bulunmaktadır. Her bir eleman üzerinde

oluşacak gerilmelerin, çekme emniyet gerilmesinden küçük olması gerekmektedir. Bu durum denklemler (3.10), (3.11), (3.12), (3.13), (3.14) ile izah edilmiştir.

$$\sigma_{çem} = 0.6\,\sigma_{akma} \tag{3.10}$$

$$\sigma_j \leq \sigma_{çem} \tag{3.11}$$

$$\sigma_j - \sigma_{çem} \leq 0 \tag{3.12}$$

$$\frac{\sigma_j}{\sigma_{çem}} - 1 \leq 0 \qquad j=1,\ldots,p \tag{3.13}$$

$$G_j(x) = \frac{\sigma_j}{\sigma_{çem}} - 1 \leq 0 \quad j=1,\ldots,p \tag{3.14}$$

Yukardaki eşitliklerde $\sigma_{çem}$, çekme emniyet gerilmesini, σ_j, herhangi bir çekme elemanında oluşan çekme gerilmesini, $G_j(x)$, j numaralı eleman için çekme gerilmesi kısıt fonksiyonunu, p, toplam çekmeye çalışan düzlem kafes elemanı sayısını ifade etmektedir.

Düzlem kafes sistemlerin taşıyıcı elemanlarının basınç gerilemelerine maruz kaldığı durumlarda, elemanların narinlik değerlerine göre basınç emniyet gerilmeleri belirlenmektedir.

Elemanın narinlik değeri denklemler (3.15), (3.16) ile ifade edilmiştir. Bu denklemlerde K, elemanın efektif boyunu belirlemek için kullanılan efektif boy katsayısı, L elemanın boyu, R, elemanın zayıf eksen etrafındaki eylemsizlik yarıçapı, I_{min} elemanın zayıf eksen etrafındaki eylemsizlik momenti, A, elemanın enkesit alanıdır.

$$\lambda = \frac{K\,L}{R} \tag{3.15}$$

$$R = \sqrt{\frac{I_{\min}}{A}} \tag{3.16}$$

Elemanın narinlik değeri, kritik narinlik değerinin altında ise basınç emniyet gerilmesi denklemler (3.17), (3.18), (3.19) ile bulunmaktadır. Bu denklemlerde λ_{kr}, kritik

narinlik değeri, KE, basınç durumu emniyet katsayısı, σ_{bem}, basınç emniyet gerilmesi, E, elastisite modülü, σ_{akma}, çeliğin akma gerilmesidir.

$$\lambda_{kr} = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_{akma}}} \tag{3.17}$$

$$KE = \frac{5}{3} + \frac{3}{8\lambda_{kr}}[\lambda] - \frac{3}{8\left(\lambda_{kr}^{3}\right)}\left[\lambda^3\right] \tag{3.18}$$

$$\sigma_{bem} = \left[1 - \frac{\lambda^2}{2\left(\lambda_{kr}^{2}\right)}\right]\frac{\sigma_{akma}}{KE} \tag{3.19}$$

Elemanın narinlik değeri, kritik narinlik değerinden büyük ve 200 değerinden küçük ise KE değeri 1.92 olarak alınır. Bu ifadeler, denklem (3.20), (3.21) ile gösterilmiştir.

$$KE = 1.92 \tag{3.20}$$

$$\sigma_{bem} = \frac{\pi^2 E}{KE\left(\lambda^2\right)} \tag{3.21}$$

Elemanlarda oluşacak basınç gerilmesi, elemanlar için belirlenmiş olan basınç emniyet gerilmelerini aşmama zorunluluğu taşımaktadır. Bu durum, denklem (3.22), (3.23) ile belirtilmiştir. $G_j(x)$, j numaralı eleman için basınç gerilmesi kısıt fonksiyonunu, q, toplam basınca çalışan düzlem kafes eleman sayısını ifade etmektedir.

$$\frac{\sigma_j}{\sigma_{bem}} - 1 \le 0 \qquad j=1,\ldots,q \tag{3.22}$$

$$G_j(x) = \frac{\sigma_j}{\sigma_{bem}} - 1 \le 0 \quad j=1,\ldots,q \; ; \; (n=p+q) \tag{3.23}$$

3.2. Genetik Algoritma

Genetik algoritmayı, ilk kez John Holland (1975) önermiştir. John Holland'ın öğrencisi olan Goldberg (1989), yazmış olduğu kitapla genetik algoritmanın popülerliğini

arttırmıştır. Goldberg (1989), genetik algoritmanın, doğal seçilim ve doğal genetiğin mekanikleri tabanlı bir arama algoritması olduğunu ifade etmiştir.

Genetik algoritma, canlıların evrimi göz önünde bulundurularak meydana getirilmiş bir iyileştirme yöntemidir. İlk olarak bu değişimi sağlayabilecek, yeni bireyler üretebilecek ve nihayetinde yok olabilecek bireylere gereksinim duyulur. Bireyler, ürettikleri bireylere özelliklerinin bir kısmını genetik olarak aktarabilmelidirler. Üretilen bireylerin yeni popülasyonda mücadele ederek hayatta kalmaları ve kendi özelliklerini yine bir sonraki nesillere aktarabilmeleri gerekmektedir. Güçlüler, yaşamlarını devam ettirebilecek, güçlü olmayanlar ise daha güçlü olabilmek için dönüşüm geçireceklerdir. Bireyler toplulukta (popülasyonda) kendi sayıları kadar birey üretebilmektedirler ve böylelikle popülasyon büyüklüğü (topluluktaki toplam birey sayısı) sabit kalmaktadır. Eski nesil bireylerin genetik kodlarındaki sadece bir değerin değişmesiyle bile çok farklı bir birey üretilir. Böylelikle genetik algoritmadaki üremenin, insan üremesinden çok başka şekilde meydana geldiği görülmektedir (Şen 2004).

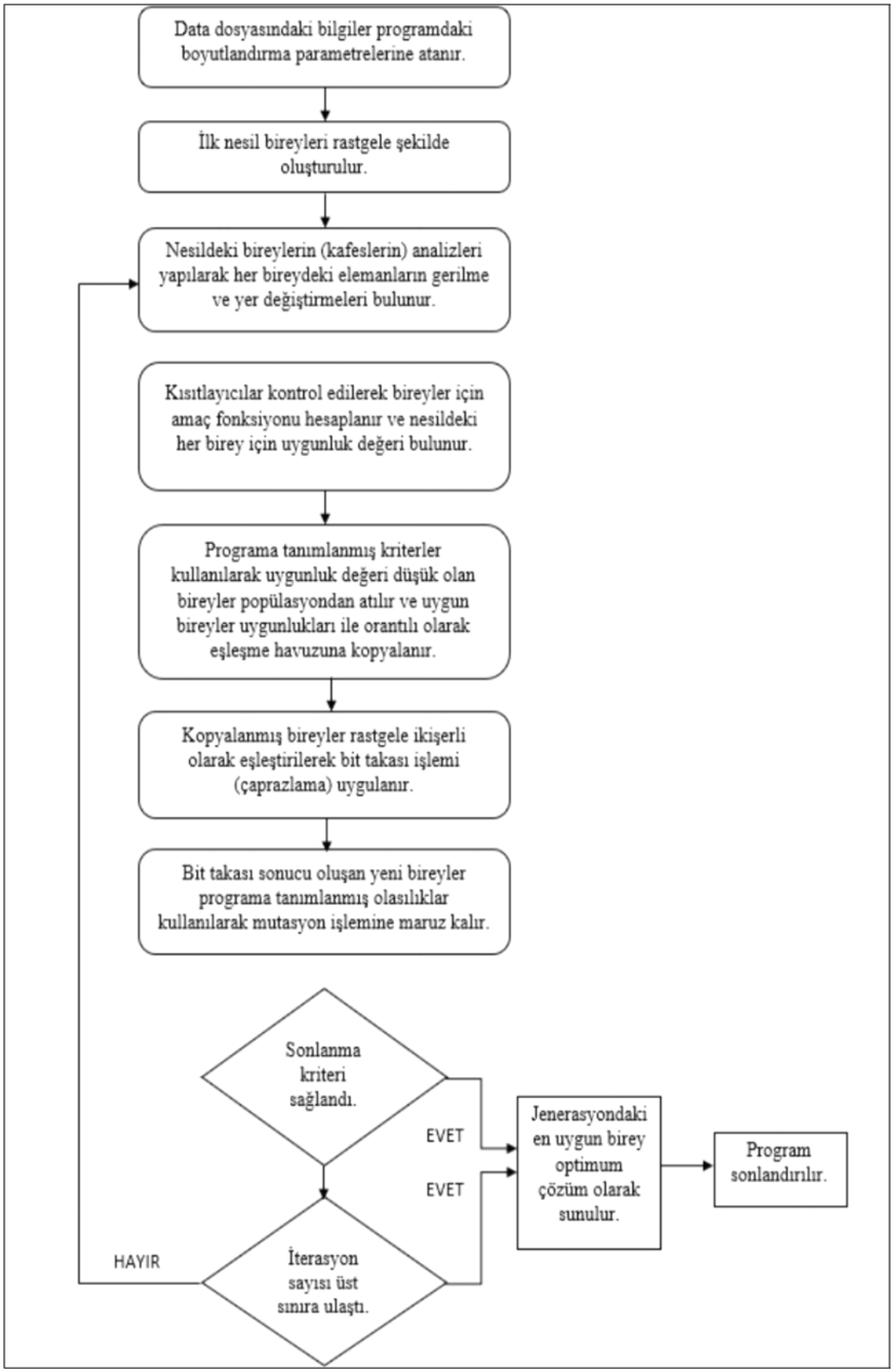
Nesiller yer değiştirdikçe, bireyler daha iyileşmiş hale gelmektedirler. Böylelikle en uygun çözüme her yeni nesilde daha da yaklaşılmaktadır. Uygun olmayan zayıf bireylerin nesiller sonunda üremelerine izin verilmemektedir. Popülasyonun iyileşmesi sağlanmaktadır (Şen 2004).

Genetik algoritma sözü edilen aşamalar sonunda uygun bir popülasyonu oluşturmaktadır. Bireylerin uygunluğu esas alınarak popülasyon iyileştirilmektedir. Nesiller için yakınsama kriterleri dikkate alınır ve bu kriterler doğrultusunda yeni nesil üretilir. Yakınsama kriterleri sağlanmış ise yeni bir nesil üretilmez ve mevcut nesil çözüm olarak sunulur.

Bazı durumlarda yakınsama kriterleri tam anlamıyla sağlanmaz. Bu durumlarda programın sahip olduğu maksimum iterasyon sayısına ulaşılıncaya kadar yeni nesillerin oluşturulmasına devam edilir.

3.2.1. Genetik Algoritma Çözüm Basamakları

Bu bölümde adım adım genetik algoritmanın çözüm basamakları sunulmuştur. Çözüm basamakları izah edilmeden önce genetik algoritmanın akış diyagramı oluşturulmuştur. Genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3. 1. Genetik algoritma akış diyagramı

Algoritmanın adımları kullanılarak yazılmış bilgisayar programı ilk olarak kullanıcıdan probleme ait giriş bilgilerini istemektedir. Giriş bilgileri data dosyasına sistematik bir şekilde tanımlanmalıdır. Aşağıdaki veriler Şekil 4.1.'deki kafes sisteme aittir.

Şekil 3.2.'de ilk iki satıra çözülecek olan düzlem kafes sistemin eleman sayısı ve profil tipleri ile ilgili sözel açıklamalar girilir.

```
21 elemanlı düzlem kafes sistemin
GENETİK ve MEMETİK algoritmayla optimizasyonu - kesitler 2L
```

Şekil 3. 2. Program datası birinci kısım

Şekil 3.3.'te üçüncü satıra sırasıyla elemanların grup sayısı, düğüm noktalarında kısıtlanmış olan yer değiştirmelerin sayısı, her kromozomda kullanılacak olan bit (gen) sayısı, popülasyondaki birey sayısı, boyutlandırmada kullanılacak olan profil sayısı ve maksimum itersayon sayısı girilir.

```
4          12          6          30          64          300
```

Şekil 3. 3. Program datası ikinci kısım

Şekil 3.4.'te dördüncü satıra sırasıyla toplam eleman sayısı, toplam düğüm noktası sayısı, mesnetlerdeki reaksiyon sayısı, mesnet sayısı, elastisite modülü, akma dayanımı, özgül ağırlık değerleri girilir.

```
21         12         3         2 20600.    23.5       0.000076982
```

Şekil 3. 4. Program datası üçüncü kısım

Sözü edilen değerler girildikten sonraki kısma Şekil 3.5.'te sırasıyla düğüm noktasının numarası, x eksenindeki koordinatı, y eksenindeki koordinatı girilir.

```
  1   0.          0.
  2   300.        0.
  3   600.        0.
  4   900.        0.
  5   1200.       0.
  6   1500.       0.
  7   1800.       0.
  8   300.        100.
  9   600.        200.
 10   900.        300.
 11   1200.       200.
 12   1500.       100.
```

Şekil 3. 5. Program datası dördüncü kısım

Düğüm noktası koordinat bilgileri tüm düğüm noktaları için tamamlandıktan sonra Şekil 3.6.'da dataya sırasıyla gruptaki eleman sayısı ve elemanların numaraları tek tek girilir.

```
6  1  2  3  4  5  6
6  7  8  9 10 11 12
5 13 14 15 16 17
4 18 19 20 21
```

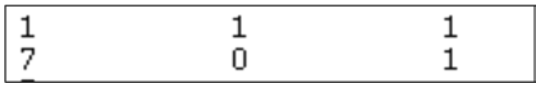
Şekil 3. 6. Program datası beşinci kısım

Gruptaki eleman sayıları ve numaraları girildikten sonra Şekil 3.7.'de dataya sırasıyla eleman numarası ve o elemanın ilk ve son düğüm noktası numaraları, elemanın ait olduğu grubun numarası girilir.

```
  1        1        2        1
  2        2        3        1
  3        3        4        1
  4        4        5        1
  5        5        6        1
  6        6        7        1
  7        1        8        2
  8        8        9        2
  9        9       10        2
 10       10       11        2
 11       11       12        2
 12       12        7        2
 13        2        8        3
 14        3        9        3
 15        4       10        3
 16        5       11        3
 17        6       12        3
 18        3        8        4
 19        4        9        4
 20        4       11        4
 21        5       12        4
```

Şekil 3. 7. Program datası altıncı kısım

Sözü edilen değerler girildikten sonra Şekil 3.8.'de sırasıyla mesnetlerin x ve y eksenleri için hareket serbestlikleri girilir.



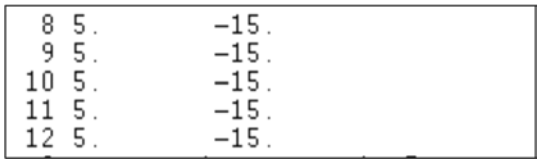
Şekil 3. 8. Program datası yedinci kısım

Mesnet serbestlikler girildikten sonra Şekil 3.9.'da yüklü bulunan düğüm noktası sayısı girilir.



Şekil 3. 9. Program datası sekizinci kısım

Yüklü düğüm noktası sayısı girildikten sonra Şekil 3.10.'da sırasıyla yüklü bulunan düğüm noktasının numarası, x eksenin doğrultusunda etkiyen yük, y ekseni doğrultusunda etkiyen yük değeri girilir. Bütün yükleme değerleri için bu işlem yapılır.



Şekil 3. 10. Program datası dokuzuncu kısım

Sözü edilen değerler de girildikten sonra Şekil 3.11.'de sırasıyla kısıtlanmış yer değiştirmenin bulunduğu düğüm noktasına bağlı elemanın, eleman numarası, düğüm noktasına bağlı olduğu ucun numarası, kısıtlanmış yer değiştirmenin doğrultusu, kısıtlanmış deplasmanın değeri girilir.

```
  3          1          1   5.
  3          1          2   5.
  3          2          1   5.
  3          2          2   5.
  4          2          1   5.
  4          2          2   5.
  9          1          1   5.
  9          1          2   5.
  9          2          1   5.
  9          2          2   5.
 10          2          1   5.
 10          2          2   5.
```

Şekil 3. 11. Program datası onuncu kısım

Data dosyasına son olarak Şekil 3.12.'de ilk 24 adet ve Şekil 3.13.'de sonraki 40 adet profillerin enkesit alan değerleri ve atalet moment değerleri girilmektedir.

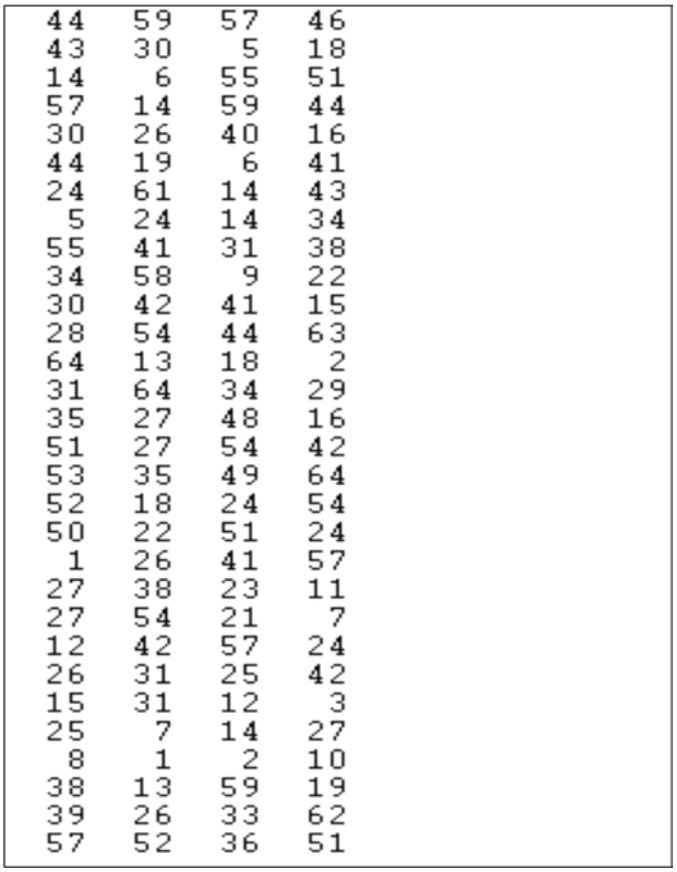
```
 7.78       17.94
 9.60       22.00
11.38       25.60
13.12       29.20
14.82       32.60
16.48       35.80
10.64       29.40
12.62       34.60
16.46       44.20
20.20       52.60
11.64       38.80
13.82       45.60
18.06       58.20
22.20       69.80
15.06       58.40
17.40       66.80
19.70       75.00
22.00       82.60
26.40       97.60
16.26       73.80
18.80       84.80
23.80       105.20
28.60       123.60
17.50       91.20
20.20       104.80
23.00       117.80
28.20       142.80
33.40       164.80
21.60       128.40
24.60       144.60
```

Şekil 3. 12. Program datası ilk 30 profil

30.20	175.00
35.80	204.00
41.20	230.00
27.80	208.00
31.00	232.00
37.40	276.00
43.60	316.00
52.80	372.00
31.00	290.00
38.40	354.00
45.40	414.00
52.40	470.00
59.20	524.00
72.40	622.00
42.40	478.00
50.20	560.00
58.00	638.00
50.80	682.00
55.00	736.00
59.40	788.00
67.80	892.00
60.00	944.00
69.40	1080.00
78.60	1210.00
70.00	1276.00
80.00	1446.00
69.60	1474.00
80.60	1690.00
86.00	1796.00
91.40	1898.00
102.00	2100.00
112.60	2300.00
92.20	2200.00
103.60	2460.00

Şekil 3. 13. Program datası son 34 profil

Program dataları girildikten sonra rastgele bir şekilde ilk bireylerin bitleri oluşturulur. Gen olarak da adlandırılan bitler 1 veya 0 sayılarından oluşmaktadır. Program sahip olduğu sayı üreteçleri ile her çalıştırıldığında farklı ilk bireyler üretir. Bireyler ikilik sayı sisteminde oluşturulmaktadır. Bireylerin bit uzunluğu grup sayısı ve kromozom uzunluğunun çarpımı kadardır. Daha sonra ikilik sayı sisteminde oluşturulmuş olan bireyler, onluk sayı sistemine çevrilerek kesit listesinden profil sıra numarası seçilmektedir. Şekil 3.14'te onluk sayı sistemine çevrilmiş bireylerin oluşturduğu popülasyon görülmektedir. Kafeste 4 adet eleman gruplandırması yapıldığından her bireyde 4 adet kesit mevcuttur.



44	59	57	46
43	30	5	18
14	6	55	51
57	14	59	44
30	26	40	16
44	19	6	41
24	61	14	43
5	24	14	34
55	41	31	38
34	58	9	22
30	42	41	15
28	54	44	63
64	13	18	2
31	64	34	29
35	27	48	16
51	27	54	42
53	35	49	64
52	18	24	54
50	22	51	24
1	26	41	57
27	38	23	11
27	54	21	7
12	42	57	24
26	31	25	42
15	31	12	3
25	7	14	27
8	1	2	10
38	13	59	19
39	26	33	62
57	52	36	51

Şekil 3. 14. Onluk sistemde bireylerin profil sıra numaraları

Profiller seçildikten sonra popülasyonu oluşturan her birey (kafes) için analiz yapılarak gerilme ve yer değiştirme kısıtları değerleri hesaplanır. Bu hesaplamalar program içinde yazılmış olan alt programlar tarafından yapılmaktadır.

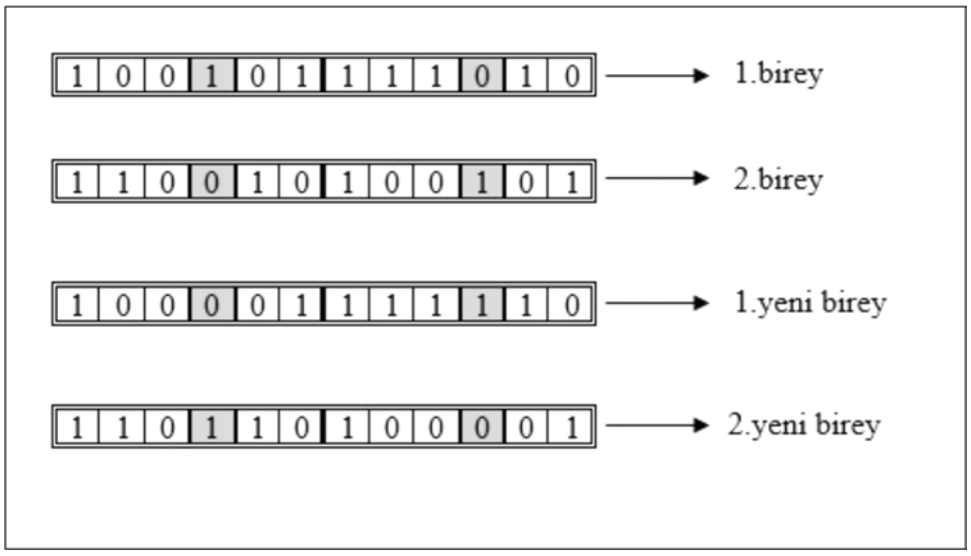
Gerilme ve yer değiştirme kısıtlarının kontrolleri yapıldıktan sonra söz konusu nesilde en yüksek ve en düşük amaç fonksiyonu değerleri birbirine eklenmektedir. Hangi birey için uygunluk kontrol edilecekse onun amaç fonksiyonu değeri bu toplamdan çıkarılmaktadır. Elde edilen sonuç, o bireyin uygunluğu olmaktadır. Bireylerin uygunlukları denklem (3.24) ile ifade edilmiştir. Denklemde $\Phi_{max}(x)$, nesildeki en yüksek optimum ağırlık, $\Phi_{min}(x)$, nesildeki en düşük optimum ağırlıktır. F_j, j numaralı bireyin uygunluk değeridir. Bu hesaplamalardan sonra, o nesil için ortalama uygunluk hesaplanmaktadır. j numaralı bireyin uygunluğunun ortalama uygunluğa bölünmesi ile uygunluk potansiyeli elde edilir. Denklem (3.25) ile bireylerin uygunluk potansiyelleri ifade edilmiştir. Burada F_o, jenerasyondaki ortalama uygunluk değeri, F_{pj}, j numaralı bireyin uygunluk potansiyelidir Hayalioğlu (2000).

$$F_j = [\Phi_{\max}(x) + \Phi_{\min}(x)] - \Phi_j(x) \tag{3.24}$$

$$F_{pj} = \frac{F_j}{F_o} \tag{3.25}$$

Uygunluk potansiyeline göre bireylerin üreme yapıp yapmayacağı belirlenir. Bireyler uygunluklarıyla orantılı olarak eşleşme havuzuna kopyalarını verirler. Zayıf bireyler ise elenmektedirler.

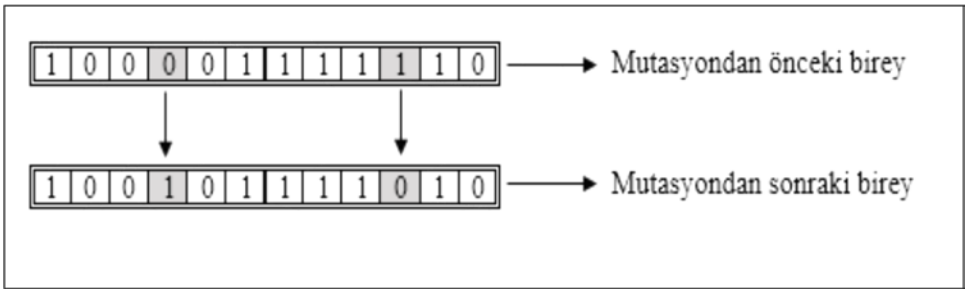
Daha sonra eşleşme havuzundaki bireyler rastgele eşleştirilerek bit takaslarına (çaprazlama) tabi tutulmaktadır. Bu süreçler ikilik sayı sistemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bit takası sürecinde havuzdaki bireyler birebir karşılıklı hale getirilirler ve belli bir olasılıkla seçilen bitler karşılıklı olarak takas edilir. Takas sonucu öncekilerden farklı yeni bireyler (çocuklar) elde edilir.



Şekil 3. 15. Bireylerin genlerinde karşılıklı bit takası (çaprazlama)

Elde edilen çocuklar daha sonra mutasyon sürecine dahil olurlar. Mutasyon sürecinde, bireyler yani kromozomlar üzerinde rastgele bitler (genler) değiştirilmektedir. Programa tanımlı mutasyon olasılığı dikkate alınarak bitlerin mutasyon geçirip geçirmeyeceğine karar verilir. Seçilen herhangi bir bitin değeri değiştirilerek mutasyon süreci tamamlanır. Yani bitin değeri 1 ise 0, 0 ise 1 olarak değiştirilir. Örnek olarak Şekil

3.16.'da 1.yeni bireyin dördüncü ve onuncu genleri mutasyon geçirerek farklı bir bireye dönüşmüştür.



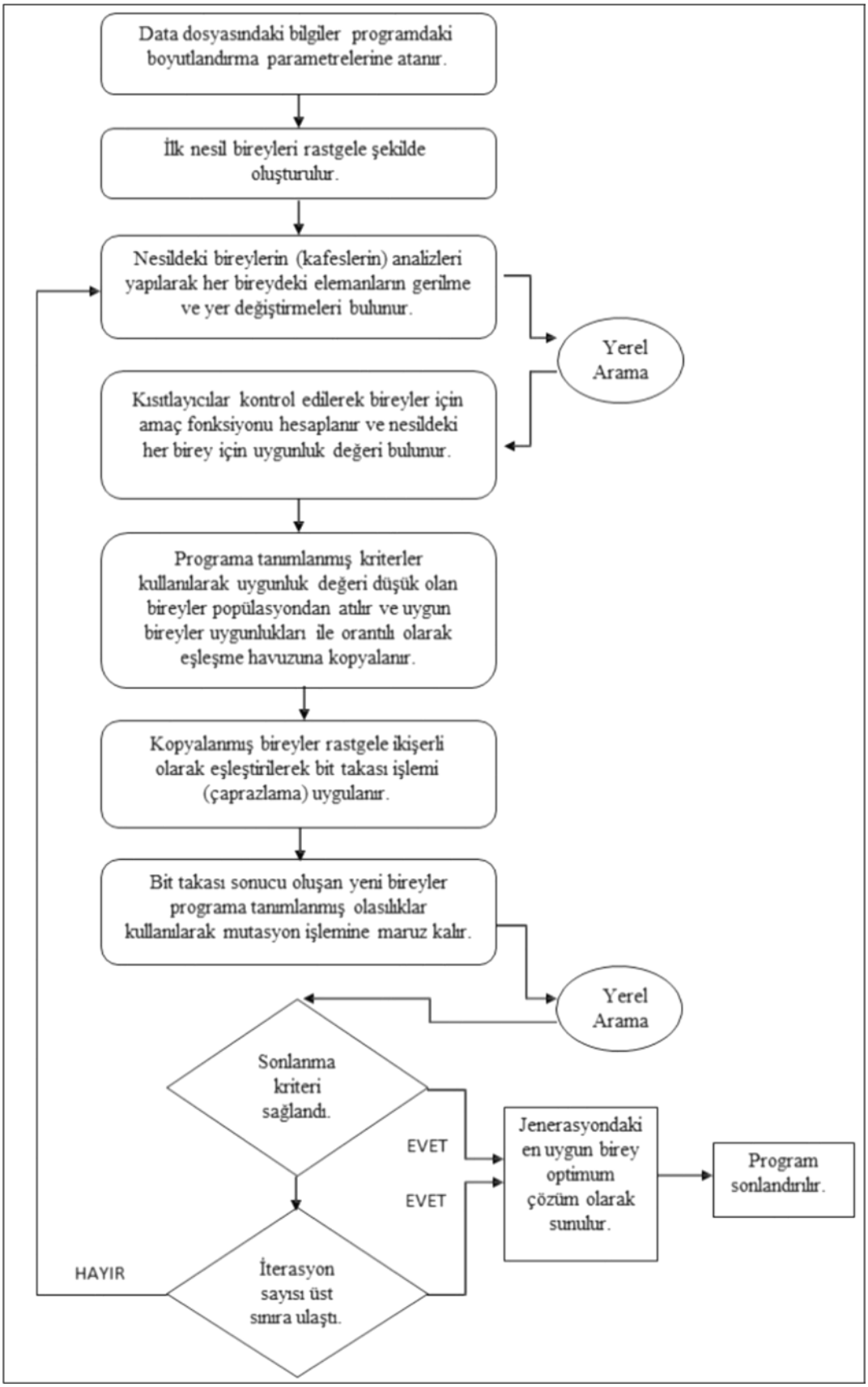
Şekil 3. 16. Bireyin genlerinde mutasyon

Tüm bu süreçlerden sonra nesillerin en uygun bireylere ulaşıp ulaşmadığı yani sonlanma kriterleri kontrol edilir. Sonlanma kriterine ulaşılmamış ve maksimum itersayon sayısı aşılmamış ise sözü edilen süreçler tekrarlanır. Program sonlanma kriteri bulunurken en son nesildeki (popülasyondaki) maksimum uygunluk ile ortalama uygunluk değerinin farkı alınır. Bu değer maksimum uygunluk değerine bölünerek sonlanma kriteri bulunur. Sonlanma kriteri değeri programda tanımlanmış olan küçük bir sayısal değerden büyük ise program işlemleri tekrarlamaya devam eder. Sonlanma kriteri programda tanımlanmış değerden küçük veya iterasyon sayısı maksimuma ulaşmış ise program sonlandırılır. Program sonlandırıldığında ulaşılan nesilin en uygun bireyi optimum çözüm olarak sunulur. Denklem (3.26) ile sonlanma kriteri ifade edilmiştir (Hayalioğlu 2000). Bu denklemde FT_{max}, maksimum uygunluk değeri, FT_o, ortalama uygunluk değeridir. R_t sonlanma kriteridir.

$$R_t = [FT_{\max} - FT_o] / FT_{\max} \tag{3.26}$$

3.3. Memetik Algoritma

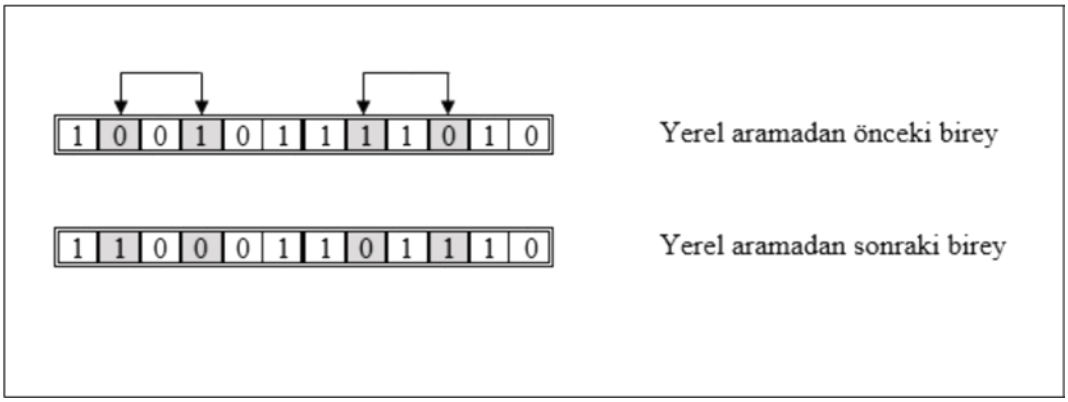
Genetik algoritmanın tüm hesaplama tekniklerini kapsamaktadır. Memetik algoritma, genetik algoritma ile aynı çözüm adımlarına sahiptir. Genetik algoritmadan farklı olarak memetik algoritma, yerel aramalar ile iyileştirmeler yapmaktadır. Memetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 3.17. ile ifade edilmiştir.



Şekil 3. 17. Memetik algoritma akış diyagramı

3.3.1. Yerel Aramalar

Her birey için yer değiştirme ve gerilme kısıtları hesaplandıktan sonra ve bireyler için mutasyon işlemleri yapıldıktan sonra yerel aramalar yapılır. Popülasyonu oluşturan her kromozom için teker teker yapılır. Kromozom (birey) üzerinde rastgele belirlenen genler üzerinde ikilik sistemdeki bitler ikişerli eşlenir. Bunlar değiş tokuş edilirler böylelikle yeni kromozomlar oluştururlar. Yeni kromozomların uygunluk değerleri, bir önceki değerlerden yüksek ise bu bireyler korunurlar, aksi durum söz konusu ise yok edilirler ve önceki bireyler korunur. Şekil 3.18. ile bu durum izah edilmiştir.



Şekil 3. 18. Yerel arama

Yerel aramalar bir limit sayı ile sınırlandırılmışlardır (Elbeltagi ve ark. 2005). Denklem (3.27) ile bu sayının elde ediliş yöntemi ifade edilmiştir. NN, herhangi bir bireydeki maksimum yerel arama sayısı, b_{top}, yerel arama yapılan bireyin toplam bit sayısıdır.

$$NN = b_{top}(b_{top} - 1)/2 \tag{3.27}$$

3.4. Boyutlandırma Sonuç Dosyaları

Bu dosyalarda programın çıktı bilgileri sunulur. Program giriş data bilgileri hem genetik hem de memetik algoritma için aynı iken boyutlandırma sonuç dosyaları farklıdır. Şekil 3.19. ile programın analize başladığı zaman, analizi yapılan sistemin sözel bilgileri, düzlem kafes bilgileri, düğüm noktaları bilgileri, eleman grup numaraları ve gruptaki elemanların numaraları verilmiştir. M, eleman sayısı, NJ, düğüm noktası sayısı, NR,

reaksiyon sayısı, NRJ, mesnetlenmiş düğüm noktası sayısı, E, elastisite modülü, FY, çeliğin akma gerilmesi, RO, çeliğin özgül ağırlığıdır.

```
16:57:18:67
21 elemanlı düzlem kafes sistemin
GENETİK ve MEMETİK algoritmayla optimizasyonu - kesitler 2L

    DÜZLEM KAFES BİLGİLERİ
     M   NJ    NR  NRJ      E          FY           RO
    21   12    3    2    20600.000     23.5000    .0000770


     DÜĞÜM NOKTALARI BİLGİLERİ
     DN     X        Y

      1     .0000     .0000
      2  300.0000     .0000
      3  600.0000     .0000
      4  900.0000     .0000
      5 1200.0000     .0000
      6 1500.0000     .0000
      7 1800.0000     .0000
      8  300.0000  100.0000
      9  600.0000  200.0000
     10  900.0000  300.0000
     11 1200.0000  200.0000
     12 1500.0000  100.0000


   GRUP NO        ELEMAN NUMARALARI
      1           1   2   3   4   5   6
      2           7   8   9  10  11  12
      3          13  14  15  16  17
      4          18  19  20  21
```

Şekil 3. 19. Boyutlandırma sonuç dosyası birinci kısım

ELEMANLARIN UÇ BİLGİLERİ VE UZUNLUKLARI

ELEMAN	J	K	L	CX	CY
1	1	2	300.00000	1.00000	.00000
2	2	3	300.00000	1.00000	.00000
3	3	4	300.00000	1.00000	.00000
4	4	5	300.00000	1.00000	.00000
5	5	6	300.00000	1.00000	.00000
6	6	7	300.00000	1.00000	.00000
7	1	8	316.22780	.94868	.31623
8	8	9	316.22780	.94868	.31623
9	9	10	316.22780	.94868	.31623
10	10	11	316.22780	.94868	-.31623
11	11	12	316.22780	.94868	-.31623
12	12	7	316.22780	.94868	-.31623
13	2	8	100.00000	.00000	1.00000
14	3	9	200.00000	.00000	1.00000
15	4	10	300.00000	.00000	1.00000
16	5	11	200.00000	.00000	1.00000
17	6	12	100.00000	.00000	1.00000
18	3	8	316.22780	-.94868	.31623
19	4	9	360.55510	-.83205	.55470
20	4	11	360.55510	.83205	.55470
21	5	12	316.22780	.94868	.31623

MESNETLER VE SERBESTLİK DOĞRULTULARI

NOKTA	X SERB	Y SERB
1	1	1
7	0	1

SİSTEME ETKİYEN DIŞ YÜKLER

NOKTA	X YUKU	Y YUKU
8	5.0	-15.0
9	5.0	-15.0
10	5.0	-15.0
11	5.0	-15.0
12	5.0	-15.0

Şekil 3. 20. Boyutlandırma sonuç dosyası ikinci kısım

Şekil 3.20. ile eleman uç bilgileri ve uzunlukları, mesnetler ve serbestlik doğrultuları, sisteme etkiyen dış yükler belirtilmiştir.

KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER

NOSU	UST SINIRI
2	5.00
13	5.00
3	5.00
14	5.00
4	5.00
15	5.00
8	5.00
18	5.00
9	5.00
19	5.00
10	5.00
20	5.00

Şekil 3. 21. Boyutlandırma sonuç dosyası üçüncü kısım

Şekil 3.21. ile kısıtlanmış yer değiştirmeler sunulmuştur.

```
  KROMOZOM UZUNLUĞU = 6   GRUP SAYISI = 4    POPÜLASYONDAKİ BİREY SAYISI =30
  TASARIMI DÜŞÜNÜLEN POPÜLASYON
################################################################################
#                          NESİL NO. =  1                                      #
################################################################################
  61  49  26  44
  64  42  26  43
   9   4  58  40
   2  15  37  48
  58  33   3  25
  31  64   3  24
  38  19  51  10
  62  24  38  49
  48  33  56  35
  30  51  44  26
   7  30  62  37
  59  64  27   2
   6  33   4  20
  46  54  20  34
  43  28   2  28
   1  28  40  19
  34  46  39   2
  35  64  12  26
   3  20  22  58
   5  29  26  37
  64  19  50  47
  55  50  30  37
  48  14  31   3
  61  48  54  32
  25  23  31  52
  37  29  25  55
  34   7  21  40
  50  59  36  46
  19   4  62   2
   4  59  36  34
```

Şekil 3. 22. Boyutlandırma sonuç dosyası dördüncü kısım

Şekil 3.22. ile kromozom uzunluğu, grup sayısı, popülasyondaki birey sayısı, boyutlandırma için düşünülen popülasyon sunulmuştur. 1 numaralı nesil için profil listesinden seçilecek olan profillerin kesit listesindeki sıra numaraları verilmiştir.

```
================================================================================
BIREY NO. 1=   .31304D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .371213100E-01   -.404063000E+00    .521125500E-01   -.421171900E+00    .663899300E-01
   -.405797200E+00    .745932800E-01   -.400545400E+00    .549797000E-01   -.402176800E+00
    .330029200E-01   -.402983100E+00

================================================================================
BIREY NO. 2=   .29771D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .365482100E-01   -.414884500E+00    .513080500E-01   -.431305100E+00    .653649800E-01
   -.416668300E+00    .752765500E-01   -.411366900E+00    .544332000E-01   -.412310000E+00
    .311332100E-01   -.413854200E+00

================================================================================
BIREY NO. 3=   .13782D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .230064000E+00   -.191698100E+01    .322974700E+00   -.199424200E+01    .411456700E+00
   -.192381200E+01    .391616200E+00   -.191597600E+01    .331388700E+00   -.198882100E+01
    .262316900E+00   -.192300900E+01

================================================================================
BIREY NO. 4=   .11844D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .394403800E+00   -.247087600E+01    .553681800E+00   -.253158200E+01    .705381400E+00
   -.245844900E+01    .607829700E+00   -.246902000E+01    .551728200E+00   -.252156200E+01
    .493982600E+00   -.245696400E+01

================================================================================
BIREY NO. 5=   .20079D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .469777400E-01   -.559538700E+00    .659495200E-01   -.564798100E+00    .840178700E-01
   -.557691800E+00    .105484600E+00   -.552429200E+00    .699009400E-01   -.526406900E+00
    .323890400E-01   -.552004200E+00

================================================================================
BIREY NO. 6=   .21928D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .125377400E+00   -.704980300E+00    .176010500E+00   -.681693700E+00    .224232200E+00
   -.688393200E+00    .201342400E+00   -.697870700E+00    .172451700E+00   -.643302900E+00
    .147792800E+00   -.682705800E+00

================================================================================
BIREY NO. 7=   .17974D+02
KISITLANMIS YERDEGISTIRMELER :
    .717117000E-01   -.803530600E+00    .100672300E+00   -.821433300E+00    .128253500E+00
   -.806285400E+00    .144691700E+00   -.802337300E+00    .106914000E+00   -.814989600E+00
    .649080300E-01   -.805331000E+00

================================================================================
```

Şekil 3. 23. Boyutlandırma sonuç dosyası beşinci kısım

Şekil 3.23. ile popülasyonu oluşturan kromozomların (bireylerin) toplam ağırlıkları ve kısıtlanmış yer değiştirmeler belirtilmiştir. Sırası ile 12 adet kısıtlanmış yer değiştirme değeri sunulmuştur.

```
 YAPI OPTIMUM AGIRLIGI 101  JENERASYON SONRA   .83407E+01
    2   35    3   20
 *************** 1 NCI BIREY IÇIN ANALIZ TEKRARI    ***************
    .394410600E+00   -.209637600E+01    .553692000E+00   -.208825300E+01    .705390200E+00
   -.206302100E+01    .591885000E+00   -.208926700E+01    .542987000E+00   -.204986200E+01
    .501982300E+00   -.205733300E+01
13:44:39:46
```

Şekil 3. 24. Genetik algoritmada optimum birey için analiz tekrarı

```
  TOPLAM YEREL ARAMA =     207757
 *************** 4 NCI BIREY IÇIN ANALIZ TEKRARI    ***************
    .394414700E+00   -.230174300E+01    .553697500E+00   -.229997200E+01    .705395100E+00
   -.227061900E+01    .613748600E+00   -.229134400E+01    .546579400E+00   -.224381700E+01
    .485143500E+00   -.226229900E+01
14:00:08:93
```

Şekil 3. 25. Memetik algoritmada optimum birey için analiz tekrarı

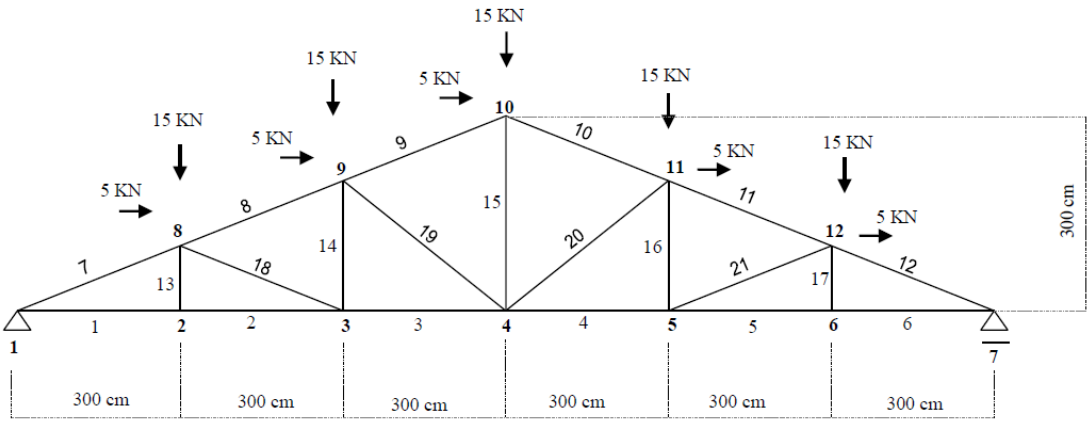
Şekil 3.24. ve Şekil 3.25.'te genetik algoritma ve memetik algoritma arasındaki fark görülmektedir. Memetik algoritmada ek olarak yerel arama yapılmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada dört farklı düzlem kafes sistemin genetik ve memetik algoritmalar ile çözümü yapılmıştır. Her algoritma için sistemler farklı başlangıç popülasyonu ile 15 kez çözdürülmüş olup ortalamalar alınmıştır. Elde edilen çözümler tablolar haline getirilerek kıyaslamalara gidilmiştir. Kıyaslamalar, optimum sistem ağırlığı, çözüm süreleri baz alınarak yapılmıştır. Çözümlerde kullanılacak elastisite modülü 20 600 kN/cm^2, akma gerilmesi 23.5 kN/cm^2, özgül ağırlıklar 0.000076982 kN/cm^3 olarak belirlenmiştir.

4.1. Eleman Sayısı 21 Olan Düzlem Kafes Sistem

Sistem 12 adet düğüm noktası ve 21 adet elemandan meydana gelmektedir. 1 numaralı düğüm noktasındaki mesnet hem x hem de y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmış, 7 numaralı düğüm noktasındaki mesnet sadece y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmıştır. 8, 9, 10, 11, 12 numaralı düğüm noktalarına x doğrultusunda pozitif yönde 5 kN, y doğrultusunda negatif yönde 15 kN etkimektedir. 4 adet gruplandırma yapılmıştır. Birinci grup 1, 2, 3, 4, 5, 6 numaralı alt başlık çubukları, ikinci grup 7, 8, 9, 10, 11, 12 numaralı üst başlık çubukları, üçüncü grup 13, 14, 15, 16, 17 numaralı dikey çubuklar, dördüncü grup 18, 19, 20, 21 numaralı diyagonal çubuklardır. 3, 4, 5, 9, 10, 11 numaralı düğüm noktalarının deplasmanları x doğrultusunda 5 cm, y doğrultusunda 5 cm olarak sınırlandırılmıştır.



Şekil 4. 1. 21 elemanlı düzlem kafes sistem

4.1.1. 21 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar

Çizelge 4.1. ile 21 elemanlı sistemin genetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur. Burada grupların kesit sıra numaraları ve profil numaraları verilmiştir. Çizelge 4.2. ile 21 elemanlı sistemin memetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur.

Çizelge 4. 1. 21 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı

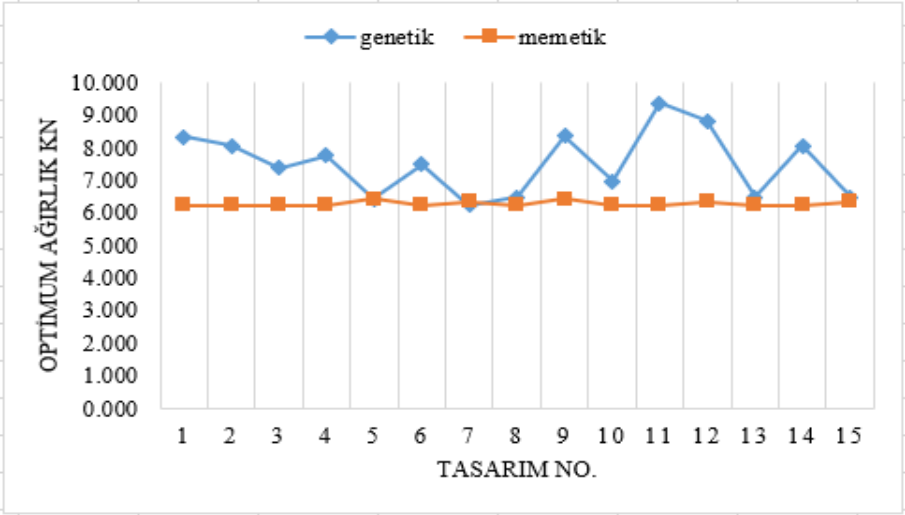
Tasarım No	**1. Grup**	**2. Grup**	**3. Grup**	**4. Grup**	**Nesil Sayısı**	**Yapı Ağırlığı (KN)**	**Süre (Sn)**
1	3	35	1	20	78	8.338	<1
	2L50x6	2L90x9	2L50x4	2L70x6			
2	7	29	1	34	94	8.065	<1
	2L55x5	2L80x7	2L50x4	2L90x8			
3	2	27	7	11	116	7.399	<1
	2L50x5	2L75x10	2L55x5	2L60x5			
4	7	35	1	11	128	7.754	<1
	2L55x5	2L90x9	2L50x4	2L60x5			
5	2	29	7	11	187	6.435	<1
	2L50x5	2L80x7	2L55x5	2L60x5			
6	7	34	7	11	139	7.485	<1
	2L55x5	2L90x8	2L55x5	2L60x5			
7	2	29	1	11	141	6.237	<1
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5			
8	2	29	3	11	114	6.486	<1
	2L50x5	2L80x7	2L50x6	2L60x5			
9	2	35	1	21	102	8.356	<1
	2L50x5	2L90x9	2L50x4	2L70x7			
10	2	29	2	24	154	6.974	<1
	2L50x5	2L80x7	2L50x5	2L75x6			
11	20	29	7	39	57	9.375	<1
	2L70x6	2L80x7	2L55x5	2L100x8			
12	7	23	8	18	71	8.818	<1
	2L55x5	2L70x11	2L55x6	2L65x9			
13	3	29	1	11	127	6.484	<1
	2L50x6	2L80x7	2L50x4	2L60x5			
14	7	29	1	34	128	8.065	<1
	2L55x5	2L80x7	2L50x4	2L90x8			
15	3	29	1	11	114	6.484	<1
	2L50x6	2L80x7	2L50x4	2L60x5			
21 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**7.517**	

Çizelge 4. 2. 21 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı

Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Yerel Arama	Süre (Sn)
1	2	29	1	11	93	6.237	152 334	16
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
2	2	29	1	11	242	6.237	421 831	43
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
3	2	29	1	11	237	6.237	414 258	42
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
4	2	29	1	11	120	6.237	202 394	21
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
5	2	29	7	11	77	6.435	115 544	12
	2L50x5	2L80x7	2L55x5	2L60x5				
6	2	29	1	11	228	6.237	409 884	41
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
7	2	29	2	11	67	6.363	99 635	11
	2L50x5	2L80x7	2L50x5	2L60x5				
8	2	29	1	11	209	6.237	358 426	37
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
9	2	29	7	11	147	6.435	251 561	26
	2L50x5	2L80x7	2L55x5	2L60x5				
10	2	29	1	11	207	6.237	376 924	41
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
11	2	29	1	11	157	6.237	290 292	30
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
12	2	29	2	11	108	6.363	173 614	19
	2L50x5	2L80x7	2L50x5	2L60x5				
13	2	29	1	11	60	6.237	91 720	10
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
14	2	29	1	11	131	6.237	212 466	22
	2L50x5	2L80x7	2L50x4	2L60x5				
15	2	29	2	11	88	6.363	129 478	14
	2L50x5	2L80x7	2L50x5	2L60x5				
21 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**6.289**		

Memetik algoritma, optimum ağırlıkta genetik algoritmaya göre % 16 tasarruf sağlamaktadır.

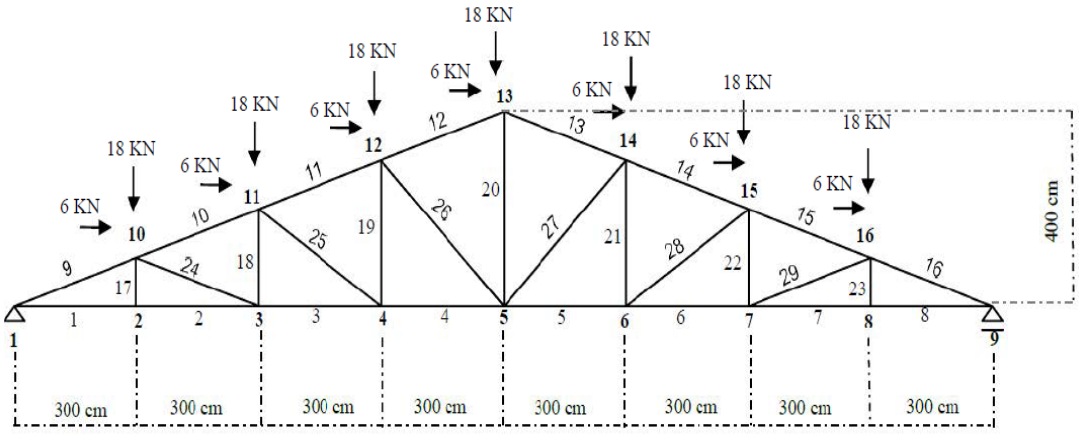
Şekil 4.2.'de memetik algoritma ile elde edilen tasarım sonuçları, genetik algoritma ile elde edilen tasarım sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. 2. 21 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası

4.2. Eleman Sayısı 29 Olan Düzlem Kafes Sistem

Sistem 16 adet düğüm noktası ve 29 adet elemandan meydana gelmektedir. 1 numaralı düğüm noktasındaki mesnet hem x hem de y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmış, 9 numaralı düğüm noktasındaki mesnet sadece y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmıştır. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 numaralı düğüm noktalarına x doğrultusunda pozitif yönde 6 kN, y doğrultusunda negatif yönde 18 kN etkimektedir. 4 adet gruplandırma yapılmıştır. Birinci grup 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 numaralı alt başlık çubukları, ikinci grup 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 numaralı üst başlık çubukları, üçüncü grup 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 numaralı dikey çubuklar, dördüncü grup 24, 25, 26, 27, 28, 29 numaralı diyagonal çubuklardır. 4, 5, 6, 12, 13, 14 numaralı düğüm noktalarının deplasmanları x doğrultusunda 5 cm, y doğrultusunda 5 cm olarak sınırlandırılmıştır. Optimum çözümde tüm gerilme ve yer değiştirme kısıtları sağlanmıştır.



Şekil 4. 3. 29 elemanlı düzlem kafes sistem

4.2.1. 29 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar

Çizelge 4.3. ile 29 elemanlı sistemin genetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur. Çizelge 4.4. ile 29 elemanlı sistemin memetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur.

Çizelge 4. 3. 29 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı

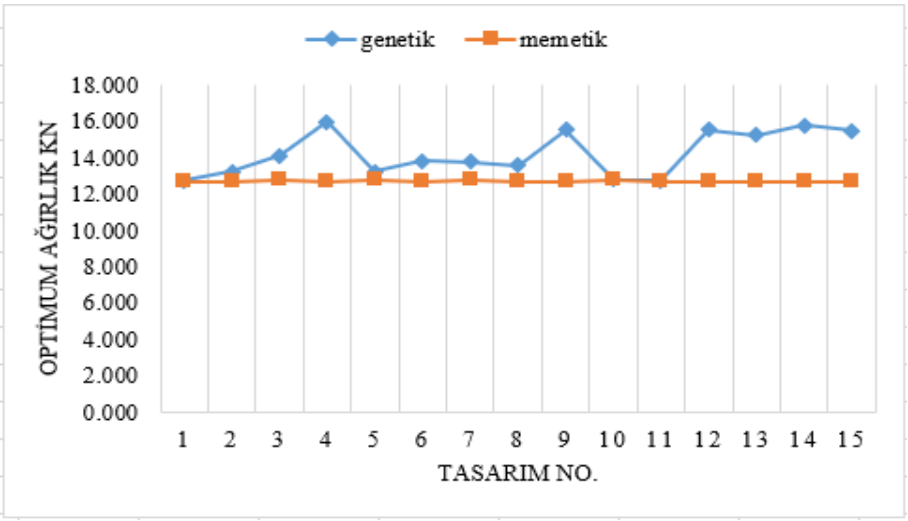
Tasarım No	**1. Grup**	**2. Grup**	**3. Grup**	**4. Grup**	**Nesil Sayısı**	**Yapı Ağırlığı (KN)**	**Süre (Sn)**
1	20	39	1	20	52	12.756	<1
	2L70x6	2L100x8	2L50x4	2L70x6			
2	9	39	1	21	66	13.223	<1
	2L55x8	2L100x8	2L50x4	2L70x7			
3	20	32	1	21	100	14.121	<1
	2L70x6	2L80x12	2L50x4	2L70x7			
4	25	35	1	39	59	15.982	<1
	2L75x7	2L90x9	2L50x4	2L100x8			
5	21	35	1	20	88	13.225	<1
	2L70x7	2L90x9	2L50x4	2L70x6			
6	17	39	1	21	72	13.822	<1
	2L65x8	2L100x8	2L50x4	2L70x7			
7	21	35	1	17	33	13.808	<1
	2L70x7	2L90x9	2L50x4	2L65x8			
8	6	35	7	21	140	13.579	<1
	2L50x9	2L90x9	2L55x5	2L70x7			
9	34	39	1	25	79	15.556	<1
	2L90x8	2L100x8	2L50x4	2L75x7			
10	6	34	2	21	59	12.828	<1
	2L50x9	2L90x8	2L50x5	2L70x7			
11	20	35	1	20	104	12.756	<1
	2L70x6	2L90x9	2L50x4	2L70x6			
12	16	45	7	20	65	15.539	<1
	2L65x7	2L110x10	2L55x5	2L70x6			
13	13	39	2	34	26	15.269	<1
	2L60x8	2L100x8	2L50x5	2L90x8			
14	16	35	7	35	75	15.817	<1
	2L65x7	2L90x9	2L55x5	2L90x9			
15	39	35	1	20	50	15.479	<1
	2L100x8	2L90x9	2L50x4	2L70x6			
29 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**14.251**	

Çizelge 4. 4. 29 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı

Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Yerel Arama	Süre (Sn)
1	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	229	12.756	390 278	49
2	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	182	12.756	315 502	42
3	9 2L55x8	39 2L100x8	1 2L50x4	20 2L70x6	214	12.793	354 755	45
4	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	165	12.756	295 389	41
5	6 2L50x9	39 2L100x8	1 2L50x4	20 2L70x6	82	12.796	117 755	22
6	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	204	12.756	339 464	45
7	9 2L55x8	39 2L100x8	1 2L50x4	20 2L70x6	156	12.793	253 230	38
8	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	129	12.756	211 561	32
9	20 2L70x6	39 2L100x8	1 2L50x4	20 2L70x6	65	12.756	91 097	17
10	9 2L55x8	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	57	12.793	77 396	13
11	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	206	12.756	327 464	45
12	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	133	12.756	220 962	35
13	20 2L70x6	39 2L100x8	1 2L50x4	20 2L70x6	144	12.756	232 181	36
14	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	77	12.756	126 816	23
15	20 2L70x6	35 2L90x9	1 2L50x4	20 2L70x6	260	12.756	467 770	60
29 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**12.766**		

Memetik algoritma, optimum ağırlıkta genetik algoritmaya göre % 10 tasarruf sağlamaktadır.

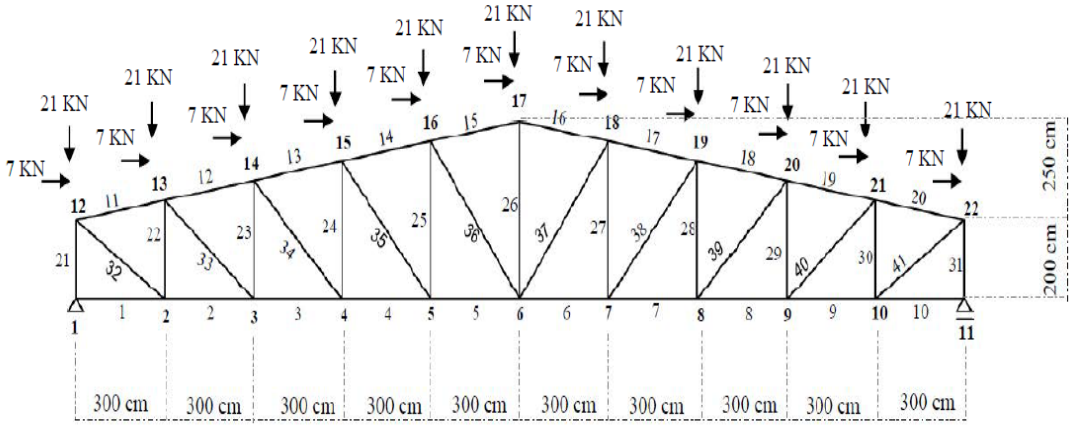
Şekil 4.4.'te memetik algoritma ile elde edilen tasarım sonuçları, genetik algoritma ile elde edilen tasarım sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 4. 4. 29 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası

4.3. Eleman Sayısı 41 Olan Düzlem Kafes Sistem

Sistem 22 adet düğüm noktası ve 41 adet elemandan meydana gelmektedir. 1 numaralı düğüm noktasındaki mesnet hem x hem de y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmış, 11 numaralı düğüm noktasındaki mesnet sadece y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmıştır. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 numaralı düğüm noktalarına x doğrultusunda pozitif yönde 7 kN, y doğrultusunda negatif yönde 21 kN etkimektedir. 4 adet gruplandırma yapılmıştır. Birinci grup 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 numaralı alt başlık çubukları, ikinci grup 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 numaralı üst başlık çubukları, üçüncü grup 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 numaralı dikey çubuklar, dördüncü grup 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41 numaralı diyagonal çubuklardır. 5, 6, 7 16, 17, 18 numaralı düğüm noktalarının deplasmanları x doğrultusunda 5 cm, y doğrultusunda 5 cm olarak sınırlandırılmıştır.



Şekil 4. 5. 41 elemanlı düzlem kafes sistem

4.3.1. 41 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar

Çizelge 4.5. ile 41 elemanlı sistemin genetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur. Çizelge 4.6. ile 41 elemanlı sistemin memetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur.

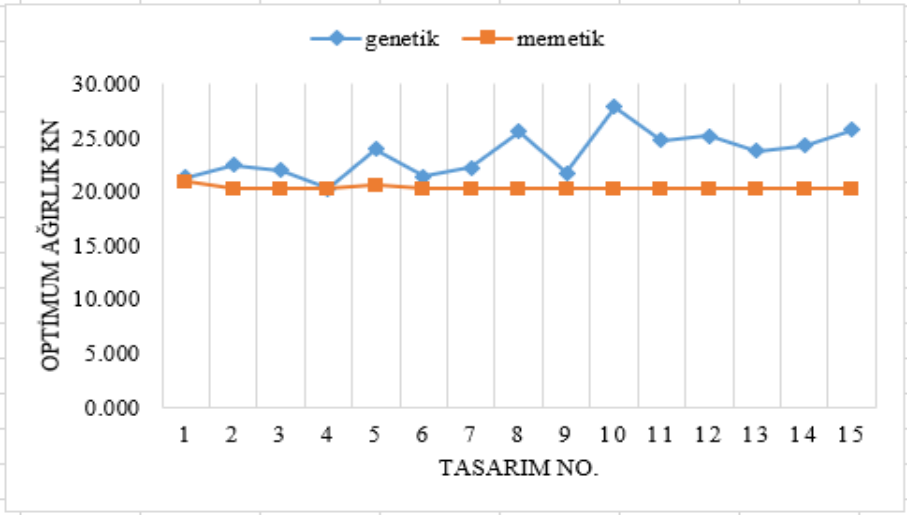
Çizelge 4. 5. 41 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı

Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Süre (Sn)
1	10	34	15	21	96	21.357	1~2
	2L55x10	2L90x8	2L65x6	2L70x7			
2	16	39	15	18	88	22.512	1~2
	2L65x7	2L100x8	2L65x6	2L65x9			
3	10	39	20	24	129	21.997	1~2
	2L55x10	2L100x8	2L70x6	2L75x6			
4	24	34	15	24	101	20.306	1~2
	2L75x6	2L90x8	2L65x6	2L75x6			
5	25	31	21	18	76	23.964	<1
	2L75x7	2L80x10	2L70x7	2L65x9			
6	21	34	13	24	148	21.403	1~2
	2L70x7	2L90x8	2L60x8	2L75x6			
7	17	34	21	21	65	22.235	<1
	2L65x8	2L90x8	2L70x7	2L70x7			
8	16	31	20	39	78	25.603	<1
	2L65x7	2L80x10	2L70x6	2L100x8			
9	13	31	20	21	112	21.743	1~2
	2L60x8	2L80x10	2L70x6	2L70x7			
10	16	34	39	34	72	27.904	<1
	2L65x7	2L90x8	2L100x8	2L90x8			
11	10	45	15	21	86	24.775	<1
	2L55x10	2L110x10	2L65x6	2L70x7			
12	13	34	20	39	129	25.194	1~2
	2L60x8	2L90x8	2L70x6	2L100x8			
13	13	34	15	34	124	23.823	1~2
	2L60x8	2L90x8	2L65x6	2L90x8			
14	21	34	20	34	98	24.312	1~2
	2L70x7	2L90x8	2L70x6	2L90x8			
15	21	31	17	34	94	25.788	1~2
	2L70x7	2L80x10	2L65x8	2L90x8			
41 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**23.528**	

Çizelge 4. 6. 41 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı

Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Yerel Arama	Süre (Sn)
1	24	34	16	24	301	20.927	477 824	170
	2L75x6	2L90x8	2L65x7	2L75x6				
2	24	34	15	24	301	20.306	508 673	175
	2L75x6	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
3	16	34	15	24	301	20.283	510 882	161
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
4	24	34	15	24	301	20.306	487 328	166
	2L75x6	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
5	21	34	15	24	301	20.606	491 487	167
	2L70x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
6	16	34	15	24	301	20.283	505 976	171
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
7	16	34	15	24	301	20.283	504 914	165
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
8	16	34	15	24	301	20.283	484 191	170
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
9	24	34	15	24	301	20.306	495 372	172
	2L75x6	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
10	16	34	15	24	301	20.283	509 231	169
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
11	16	34	15	24	301	20.283	513 493	176
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
12	16	34	15	24	301	20.283	537 961	173
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
13	16	34	15	24	301	20.283	493 193	165
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
14	16	34	15	24	301	20.283	497 727	166
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
15	16	34	15	24	301	20.283	519 119	162
	2L65x7	2L90x8	2L65x6	2L75x6				
41 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**20.352**		

Memetik algoritma ile yapılan çözümler programa tanımlanmış iterasyon limiti aşıldığı için durdurulmuştur. Sonlanma kriteri sağlanmadığı için popülasyondaki bireylerin gerilme ve yer değiştirme sınırlarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Bu değerlendirme, limit iterasyon sayısına ulaşmış olan herhangi bir tasarım için yapılabilir. 15. tasarım için değerlendirme yapılmıştır.



Şekil 4. 6. 41 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası

Optimum sonuca ulaşılan bireyin her bir elemanı için gerilme kısıt fonksiyonu $G_j(x)$ in sıfırdan küçük olup olmadığı kontrol edilir. Çizelge 4.7. de bu değerlendirme yapılmıştır. Görüldüğü gibi $G_j(x)$ değerlerinin tamamı sıfırdan küçük olup gerilme kısıtları sağlanmıştır.

Çizelge 4. 7. 41 elemanlı sistemin gerileme kısıt fonksiyonu değerleri

Eleman No	$G_j(x)$ değeri	Eleman No	$G_j(x)$ değeri
1	-0.688	22	-0.463
2	-0.273	23	-0.565
3	-0.087	24	-0.786
4	-0.030	25	-0.974
5	-0.055	26	-0.866
6	-0.101	27	-0.854
7	-0.126	28	-0.567
8	-0.240	29	-0.404
9	-0.496	30	-0.347
10	-0.999	31	-0.272
11	-0.596	32	-0.502
12	-0.400	33	-0.757
13	-0.323	34	-0.920
14	-0.320	35	-0.790
15	-0.366	36	-0.154
16	-0.341	37	-0.638
17	-0.284	38	-0.961
18	-0.281	39	-0.839
19	-0.359	40	-0.667
20	-0.566	41	-0.394
21	-0.367		

Çizelge 4.8.de ise 5 cm ile sınırlandırılmış olan yer değiştirmelerin kontrolü yapılmıştır. Görüldüğü gibi hiçbir yer değiştirme değeri, limit değeri aşmamıştır.

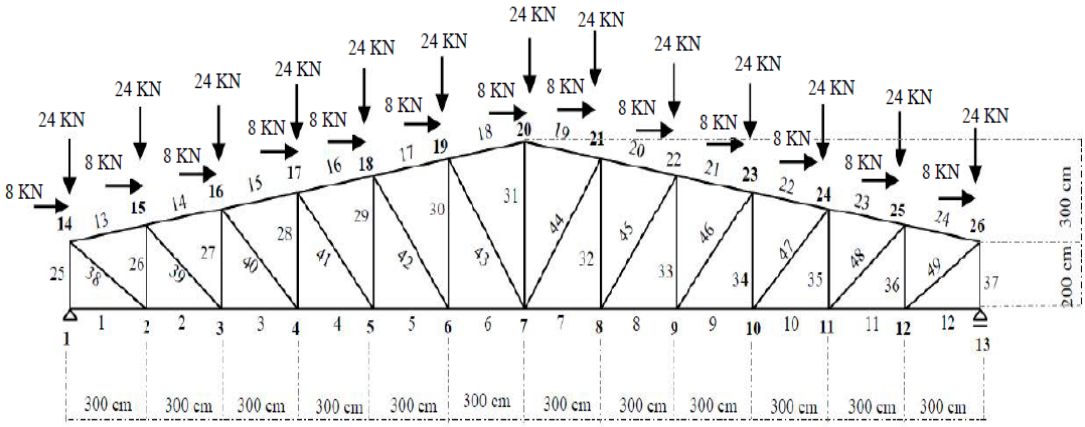
Çizelge 4. 8. 41 elemanlı sistemde aktif yer değiştirmeler

Düğüm No.	x doğrultusu (cm)	y doğrultusu (cm)
5	0.603	-3.182
6	0.799	-3.193
7	0.984	-3.137
16	0.902	-3.173
17	0.802	-3.139
18	0.704	-3.146

Memetik algoritma ile elde edilen sonucun, genetik algoritmaya göre optimum ağırlık üzerinde yaklaşık olarak % 13 düzeyinde iyileşme sağladığı görülmektedir.

4.4. Eleman Sayısı 49 Olan Düzlem Kafes Sistem

Sistem 26 adet düğüm noktası ve 49 adet elemandan meydana gelmektedir. 1 numaralı düğüm noktasındaki mesnet hem x hem de y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmış, 13 numaralı düğüm noktasındaki mesnet sadece y doğrultusunda yer değiştirmeye kısıtlanmıştır. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26 numaralı düğüm noktalarına x doğrultusunda pozitif yönde 8 kN, y doğrultusunda negatif yönde 24 kN etkimektedir. 4 adet gruplandırma yapılmıştır. Birinci grup 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 numaralı alt başlık çubukları, ikinci grup 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 numaralı üst başlık çubukları, üçüncü grup 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37 numaralı dikey çubuklar, dördüncü grup 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 numaralı diyagonal çubuklardır. 6, 7, 8, 19, 20, 21 numaralı düğüm noktalarının deplasmanları x doğrultusunda 5 cm, y doğrultusunda 5 cm olarak sınırlandırılmıştır.



Şekil 4. 7. 49 elemanlı düzlem kafes sistem

4.4.1. 49 Elemanlı Düzlem Kafes için Sonuçlar

Çizelge 4.9. ile 49 elemanlı sistemin genetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur. Çizelge 4.10. ile 49 elemanlı sistemin memetik algoritma ile yapılmış olan optimum tasarımı sunulmuştur.

Çizelge 4. 9. 49 elemanlı sistemin genetik algoritma ile tasarımı

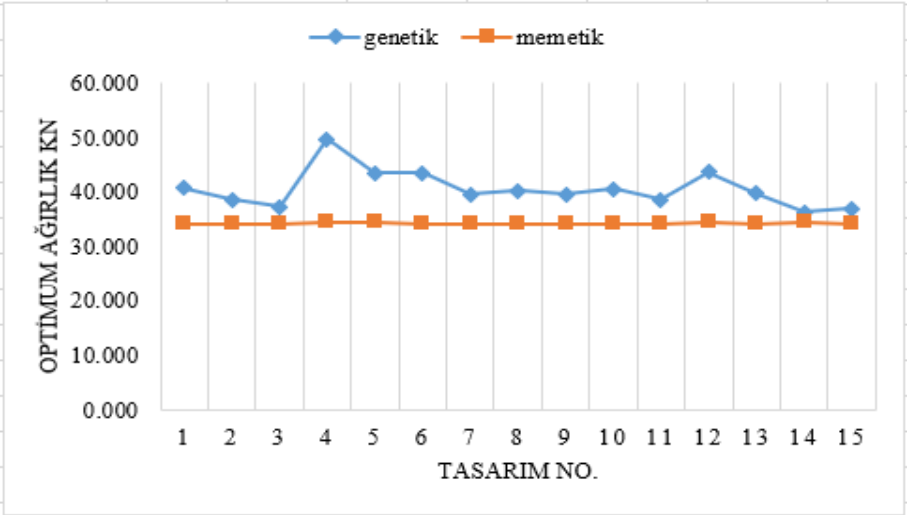
Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Süre (Sn)
1	23	45	34	34	100	40.713	1~2
	2L70x11	2L110x10	2L90x8	2L90x8			
2	35	45	17	34	108	38.634	1~2
	2L90x9	2L110x10	2L65x8	2L90x8			
3	19	40	14	27	50	37.247	<1
	2L65x11	2L100x10	2L60x10	2L75x10			
4	19	49	34	45	74	49.661	<1
	2L65x11	2L120x12	2L90x8	2L110x10			
5	34	49	14	35	125	43.453	1~2
	2L90x8	2L120x12	2L60x10	2L90x9			
6	19	50	17	35	80	43.455	<1
	2L65x11	2L120x13	2L65x8	2L90x9			
7	34	40	34	27	184	39.532	1~2
	2L90x8	2L100x10	2L90x8	2L75x10			
8	34	45	39	30	79	40.256	<1
	2L90x8	2L110x10	2L100x8	2L80x8			
9	23	40	34	34	59	39.589	<1
	2L70x11	2L100x10	2L90x8	2L90x8			
10	34	40	35	27	112	40.616	1~2
	2L90x8	2L100x10	2L90x9	2L75x10			
11	35	45	17	34	102	38.634	1~2
	2L90x9	2L110x10	2L65x8	2L90x8			
12	39	49	34	30	85	43.599	<1
	2L100x8	2L120x12	2L90x8	2L80x8			
13	35	40	14	35	126	39.676	1~2
	2L90x9	2L100x10	2L60x10	2L90x9			
14	19	40	17	34	96	36.236	1~2
	2L65x11	2L100x10	2L65x8	2L90x8			
15	34	45	24	34	130	37.002	1~2
	2L90x8	2L110x10	2L75x6	2L90x8			
49 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**40.554**	

Çizelge 4. 10. 49 elemanlı sistemin memetik algoritma ile tasarımı

Tasarım No	1. Grup	2. Grup	3. Grup	4. Grup	Nesil Sayısı	Yapı Ağırlığı (KN)	Yerel Arama	Süre (Sn)
1	19	40	24	30	301	34.172	452 662	224
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
2	19	40	24	30	301	34.172	472 894	234
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
3	19	40	24	30	301	34.172	443 448	219
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
4	34	40	24	30	301	34.560	469 055	232
	2L90x8	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
5	34	40	24	30	301	34.560	462 056	229
	2L90x8	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
6	19	40	24	30	301	34.172	443 814	220
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
7	19	40	24	30	301	34.172	480 943	237
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
8	19	40	24	30	301	34.172	474 215	234
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
9	19	40	24	30	301	34.172	461 123	228
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
10	19	40	24	30	301	34.172	436 588	216
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
11	19	40	24	30	301	34.172	440 386	218
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
12	34	40	24	30	301	34.560	448 576	222
	2L90x8	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
13	19	40	24	30	301	34.172	464 020	229
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
14	34	40	24	30	301	34.560	457 010	226
	2L90x8	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
15	19	40	24	30	301	34.172	434 184	214
	2L65x11	2L100x10	2L75x6	2L80x8				
49 Elemanlı Düzlem Kafesin Ortalama Ağırlığı (kN)						**34.276**		

Memetik algoritma ile yapılan çözümler programa tanımlanmış iterasyon limiti aşıldığı için durdurulmuştur. Sonlanma kriteri sağlanmadığı için popülasyondaki bireylerin gerilme ve yer değiştirme sınırlarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmiştir. Bu değerlendirme, limit iterasyon sayısına ulaşmış olan herhangi bir tasarım için yapılabilir. 15. tasarım için değerlendirme yapılmıştır.

Optimum sonuca ulaşılan bireyin her bir elemanı için gerilme kısıt fonksiyonu $G_j(x)$ in sıfırdan küçük olup olmadığı kontrol edilir. Çizelge 4.11. de bu değerlendirme yapılmıştır. Görüldüğü gibi $G_j(x)$ değerlerinin tamamı sıfırdan küçük olup gerilme kısıtları sağlanmıştır.



Şekil 4. 8. 49 elemanlı sistemden elde edilen sonuçların kıyası

Çizelge 4. 11. 49 elemanlı sistemin gerilme kısıt fonksiyonu değerleri

Eleman No	$G_j(x)$ değeri	Eleman No	$G_j(x)$ değeri
1	-0.721	26	-0.680
2	-0.331	27	-0.751
3	-0.139	28	-0.834
4	-0.061	29	-0.975
5	-0.053	30	-0.962
6	-0.092	31	-0.876
7	-0.124	32	-0.996
8	-0.121	33	-0.848
9	-0.168	34	-0.738
10	-0.292	35	-0.679
11	-0.539	36	-0.621
12	-0.999	37	-0.537
13	-0.716	38	-0.655
14	-0.569	39	-0.816
15	-0.500	40	-0.918
16	-0.480	41	-0.991
17	-0.492	42	-0.719
18	-0.527	43	-0.344
19	-0.512	44	-0.641
20	-0.470	45	-0.973
21	-0.453	46	-0.946
22	-0.471	47	-0.871
23	-0.541	48	-0.763
24	-0.697	49	-0.591
25	-0.592		

Çizelge 4.12.da ise 5 cm ile sınırlandırılmış olan yer değiştirmelerin kontrolü yapılmıştır. Görüldüğü gibi hiçbir yer değiştirme değeri, limit değeri aşmamıştır.

Çizelge 4. 12. 49 elemanlı sistemde aktif yer değiştirmeler

Düğüm No.	x doğrultusu (cm)	y doğrultusu (cm)
6	0.700	-4.131
7	0.873	-4.122
8	1.039	-4.087
19	0.989	-4.107
20	0.877	-4.036
21	0.764	-4.084

Memetik algoritma ile elde edilen sonucun, genetik algoritmaya göre optimum ağırlık üzerinde yaklaşık olarak % 15 düzeyinde iyileşme sağladığı görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Düzlem kafes sistemlerin optimum tasarımının hedeflendiği bu çalışmada genetik ve memetik algoritmalar kullanılarak sonuca ulaşılmıştır. Burada dört ayrı kafes sistemin optimum boyutlandırılması yapılmıştır. Dört ayrı düzlem kafesten elde edilen sonuçlar çizelgeler haline getirilip karşılaştırılmıştır. Sistem elemanlarının kesitleri, uygulamada kullanılan profillerin oluşturduğu bir listeden seçilmiştir.

Bu çalışmada kafeslerin optimum ağırlıkları bulunmuş ve algoritmaların, problemleri çözmeleri için geçen zamanlar gözlemlenmiştir. Memetik algoritma, genetik algoritmaya göre ağırlıkça daha hafif sistemler sunmuştur. Dolayısıyla memetik algoritma kullanılarak elde edilen çözümler daha ekonomik olacaktır. Ekonomik sistemler elde edilmeye çalışılırken yapı sisteminin de güvenlik kısıtları içinde kalmasına dikkat edilmiştir. Bu kısıtlar ilgili yönetmelik dikkate alınarak belirlenmiştir.

Memetik algoritmanın daha hafif ve ekonomik çözümler sunmasına karşın genetik algoritma ile elde edilen çözümler daha kısa sürmüştür. Sebep olarak memetik algoritmanın boyutlandırma gerçekleştirirken ek olarak yerel aramalar yapmasıdır. Yerel aramalar; hesaplama sürelerini artırmalarına karşın, daha hafif sistemlerin elde edilmesine yol açmıştır.

Düzlem kafes sistemlerin memetik algoritma ile optimum boyutlandırılması, genetik algoritma ile yapılan optimum boyutlandırılmasına göre sistemin ağırlığında yüzde 10-16 arasında iyileşme sağlamıştır.

Yapı sistemlerinin tasarımında güvenlik şartının yanında ekonomiklik şartı da önem arz etmektedir. Yapı mühendisliğinde bu şartların sağlanması vazgeçilmezdir. Güvenlik şartlarının sağlanması durumunda yapı sisteminin olabildiğince ekonomik olması istenen bir durumdur. Bu sebeple memetik algoritmanın genetik algoritmaya kıyasla daha ekonomik çözümler sunması göz ardı edilemeyecek bir gerçektir. Buna karşın, çözüm sürelerinin çok daha uzun olması memetik algoritmanın olumsuz bir yönü olarak düşünülebilir.

6. KAYNAKLAR

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

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 (1): 261-266.

Camp, C., Pezeshk, S., Cao, G. 1998. Optimized Design of Two-Dimensional Structures Using a Genetic Algorithm. ***Journal of Structural Engineering***, 124 (5): 551-559.

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

Efe, Y. 2015. Çelik Çerçevelerin Memetik Algoritma ile Optimum Tasarımı. Yüksek Lisans, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 52.

Elbeltagi, E., Hegazy, T., Grierson, D. 2005. Comparison Among Five Evolutionary-Based Optimization Algorithms. ***Advanced Engineering Informatics***, 19 (1): 43-53.

Galante, M. 1996. Genetic Algorithms as an Approach to Optimize Real-World Trusses. ***International Journal for Numerical Methods in Engineering***, 39 (3): 361-382.

Goldberg, D. E. 1989. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, 372, Reading, MA.

Hayalioglu, M.S. 2000. Optimum Design of Geometrically Non-Linear Elastic-Plastic Steel Frames via Genetic Algorithm. ***Computer and Structures***, 77 (5): 527-538.

Hayalioglu, M.S., Degertekin, S.O. 2005. Minimum Cost Design of Steel Frames with Semi-Rigid Connections and Column Bases via Genetic Optimization. ***Computer and Structures***, 83 (21-22): 1849-1863.

Holland, J. 1975. Adaptation in Artificial and Natural Systems. University of Michigan Press, 232, Ann Arbor, MI.

Koçyiğit, Y. 2013. Uzay Kafes Sistemlerin Memetik Algoritma ile Optimum Tasarımı. Yüksek Lisans, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 53.

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

Rajan, S.D. 1995. Sizing, Shape, and Topology Design Optimization of Trusses Using Genetic Algorithm. ***Journal of Structural Engineering***, 121 (10): 1480-1487.

Şen, Z. 2004. Genetik Algoritmalar ve En İyileme Yöntemleri. Su Vakfı Yayınları, 142, İstanbul.

Toğan, V., Daloğlu, A. 2006. Genetik Algoritma ile Üç Boyutlu Kafes Sistemlerin Şekil ve Boyut Optimizasyonu. ***İMO Teknik Dergi***, Yazı 251: 3809-3825.

Toğan, V., Seyhun, M.O., Daloğlu, A. 2006. A Comparative Study for the Optimum Design of Structures Using Genetic Algorithm. [https://www.researchgate.net/publication/267364371_A_COMPARATIVE_STUDY_FOR_THE_OPTIMUM_DESIGN_STRUCTURES_USING_GENETIC_ALGORITHM], Erişim Tarihi: 15.12.2017

ÖZGEÇMİŞ

1991 senesinde Diyarbakırda dünyaya geldi. 2009 senesinde Batman Fen Lisesi mezunu oldu. 2010 senesinde Çukurova Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne yerleşti ve 2011 senesinde kayıt sildi. 2015 senesinde Dicle Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2015 senesinde Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilimdalında yüksek lisansa başladı. Şimdi Harran Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI İNTİHAL RAPORU FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Egemen KAYA
ÖĞRENCİ NO	15806013
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2017-2018
YARIYIL	☒ Güz ☐ Bahar
ANABİLİM DALI	İnşaat Mühendisliği
PROGRAM	Yüksek Lisans
TEZ KONUSU	Düzlem Kafes Sistemlerin Genetik ve Memetik Algoritmayla Optimum Tasarımı
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	63
BENZERLİK ORANI	%7
RAPORLAMA TARİHİ	16/01/ 2018

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 63 sayfalık kısmına ilişkin, 16/01/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı %7 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
- ☐ Kaynakça hariç
- ☐ Alıntılar hariç/dâhil
- ☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Egemen KAYA

16/01/2018	16/01/2018
Prof. Dr. M. Sedat HAYALİOĞLU	Prof. Dr. Z. Fuat TOPRAK
Tez Danışmanı	**Anabilim Dalı Başkanı**