

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü

ÇERÇEVE TAŞIYICI SİSTEMLERİN  
OPTİMUM TASARIMI

Gülay YALÇIN BAYAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

( İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI )

DİYARBAKIR  
EYLÜL – 2008

T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne  
DİYARBAKIR

Bu çalışma, jürimiz tarafından İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyesinin Ünvanı, Adı Soyadı İmza

Başkan : Prof. Dr. M.Sedat HAYALİOĞLU...(Danışman).....

Üye : Yrd.Doç.Dr.Halil GÖRGÜN .....

Üye : Yrd.Doç.Dr.Can Tuncay AKIN .....

Yedek Üye : Yrd.Doç.Dr. Özgür DEĞERTEKİN.....

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.... / .... / 2008

Prof. Dr. Hamdi TEMEL  
ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

## TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca, engin bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren, özellikle tez çalışmam esnasında karşılaştığım güçlüklerde kıymetli zamanımı benimle paylaşan değerli danışman hocam Prof. Dr. M. Sedat HAYALIOĞLU' na ve üzerimde emeği olan tüm öğretim üyelerine teşekkürü bir borç bilir, saygılarımı sunarım.

Ayrıca bu günlere ulaşmamı sağlayan, benden desteklerini hiç esirgemeyen sevgili eşime, tüm aileme ve her zaman yanımda olan arkadaşlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
AMAÇ	iv
ÖZET	v
SUMMARY	vii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	2
3. OPTİMİZASYON	4
3.1. Optimizasyona Giriş	4
3.1.1. Sürekli Optimizasyon	5
3.1.2. Kesikli Optimizasyon	6
3.2. Optimizasyonun Gelişimi	6
3.3. Optimum Tasarım	7
3.4. Optimum Tasarım Teknikleri	8
3.4.1. Matematik Programlama	8
3.4.2. Optimumluk Kriteri Yöntemi	9
3.4.3. Genetik Algoritma	9
4. GENETİK ALGORİTMA	10
4.1. Tarihçesi	10
4.2. Tanımı ve Temel Teoremi	10
4.3. Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar	14
4.3.1. Gen	14
4.3.2. Kromozom	14
4.3.3. Popülasyon	15
4.4. Genetik Operatörler	15
4.4.1. Üreme	15
4.4.2. Çaprazlama	15
4.4.2.1. Üniorm Çaprazlama	16
4.4.2.1.1. Tek Noktalı Çaprazlama	16
4.4.2.1.2. İki Noktalı Çaprazlama	16
4.4.3. Mutasyon	17
4.4.4. Çaprazlama Ve Mutasyon Olasılığı	17
4.4.5. Fonksiyon Maksimizasyon Örneği	17
5. ÇELİK ÇERÇEVELERİN GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM TASARIMI VE BİLGİSAYAR PROGRAMLAMASI	21
5.1. Giriş	21
5.2. Optimum Tasarım Problemi ve Algoritması	21
5.2.1. Optimum Tasarım Problemi	21
5.2.1.1. Lineer Olmayan Analiz	27
5.2.1.1.1. Sekant Rijitlik Yaklaşımı	27

5.2.2.Optimum Tasarım Algoritması	29
5.3.Bilgisayar Programlaması	32
5.3.1.Programın Giriş Bilgilerinde Kullanılan Sembollerin Tanıtımı	32
5.3.2.Giriş Bilgilerinin Verilmesi	34
5.4.Örnek Çerçeve Datası	36
6.SAYISAL ÖRNEKLER	44
6.1.Giriş	44
6.2. Tek Açıklıklı 4 Katlı Çerçeve	45
6.3. Tek Açıklıklı 9 Katlı Çerçeve	47
6.4. Üç Açıklıklı 8 Katlı Çerçeve	50
6.5. Dört Açıklıklı 12 Katlı Çerçeve	53
7. SONUÇLAR	56
KAYNAKLAR	58
ÇİZELGE LİSTESİ	63
ŞEKİL LİSTESİ	64
ÖZGEÇMİŞ	66

## AMAÇ

Bu çalışmanın amacı çelik taşıyıcı çerçeve sistemlerin hesaplanmış dış yükler altında belirlenen tasarım yönetmeliklerine göre optimum tasarlanmasıdır. Burada göz önüne alınan yönetmelikler Türk Çelik Yönetmeliğine (TS 648) çok benzer olan Amerikan Çelik Yapılar Enstitüsü Emniyet Gerilmeleri Tasarımı (AISC-Allowable Sterss Design, Kısaca ASD) ve ayrıca Yük ve Dayanım Faktörü Tasarımı yönetmelikleridir (AISC-Load and Resistance Factor Design, Kısaca LRFD). Burada optimum tasarım ile verilen dış yükler altında seçilen tasarım yönetmeliğinin mukavemet ve deplasman sınırlamalarını sağlayan minimum ağırlıklı çerçevenin elde edilmesi amaçlanmıştır. Tasarım değişkenleri (çerçeve çubuklarının çelik profil kesitleri) ayrık değişkenler olup pratikte kullanılan hazır standart kesitlerden seçilmiştir (Amerikan geniş başlıklı W-kesitler). Optimizasyon yöntemi olarak genetik algoritma kullanılmış ve her iki yönetmelik için geliştirilen algoritmaların bilgisayar programları yapılmıştır. Algoritmaların uygulanabilirliğini göstermek üzere dört ayrı çelik çerçevenin optimum tasarımları bu yönetmeliklere karşılaştırmalı olarak yapılmıştır.

Genetik algoritma ayrık tasarım değişkenleriyle uğraştığı için çelik yapıların optimum tasarımı için uygun bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

## ÖZET

Günümüzde yapı sistemlerinin ekonomik tasarımı önem kazanmaktadır. Bu da yapı sistemlerinin tasarımının belirlenen bir optimizasyon yöntemiyle yapılmasını gerekli kılmaktadır. Yapıların optimum tasarımında amaç, yeterli düzeyde emniyete sahip yapıyı en ekonomik olacak şekilde tasarlamaktır. Öte yandan, bu amaç doğrultusunda projelendirilen yapıların ise, etkiyen yükler altındaki davranışının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Böylece, etkiyen yüklere emniyetle, belirli rijitlikle dayanabilen ve ağırlığı minimum olan yapının belirlenmesi, optimum tasarım problemini oluşturmaktadır. Bu çalışmada düzlem çelik çerçevelerin, emniyet gerilmeleri yönetmeliğine (AISC-ASD, 1989) göre ve yük ve dayanım faktörü yönetmeliğine (AISC-LRFD, 2001) göre genetik algoritma yöntemiyle optimum tasarımı yapan iki algoritma ve bu algoritmaların bilgisayar programları geliştirilmiştir.

Birinci bölümde araştırmanın amacı ve önemi belirtilmiştir.

İkinci bölümde bu konuda daha önce yapılan çalışmalara kısaca değinilmiştir.

Üçüncü bölümde optimizasyon ile ilgili bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde genetik algoritma ile ilgili bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde tasarımda esas alınan formüller ASD ve LRFD yönetmeliklerine göre verilmiş ve LRFD yönetmeliğine göre hazırlanan programda kullanılan lineer olmayan analize değinilmiştir. Ayrıca bu bölümde geliştirilen algoritmalar açıklanmış programın giriş bilgilerindeki semboller açıklanmıştır. Giriş bilgilerinin formatı verilerek örnek çerçeve datası üzerinde gösterilmiştir.

Altıncı bölümde dört adet çerçevenin ASD ve LRFD yönetmeliklerine göre ayrı ayrı geliştirilen bilgisayar programı ile optimum tasarımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Yedinci bölümde çalışmadan elde edilen sonuçlar verilmiştir. Buna göre LRFD yönetmeliği ile ASD yönetmeliğine göre daha optimum tasarımlar (daha hafif çerçeveler) elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Optimum Tasarım, Emniyet Gerilmeleri Tasarımı, Yük ve Dayanım Faktörü Tasarımı.



## SUMMARY

Nowadays, economical design of structural systems has greater importance than before. For this reason, it becomes necessary to design structural systems by a specified optimization method. The aim of optimum structural design is to design a structure economically and with a sufficient level of safety. Moreover, the behaviour of the structures which are designed for the above mentioned purpose is required to be within acceptable range. Thus optimum design problem is to determine minimum weight structures which satisfy strength and serviceability requirements. In this study, two algorithms and their computer programs are developed for the optimum design of plane steel frames according to allowable stress design (AISC-ASD, 1989) and load and resistance factor design (AISC-LRFD, 2001) codes.

In the first section, the aim and the importance of research are pointed out.

In the second section, previous studies related to these subjects are mentioned.

In the third section, information about optimization is given.

In the fourth section, information about genetic algorithm is given.

In the fifth section, the basic design formulae taken from ASD and LRFD codes are given and the nonlinear analysis is mentioned which is employed in the LRFD. Moreover, the developed algorithms are explained, and the symbols of the input data of the computer programs are introduced. The sample frame data are also given.

In the sixth section, optimum design of four frames are performed by using computer programs developed for the ASD and LRFD codes and the results are compared.

In the seventh section, the conclusions drawn from this study are given. The comparisons show that the LRFD code results in lighter frames than ASD code for the optimum designs.

Key words: Genetic Algorithm, Optimum Design, Allowable Stress Design, Load and Resistance Factor Design.

## 1.GİRİŞ

Yapıların ekonomik olarak tasarımı, yapı mühendisliğinin önemli amaçlarından biridir. Yapıların minimum ağırlıklı olarak tasarımı, ekonomik tasarımda önemli bir yer tutmaktadır. Bu şekilde tasarlanan yapıların davranışlarının kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalması gerekmektedir. Böylece, yapıya etkiyen yüklere güvenle ve belirli rijitlikle dayanan ve minimum maliyetli olan bir yapının belirlenmesi problemi, optimum tasarım problemi olarak adlandırılır. Matematik programlama, yapısal optimum tasarımda en çok kullanılan optimizasyon tekniklerinden biridir. Bu teknikle geliştirilen algoritmaların çoğunda tasarım değişkenlerinin sürekli olduğu kabul edilmektedir. Fakat pratikteki birçok tasarım problemlerinde, özellikle çelik yapıların tasarımında, tasarım değişkenleri ayrıktır. Bu yapısal elemanların standart ölçülerde üretilmesinden, yapım ve imalattaki sınırlamalardan kaynaklanmaktadır. Biyolojik prensiplerin hesaplamalı algoritmalara uygulaması olan genetik algoritmalar, son yıllarda optimum tasarım çözümlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadırlar. Bunlar en sağlıklı (uygun) bireylerin hayatta kalma ilkesini uygularlar ve aynı zamanda ayrık tasarım değişkenlerini kullanırlar.

Bu çalışmada optimizasyon yöntemi olarak genetik algoritma kullanılmıştır. Genetik algoritma (GA) bir amaç fonksiyonunu maksimize veya minimize etmek üzere bir optimizasyon yöntemi olarak kullanılabilir. Genetik algoritmalar, doğal genetik ve doğal seleksiyon olayına dayanan araştırma teknikleridir. Bunlar güçlü bir araştırma mekanizması kurmak için doğadan alınmış operatörler yardımıyla yapay bir şekilde en sağlıklı (uygun) olanın hayatta kalma ilkesini kullanırlar. GA'da kullanılan değişik operatörler bulunmaktadır. Bu çalışmada; üreme (reproduksiyon), çaprazlama (krosuvır) ve mutasyon gibi genetik operatörler kullanılmıştır.

Yük ve dayanım faktörleri tasarımının (LRFD) Türk Çelik yönetmeliklerinde yer almadığı, bu yüzden bu yönetmelik dikkate alınarak geliştirilen optimum tasarım sonuçlarının emniyet gerilmeleri yönetmeliğine (ASD) (Türkiye' de kullanılan TS 648, 1980 karşılığı) göre geliştirilen tasarım sonuçlarıyla karşılaştırmaları sunulmuştur.

## 2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Çelik yapıların genetik algoritmayla yapılan optimum tasarımı ile ilgili önceki çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Sugimoto ve Bianli (1997) uzay çelik çerçevelerin tam gerilmeli tasarımını geliştirdikleri bir genetik algoritmayla yapmışlardır. Camp ve diğerleri (1997) uzay çelik çerçevelerin ASD yönetmeliğine göre genetik algoritma kullanılarak optimum tasarımını elde etmişlerdir. Daloğlu ve Armutçu (1998) düzlem çelik çerçevelerin TS 648 yönetmeliğine göre genetik algoritma kullanılarak optimum tasarımını elde eden bir algoritma geliştirmişlerdir. Pezeshk ve diğerleri (2000) lineer olmayan düzlem çelik çerçevelerin genetik algoritma yardımıyla optimum tasarımını LRFD yönetmeliğine göre yapmışlardır. Erbatur ve diğerleri (2000) düzlem ve uzay çelik yapıların genetik algoritma yardımıyla optimum tasarımı için bir algoritma sunmuşlardır. Hayalioğlu (2001) uzay çelik yapıların LRFD ve ASD yönetmeliklerine göre genetik algoritma kullanarak optimum tasarımını elde etmiştir. Kameshki ve diğerleri (2001) genetik algoritma yöntemi kullanılarak yarı-rijit bileşimli lineer olmayan düzlem çelik çerçevenin optimum tasarımını BS (British Standart) yönetmeliğine göre yapmışlardır. Toropov ve Mahfouz (2001) BS yönetmeliğine göre düzlemsel çelik yapıların optimum tasarımını elde etmişlerdir. Torregosa ve Kanok-Nukulchai (2002) düzlem çelik çerçevelerin farklı yükleme durumları için genetik algoritma kullanılarak ağırlık optimizasyonu yapmışlardır. Kim ve diğerleri (2004) lineer olmayan elastik analiz ve genetik algoritma yardımıyla düzlem çelik çerçevelerin optimum tasarımını yapmışlardır. Hayalioğlu ve Değertekin (2004-a) lineer olmayan yarı-rijit bileşimli düzlem çelik çerçevelerin TS 648' e göre genetik algoritma temelli optimum tasarımını elde etmişlerdir. Hayalioğlu ve Değertekin (2004-b) lineer olmayan yarı-rijit bileşimli çelik çerçevelerin ASD yönetmeliğine göre genetik algoritma yardımıyla optimum tasarımını elde etmişlerdir. Sarma ve Adeli (2005) çelik yüksek yapıların ASD ve LRFD yönetmeliğine göre karşılaştırmalı olarak optimum tasarımını yapmışlardır. Hayalioğlu ve Değertekin (2005) genetik algoritma kullanarak yarı-rijit bileşimli ve yarı-rijit temelli çelik çerçevelerin minimum ağırlıklı optimum tasarımını elde etmişlerdir. Değertekin ve diğerleri (2006) uzay çelik çerçevelerin tabu arama ve genetik algoritma yöntemleriyle TS 648 yönetmeliğine göre optimum tasarımını

yapmışlar ve bu yöntemlere göre karşılaştırmalarını sunmuşlardır. Csebfalvi ( 2007) yarı-rijit birleşimli düzlem çelik çerçevelerin EC (Euro Code) yönetmeliğine göre genetik algoritmayla optimum tasarımını sunmuştur. Değertekin (2007) lineer olmayan uzay çelik çerçevelerin optimum tasarımını karşılaştırmalı olarak tavlama benzeşimi ve genetik algoritma ile yapmıştır. Değertekin (2008) genetik algoritma ve tabu arama yöntemi yardımıyla lineer olmayan uzay çelik çerçevelerin LRFD yönetmeliğine göre optimizasyonunu sunmuştur.

### 3.OPTİMİZASYON

#### 3.1 Optimizasyona Giriş

Yapıların optimum tasarımında amaç, yeterli düzeyde emniyete sahip yapıyı en ekonomik olacak şekilde tasarlamaktır. Ancak yapının emniyetli olması malzemenin fazla kullanılmasını, yapının ekonomik olması da malzemenin az kullanılmasını gerektirmektedir. Bir yapı tasarlanırken emniyetten hiçbir şekilde taviz verilemeyeceği açıktır. Bu nedenle belli bir emniyete sahip olan yapıyı ekonomik olarak tasarlamak amaç edinilmektedir. Öte yandan, bu amaç doğrultusunda projelendirilen yapıların ise, etkiyen yükler altındaki davranışının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması gerekmektedir. Böylece, etkiyen yüklere emniyetle, belirli rijitlikle dayanabilen ve ağırlığı minimum olan yapının belirlenmesi, optimum tasarım problemini oluşturmaktadır.

Optimizasyon denince karar vermede matematiksel yöntemlerin kullanılması anlaşılmaktadır. Bu matematiksel yöntemlere literatürde sayısal optimizasyon veya matematiksel programlama metotları denmektedir. Etkili bir karar verme için tasarım problemlerinin uygun bir matematiksel formatta ifade edilmesi gerekmektedir. Bir tasarım problemini optimizasyon yöntemiyle etkili bir şekilde çözmek için aşağıdaki faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir:

- Alternatif kararlar nelerdir?
- Karar hangi kısıtlar altında verilmiştir?
- Bu alternatifleri değerlendirmede kullanılacak uygun bir amaç fonksiyonu nasıl olmalıdır?

Bu soruların cevaplarını bulabilmek için ise

- Karar (tasarım) değişkenlerini,
- Amaç fonksiyonlarını,
- Tasarım sınırlamalarını, tanımlamak gerekmektedir.

İlk olarak sistemi tanımlamak için, karar değişkenleri olarak isimlendirilen bir değişken seti belirlenir. Daha sonra, bu değişkenlere tahmini olarak sayısal değerler atanarak sistem oluşturulur. Karar değişkenleri, hakkında alınacak kararları temsil eden değişkenlerdir. Karar değişkenleri genellikle x,y gibi sembolik olarak tanımlanır. Karar değişkenleri, devamlı ve kesikli olmak üzere iki sınıfa ayrılır ve bunlar daha sonra bahsedilecek optimizasyon türlerinin belirleyici kriteridir. Optimizasyon problemlerinde amaç fonksiyonu, enbüyüklenecek /enküçüklenecek şekilde karar değişkenlerinin toplam getirisinin miktarını tanımlayan fonksiyonlardır.

Kısıtlar, kararların hangi sınırlar arasında alınması gerektiğini belirtir. Mühendislik problemlerinin birçoğu kısıtlı problemlerden oluşur. Burada ana amaç, kısıtları olan bir fonksiyonu enküçükleme / enbüyüklemektir. Kısıtlı bir optimizasyon probleminin sayısal optimizasyon yöntemleriyle çözülebilmesi için genellikle aşağıdaki şekilde matematiksel olarak formüle edilir:

Amaç fonksiyonu : Enküçüle (Enbüyükle)  $f(x)$

Kısıtlar :  $g_i(x) \leq 0 ; i=1, \dots, m$

$h_j(x) = 0 ; j=1, \dots, l$

Burada  $f(x)$  amaç fonksiyonu,  $g_i(x)$  eşitsizlik kısıtı,  $h_j(x)$  ise eşitlik kısıtı olarak adlandırılır.  $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ ,  $n$  gerçek değişkenli karar değişkeninin sütun vektörüdür. Bütün sistemler, malzeme dayanımı, sistemin tepkisi, sistem elemanlarının boyutları vb. bazı tasarım sınırlamaları içerisinde çalışacak şekilde tasarlanır. Bu sınırlamalar karar (tasarım) değişkenlerine bağımlı olarak tanımlanır. Eğer bir tasarım tüm sınırlamaları sağlıyorsa, sistem uygun veya çalışabilir (feasible)'dir. Eğer belirtilen sınırlamaları sağlamıyorsa sistem uygun değildir ve uygun olmayan, kabul edilemez veya çalışamaz (infeasible) olarak isimlendirilir. Bulunan uygun tasarımlardan biri kullanışlıdır. Elde edilen bir tasarımın bir başka tasarımdan daha iyi olup olmadığını anlayabilmek için bir kritere ihtiyaç vardır. İşte bu kritere amaç fonksiyonu denir. Bütün tasarım problemleri bir amaç fonksiyonuna sahiptir. Amaç fonksiyonu da karar değişkenlerine bağlı olarak tanımlanır. Ayrıca, bu fonksiyonların birçoğu kesin sınırlamalara sahiptir. Genel matematiksel programlama problemlerinde tanımlanan çözüm vektörü  $x^* = \{x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*\}$ , amaç fonksiyonunu  $f(x)$  enküçükleme / enbüyüklemektir.

Optimizasyon problemleri, genel olarak karar değişkenlerinin tipine bağlı olarak iki kısma ayrılmaktadır:

- Sürekli Optimizasyon
- Kesikli Optimizasyon

### 3.1.1 Sürekli Optimizasyon

Sürekli optimizasyonda, amaç fonksiyonu ve kısıtlar, karar değişkenlerinin sürekli bir fonksiyonudur. Amaç fonksiyonu sistemin etkinliğinin enbüyüklenmesi (maksimizasyonu), maliyetin enküçülenmesi (minimizasyonu) gibi hedefler biçiminde ifade edilir. Sürekli

optimizasyon kısıtlı veya kısıtsız optimizasyon olmak üzere iki ana tiptedir. Kısıtlı sürekli optimizasyonda, kısıtlar eşitlik ya da eşitsizlikler biçiminde yazılabilir. Bir optimizasyon probleminde karar değişkeni belli bir aralıkta tüm değerleri alabiliyorsa, bu karar değişkeni sürekli olarak adlandırılır. Optimizasyon modellerinde sürekli türden karar değişkenleri genellikle  $(0, \infty)$  aralığında tanımlanır.

### 3.1.2 Kesikli Optimizasyon

Kesikli optimizasyonda, amaç fonksiyonu ve kısıtlar, karar değişkenlerinin sürekli bir fonksiyonu değildirler. Kesikli optimizasyon, mühendislikten iktisada, işletmecilikten askeri alana geniş bir uygulama alanına karar stratejileri geliştirmek anlamında hitap eder. En geniş anlamıyla, normal olarak sürekli biçimde tanımlanan karar değişkenlerinin, kesikli değerler alan karar değişkenleri biçiminde tanımlandığı kesikli optimizasyon, hem problemlerin modellenmesinde hem de bu modellerin problem çözümünde kullanılmasında etkin ve hızlı çalışan algoritmalara ihtiyaç duyar. Karar değişkeni sadece belli değerleri alıyorsa, bu durumda kesikli değişken olarak adlandırılır. Optimizasyon modellerinde bu türden karar değişkenleri genellikle  $(0-1)$  olarak ya da negatif olmayan tamsayılar olarak adlandırılır. Bir karar değişkeninin standart bir veritabanından seçilme zorunluluğu olduğu durumlarda yapısal tasarımlar kesikli karar alanı ile belirlenir. Buna örnek olarak kesit modülünün var olan bir tablodan seçilme zorunluluğu verilebilir. Ya da ele alınan problem masa veya sandalye üretimi ise 1,23 masa ya da 4,6 sandalye gibi çözümler anlamlı olmazlar. Her ne kadar sürekli optimizasyon mükemmel bir sonuç üretse de, uygulamalarda sonuçların kesikli değerlere dönüştürülerek değiştirilmesi gerekir. Çoğu uygulamada yukarı yuvarlatılmış değerler ele alınmaktadır. Her ne kadar bu değerleri kullanmak gerilme ve yer değiştirme kısıtlarını sağlasa da, titreşim problemlerindeki özdeğer kısıtları garanti edilemez. Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı, değişkenlerin kesikli olarak tanımlandığı problemler literatürde “kesikli optimizasyon problemleri” ve özelde de “tamsayı optimizasyon problemleri” olarak ele alınır. Kesikli optimizasyon problemleri doğrusal veya doğrusal olmayan türden olabilir.

### 3.2. Optimizasyonun Gelişimi

Optimizasyon sürecinde çok karmaşık matematiksel işlemlerin bulunmasından ve bunların elle hesabının zorluğundan dolayı son 20 yıla kadar yapısal optimizasyon konusu daha çok akademik

seviyede kalmıştır. Günümüzde gelişen analiz yöntemleri ve bilgisayar algoritmaları sayesinde yapısal optimizasyon konusunda yeni bir odaklanma meydana gelmiştir. Geliştirilen analiz yöntemleri sayesinde yeni yöntemler önceki tasarım kontrollerinin dışında kullanılabilmiştir. Aynı zamanda iki faktör, konuyu dar kapsamdan çıkarıp pratik mühendislikte ve fende uygulanabilir hale getirmiştir. Bu faktörler yüksek performanslı hesaplamaların az bir maliyetle uygulanabilmesi ve yüzlerce tasarım değişkenlerine ve sınır şartlarını gereksinim duyan tasarım optimizasyonlarının çözümlerindeki hızlı gelişmelerdir. Bu gelişmelerin mühendisler ve diğer bilim adamları için kolay, güvenilir, ucuz ve anlaşılır formda olması için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Yeni geliştirilen yöntemleri yapısal optimizasyon yöntemleri adı altında toplanabilir. Özellikle yeni iterasyon yöntemleriyle klasik tasarım parametrelerini arama yöntemleri etkili şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Vanderplaats, 1984). Diğer güçlü yöntemler ise Optimumluk Kriteri (Rozvany, 1989) başlığı altında toplanmıştır.

### **3.3. Optimum Tasarım**

Mühendislik kapsamında optimum tasarım, fiziksel modellerin matematiksel problemler olarak ifadesinde en iyi çözümü belirleme işlemi olarak tanımlanır. Optimizasyon alanı içerisinde, optimizasyon için kullanılan ve kullanılacak tekniklerin çeşitli problemler için çözüm algoritmalarının oluşturulması, bu tekniklerin yapısal olarak irdelenmesi ve bilgisayar ortamında derlenmesi yer almaktadır. Mühendislik optimizasyonunda karşılaşılan yaygın problemler; yapıların statik ve dinamik davranışlarına göre optimum boyutlandırılması, mekanik ve yapısal sistemlerin optimum şekil ve geometrik tasarımı olarak sıralanabilir. Yapısal optimizasyon 1960'lı yıllardan günümüze kadar gelişmekte olan bir araştırma konusudur. Bilgisayar kullanımının ve teknolojisinin gelişip etkinleşmesinin yanı sıra çok yeni optimizasyon tekniklerinin de kullanılmaya başlanması, teoriden uygulamaya geçişi kolaylaştırmakta önemli bir rol oynamaktadır. Ancak bütün bu gelişmelere rağmen yine de optimum tasarım teknikleri uygulamada etkin bir şekilde kullanılamamaktadır. Herhangi bir optimum tasarım problemi üç nesnenin tanımlanması ile belirir. Bunlar amaç fonksiyonu, tasarım değişkenleri ve sınırlayıcılarıdır. Amaç fonksiyonu problemin tipine ve ihtiyaçlara göre kurulur ve tasarım değişkenlerinin fonksiyonudur. Tasarım değişkenleri, optimum çözüme ulaşmak için optimizasyon işlemi boyunca değiştirilen sistem parametreleridir. Sınırlayıcılar ise tasarım ve optimizasyon probleminde istenmeyen çözümlerin oluşmasını engellemek amacıyla kullanılırlar.



Optimizasyon probleminde en iyi sonuca en kısa zamanda ulaşabilmek açısından, amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıların belirlenmesi ve tasarım değişkenlerinin seçimi son derece önemlidir. Literatürde birçok farklı yapının optimum tasarımına ilişkin 1960'lardan günümüze kadar yayımlanmış pek çok yayın bulunmaktadır. Bunlara ikinci bölümde değinildiği için tekrar verilmemiştir.

### **3.4. Optimum Tasarım Teknikleri**

Yapı mühendisi için, problemini optimum tasarım problemi olarak ifade etmesi yanında, çözümünde kullanacağı tekniğin seçimi de önem taşımaktadır. Genel olarak, yapı mühendisliği tasarımlarında kullanılan optimum tasarım teknikleri üç farklı yaklaşım içinde kategorize edilebilirler. Bunlar: matematik programlama, optimumluk kriteri metodu ve yapay zekaya dayalı arama metotlardır. Bunların içinde, son yıllarda bilgisayarların da gelişmesine bağlı olarak, yapay zekaya dayalı yöntemlerin popülerliği gittikçe artmaktadır. Özellikle yapay zeka tekniklerinin kullanımı ile geliştirilen teknikler yardımıyla, problemin matematiksel bir ifadesinin olup olmamasına bakılmaksızın her türlü problem rahatlıkla bilgisayar ortamında çözülebilmektedir.

#### **3.4.1. Matematik Programlama**

Matematiksel olarak optimizasyon problemi, değişkenlere bağlı olarak değer alan amaç fonksiyonun belli sınırlayıcılar kullanılarak minimum değerinin aranması olarak tanımlanmaktadır. Sınırlayıcılar, problemde değişkenlere bağlı olarak hesaplanan bir takım fonksiyonlar olup, ulaşılan optimum çözümün geçerli olabilmesi için bu fonksiyonların aldığı değerlerin de belli sınırlar içerisinde kalmasını sağlarlar. Matematik programlama kendi içinde, lineer programlama ve lineer olmayan programlama olarak iki gruba ayrılmaktadır. Lineer programlamanın en önemli özelliği, amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıların, tasarım değişkenlerinin lineer bir kombinasyonu olarak ifade edilmesidir. Lineer programlama tekniklerinin yapısal optimizasyon problemlerine uygulanabilmesi için, amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıların tasarım değişkenleriyle arasındaki ilişkisinin lineer hale getirilmesi zorunlu olmaktadır. Lineer olmayan programlamada ise amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılar tasarım değişkenlerinin lineer olmayan bir fonksiyonudur.

### 3.4.2. Optimumluk Kriteri Yöntemi

Bu yöntem problemin fiziki karakterini hesaba katarak, yapının davranışlarıyla ilgili bir kriter belirlemede, kesin veya yaklaşık hesaba ve hatta sezgiye dayanan ifadelerle kurulmuş olabilmektedirler. Yapı bu kriteri sağlayacak şekilde boyutlandırıldığında, amaç fonksiyonu da aynı zamanda optimum değerini almış olmaktadır. Optimumluk kriteri yöntemi tasarım değişkenlerinin sürekliliği esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde ayrık tasarım değişkenlerinin kullanımının gerekliliği durumunda, alışlagelmiş iki adımlı yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemde ilk olarak, sürekli değişkenler kullanılarak optimizasyon problemi çözülmekte, ikinci olarak ise, sürekli değişkenler kullanılarak elde edilen değerler yerine ayrık değişkenlerden en yakın olana yuvarlatılarak sonuca gidilmektedir. Optimumluk kriteri yöntemi, tasarım değişkeni olarak yapı elamanının tek bir enkesit özelliğini kullanmaktadır. Diğer enkesit özelliklerinin tamamı tasarım değişkeni olarak seçilen enkesit özelliğinin bir fonksiyonu olarak ifade edilmektedirler.

### 3.4.3. Genetik Algoritma

Genetik algoritma, genetik evrim mekanizmasını model olarak alan bir strateji ve bir optimizasyon tekniğidir (Holland 1975; Goldberg 1989). Genetik algoritmanın özü en iyinin hayatta kalması ve adaptasyonu esasına dayanır. Genetik algoritma, her ne kadar belirli kriterler sayesinde en iyiyi bulmaya yönlendirilmiş bir arama yöntemi ise de, yine de en iyi çözümü bulması garanti değildir. Fakat yapılan çalışmalar göstermiştir ki genetik algoritmalar ile yapılan optimizasyon çalışmalarının çoğunda ulaşılan sonuçlar, uygulanabilirlik açısından, diğer optimizasyon teknikleriyle elde edilenlerden daha kullanılabilir olmaktadır. Darwin'in, güçlülerin hayatlarını devam ettirirken güçsüzlerin yok olacağı prensibine göre, iyi olan bireyler varlıklarını bir sonraki nesle aktarırlarken zayıf bireyler bir sonraki nesilde bulunmayacaklardır. Dolayısıyla da daha sonraki nesiller bu iyi bireylerin eşleşmesi sonucunda oluşacak bireylerden ibaret olacaktır. Bu yaklaşımla bir sonraki nesildeki bireylerin kalitesinin bir önceki nesildekilerden daha iyi olacağını rahatlıkla söylemek mümkün olmaktadır. Böylece nesiller boyu devam edecek evrim sonucunda topluluk içindeki bireylerin kalitesi gittikçe artacak ve sonunda mükemmel bireylerden oluşan bir topluluğa ulaşılacaktır (Zalzala ve Fleming 1997; Kamat 1993).

## 4. GENETİK ALGORİTMAYLA İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

### 4.1.Tarihçesi

Michigan Üniversitesinde psikoloji ve bilgisayar bilimi uzmanı olan John Holland bu konuda ilk çalışmaları yapan kişidir. Mekanik öğrenme (machine learning) konusunda çalışan Holland, Darwin'in evrim kuramında etkilenecek canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşünmüştür. Tek bir mekanik yapının öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine böyle yapılarda oluşan bir topluluğun çoğalma, çiftleşme, mutasyon, vb. genetik süreçlerden geçerek başarılı (öğrenebilen) yeni bireyler oluşturabildiğini görmüştür. Araştırmalarını, arama ve optimumu bulma için, doğal seçme ve genetik evrimden yola çıkarak yapmıştır. İşlem boyunca, biyolojik sistemde bireyin bulunduğu çevreye uyum sağlayıp daha uygun hale gelmesi örnek alınarak, optimum bulma ve makine öğrenme problemlerinde, bilgisayar yazılımı modellenmiştir. Çalışmalarının sonucunu açıkladığını kitabının (Holland 1975) yayınlanmasından sonra geliştirdiği yöntemin adı Genetik Algoritmalar (ya da kısaca GA) olarak yerleşti. Ancak 1985 yılında Holland'ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989 da konusunda bir klasik sayılan kitabını (Goldberg 1989) yayınladığına dek genetik algoritmaların pek pratik yararı olmayan bir araştırma konusu olduğu düşünülüyordu. İlk olarak Hollanda' da makine öğrenme sistemlerine yardımcı olarak kullanılmış daha sonra Goldberg ve diğerleri (Goldberg ve diğerleri 1986) tarafından analiz edilmiştir. Goldberg, GA'nın çok sayıda kollara ayrılmış gaz borularında, gaz akısını düzenlemek ve kontrol etmek için uygulamasını tanımlamıştır. Ayrıca kendisinin kullandığı makine öğrenmesi, nesne tanıma, görüntü işleme ve işlemsel arama gibi alanlarda kullanıldığını vurgulamıştır. Goldberg'in gaz boru hatlarının denetimi üzerine yaptığı doktora tezi ona sadece 1985 National Science Foundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmadı, genetik algoritmaların pratik kullanımının da olabilirliğini kanıtlamıştır. Ayrıca kitabında genetik algoritmalara dayalı tam 83 uygulamaya yer vererek GA'nın dünyanın her yerinde çeşitli konularda kullanılmakta olduğunu göstermiştir.

### 4.2.Tanımı ve Temel Teoremi

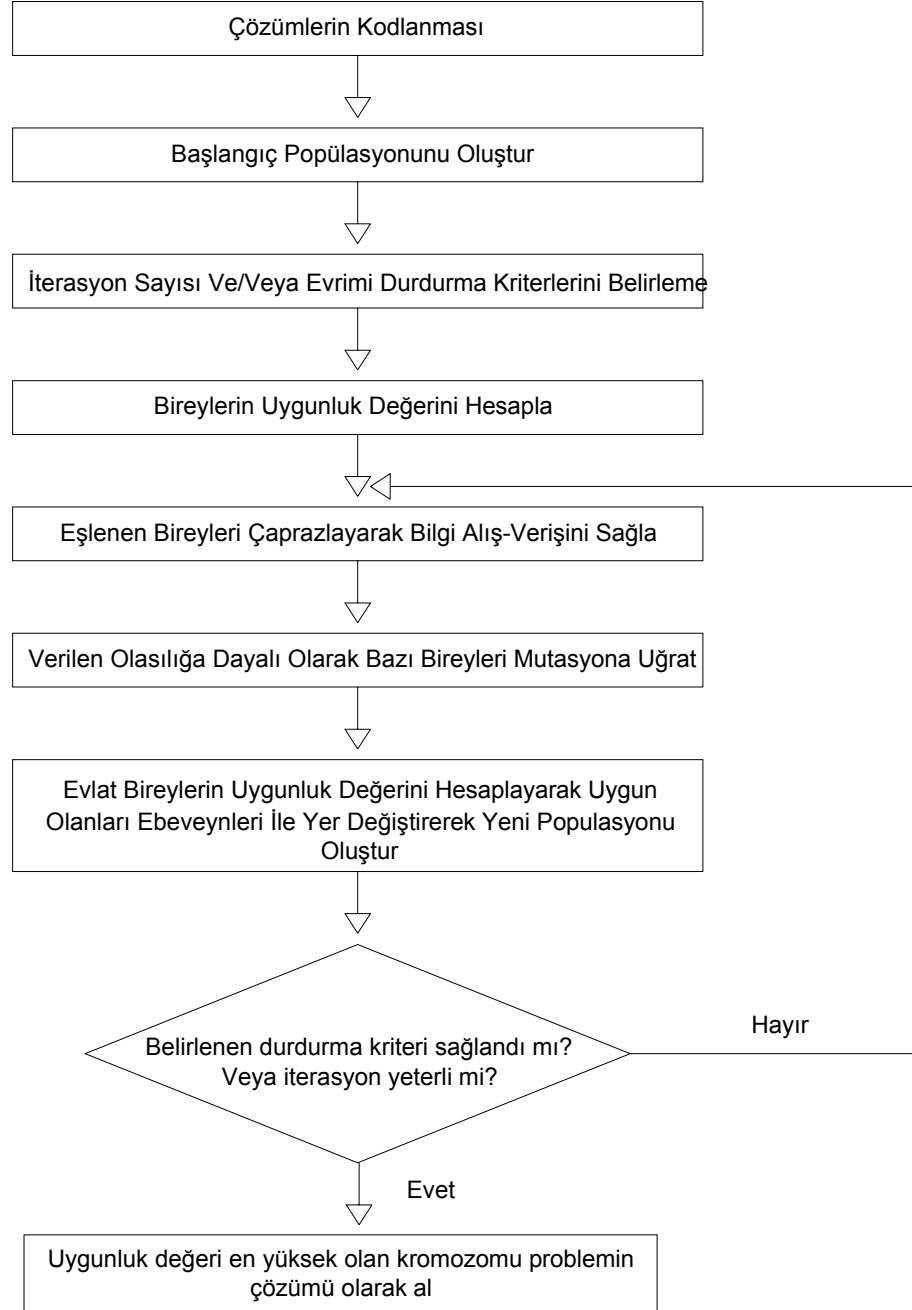
GA'nın temel teoremine göre: Popülasyon ortalamasının üstünde uyum gücü gösteren diziler zamanın ilerlemesiyle üstsel olarak çoğalırlar. Bu çoğalma, genetik işlemler aracılığı ile

gerçekleşmektedir ve sonucunda ana-babadan daha üstün özellikler taşıyan bireyler ortaya çıkmaktadır. Bu çözüm kalitesinin nesilden kuşağa artması iki nedene bağlanmaktadır (Yeniay 2001):

- Başarısız olan bireylerin üreme şansları azaltıldığı için kötüye gidiş zorlaşmaktadır,
- GA'ların yapısı kötüye gidisi engellemekle kalmamakta, GA'ların temel teoremi uyarınca zaman içinde hızlı bir iyiye gidiş de sağlayabilmektedir.

GA'lar, her zaman, optimum çözüm olmasa da, optimuma yakın çözümleri garanti ederler. Bir problemin GA ile çözümünde takip edilecek işlem adımları şöyledir (Croce 1995):

- Arama uzayındaki bütün muhtemel çözümler, dizi olarak kodlanır. Bu diziyi (kromozomu) oluşturan her bir elemana gen denir. Her bir dizi, arama uzayında belirli bir bölgeye karşılık gelir,
- Genellikle gelişigüzel bir çözüm seti seçilir ve başlangıç popülasyonu olarak kabul edilir,
- Her bir dizi için uygunluk değeri hesaplanır, bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir,
- Bir grup dizi (kromozom) belirli bir olasılık değerine göre rastgele olarak seçilip üreme işlemi gerçekleştirilir,
- Üreme işleminde, çeşitli genetik operatörler kullanılır,
- Yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak, çaprazlama ve mutasyon işlemine tabi tutulur,
- Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca veya belirlenen bir yakınsama kriteri sağlanıncaya kadar yukarıdaki işlemler devam eder,
- İterasyon, yakınsama kriteri sağlanınca veya nesil sayısına ulaşıncaya işlem bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan dizi optimum çözüm olarak seçilir. GA'lar bir çözüm uzayındaki her noktayı, kromozom adı verilen ikili bit dizisi ( 0 veya 1'den oluşan) ile kodlar. Her noktanın bir uygunluk değeri vardır. Tek bir nokta yerine, GA 'lar bir popülasyon olarak noktalar kümesini muhafaza eder. Her nesilde, GA, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörleri kullanarak yeni bir popülasyon oluşturur. Birkaç nesil sonunda, popülasyon daha iyi uygunluk değerine sahip üyeleri içerir. Bu, Darwin'in rastgele mutasyona ve doğal seçime dayanan evrim modellerine benzemektedir. GA'lar, çözümlerin kodlanmasını, uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içerir (Jang 1997). GA'ların genel işleyişi şekil 4.1. 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Genetik Algoritmanın Genel İşleyişi

Algoritmanın adımları, kısaca aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

1. **Çözümlerin Kodlanması:** Bir problemin çözümü için GA geliştirmenin ilk adımı, tüm çözümlerin aynı boyutlara sahip bitler dizisi biçiminde gösterilmesidir. Dizilerden her biri, problemin olası çözümler uzayındaki rastgele bir noktayı simgeler (Yeniay 2001). Parametrelerin kodlanması, probleme özgü bilgilerin GA'nın kullanacağı şekle çevrilmesine olanak tanır.
2. **Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması:** Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur. Bu gruba popülasyon, çözümlerin kodlarına da kromozom adı verilir. İkili kodlamanın kullanıldığı kromozomların gösteriminde, ilk popülasyonun oluşturulması için rastgele sayı üreticileri kullanılabilir. Rastgele sayı üreticisi çağrılır ve değer 0,5'ten küçükse konum 0'a, değilse 1 değerine ayarlanır (Yeo ve Agyel 1998). GA'larda ikili kodlama yöntemi dışında, çözümü aranan probleme bağlı olarak farklı kodlama yöntemleri de kullanılmaktadır (Jang 1997).
3. **Uygunluk Değerinin Hesaplanması:** Bir nesil oluşturulduktan sonraki ilk adım, popülasyondaki her üyenin uygunluk değerini hesaplama adımıdır. Örneğin bir maksimizasyon problemi için  $i$ . üyenin uygunluk değeri  $f(i)$ , genellikle o noktadaki amaç fonksiyonunun değeridir (Jang 1997). Çözümü aranan her problem için bir uygunluk fonksiyonu mevcuttur. Verilen belirli bir kromozom için uygunluk fonksiyonu, o kromozomun temsil ettiği çözümün kullanımıyla veya yeteneğiyle orantılı olarak sayısal bir uygunluk değeri verir. Bir çözümün uygunluk değeri ne kadar yüksekse, yaşama ve çoğalma sansı o kadar fazladır ve bir sonraki nesilde temsil edilme oranı da o kadar yüksektir (Yeniay 2001).
4. **Çoğalma İşleminin Uygulanması:** Çoğalma işleminde diziler, amaç fonksiyonuna göre kopyalanır ve iyi kalıtsal özellikleri gelecek kuşağa daha iyi aktaracak bireyler seçilir. Üreme operatörü yapay bir seçimdir. Dizileri uygunluk değerlerine göre kopyalama, daha yüksek uygunluk değerine sahip dizilerin, bir sonraki nesildeki bir veya daha fazla yavruya daha yüksek bir olasılıkla katkıda bulunması anlamına gelmektedir. Çoğalma, bireyleri seçme işleminden, seçilmiş bireyleri bir eşleme havuzuna kopyalama işleminden ve havuzda bireyleri çiftler halinde gruplara ayırma işleminden oluşur (Fırlı, Engin 2002). Uygunluk değerinin hesaplanması adımıdan sonra mevcut nesilden yeni bir popülasyon oluşturulur. Seçim işlemi, bir sonraki nesil için yeni nesil üretmek amacı ile hangi ailelerin yer alması gerektiğine karar vermektedir. Bu doğal seçimdeki en uygunun yaşaması durumuna benzerdir (Jang 1997).

5. Çaprazlama İşleminin Uygulanması: Mevcut gen havuzunun potansiyelini araştırmak üzere, bir önceki nesilden daha iyi nitelikler içeren yeni kromozomlar yaratmak amacıyla çaprazlama operatörü kullanılmaktadır. GA'nın performansını etkileyen önemli parametrelerden biri olan çaprazlama operatörü doğal popülasyonlardaki çaprazlamaya karşılık gelmektedir. Çoğalma işlemi sonucunda elde edilen yeni popülasyondan rastgele olarak iki kromozom seçilmekte ve karşılıklı çaprazlama işlemine tabi tutulmaktadır (Engin 2001)

6. Mutasyon İşleminin Uygulanması: Çaprazlama, mevcut gen potansiyellerini araştırmak üzere kullanılır. Fakat popülasyon gerekli tüm kodlanmış bilgiyi içermeyen ise çaprazlama tatmin edici bir çözüm üretemez. Bundan dolayı, mevcut kromozomlardan yeni kromozomlar üretme yeteneğine sahip bir operatör gerekmektedir. Bu görevi mutasyon gerçekleştirir (Goldberg 1989). İkili kodlama sisteminin kullanıldığı problemlerde mutasyon, düşük bir olasılık değeri altında bir bit değerini (0 veya 1 olabilir) diğer bit değerine dönüştürür, ikili kodlama sisteminin kullanılmadığı problemlerde ise daha farklı mutasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, mutasyonun genel amacı, genetik çeşitliliği sağlamak veya korumaktır (Braysy 2001).

7. Yeni Popülasyonun Oluşması ve İterasyonun Durdurulması: Yeni nesil çoğalma, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra tanımlanmakta ve bir sonraki kuşağın ebeveynleri olmaktadır. Süreç yeni nesille çoğalma için belirlenen uygunluk ile devam eder. Bu süreç önceden belirlenen nesil sayısı kadar veya bir hedefe ulaşılmaya kadar ya da başka bir durdurma kriteri sağlanana kadar devam eder. İstenen hassasiyet derecesine göre de maksimum iterasyon sayısı belirlenebilmekte ve iterasyon bu sayıya ulaştığında döngü durdurulabilmektedir. Durdurma kriteri iterasyon sayısı olabileceği gibi hedeflenen uygunluk değeri de olabilmektedir (Fung ve diğerleri 2001).

### **4.3.Genetik Algoritmada Kullanılan Temel Kavramlar**

#### **4.3.1.Gen**

Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birimdir(Engin 2001). Örneğin ikili sistem kullanıldığında 0 veya 1 sayıları genleri temsil eder. Genlere dizinin bit'leri de denir.

### 4.3.2.Kromozom

Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif uygun çözümleri gösterirler. (Engin 2001)

### 4.3.3.Popülasyon

Kromozomlardan oluşan topluluğa popülasyon denir. Popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) genelde sabit tutulur. GA'da popülasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural yoktur. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi (iterasyon sayısı) artar (Ghedjati 1999).

GA'yı diğer arama yöntemlerinden farklı kılan özellikler (Goldberg 1989):

- GA, parametre setlerinin kodları ile ilgilenir, parametrelerin kendileri ile doğrudan ilgilenmez,
- GA'nın arama alanı, yığının veya popülasyonun tamamıdır; tek nokta veya noktalarda (çözüm kümesinin daraltılmış bölgelerinde) arama yapmaz,
- GA'da, amaç fonksiyonu kullanılır, sapma değerleri veya diğer hata faktörler kullanılmaz,
- GA'ların uygulanmasında kullanılan operatörler, stokastik yöntemlere dayanır, deterministik yöntemler kullanılmaz.

## 4.4.Genetik Operatörler

### 4.4.1.Üreme

Üreme işlemi, daha geniş uygunluk değerlerine sahip dizilerin daha yüksek olasılıkla yeni nesilde geniş sayıda kopyalarını üretebilen işlemdir. Uygunluk değeri, ortalama değer ile normalize edilir. Üreme için diziler, ortalama uygunluk değerinin altındaki dizilerden daha fazla ürüne sahip olur. Uygunluk değerlerine göre dizileri kopyalamak, bir sonraki nesilde daha fazla ürünün oluşma olasılığının yüksek olması demektir. Doğal seçim, oluşturulan diziler arasından en uygun olanının kalması olarak tanımlandığında bu işlem, doğal seçimin yapay sürümü olacaktır.

### 4.4.2.Çaprazlama

GA içinde çaprazlama işlemi bireyler arasındaki bilgi değişimini gerçekleştirerek daha iyi bireylerin üretilmesini sağlar. Çaprazlama yapılırken iki bireyin belirli genleri karşılıklı olarak yer değiştirir. Böylelikle iki yeni birey başka bir deyişle iki yeni olası çözüm üretilmiş olur. Çaprazlama işlemi gerçekleştirilmek için ilk olarak üreme işlemi ile oluşturulmuş eşleştirme



havuzundaki yeni kopyalanmış dizinin elemanları rasgele eşlenir. İkinci olarak, seçilen dizilerin bitleri, rastgele seçilmiş çaprazlama noktasından itibaren karşılıklı olarak değiştirilirler. Çaprazlamalar, problemlerin türüne göre değişiklikler göstermektedir. Üniform çaprazlama en çok kullanılan çaprazlama türlerindedir.

#### 4.4.2.1. Üniform Çaprazlama

Bu çaprazlama türünde bir çaprazlama olasılığı belirlenir. Rastgele sayı üretici ile 0 ile 1 arasında her gen için bir sayı üretilir. Eğer bu sayı çaprazlama olasılığından küçükse karşılıklı olarak o genler yer değiştirir. Örnek olarak üçüncü gen yer değiştirirse iki yeni çocuk elde edilir.

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Ebeveyn 1 0 1 1 0 1 0 1 | 1. Çocuk 1 0 0 1 0 1 1 1 |
| 2. Ebeveyn 1 1 0 1 1 1 1 0 | 2. Çocuk 1 1 1 1 1 1 0 0 |

Üniform çaprazlamanın dışında tek noktalı çaprazlama, iki noktalı çaprazlama, dairesel çaprazlama, çok noktalı çaprazlama gibi probleme uygulanabilen çaprazlama çeşitleri de bulunmaktadır.

##### 4.4.2.1.1. Tek Noktalı Çaprazlama

Tek nokta çaprazlamada, 1 ve dizi uzunluğu boyunca rastgele bir  $n$  tamsayı seçilir. Sonra 1 ve  $n$  arasındaki genler karşılıklı değiştirilir. Örneğin 1 ve 8 arasında rastgele 5'in seçildiğini farz edelim. Çaprazlama sonunda aşağıdaki iki yeni birey elde edilir.

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Ebeveyn 0 0 0 0 1 1 1 1 | 1. Çocuk 1 1 1 1 0 1 1 1 |
| 2. Ebeveyn 1 1 1 1 0 0 0 0 | 2. Çocuk 0 0 0 0 1 0 0 0 |

Tek noktalı çaprazlamada  $(n+1)$  inci genden sonraki karşılıklı bütün genlerin değiştirildiği uygulamalarda mevcuttur.

##### 4.4.2.1.2. İki Noktalı Çaprazlama

Burada, dizi uzunluğu boyunca rastgele iki tamsayı pozisyonu seçilir. Sonra bu iki pozisyon arasındaki genler karşılıklı olarak değiştirilir. Örneğin 1 ile 8 arasındaki rastgele 4 ve 6 sayıları seçilsin. Çaprazlama sonucunda aşağıdaki iki yeni birey elde edilir.

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Ebeveyn 0 0 0 0 1 1 1 1 | 1. Çocuk 0 0 0 1 0 0 1 1 |
| 2. Ebeveyn 1 1 1 1 0 0 0 0 | 2. Çocuk 1 1 1 0 1 1 0 0 |

#### 4.4.3.Mutasyon

Popülasyon içerisinde tek tip bireyler varsa çaprazlamalarından elde edilecek bireylerde yine aynı tip olur. Dolayısıyla popülasyonu oluşturan bireyler arasında çeşitlilik olmaz. Bunu engellemek için mutasyon işlemcisi kullanılır. Bu çalışmada kullanılan işlemci, yer değiştirme (mutasyon) işlemcisidir. Bu işlemcide her gen için sıfırla bir arasında rastgele bir sayı seçilir ve önceden belirli mutasyon olasılığıyla karşılaştırılır. Eğer seçilen sayı mutasyon olasılığından küçükse, birey içinde o genin değeri diğer gen değeriyle değiştirilerek yeni bir birey üretilir. Yani; ikili kodlamada “1” olan gen “0” olur, “0” olan gen ise “1” olur. Aksi durumda birey değişikliğe uğramadan olduğu gibi kalır.

#### 4.4.4.Çaprazlama Ve Mutasyon Olasılığı

GA tekniğinin çaprazlama olasılığı ve mutasyon olasılığı olmak üzere iki basit parametresi vardır. Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Eğer hiç çaprazlama yapılmaz ise (çaprazlama olasılığı %0) yeni bireyler eski bireylerin aynısı olur ama bu yeni kuşağın eskisiyle aynı olacağı anlamına gelmez. Eğer bu oran %100 olursa yeni bireyler tamamıyla çaprazlama ile elde edilir. Çaprazlama eski bireylerden iyi taraflar alınarak elde edilen yeni bireylerin daha iyi olması umuduyla yapılır. Mutasyon olasılığı ise mutasyonun hangi sıklıkta yapılacağını belirtir. Mutasyon olmaz ise yeni birey çaprazlama veya kopyalama sonrasında olduğu gibi kalır. Eğer mutasyon olur ise yeni bireyin bir kısmı değiştirilmiş olur. Eğer bu oran %100 olursa nesil içindeki bireyler tamamen değişir, %0 olursa hiç değişmeden kalır.

#### 4.4.5.Fonksiyon Maksimizasyon Örneği

Buradaki amaç genetik algoritmanın bilgisayarda nasıl çalışacağını açıklayıcı şekilde anlatmaktır. Amaç fonksiyonu:  $f(x)=x^2$ ,  $x \in [0,69]$  şeklinde verilen bir fonksiyonun, verilen aralıkta maksimizasyonunun yapılması istenmektedir. Bir fonksiyon maksimizasyon örneğinin çözümünü adım adım açıklayacak olursak;

**1. Adım:** İlk olarak  $x$  sayısının kodlanması işlemi yapılmalıdır.  $x$ 'in 0 ve 1'lerden oluşan ikili tabandaki gösterimi kullanılacaktır. Dolayısıyla  $x$ , 7 bit uzunluğunda bir kodla temsil edilecektir.

**2. Adım:** Toplumun birey sayısı  $n$ : 4 olarak seçilmiştir. Toplumu oluşturan dört birey, her biri 7 bit uzunluğunda birer kromozomla temsil edildiği için toplam 28 kere yazı tura atmak suretiyle belirlenmiştir. Elde edilen birey kromozomları aşağıdadır.

Birey 1: 0110101  $x = 53$   $x^2 = 2809$

Birey 2: 1100010  $x = 98$   $x^2 = 9604$

Birey 3: 0100010  $x = 34$   $x^2 = 1156$

Birey 4: 1001101  $x = 77$   $x^2 = 5929$

**3. Adım:** Yukarıda belirlenen bireyler için  $f(x)=x^2$ , bireylerin uygunluk değerlerini verir. Dört bireyin toplam uygunluk değerleri “ $2809+9604+1156+5929=19498$ ” dur. Dolayısıyla her bir bireyin rulet tekerleğinde kaplayacağı alan şu şekilde hesaplanır:

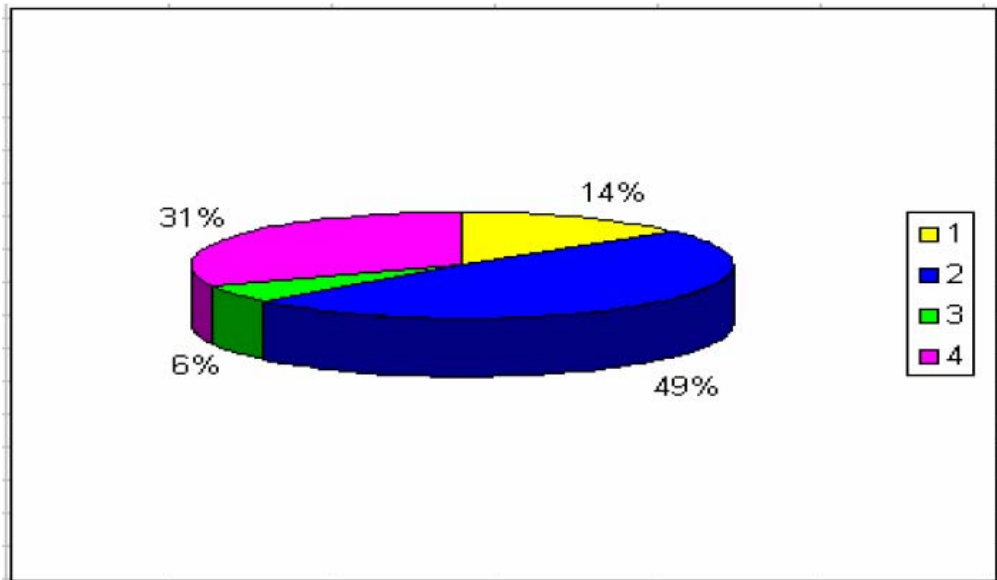
Birey 1:  $2809/19498 = 0.14$  : %14

Birey 2:  $9604/19498 = 0.49$  : %49

Birey 3:  $1156/19498 = 0.06$  : %6

Birey 4:  $5929/19498 = 0.31$  : %31

Bu değerler, rulet tekerleğinin her çevrilişinde hangi olasılıkla hangi bireyin seçileceğini belirtir, yani 0.14 olasılıkla 1 numaralı birey seçilecektir. Rulet tekerleği ve bireylerin tekerlek üzerindeki dağılımları Şekil 4.2.’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Rulet Tekereği Dağılımı

**4. Adım:** Toplumdaki birey sayısının sabit kaldığı varsayıldığından dolayı, rulet tekerleği 4 kere çevrilerek eşleşme havuzu oluşturulacaktır. Rulet tekerleği döndürülmüş ve şu sonuçlar elde edilmiştir.

Birey 1 : 1 kere

Birey 2 : 2 kere

Birey 3 : 0 kere

Birey 4 : 1 kere

Bunun sonucunda elde edilen eşleşme havuzu şu şekildedir;

Aday 1 : 0110101 (Birey 1)

Aday 2 : 1100010 (Birey 2)

Aday 3 : 1100010 (Birey 2)

Aday 4 : 1001101 (Birey 4)

**5. Adım:** Eşleşme havuzu belirlendikten sonra iki aşamalı çaprazlama uygulanır. İlk aşamada adaylar çiftleşmek üzere rastgele olarak eşlenirler. Her ikili grup için bir kere zar atılarak çaprazlamanın oluşacağı nokta belirlenir. Rastgele eşleştirme yapılmış ve bunun sonucunda ( Aday 1, Aday 2) ve (Aday 3, Aday 4) ikili grupları oluşmuştur. Çaprazlama noktaları da zar atılarak 1. Grup için  $k=4$  ve 2. Grup içinde  $k=2$  olarak belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra çaprazlama gerçekleştirilmiş ve şu sonuçlar oluşmuştur (çaprazlama noktaları“/” ile belirtilmiştir).

Çiftleşme grubu 1: ( $k=4$ )

Aday 1 : 0110/101 oluşan Birey 1 : 0110010

Aday 2 : 1100/010 oluşan Birey 2 : 1100101

Çiftleşme grubu 2 : ( $k=2$ )

Aday 3 : 11/00010 oluşan Birey 3 : 1101101

Aday 4 : 10/01101 oluşan Birey 4 : 1000010

**6. Adım:** Son aşama olan mutasyon bitler düzeyinde uygulanır. Bu örnekte her bir bit için (toplam 24 bit var) mutasyon olma olasılığı 0.01 olarak seçilmiştir. Dolayısıyla her bir bit için ağırlıklı yazı/tura (mutasyon olasılığına göre) atılarak hangi bitlerin mutasyona uğrayacağı belirlenir. Bu işlem yapılmış ve sonuçta oluşan birey 3'ün 2 numaralı bitinde mutasyon olacağı ortaya çıkmıştır.

Oluşan Birey 3 : 1101101

Mutasyon sonucu oluşan Birey 3 : 1001101

Bu adımın tamamlanmasıyla bir sonraki kuşağı oluşturacak toplumun bireyleri belirlenmiş olur. Yeni toplum şu şekildedir;

Birey 1 : 0110010  $x=50$   $x^2=2500$

Birey 2 : 1100101  $x=81$   $x^2=6561$

Birey 3 : 1001101  $x=77$   $x^2=5929$

Birey 4 : 1000010  $x=66$   $x^2=4356$

3 temel operatörden oluşan genetik algoritma her aşamada yeni oluşan kuşağa uygulanarak bir sonraki nesil elde edilecektir. Yukarıdaki örnekte tek bir iterasyon yapılmış ve başlangıç toplumundan bir sonraki nesil oluşturulmuştur ancak genetik algoritmanın çalışmasının tam olarak gözlenebilmesi için tek bir iterasyon yeterli değildir. Yukarıdaki işlemlerde her şey çok fazla rastgele gibi görünse de, uygunluk değeri yüksek olan bireylerin seçilme ve çiftleşme olasılıkları yüksek olduğu için nesiller ilerledikçe toplumu oluşturan bireylerin uygunluk değerlerinin ortalamasının da arttığı gözlenecektir. Bunun için ise tek bir iterasyon yeterli değildir.

## 5. ÇELİK ÇERÇEVELERİN GENETİK ALGORİTMAYLA OPTİMUM TASARIMI VE BİLGİSAYAR PROGRAMLAMASI

### 5.1.Giriş

Çelik çerçevelerin GA ile tasaramında, bir tasarım değişkeni (örneğin çelik profil tip ve numarası) , belirlenmiş bir ayrık tasarım değişkenleri takımında (örneğin çelik profil kesitleri listesinde) bir sıra numarasına sahiptir. Bu numaralar için ikili kodlama sistemi kullanılmaktadır. Bir topluluktaki bireyler 1 veya 0 karakterlerinden oluşan sonlu uzunluktaki dizilerdir. Bireyler kromozomlar, 1 ve 0 karakterleri ise yapay genler olarak adlandırılırlar. Bir dizi, her biri bir tasarım değişkenini temsil eden bir takım alt dizilerden oluşmaktadır. GA’da belirli sayıda bireylerden (çelik çerçevelerden) oluşan bir başlangıç topluluğu (popülasyonu) rastgele seçilir. Bu topluluğa üreme operatörü uygulanır her birey uygunluklarıyla orantılı olarak kopyalanarak eşleşme havuzuna gönderilir. Bu arada uygunlukları düşük olan bireyler topluluktan çıkarılır. Daha ağır, gerilme ve deplasman sınırlamalarını sağlamayan bireyler uygunluğu daha düşük olan bireyler olarak kabul edilirler. Bu yeni kopyalar eşleşme havuzunda rastgele eşleştirilir ve her çiftte çaprazlama (kromozomların belirli bir bölgesinde karşılıklı genlerin değiştirilmesi) uygulanarak yeni evlatlar (yeni çerçeveler) ve bunların oluşturduğu yeni topluluk (nesil) elde edilir. Yeni topluluktaki her evlada mutasyon operatörü uygulanır. Bu operatör topluluktaki her yeni bireye önceden belirlenmiş bir olasılıkla uygulanır. Bu operatörle bireyden rastgele seçilen bir gen 0’dan 1’e veya 1’den 0’a değiştirilir. Yeni topluluk başlangıç topluluğu ile yer değiştirir. Aynı işlemler yeni topluluk (nesil) üzerinde uygulanır. Bu işlemlere Bölüm 5.2.2’de anlatılan durdurma kriterleri sağlanıncaya kadar devam edilir. Bu durumda toplulukta maksimum uygunluk değerine sahip birey (çelik çerçeve) optimum çözüm olarak belirlenir.

### 5.2.Optimum Tasarım Problemi ve Algoritması

#### 5.2.1. Optimum Tasarım Problemi

Deplasman ve gerilme sınırlayıcıları altında emniyet gerilmeleri (ASD), yük ve dayanım faktörü tasarımı (LRFD) yönetmeliklerine göre çelik çerçevelerin optimum tasarım problemi; aşağıda

ifadesi verilen yapı ağırlık fonksiyonunu minimize eden  $A_k$  ( $k$  no.lu eleman grubunun en kesit alanı) tasarım değişkenleri takımının bulunması şeklinde tanımlanabilir.

$$W(x) = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{mk} \rho_i L_i \quad (5.1)$$

Burada  $mk$   $k$  no.lu gruptaki toplam eleman sayısını,  $\rho_i$  ve  $L_i$   $i$  no.lu elemanın yoğunluğunu ve boyunu,  $ng$  ise çerçevedeki toplam grup sayısını göstermektedir. GA'lar sınırlayıcısız optimizasyon problemleri için uygundur. Bu nedenle buradaki sınırlayıcı optimizasyon problemini sınırlayıcısız probleme dönüştürmek gerekmektedir. Bu çalışmada sınırlayıcılar için normalize edilen sınırlayıcıların ihlal edilmesi esasına dayanan bağıntılar verilecektir. Normalize edilmiş sınırlayıcılar aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Deplasman sınırlayıcıları,

$$g_{jl}(x) = \frac{\delta_{jl}}{\delta_j^u} - 1, 0 \leq 0 \quad , \quad j = 1, \dots, m \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.2)$$

şeklinde. Burada  $\delta_{jl}$   $j$ 'nci sınırlanmış deplasmanın değerini,  $\delta_j^u$  ise onun üst sınırını,  $m$  ise çerçevedeki sınırlanmış deplasmanların toplam sayısını,  $nl$  ise toplam yük kombinasyonlarının sayısını göstermektedir. ASD yönetmeliğine göre bileşik gerilme sınırlayıcıları, aksel basınç ve eğilmeye maruz çubuklar için :

$$g_{il}(x) = \left[ \frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{max} f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ax}}\right) F_{bx}} \right]_{il} - 1, 0 \leq 0 \quad , \quad i = 1, \dots, nc \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.3)$$

$$g_{il}(x) = \left[ \frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right]_{il} - 1, 0 \leq 0 \quad , \quad i = 1, \dots, nc \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.4)$$

veya  $f_a / F_b \leq 0.15$  olması durumunda, (5.3) ve (5.4) denklemlerinin yerine (5.5) kullanılır.

$$g_{il}(x) = \left[ \frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right]_{il} - 1,0 \leq 0 \quad , \quad t = 1, \dots, nc \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.5)$$

Eksenel çekme ve eğilmeye maruz çubuklar için :

$$g_{il}(x) = \left[ \frac{f_a}{F_t} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} \right]_{il} - 1,0 \leq 0 \quad , \quad t = 1, \dots, nb \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.6)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada,  $nc$  eksenel basınç ve eğilmeye maruz çubukların,  $nb$  ise eksenel çekme ve eğilmeye maruz çubukların toplam sayılarını göstermektedir. (5.3)-(5.6) denklemlerinde,  $b$ ,  $m$  ve  $e$  alt indisleriyle kullanılan  $x$  alt indisi kesitlerin eğilme eksenini temsil etmektedir. (5.3)-(5.5) denklemlerinde  $F_a$  yalnız eksenel basınç kuvveti etkimesi halinde emniyet gerilmesini,  $F_b$  yalnız eğilme momenti etkimesi halinde eğilme-basınç emniyet gerilmesini,  $F_e$  emniyet katsayısına bölünmüş Euler gerilmesini,  $f_a$  hesaplanan eksenel basınç gerilmesini,  $f_b$  hesaplanan basınç-eğilme gerilmesini ve  $C_m$  yanıl ötelenmesi önlenmemiş çerçevelerin basınç elemanları için 0,85 olarak alınan bir katsayıyı göstermektedir. (5.6) denkleminde  $f_a$  hesaplanan eksenel çekme gerilmesini,  $f_b$  hesaplanan eğilme-çekme gerilmesini,  $F_b$  eğilme emniyet gerilmesini,  $F_t$  hakim çekme emniyet gerilmesini belirtmektedir. Emniyet gerilmeleri, Euler gerilmesi ve diğer ayrıntılar ASD emniyet gerilmeleri tasarımı yönetmeliğinde ayrıntılı olarak verilmektedir. LRFD yönetmeliği için gerilme sınırlayıcıları aşağıdaki etkileşim denklemleri şeklinde ifade edilir. Eğilme momenti ve eksenel kuvvete maruz çubuklar için:

$$\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0.2 \quad \text{için}$$

$$g_{il}(x) = \left( \frac{P_u}{\phi P_n} \right)_{il} + \frac{8}{9} \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right)_{il} - 1.0 \leq 0 \quad t = 1, \dots, nm \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.7)$$

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 0.2 \quad \text{için}$$



$$g_{il}(x) = \left( \frac{P_u}{2\phi P_n} \right)_{il} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right)_{il} - 1.0 \leq 0 \quad i = 1, \dots, nm \quad , \quad l = 1, \dots, nl \quad (5.8)$$

Burada  $nm$  çerçevedeki toplam eleman sayısıdır.

Eğer aksenal kuvvet çekme ise, (5.7) ve (5.8) denklemlerindeki terimler şu şekilde tanımlanabilir:

$P_u$  = Gerekli çekme dayanımı,

$P_n$  = Nominal çekme dayanımı,

$M_{ux}$  = Kesidin ana eksenine göre gerekli eğilme dayanımı,

$M_{nx}$  = Kesidin ana eksenine göre nominal eğilme dayanımı,

$\phi = \phi_t$  çekme için dayanım faktörüdür (0.90' a eşittir.),

$\phi_b$  = Eğilme için dayanım faktörüdür (0.90' a eşittir.).

Eğer (5.7) ve (5.8) denklemlerindeki aksenal kuvvet basınç ise:

$P_u$  = Gerekli basınç dayanımı,

$P_n$  = Nominal basınç dayanımı,

$\phi = \phi_c$  Basınç için dayanım faktörüdür (0.85'e eşit). Diğer terimler ise öncekilerle aynıdır. Bir elemanın nominal basınç dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$P_n = A_g F_{cr} \quad (5.9)$$

$$\lambda_c \leq 1,5 \text{ için } F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (5.10)$$

$$\lambda_c > 1,5 \text{ için } F_{cr} = \left( \frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y \quad (5.11)$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}} \quad (5.12)$$

Burada  $A_g$  eleman enkesit alanı,  $K$  etkili boy faktörü,  $E$  elastisite modülü,  $r$  hakim atalet yarıçapı,  $L$  elemanların boyu ve  $F_y$  çeliğin akma gerilmesidir.

Yukarıdaki denklemlerde söz konusu olan “gerekli dayanımlar”, yük faktörleriyle çarpılmış yük kombinasyonlarına maruz çelik çerçevelerin lineer olmayan analizinden elde edilirler.

Yanal ötelenmesi önlenmemiş çerçeveler için  $K$  etkili boy faktörü aşağıda verilen lineer olmayan denklemin çözümünden elde edilir ( Kishi ve diğerleri 1997).

$$\frac{G_A G_B (\pi / K)^2 - 36}{6(G_A + G_B)} - \frac{\pi / K}{\tan (\pi / K)} = 0 \quad (5.13)$$

Burada  $G_A$  ve  $G_B$  elemanın A ve B ucu için rijitlik ve dağıtım faktörleridir. Bu faktörler aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$G = \frac{\sum I_c / L_c}{\sum I_g / L_g} \quad (5.14)$$

Bu denklemdeki toplam işareti elemanın o ucuna birleşen diğer elemanlar üzerindedir ve  $I_c$  söz konusu uca rijit olarak bağlanan kolonların atalet momentini,  $L_c$  ilgili kolonların serbest boylarını  $I_g$  sözkonusu uca rijit olarak bağlanan kirişlerin atalet momentini  $L_g$  ise ilgili kirişlerin serbest boyudur. Her kolonun çerçeve düzlemine dik burkulmadaki etkili boy faktörü 1,0 , kirişlerinki ise 0,2 alınmıştır (Döşemelerin 1/5 noktalarında yatay döşeme kirişi olduğu farz edilmektedir).

Algoritmaya ayrıca kolon ve kirişler için çelik çerçevenin imalat sınırlayıcıları da eklenmiştir. Buna göre, kolon kiriş birleşim yerlerinde kolon başlık genişliği ona birleşen kiriş başlık genişliğinden daha büyük veya eşit olmalıdır:

$$g_k(x) = \frac{b_{fbk}}{b_{fck}} - 1 \leq 0 \quad k = 1, \dots, nj \quad (5.15)$$

$b_{fbk}$ : Kiriş başlık genişliği.

$b_{fck}$ : Kolon başlık genişliği.

-Üst kat kolon gövde yüksekliği alt kat kolon gövde yüksekliğinden daha küçük veya eşit olmalıdır.

$$g_n(x) = \frac{d_{un}}{d_{in}} - 1 \leq 0 \quad n = 1, \dots, ncl \quad (5.16)$$

$d_{un}$ : Üst kat kolon gövde yüksekliği.

$d_{in}$ : Alt kat kolon gövde yüksekliği.

$nj$ : Çerçeve mesnetler hariç toplam düğüm noktası sayısıdır.

$ncl$ : Çerçeve en alt kat kolonları hariç toplam kolon sayısıdır.

Böylece sınırlayıcısız amaç fonksiyonu  $\varphi(x)$  aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\varphi(x) = W(x) \left[ 1 + C \left( \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{nl} v_{jl} + \sum_{i=1}^{nm} \sum_{i=1}^{nl} v_{il} + \sum_{k=1}^{nj} v_k + \sum_{n=1}^{ncl} v_n \right) \right] \quad (5.17)$$

Burada  $C$  probleme bağlı olarak seçilen bir katsayıdır. Bu çalışmadaki tüm sayısal örneklerde  $C$  katsayısı için 10 değeri uygun bulunmuştur. Denklem (5.17) deki  $v_{jl}$ ,  $v_{il}$ ,  $v_k$  ve  $v_n$  ihlal katsayılarıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanırlar.

$$\text{Eğer } g_{jl}(x) > 0 \quad \text{ise} \quad v_{jl} = g_{jl}(x)$$

$$\text{Eğer } g_{jl}(x) \leq 0 \quad \text{ise} \quad v_{jl} = 0$$

$$\text{Eğer } g_{il}(x) > 0 \quad \text{ise} \quad v_{il} = g_{il}(x)$$

$$\text{Eğer } g_{il}(x) \leq 0 \quad \text{ise} \quad v_{il} = 0 \quad (5.18)$$

$$\text{Eğer } g_k(x) > 0 \quad \text{ise} \quad v_k = g_k(x)$$

$$\text{Eğer } g_k(x) \leq 0 \quad \text{ise} \quad v_k = 0$$

$$\begin{array}{llll} \text{Eğer} & g_n(x) > 0 & \text{ise} & v_n = g_n(x) \\ \text{Eğer} & g_n(x) \leq 0 & \text{ise} & v_n = 0 \end{array}$$

Genetik algoritmada  $\varphi(x)$  sınırlayıcısız amaç fonksiyonunun minimum değeri araştırılacaktır. Algoritma bireyler arasında bir seçim yapabilmek için bir kritere gereksinim duymaktadır. Bu öyle bir şekilde yapılmalıdır ki en uygun birey en büyük uygunluğa sahip olsun. Buda minimizasyon problemi için  $\varphi(x)$  değerinin büyük bir sabit değerden çıkarılmasıyla mümkün olabilir. Bu çalışmada aşağıdaki uygunluk ifadesi seçilmiştir.

$$F_i = [\varphi(x)_{max} + \varphi(x)_{min}] - \varphi(x)_i \quad (5.19)$$

Burada  $F_i$   $i$ 'nci bireyin uygunluğu,  $\varphi(x)_{max}$  ve  $\varphi(x)_{min}$  mevcut popülasyondaki en büyük ve en küçük  $\varphi(x)$  değerleri,  $\varphi(x)_i$  ise aynı fonksiyonun  $i$ 'nci birey için hesaplanmış değeridir.

### 5.2.1.1. Lineer Olmayan Analiz

LRFD yönetmeliğine göre yapı sistemlerinin tasarımında, yapı elemanlarının ikinci mertebe etkilerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bu da bu çalışmada çerçevelerin geometrik bakımdan lineer olmayan analiziyle sağlanmıştır.

Hazırlanan programda geometrik bakımdan lineer olmayan davranış gösteren, malzeme bakımından ise elastik olan standart kesitlerden oluşan düzlem çelik çerçevelerin LRFD yöntemine göre yapılan analizi “sekant rijitlik” yaklaşımı ile yapılmıştır.

#### 5.2.1.1.1. Sekant Rijitlik Yaklaşımı

Bu yöntemde göre yapıya etki eden yükler belli sayıda yük artımına bölünür. Yük artımları aynı veya farklı değerler olabilir. Bu çalışmadaki hesaplar yük artımlarının aynı değerleri almasına

göre yapılmıştır. Nihai yük faktörü değeri ile başlangıç yüklerinin kaç parçaya bölüneceği belirlenir. Artımsal formdaki çerçeve rijitlik denklemi (5.20)' deki gibi yazılır.

$$\{\Delta P\} = [S]\{\Delta D\} \quad (5.20)$$

Burada  $[S]$  çerçeve rijitlik matrisi,  $\{P\}$  çerçeveye etki eden kuvvetler vektörü,  $\{D\}$  çerçeve deplasman vektörü,  $\{\Delta P\}$  yük artım vektörü,  $\{\Delta D\}$  deplasman artım vektörüdür.

İlk yük artımında lineer analiz yapılarak, lineer olmayan analiz için gerekli başlangıç deplasman ve uç kuvvet değerleri elde edilir. Bu değerler ile eleman rijitlik matrisleri hesaplanarak çerçeve rijitlik matrisi  $[S]$  elde edilir.  $\{\Delta P\}$  yük artımı için (5.20) denklemi çözülerek ilk yük artımındaki ilk döngünün  $\{\Delta D\}_1$  deplasman artımı hesaplanır.

$$\{\Delta P\} = [S]\{\Delta D\}_1 \quad (5.21)$$

Hesaplanan  $\{\Delta D\}_1$  deplasmanı çubuk uç kuvvetleri ile uç deplasmanları arasındaki bağıntıda yerine konularak, her eleman için artımsal uç kuvvetleri bulunur.

$$\{\Delta F\}_i = [k]_i\{\Delta D\}_1 + \{\Delta F_0\}_i \quad (5.22)$$

Burada  $\{\Delta F\}_i$  i'inci elemanın artımsal uç kuvvetleri,  $[k]_i$  i'inci elemanın rijitlik matrisi,  $\{\Delta F_0\}_i$  i'inci eleman ankastrelik artımsal uç kuvvetleridir.

Her eleman için hesaplanan yük ve deplasman artım değerleri, (5.23) ve (5.24) denklemlerindeki gibi bir önceki adım analizinden elde edilmiş yük ve deplasman değerine ilave edilir. Böylece ilk yük artımı içindeki birinci döngü tamamlanmış olur.

$$\{P\}_i = \{P\}_{i-1} + \{\Delta P\}_i \quad (5.23)$$

$$\{D\}_i = \{D\}_{i-1} + \{\Delta D\}_i \quad (5.24)$$

$$\frac{|D_i - D_{i-1}|}{D_i} \leq \varepsilon = 0,000001 \quad (5.25)$$

Bir önceki adımda elde edilmiş deplasman değerleri ile sonraki adım analizinden elde edilen deplasman değerleri kullanılarak (5.25) denklemindeki yakınsama kriterinin sağlanıp sağlanmadığı araştırılır. Yakınsama sağlanmışsa ilk  $\{\Delta P\}$  yük artımı için hesaplanacak olan

döngüler tamamlanmıştır. İkinci yük artımı için aynı hesaplar tekrarlanır. Yakınsama sağlanmamışsa bir önceki döngüde elde edilen uç kuvvet ve deplasman değerleri kullanılarak yeniden  $[S]$  çerçeve rijitlik matrisi oluşturulur.  $\{\Delta P\}$  yük artımı için bu sefer  $\{\Delta D\}_2$  deplasman artımı (5.19) denleminden hesaplanır. Eleman uç kuvvet artımları (5.22) denklemindeki gibi hesaplanıp (5.23) ve (5.24) eşitliklerindeki gibi önceki analizden elde edilmiş değerlere ilave edilerek ikinci döngü tamamlanır. Yakınsama kriteri sağlanıncaya kadar bu döngüler tekrarlanır. Kriterin sağlanması durumunda ilk yük artımı için hesaplama biter, ikinci yük artımı için aynı sıra takip edilerek hesaplama yapılır. Her döngüde hesaplanan  $[S]$  matrisine çerçeve “sekant rijitlik matrisi” de denir.

Bir yük artımının yakınsamış çözümü bir sonraki yük artımının başlangıç değerlerini oluşturur. Bu iteratif yöntem tüm yük artımlarına uygulanır. Nihai yük faktörüne ulaşılmıyla son yük artımı da uygulanarak çerçeveye etki eden toplam yüklere ulaşılır, son adımdaki çubuk uç kuvvetleri ve deplasman değerleri nihai değerler olarak elde edilerek analiz tamamlanır.

### 5.2.2. Optimum Tasarım Algoritması

Çelik çerçeve yapıların genetik algoritma yöntemiyle ve LRFD yönetmeliğine göre optimum tasarım algoritması aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (ASD yönetmeliği için algoritmadaki değişiklikler daha sonra belirtilecektir) :

- 1- Çerçevdeki tasarım değişkenleri ve profil listesindeki kesit sayısına göre dizi uzunluğunu belirlenir. Tasarım için belirli uzunlukta bir profil kesit listesi düzenlenir.
- 2- İkili sayılardan (0 ve 1) oluşan başlangıç topluluğu (popülasyonu) rastgele oluşturulur. Topluluğun her bir bireyi bir çerçeveyi oluşturan tasarım değişkenlerini, yani çerçeve eleman gruplarının çelik profil kesitlerini, temsil etmektedir.
- 3- Her bir birey için ikili sistemde kodlanan tasarım değişkenlerinin numarası onluk sisteme dönüştürülerek kesit listesindeki sırası bulunur ve değişken bu numaradaki standart kesitle eşleştirilir.

4- Belirlenen bu kesitlerle her bireyi temsil eden çerçevenin, lineer olmayan analizi (LRFD için) bir önceki bölümde anlatılan şekilde yapılarak her çerçeve için düğüm noktaları deplasmanları ve elemanlardaki gerilmeler hesaplanır.

5- Her birey için (5.2), (5.7)-(5.18) denklemlerinden sınırlayıcısız amaç fonksiyonu  $\varphi(x)$  değerleri hesaplanır. Toplulukta bu fonksiyonların maksimum ve minimum değerleri belirlenir.

6- (5.19) denkleminde her bireyin uygunluğu hesaplanır. Topluluğa optimum çözüme hızlı yakınsama için, “Lineer Uygunluk Ölçeklendirmesi” uygulanır (Goldberg 1989).

7- Üreme operatörü uygulanır. Her birey uygunluklarıyla orantılı olarak kopyalanarak eşleşme havuzuna gönderilir. Bu arada uygunluğu düşük olan bireyler topluluktan çıkarılır. Bu yeni kopyalar bir havuzda rastgele eşleştirilir ve her çifte üniform çaprazlama uygulanarak yeni evlatlar ve bunların oluşturduğu yeni topluluk elde edilir.

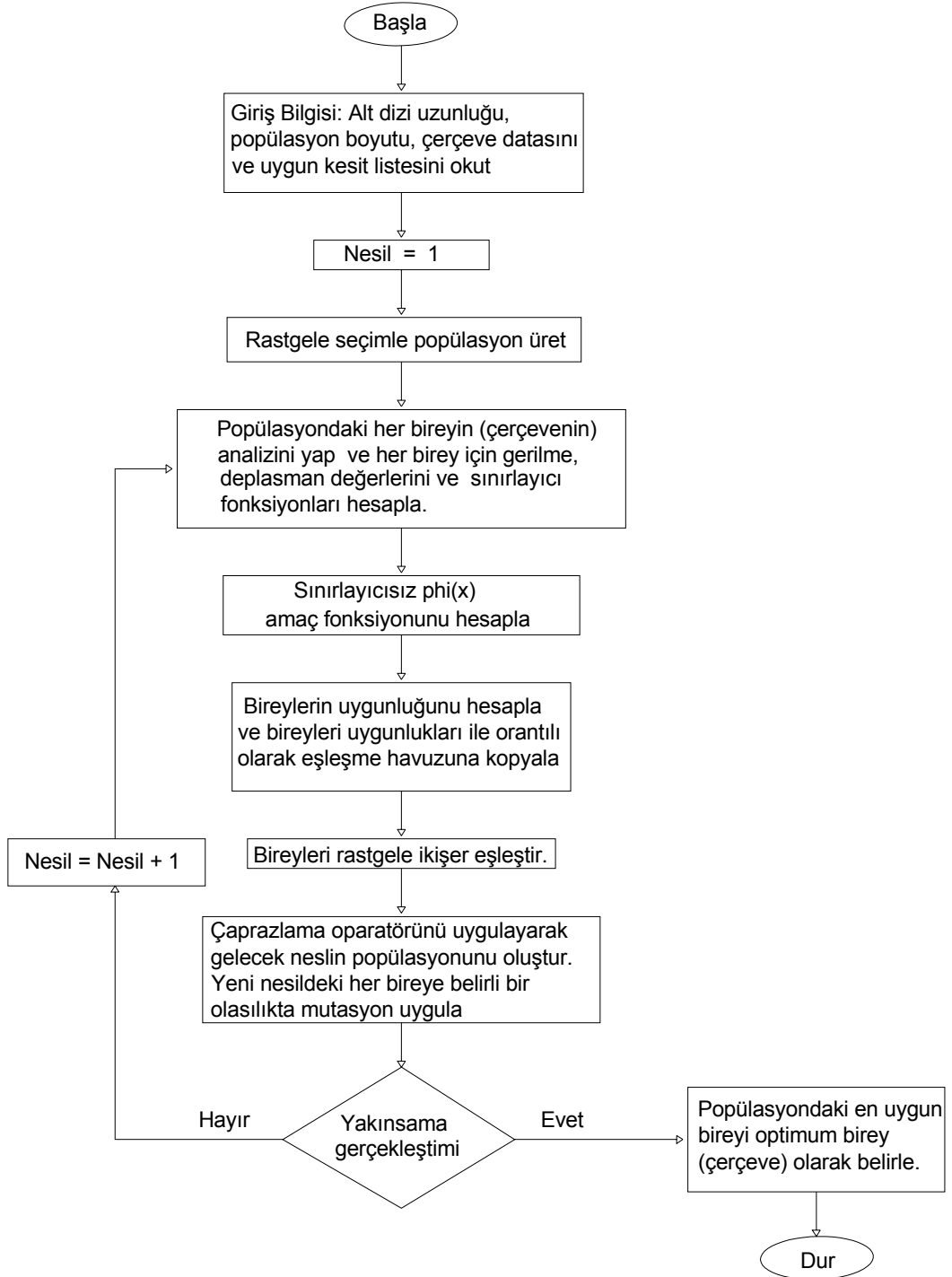
8- Yeni topluluktaki her evlada mutasyon operatörü uygulanır.

9- Yeni topluluk başlangıç topluluğu ile yer değiştirir. 3-9 arası adımlardaki işlemlere, en son elde edilen topluluktaki maksimum uygunlukla ortalama uygunluk arasındaki fark belirli küçük bir değerin altına ininceye kadar devam edilir. Bu durumda maksimum uygunluk değerine sahip birey optimum çözüm olarak belirlenir. GA’da çözüme ulaşmak için çok sayıda analizin ve diğer işlemlerin gerektiği görülmektedir. Bu da hesaplama zamanının artması anlamına gelir. Bu çalışmada ayrıca işlemleri belirli bir ölçüde azaltmak için uygun topluluk büyüklüğü, çaprazlama ve mutasyon olasılıkları belirlenmiştir.

Bu algoritmada kolonlar ve kirişler için iki ayrı kesit listesi hazırlanmıştır. Kirişler için yüksek gövdeli ve dar başlıklı, kolonlar için ise gövde yüksekliği ile başlık genişliği birbirine yakın olan kesitler seçilmiştir.

Yukarıda anlatılan optimum tasarım algoritması emniyet gerilmeleri tasarımı ( ASD ) için de uygulanır, ancak burada (5.7) ve (5.8) sınırlayıcılarının yerine (5.3)-(5.6) denklemlerindeki gerilme sınırlayıcılarının kullanılması gerekmektedir. Ayrıca algoritmanın dördüncü adımındaki lineer olmayan analiz yerine lineer-elastik analiz yapılmaktadır.

Anlatılan bu algoritmanın akış diyagramı Şekil 5.1’de verilmektedir.



Şekil 5.1 Programda kullanılan genetik algoritmanın işleyişi.



### 5.3. Bilgisayar Programlaması

Bu çalışmada önceki bölümde LRFD ve ASD yönetmelikleri için açıklanan algoritmalara ait iki bilgisayar programı FORTRAN dilinde geliştirilmiştir.

#### 5.3.1. Programın Giriş Bilgilerinde Kullanılan Sembollerin Tanıtımı

- AÇIKLAMA** : Datası hazırlanan çerçevenin özelliklerinin yazılabileceği giriş datasının ilk satırındır.
- AÇIKLAMA** : Datası hazırlanan çerçevenin özelliklerinin yazılabileceği giriş datasının ikinci satırındır.
- M** : Çerçevedeki eleman sayısıdır.
- NJ** : Çerçevedeki düğüm noktası sayısıdır.
- NR** : Toplam mesnet reaksiyonu sayısıdır.
- NRJ** : Toplam mesnet sayısıdır.
- NG(1)** : Çerçevedeki toplam kolon grup sayısıdır.
- NG(2)** : Çerçevedeki toplam kiriş grup sayısıdır.
- NYF** : Nihai yük faktörüdür. Lineer olmayan analizde yapıya etki eden yüklerin bölüneceği değerdir. Lineer analizde 1 değeri alınır.
- NP** : Sınırlanmış deplasman sayısıdır.
- NLS** : Yük kombinasyonlarının sayısıdır (LRFD için).
- NELM(1)** : Kolonlar için kesit listesindeki eleman sayısıdır.
- NELM(2)** : Kirişler için kesit listesindeki eleman sayısıdır.
- LS(1)** : Bir tasarım değişkenindeki kolonlar için bit sayısıdır.
- LS(2)** : Bir tasarım değişkenindeki kirişler için bit sayısıdır.
- NPL** : Popülasyon büyüklüğüdür.(Popülasyondaki toplam birey sayısıdır.)
- MIT** : Maksimum nesil (iterasyon) sayısıdır.
- NALT(I)** : En alt katın mesnet düğüm numaralarıdır (NRJ adet).
- E** : Malzeme elastisite modülüdür.
- EPS** : Lineer olmayan analizde yakınsaklık oranı olup analizde 0.000001 olarak seçimiştir.
- FY** : Malzeme akma dayanımıdır.

- CMULT** : Lineer uygunluk ölçeklendirme faktörü olup 1.2-2.0 değerleri arasında alınır Goldberg (1989).
- RO** : Malzeme özgül ağırlığıdır.
- J** : Düğüm noktası numarasıdır.
- X(J)** : J numaralı düğüm noktasının x koordinatıdır.
- Y(J)** : J numaralı düğüm noktasının y koordinatıdır.
- MKK** : K' inci gruptaki toplam eleman sayısıdır.
- (NUM(J,K,I), I=1,MKK)**: K' inci gruptaki elemanların çerçevedeki numaralarıdır.  
 J=1 : Kolon grubu  
 J=2 : Kiriş grubu
- QYK(J,K,L)** : K' inci grubun nihai yayılı yüküdür. (Yük kombinasyonu sayısı kadar verilir.)
- J** : Eleman numarasıdır.
- JJ(J)** : J'inci eleman ilk ucunun çerçevedeki düğüm noktası numarasıdır.
- JK(J)** : J'inci eleman ikinci ucunun çerçevedeki düğüm noktası numarasıdır.
- MTYPE(J)** : Eleman tip parametresidir. (LRFD'de kolon için 2, kiriş için 1 alınır, ASD'de bütün elemanlar için 1 alınır.)
- MTIP(J)** : Eleman tip numarasıdır. (Kolon için 1, kiriş için 2 alınır.)
- IRL(3\*K-1)** : K' inci sınırlanmış mesnetin sırasıyla x, y ve moment yönündeki sınırlama durumudur. Değer 1 verilirse mesnet o yönde sınırlanmıştır. Değer 0 verilirse mesnetin o yönde serbest olduğu kabul edilir.
- NEL** : Uçları sınırlanmış elemanın numarasıdır.
- NU** : Elemanın sınırlanmış ucudur. (İlk uç için 1, ikinci uç için 2 alınır.)
- NC** : Sınırlanmış deplasman yönüdür. (x yönü için 1, y önü için 2 ve dönme için 3 kullanılır.)
- SD(I)** : I no'lu sınırlanmış deplasmanın üst sınır değeridir.
- NLJ** : Yüklü bulunan düğüm noktası sayısıdır.
- NLM** : Yüklü bulunan eleman sayısıdır.
- A(3\*K-2),A(3\*K-1),A(3\*K)**: K no'lu düğüm noktasına etki eden sırasıyla x, y ve moment doğrultusundaki yük değerleridir. (Bunlar matematikteki pozitif yönler de ise pozitif işaret alırlar.)

**AML(I,1) ,AML(I,2), AML(I,3), AML(I,4),AML(I,5),AML(I,6):** I no'lu elemanın ilk ve son ucundaki lokal koordinatlarda, sırasıyla eksenel kuvvet, eksen dik kuvvet ve moment ankastrelilik uç kuvvetlerdir. Her iki uç için bunlar matematikteki pozitif yönlerde ise pozitif işaret alırlar.

**(IGY(K,I,II), II=1,2):** K no'lu kolonun ilk ucuna (I) birleşen 1 inci ve 2 inci kiriş numaralarıdır. Kiriş yoksa 0 değeri alınır.

**(IGY(K,J,II), II=1,2):** K no'lu kolonun ikinci ucuna (J) birleşen 1 inci ve 2 inci kiriş numaralarıdır. Kiriş yoksa 0 değeri alınır.

**(ICO(K,I,II), II=1,2):** K no'lu kolonun ilk ucuna (I) birleşen 1 inci ve 2 inci kolon numaralarıdır. Kolon yoksa 0 değeri alınır.

**(ICO(K,J,II), II=1,2):** K no'lu kolonun ikinci ucuna (J) birleşen 1 inci ve 2 inci kolon numaralarıdır. Kolon yoksa 0 değeri alınır.

**(IBCX(K,I,II), II=1,2):** K no'lu kirişin ilk ucuna (I) birleşen 1 inci ve 2 inci kolon numaralarıdır. Kolon yoksa 0 değeri alınır.

**(IBCX(K,J,II), II=1,2):** K no'lu kirişin ikinci ucuna (J) birleşen 1 inci ve 2 inci kolon numaralarıdır. Kolon yoksa 0 değeri alınır.

**(IKO(K,I,II), II=1,2):** K no'lu kirişin ilk ucuna (I) birleşen 1 inci ve 2 inci kiriş numaralarıdır. Kiriş yoksa 0 değeri alınır.

**(IKO(K,J,II), II=1,2):** K no'lu kirişin ikinci ucuna (J) birleşen 1 inci ve 2 inci kiriş numaralarıdır. Kiriş yoksa 0 değeri alınır.

**DSGN(K,I)** : Profil kesit listesindeki I no'lu kesitin sembolik gösterimidir.  
K=1 kolonlar, K=2 kirişler için

**SCPRO(K,I,J)** : I Profil kesit listesindeki I no'lu kesitin sırasıyla kesit alanı, atalet momenti ( $I_x$ ), mukavemet momenti, profil başlık genişliği, profil yüksekliği, profil başlık kalınlığı, profil gövde kalınlığı ve profil başlık oyuk yarıçapı, atalet momenti ( $I_y$ )dir.

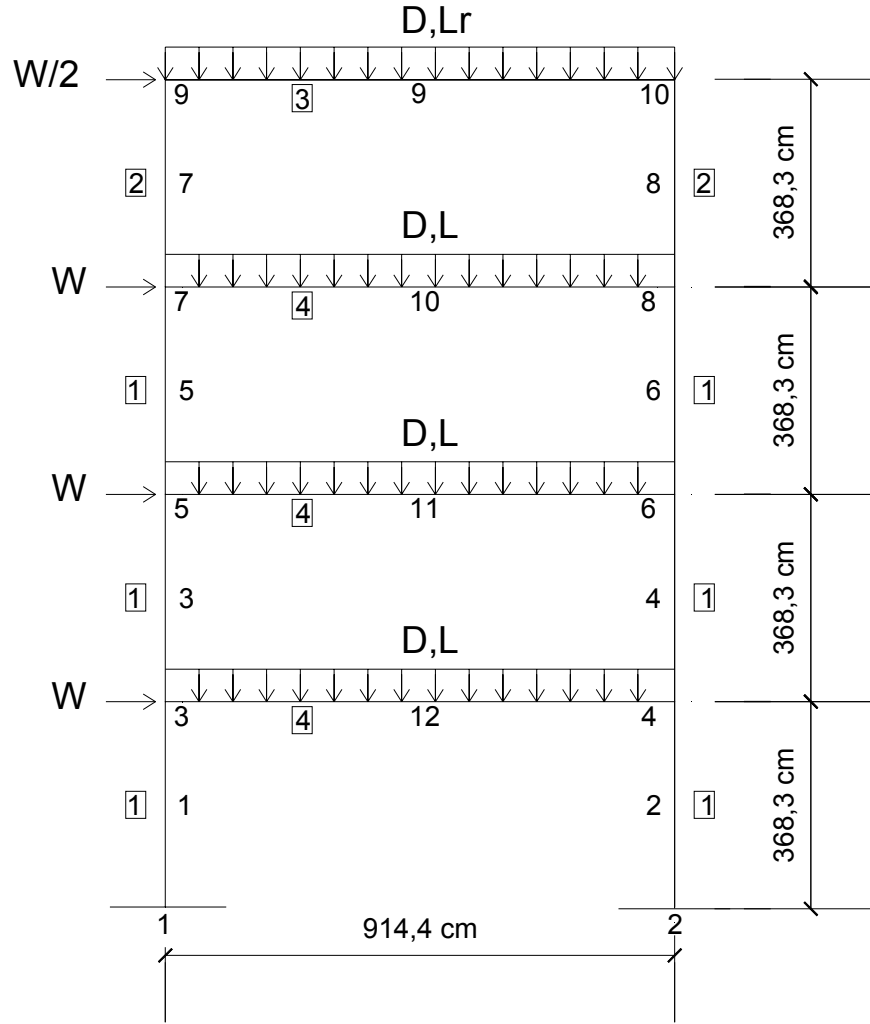
### 5.3.2.Giriş Bilgilerinin Verilmesi

Bilgisayar programının giriş bilgileri Fortran diline göre aşağıdaki formatta verilmelidir.

2- AÇIKLAMA(2)	20A4
3- M, NJ, NR, NRJ, NG(1), NG(2), NYF, NP, NELM(1),NELM(2), LS(1), LS(2), NPL, MIT, NLS	15I5
4- NALT(I) (NRJ sayısı kadar olmalıdır.)	16I5
5- E, EPS, FY, CMULT,RO	7F10.0
6- J, X(J), Y(J) (NJ Sayısı kadar olmalıdır.)	I10, 2 F10.4
7- MKK, (NUM(J,K,I), I=1,MKK) (NG Sayısı kadar olmalıdır, önce kolon, sonra giriş grubu verilir.)	16I5
8- QYK(J,K,L) (NG Sayısı kadar olmalıdır,önce kolonlar için =0,sonra girişler için verilir.Yük kombinasyonu sayısı kadar verilir.)	F10.0,I5
9- J, JJ(J), JK(J), MTYPE(J), MTIP(J) (M Sayısı kadar olmalıdır.)	5 I10
10- K, IRL(3*K-2), IRL(3*K-1), IRL(3*K) (NRJ Sayısı kadar olmalıdır. Sınırlanmamışsa 1, serbestse 0 alınır.)	4I10
11- NEL, NU, NC, SD(I) (NP Sayısı kadar olmalıdır.)	3I10, F10.0
12- NLJ, NLM	2I10
13- K, A(3*K-2), A(3*K-1), A(3*K) (NLSxNLJ Sayısı kadar olmalıdır.)	I10, 3F10.4
14- I, AML(I,1), AML(I,2), AML(I,3), AML(I,4), AML(I,5), AML(I,6) (NLSxNLM Sayısı kadar olmalıdır.)	I10, 6F10.4
15- (IGY(K,I,II),II=1,2), (IGY(K,J,II) II=1,2)	16I5
16- (ICO(K,I,II),II=1,2), (ICO (K,J,II) II=1,2)	16I5
17- (IBCX(K,I,II),II=1,2), (IBCX (K,J,II) II=1,2)	16I5
18- (IKO(K,I,II),II=1,2), (IKO (K,J,II) II=1,2)	16I5
19- DSGN(K,I), (SCRPO(K,I,J), J=1,9) (NELM Sayısı kadar olmalıdır, önce kolonlar sonra girişler için verilmelidir.)	A10, 9F10.0

### 5.4.Örnek Çerçeve Datası

Şekil 3.2'deki tek açıklıklı dört katlı çerçevenin emniyet gerilmeleri (ASD) ve yük-dayanım artımı (LRFD) yöntemlerine göre ayrı ayrı örnek data yapıları verilmiştir.



Şekil 5.2. Tek açıklıklı dört katlı çerçeve.

Bu çerçeveye ait yük ve diğer gerekli bilgiler Bölüm 6.1 ve 6.2 de verilmiştir.



0	12	12	0							
W27-178	52.3		6990.	567.	14.085	27.81	1.19	0.725	0.685	555.
W27-161	47.4		6280.	512.	14.02	27.59	1.08	0.66	0.732	497.
W27-146	42.9		5630.	461.	13.965	27.38	0.975	0.605	0.712	443.
W24-250	73.5		8490.	744.	13.185	26.34	1.89	1.04	0.797	724.
W24-229	67.2		7650.	676.	13.11	26.02	1.73	0.96	0.77	651.
W24-207	60.7		6820.	606.	13.01	25.71	1.57	0.87	0.805	578.
W24-192	56.3		6260.	559.	12.95	25.47	1.46	0.81	0.79	530.
W24-176	51.7		5680.	511.	12.89	25.24	1.34	0.75	0.785	479.
W24-162	47.7		5170.	468.	12.955	25.	1.22	0.705	0.78	443.
W24-146	43.		4580.	418.	12.9	24.74	1.09	0.65	0.785	391.
W24-131	38.5		4020.	370.	12.855	24.48	0.96	0.605	0.79	340.
W24-117	34.4		3540.	327.	12.8	24.26	0.85	0.55	0.775	297.
W24-104	30.6		3100.	289.	12.75	24.06	0.75	0.5	0.75	259.
W21-201	59.2		5310.	530.	12.575	23.03	1.63	0.91	0.745	542.
W21-182	53.6		4730.	476.	12.5	22.72	1.48	0.83	0.77	483.
W21-166	48.8		4280.	432.	12.42	22.48	1.36	0.75	0.765	435.
W21-147	43.2		3630.	373.	12.51	22.06	1.15	0.72	0.725	376.
W21-132	38.8		3220.	333.	12.44	21.83	1.035	0.65	0.777	333.
W21-122	35.9		2960.	307.	12.39	21.68	0.96	0.6	0.727	305.
W21-111	32.7		2670.	279.	12.34	21.51	0.875	0.55	0.75	274.
W21-101	29.8		2420.	253.	12.29	21.36	0.8	0.5	0.762	248.
W18-311	91.5		6960.	753.	12.005	22.32	2.74	1.52	0.697	795.
W18-283	83.2		6160.	676.	11.89	21.85	2.5	1.4	0.687	704.
W18-258	75.9		5510.	611.	11.77	21.46	2.3	1.28	0.7	628.
W18-234	68.8		4900.	549.	11.65	21.06	2.11	1.16	0.64	558.
W18-211	62.1		4330.	490.	11.555	20.67	1.91	1.06	0.652	493.
W18-192	56.4		3870.	442.	11.455	20.35	1.75	0.96	0.687	440.
W18-175	51.3		3450.	398.	11.375	20.04	1.59	0.89	0.66	391.
W18-158	46.3		3060.	356.	11.3	19.72	1.44	0.81	0.685	347.
W18-143	42.1		2750.	322.	11.22	19.49	1.32	0.73	0.68	311.
W18-130	38.2		2460.	291.	11.16	19.25	1.2	0.67	0.675	278.
W18-119	35.1		2190.	261.	11.265	18.97	1.06	0.655	0.69	253.
W18-106	31.1		1910.	230.	11.2	18.73	0.94	0.59	0.685	220.
W18-97	28.5		1750.	211.	11.145	18.59	0.87	0.535	0.692	201.
W18-86	25.3		1530.	186.	11.09	18.39	0.77	0.48	0.667	175.
W18-76	22.3		1330.	163.	11.035	18.21	0.68	0.425	0.695	152.
W16-100	29.4		1490.	198.	10.425	16.97	0.985	0.585	0.702	186.
W16-89	26.2		1300.	175.	10.365	16.75	0.875	0.525	0.687	163.
W16-77	22.6		1110.	150.	10.295	16.52	0.76	0.455	0.677	138.
W16-67	19.7		954.	130.	10.235	16.33	0.665	0.395	0.72	119.
W14-808	237.		16000.	1834.	18.56	22.84	5.12	3.74	0.692	5510.
W14-730	215.		14300.	1660.	17.89	22.42	4.91	3.07	0.652	4720.
W14-665	196.		12400.	1480.	17.65	21.64	4.52	2.83	0.667	4170.
W14-605	178.		10800.	1320.	17.415	20.92	4.16	2.595	0.652	3680.
W14-550	162.		9430.	1180.	17.2	20.24	3.82	2.38	0.68	3250.
W14-500	147.		8210.	1050.	17.01	19.6	3.5	2.19	0.687	2880.
W14-455	134.		7190.	936.	16.835	19.02	3.21	2.015	0.665	2560.
W14-426	125.		6600.	869.	16.695	18.67	3.035	1.875	0.652	2360.
W14-398	117.		6000.	801.	16.59	18.29	2.845	1.77	0.655	2170.
W14-370	109.		5440.	736.	16.475	17.92	2.66	1.655	0.652	1990.
W14-342	101.		4900.	672.	16.36	17.54	2.47	1.54	0.655	1810.
W14-311	91.4		4330.	603.	16.23	17.12	2.26	1.41	0.677	1610.
W14-283	83.3		3840.	542.	16.11	16.74	2.07	1.29	0.68	1440.
W14-257	75.6		3400.	487.	15.995	16.38	1.89	1.175	0.672	1290.
W14-233	68.5		3010.	436.	15.89	16.04	1.72	1.07	0.655	1150.
W14-211	62.0		2660.	390.	15.8	15.72	1.56	0.98	0.69	1030.
W14-193	56.8		2400.	355.	15.71	15.48	1.44	0.89	0.685	931.
W14-176	51.8		2140.	320.	15.65	15.22	1.31	0.83	0.69	838.
W14-159	46.7		1900.	287.	15.565	14.98	1.19	0.745	0.685	748.
W14-145	42.7		1710.	260.	15.5	14.78	1.09	0.68	0.66	677.
W14-132	38.8		1530.	234.	14.725	14.66	1.03	0.645	0.657	548.
W14-120	35.3		1380.	212.	14.67	14.48	0.94	0.59	0.685	495.
W14-109	32.0		1240.	192.	14.605	14.32	0.86	0.525	0.702	447.
W14-99	29.1		1110.	173.	14.565	14.16	0.78	0.485	0.657	402.
W14-90	26.5		999.	157.	14.52	14.02	0.71	0.44	0.665	362.
W14-82	24.1		882.	139.	10.13	14.31	0.855	0.51	0.77	148.
W14-74	21.8		796.	126.	10.07	14.17	0.785	0.45	0.777	134.
W14-68	20.0		723.	115.	10.035	14.04	0.72	0.415	0.78	121.
W14-61	17.9		640.	102.	9.995	13.89	0.645	0.375	0.792	107.
W14-53	15.6		541.	87.1	8.06	13.92	0.66	0.37	0.777	57.7

W14-48	14.1	485.	78.4	8.03	13.79	0.595	0.34	0.78	51.4
W14-43	12.6	428.	69.6	7.995	13.66	0.53	0.305	0.782	45.2
W12-336	98.8	4060.	603.	13.385	16.82	2.955	1.775	0.732	1190.
W12-305	89.6	3550.	537.	13.235	16.32	2.705	1.625	0.732	1050.
W12-279	81.9	3110.	481.	13.14	15.85	2.47	1.53	0.717	937.
W12-252	74.1	2720.	428.	13.005	15.41	2.25	1.395	0.687	828.
W12-230	67.7	2420.	386.	12.895	15.05	2.07	1.285	0.68	742.
W12-210	61.8	2140.	348.	12.79	14.71	1.9	1.18	0.725	664.
W12-190	55.8	1890.	311.	12.67	14.38	1.735	1.06	0.702	589.
W12-170	50.0	1650.	275.	12.57	14.03	1.56	0.96	0.69	517.
W12-152	44.7	1430.	243.	12.48	13.71	1.4	0.87	0.725	454.
W12-136	39.9	1240.	214.	12.4	13.41	1.25	0.79	0.687	398.
W12-120	35.3	1070.	186.	12.32	13.12	1.105	0.71	0.707	345.
W12-106	31.2	933.	164.	12.22	12.89	0.99	0.61	0.697	301.
W12-96	28.2	833.	147.	12.16	12.71	0.9	0.55	0.725	270.
W12-87	25.6	740.	132.	12.125	12.53	0.81	0.515	0.69	241.
W12-79	23.2	662.	119.	12.08	12.38	0.735	0.47	0.702	216.
W12-72	21.1	597.	108.	12.04	12.25	0.67	0.43	0.705	195.
W12-65	19.1	533.	96.8	12.	12.12	0.605	0.39	0.707	174.
W12-58	17.0	475.	86.4	10.01	12.19	0.64	0.36	0.735	107.
W12-53	15.6	425.	77.9	9.995	12.06	0.575	0.345	0.675	95.8
W12-50	14.7	394.	72.4	8.08	12.19	0.64	0.37	0.735	56.3
W12-45	13.2	350.	64.7	8.045	12.06	0.575	0.335	0.675	50.
W12-40	11.8	310.	57.5	8.005	11.94	0.515	0.295	0.735	44.1
W12-35	10.3	285.	51.2	6.56	12.5	0.52	0.3	0.48	24.5
W12-30	8.79	238.	43.1	6.52	12.34	0.44	0.26	0.497	20.3
W12-26	7.65	204.	37.2	6.49	11.94	0.38	0.23	0.495	17.3
W10-112	32.9	716.	147.	10.145	11.36	1.25	0.755	0.625	236.
W10-100	29.4	623.	130.	10.34	11.1	1.12	0.68	0.63	207.
W10-88	25.9	534.	113.	10.265	10.84	0.99	0.605	0.635	179.
W10-77	22.6	455.	97.6	10.19	10.6	0.87	0.53	0.63	154.
W10-68	20.0	394.	85.3	10.13	10.4	0.77	0.47	0.605	134.
W10-60	17.6	341.	74.6	10.08	10.22	0.68	0.42	0.507	116.
W10-54	15.8	303.	66.6	10.03	10.09	0.615	0.37	0.635	103.
W10-49	14.4	272.	60.4	10.	9.98	0.56	0.34	0.627	93.4
W10-45	13.3	248.	54.9	8.02	10.1	0.62	0.35	0.63	53.4
W10-39	11.5	209.	46.8	7.985	9.92	0.53	0.315	0.595	45.
W10-33	9.71	170.	38.8	7.96	9.73	0.435	0.29	0.627	36.6
W10-30	8.84	170.	36.6	5.81	10.47	0.51	0.3	0.427	16.7
W10-26	7.61	144.	31.3	5.77	10.33	0.44	0.26	0.435	14.1
W10-22	6.49	118.	26.	5.75	10.17	0.36	0.24	0.39	11.4
W8-67	19.7	272.	70.2	8.28	9.	0.935	0.57	0.502	88.6
W8-58	17.1	228.	59.8	8.22	8.75	0.81	0.51	0.502	75.1
W8-48	14.1	184.	49.	8.11	8.5	0.685	0.4	0.502	60.9
W8-40	11.7	146.	39.8	8.07	8.25	0.56	0.36	0.502	49.1
W8-35	10.3	127.	34.7	8.02	8.12	0.495	0.31	0.505	42.6
W8-31	9.13	110.	30.4	7.995	8.	0.435	0.285	0.502	37.1
W8-28	8.25	98.0	27.2	6.535	8.06	0.465	0.285	0.472	21.7
W8-24	7.08	82.8	23.2	6.495	7.93	0.4	0.245	0.475	18.3
W8-21	6.16	75.3	20.4	5.27	8.28	0.4	0.25	0.412	9.77
W8-18	5.26	61.9	17.	5.25	8.14	0.33	0.23	0.42	7.97
W8-13	3.84	39.6	11.4	4.	7.99	0.255	0.23	0.432	2.73
W6-25	7.34	53.4	18.9	6.08	6.38	0.455	0.32	0.357	17.1
W6-20	5.87	41.4	14.9	6.02	6.2	0.365	0.26	0.385	13.3
W6-15	4.43	29.1	10.8	5.99	5.99	0.26	0.23	0.365	9.32
W6-16	4.74	32.1	11.7	4.03	6.28	0.405	0.26	0.345	4.43
W6-12	3.55	22.1	8.3	4.	6.03	0.28	0.23	0.345	2.99
W6-9	2.68	16.4	6.23	3.94	5.9	0.215	0.17	0.347	2.19
W40-321	94.1	25100.	1420.	15.91	40.08	1.77	1.	1.167	1190.
W40-297	87.4	23200.	1330.	15.825	39.84	1.65	0.93	1.412	1090.
W40-277	81.3	21900.	1250.	15.83	39.69	1.575	0.83	1.18	1040.
W40-249	73.3	19500.	1120.	15.75	39.38	1.42	0.75	1.205	926.
W40-215	63.3	16700.	963.	15.75	38.98	1.22	0.65	1.155	796.
W40-199	58.4	14900.	868.	15.75	38.67	1.065	0.65	1.185	695.
W40-174	51.1	12200.	715.	17.75	38.2	0.83	0.65	1.17	541.
W40-466	137.	36300.	2050.	12.64	42.44	2.950	1.67	1.175	1010.
W40-392	115.	29900.	1710.	12.36	41.57	2.52	1.42	1.167	803.
W40-331	97.6	24700.	1430.	12.17	40.79	2.13	1.22	1.182	646.
W40-278	81.8	20500.	1190.	11.97	40.16	1.81	1.02	1.19	521.
W40-264	77.6	19400.	1130.	11.93	40.	1.73	0.96	1.207	493.
W40-235	68.9	17400.	1010.	11.89	39.69	1.575	0.83	1.175	444.



W40-211	62.	15500.	905.	11.81	39.37	1.415	0.75	1.21	390.
W40-183	53.7	13300.	781.	11.81	38.98	1.22	0.65	1.155	336.
W40-167	49.1	11600.	692.	11.81	38.59	1.025	0.65	1.162	283.
W40-149	43.8	9780.	597.	11.81	38.2	0.83	0.63	1.17	229.
W36-848	249.	67400.	3830.	18.13	42.45	4.53	2.52	1.157	4550.
W36-798	234.	62600.	3570.	17.99	41.97	4.29	2.38	1.147	4200.
W36-650	190.	48900.	2840.	17.575	40.47	3.54	1.97	1.147	3230.
W36-527	154.	38300.	2270.	17.22	39.21	2.91	1.61	1.152	2490.
W36-439	128.	31000.	1860.	16.965	38.26	2.44	1.36	1.122	1990.
W36-393	115.	27500.	1660.	16.83	37.8	2.2	1.22	1.112	1750.
W36-359	105.	24800.	1510.	16.73	37.4	2.01	1.12	1.115	1570.
W36-328	96.4	22500.	1380.	16.63	37.09	1.85	1.02	1.15	1420.
W36-300	88.3	20300.	1260.	16.655	36.74	1.68	0.945	1.132	1300.
W36-280	82.4	18900.	1170.	16.595	36.52	1.57	0.885	1.117	1200.
W36-260	76.5	17300.	1080.	16.55	36.26	1.44	0.84	1.122	1090.
W36-245	72.1	16100.	1010.	16.51	36.08	1.35	0.8	1.15	1010.
W36-230	67.6	15000.	943.	16.47	35.9	1.26	0.76	1.115	940.
W36-256	75.4	16800.	1040.	12.215	37.43	1.73	0.96	0.895	528.
W36-232	68.1	15000.	936.	12.12	37.12	1.57	0.87	0.93	468.
W36-210	61.8	13200.	833.	12.18	36.69	1.36	0.83	0.952	411.
W36-194	57.	12100.	767.	12.115	36.49	1.26	0.765	0.927	375.
W36-182	53.6	11300.	718.	12.075	36.33	1.18	0.725	0.945	347.
W36-170	50.	10500.	668.	12.03	36.17	1.1	0.68	0.9	320.
W36-160	47.	9750.	624.	12.	36.01	1.02	0.65	0.917	295.
W36-150	44.2	9040.	581.	11.975	35.85	0.94	0.625	0.935	270.
W36-135	39.7	7800.	509.	11.95	35.55	0.79	0.6	0.897	225.
W33-354	104.	21900.	1420.	16.1	35.55	2.09	1.16	0.785	1460.
W33-318	93.5	19500.	1270.	15.985	35.16	1.89	1.04	0.797	1290.
W33-291	85.6	17700.	1150.	15.905	34.84	1.73	0.96	0.832	1160.
W33-263	77.4	15800.	1040.	15.805	34.53	1.57	0.87	0.805	1030.
W33-241	70.9	14200.	939.	15.86	34.18	1.4	0.83	0.787	932.
W33-221	65.	12800.	855.	15.805	33.93	1.275	0.775	0.787	840.
W33-201	59.1	11500.	772.	15.745	33.68	1.15	0.715	0.787	749.
W33-169	49.5	9290.	629.	11.5	33.82	1.22	0.67	0.842	310.
W33-152	44.7	8160.	559.	11.565	33.49	1.055	0.635	0.82	273.
W33-141	41.6	7450.	514.	11.535	33.3	0.96	0.605	0.79	246.
W33-130	38.3	6710.	467.	11.51	33.09	0.855	0.58	0.832	218.
W33-118	34.7	5900.	415.	11.48	32.86	0.74	0.55	0.822	187.
W30-477	140.	26100.	1790.	15.865	34.21	2.95	1.63	0.8	1970.
W30-391	114.	20700.	1430.	15.59	33.19	2.44	1.36	0.81	1550.
W30-326	95.7	16800.	1190.	15.37	32.4	2.05	1.14	0.762	1240.
W30-292	85.7	14900.	1060.	15.255	32.01	1.85	1.02	0.775	1100.
W30-261	76.7	13100.	941.	15.155	31.61	1.65	0.93	0.787	959.
W30-235	69.	11700.	845.	15.05	31.3	1.5	0.83	0.75	855.
W30-211	62.	10300.	749.	15.105	30.94	1.315	0.775	0.81	757.
W30-191	56.1	9170.	673.	15.04	30.68	1.185	0.71	0.752	673.
W30-173	50.8	8200.	605.	14.985	30.44	1.065	0.655	0.81	598.
W30-148	43.5	6680.	500.	10.48	30.76	1.18	0.65	0.82	227.
W30-132	38.9	5770.	437.	10.545	30.31	1.	0.615	0.75	196.
W30-124	36.5	5360.	408.	10.515	30.17	0.93	0.585	0.757	181.
W30-116	34.2	4930.	378.	10.495	30.01	0.85	0.565	0.775	164.
W30-108	31.7	4470.	346.	10.475	29.83	0.76	0.545	0.802	146.
W30-99	29.7	3990.	312.	10.45	29.65	0.67	0.52	0.767	128.
W30-90	26.7	3620.	283.	10.4	29.53	0.61	0.47	0.702	115.
W27-539	158.	25500.	1880.	15.255	32.52	3.54	1.97	0.71	2110.
W27-448	131.	20400.	1530.	14.94	31.42	2.99	1.65	0.697	1670.
W27-368	108.	16100.	1240.	14.665	30.39	2.48	1.38	0.707	1310.
W27-307	90.2	13100.	1020.	14.445	29.61	2.09	1.16	0.722	1050.
W27-258	75.7	10800.	850.	14.27	28.98	1.77	0.98	0.73	859.
W27-235	69.1	9660.	769.	14.19	28.66	1.61	0.91	0.702	768.
W27-217	63.8	8870.	708.	14.115	28.43	1.5	0.83	0.687	704.
W27-194	57.	7820.	628.	14.035	28.11	1.34	0.75	0.722	618.
W27-129	37.8	4760.	395.	10.01	27.63	1.1	0.61	0.712	184.
W27-114	33.5	4090.	343.	10.07	27.29	0.93	0.57	0.695	159.
W27-102	30.	3620.	305.	10.015	27.09	0.83	0.515	0.732	139.
W27-94	27.7	3270.	278.	9.99	26.92	0.745	0.49	0.692	124.
W27-84	24.8	2850.	244.	9.96	26.71	0.64	0.46	0.735	106.
W24-492	144.	19100.	1550.	14.115	29.65	3.54	1.97	0.772	1670.
W24-408	119.	15100.	1250.	13.8	28.54	2.99	1.65	0.76	1320.
W24-335	98.4	11900.	1020.	13.52	27.52	2.48	1.38	0.77	1030.
W24-279	82.	9600.	835.	13.305	26.73	2.09	1.16	0.785	823.

W24-103	30.3	3000.	280.	9.	24.53	0.98	0.55	0.77	119.
W24-94	27.7	2700.	254.	9.065	24.31	0.875	0.515	0.75	109.
W24-84	24.7	2370.	224.	9.02	24.1	0.77	0.47	0.792	94.4
W24-76	22.4	2100.	200.	8.99	23.92	0.68	0.44	0.757	82.5
W24-68	20.1	1830.	177.	8.965	23.73	0.585	0.415	0.79	70.4
W24-62	18.2	1550.	153.	7.04	23.74	0.59	0.43	0.785	34.5
W24-55	16.2	1350.	134.	7.005	23.57	0.505	0.395	0.807	29.1
W21-93	27.3	2070.	221.	8.42	21.62	0.93	0.58	0.757	92.9
W21-83	24.3	1830.	196.	8.355	21.43	0.835	0.515	0.727	81.4
W21-73	21.5	1600.	172.	8.295	21.24	0.74	0.455	0.76	70.6
W21-68	20.	1480.	160.	8.27	21.13	0.685	0.43	0.752	64.7
W21-62	18.3	1330.	144.	8.24	20.99	0.615	0.4	0.76	57.5
W21-57	16.7	1170.	129.	6.555	21.06	0.65	0.405	0.725	30.6
W21-50	14.7	984.	110.	6.53	20.83	0.535	0.38	0.777	24.9
W21-44	13.	843.	95.4	6.5	20.66	0.45	0.35	0.737	20.7
W18-71	20.8	1170.	145.	7.635	18.47	0.81	0.495	0.69	60.3
W18-65	19.1	1070.	133.	7.59	18.35	0.75	0.45	0.687	54.8
W18-60	17.6	984.	123.	7.555	18.24	0.695	0.415	0.68	50.1
W18-55	16.2	890.	112.	7.53	18.11	0.63	0.39	0.682	44.9
W18-50	14.7	800.	101.	7.495	17.99	0.57	0.355	0.68	40.1
W18-46	13.5	712.	90.7	6.06	18.06	0.605	0.36	0.645	22.5
W18-40	11.8	612.	78.4	6.015	17.9	0.525	0.315	0.662	19.1
W18-35	10.3	510.	66.5	6.	17.7	0.425	0.3	0.7	15.3
W16-57	16.8	758.	105.	7.12	16.43	0.715	0.43	0.66	43.1
W16-50	14.7	659.	92.	7.07	16.26	0.63	0.38	0.682	37.2
W16-45	13.3	586.	82.3	7.035	16.13	0.565	0.345	0.685	32.8
W16-40	11.8	518.	72.9	6.995	16.01	0.505	0.305	0.682	28.9
W16-36	10.6	448.	64.	6.985	15.86	0.43	0.295	0.695	24.5
W16-31	9.12	375.	54.	5.525	15.88	0.44	0.275	0.685	12.4
W16-26	7.68	301.	44.2	5.5	15.69	0.345	0.25	0.717	9.59
W14-38	11.2	385.	61.5	6.77	14.1	0.515	0.31	0.547	26.7
W14-34	10.	340.	54.6	6.745	13.98	0.455	0.285	0.545	23.3
W14-30	8.85	291.	47.3	6.73	13.84	0.385	0.27	0.552	19.6
W14-26	7.69	245.	40.2	5.025	13.91	0.42	0.255	0.517	8.91
W14-22	6.49	199.	33.2	5.	13.74	0.335	0.23	0.54	7.00
W12-22	6.48	156.	29.3	4.03	12.31	0.425	0.26	0.45	4.66
W12-19	5.57	130.	24.7	4.005	12.16	0.35	0.235	0.462	3.76
W12-16	4.71	103.	20.1	3.99	11.99	0.265	0.22	0.485	2.82
W12-14	4.16	88.6	17.4	3.97	11.91	0.225	0.2	0.462	2.36
W10-19	5.62	96.3	21.6	4.02	10.24	0.395	0.25	0.417	4.29
W10-17	4.99	81.9	18.7	4.01	10.11	0.33	0.24	0.42	3.56
W10-15	4.41	68.9	16.	4.	9.99	0.27	0.23	0.417	2.89
W10-12	3.54	53.8	12.6	3.96	9.87	0.21	0.19	0.415	2.18
W8-15	4.44	48.0	13.6	4.015	8.11	0.315	0.245	0.435	3.41

4 KATLI 12 ELEMANLI CERCEVENİN  
OPTİMİZASYONU RİJİT İKİ LİSTE (LRFD)

12	10	6	2	2	2	10	2	128	128	7	7	30	500	4
1	2													
29000.	0.000001	36.			2.0			.0002836						
	1	0.		0.										
	2	360.		0.										
	3	0.		145.										
	4	360.		145.										
	5	0.		290.										
	6	360.		290.										
	7	0.		435.										
	8	360.		435.										
	9	0.		580.										
	10	360.		580.										
	6	1	2	3	4	5	6							
	2	7	8											
	1	9												
	3	10	11	12										
.0														
.0														
.224														
.224														
.0														
.0														
.232														
.352														
.0														
.0														
.32														
.242														
.0														
.0														
.232														
.242														
	1		1		3		2		1					
	2		2		4		2		1					
	3		3		5		2		1					
	4		4		6		2		1					
	5		5		7		2		1					
	6		6		8		2		1					
	7		7		9		2		1					
	8		8		10		2		1					
	9		9		10		1		2					
	10		7		8		1		2					
	11		5		6		1		2					
	12		3		4		1		2					
	1		1		1		1							
	2		1		1		1							
	9		1		1	3.016								
	9		2		1	3.016								
	4		4											
	3	0.												
	5	0.												
	7	0.												
	9	0.												
	3	0.												
	5	0.												
	7	0.												
	9	0.												
	3	0.												
	5	0.												
	7	0.												
	9	0.												
	3	0.37												
	5	0.37												
	7	0.37												
	9	0.187												
	9	0.	4.03		241.9		0.	4.03		-241.9				
	10	0.	4.03		241.9		0.	4.03		-241.9				

11	0.	4.03	241.9	0.	4.03	-241.9
12	0.	4.03	241.9	0.	4.03	-241.9
9	0.	4.18	250.5	0.	4.18	-250.5
10	0.	6.34	380.2	0.	6.43	-380.2
11	0.	6.34	380.2	0.	6.43	-380.2
12	0.	6.34	380.2	0.	6.43	-380.2
9	0.	5.76	345.6	0.	5.76	-345.6
10	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
11	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
12	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
9	0.	4.18	250.5	0.	4.18	-250.5
10	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
11	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
12	0.	4.36	261.4	0.	4.36	-261.4
0	0	0	12			
0	1	1	3			
0	12	0	11			
1	3	3	5			
0	11	0	10			
3	5	5	7			
0	10	0	9			
5	7	7	0			
0	0	12	0			
0	2	2	4			
12	0	11	0			
2	4	4	6			
11	0	10	0			
4	6	6	8			
10	0	9	0			
6	8	8	0			
7	0	8	0			
0	9	9	0			
5	7	6	8			
0	10	10	0			
3	5	4	6			
0	11	11	0			
1	3	2	4			
0	12	12	0			

Kesit listesi ASD yöntemindeki liste ile aynı olduğu için tekrar verilmemiştir.

## 6.SAYISAL ÖRNEKLER

### 6.1.Giriş

Bu bölümde çelik çerçevelerin emniyet gerilmeleri (ASD) ve yük - dayanım artımı (LRFD) yönetmeliklerine göre genetik algoritma kullanılarak optimum tasarımı için geliştirilen bilgisayar programının uygulaması olarak dört adet sayısal örnek çözülmüştür. Tüm örnekler giriş bilgileri değiştirilerek iki yönetmeliğe göre karşılaştırmalar yapılmıştır.

Bu çalışmadaki bütün örneklerde malzeme çelik olup elastisite modülü  $E= 200.000$  MPa, akma dayanımı  $\sigma_a= 248,28$  MPa, özgül ağırlığı için ise  $\rho= 76,98$  kN/m<sup>3</sup> değerleri kullanılmıştır. Ayrıca tüm örneklerde lineer olmayan analiz için yakınsaklık oranı  $EPS=0,000001$ , lineer uygunluk ölçeklendirme faktörü  $CMULT=2$  seçilmiştir. Lineer olmayan analiz için nihai yük faktörü  $NYF=10$  olup yük artımları eşit alınmıştır. Çaprazlama olasılığı  $0,95$ , mutasyon olasılığı ise  $0,002$  seçilmiştir.

Tasarım değişkenleri ayrık değişkenler olup pratikte kullanılan hazır standart kesitlerden seçilmiştir. Amerikan geniş başlıklı W-kesitler: W 27-178'den W 6-9'a 128 adet, W 40-321'den W 8-15'e 128 adet iki kesit listesi kullanılmıştır. (Kolonlar için ilk liste, kirişler için ikinci liste kullanılmıştır.)

Verilen bütün örneklerde, çerçevelerin en üst kat yatay ötelenmeleri sınırlandırılmıştır. Bu sınırlandırmada AISC-ASD yönetmeliğine göre çerçeve toplam yüksekliğinin  $0,004$  katı, AISC-LRFD yönetmeliğine göre ise  $0,0052$  katı olarak alınmıştır.(LRFD 4.yük kombinasyonundaki  $1,3$  çarpanı dikkate alınmıştır.)

Çalışmada yapıya etki eden dört farklı yük çeşidi kullanılmıştır: Ölü yük (D), hareketli yük (L), çatı hareketli yükü  $L_r$  ve rüzgar yükü (W). AISC-ASD yönetmeliğine göre tasarımda bir tek yük kombinasyonu kullanılmıştır (D+L+ $L_r$ +W). AISC- LRFD yönetmeliğine göre tasarımda ise dört farklı yük kombinasyonu kullanılmıştır:

I: 1,4D

II: 1,2D+1,6L+0,5  $L_r$

III: 1,2D+1,6  $L_r$ +0,5L

IV: 1,2D+1,3W+0,5L+0,5  $L_r$

## 6.2. Tek Açıklıklı Dört Katlı Çerçeve

Tek açıklıklı dört katlı çerçevenin boyutları ,yükleme durumu ve eleman grup numaraları Şekil 5.2 de verilmektedir. Grup numaraları elemanlar üzerinde dikdörtgen kutucuklar içerisinde gösterilmektedir.

Bu örnekte:

$D= 28,02$  kPa       $L= 17,51$  kPa       $L_r= 14,01$  kPa       $W=13,0$  kN olarak TS 498' den hesaplanmıştır. İki kolon iki de kiriş grubu kullanılmıştır. Grup sayısına bağlı olarak da popülasyon büyüklüğü: 30 seçilmiştir.

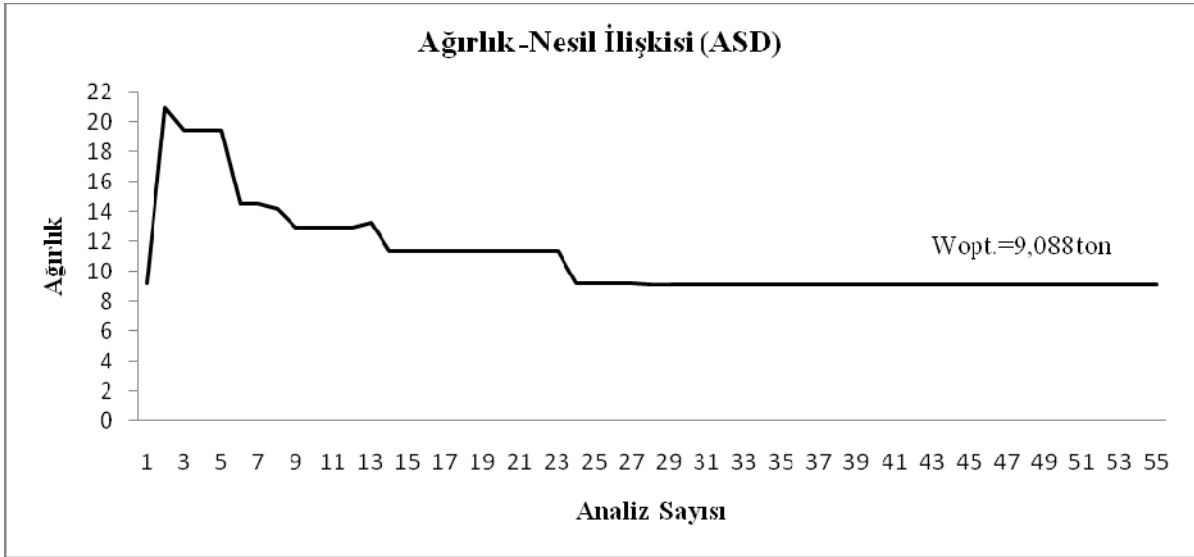
En üst katın yatay deplasmanları sırasıyla ASD ve LRFD için 5,89 cm ve 7,66 cm olarak sınırlandırılmıştır. ASD için çerçevenin optimum ağırlığı 55 nesil sonunda 9088 kg, üst katın yatay deplasmanları ise 0,237 cm olarak elde edilmiştir. LRFD için ise optimum ağırlık 64 nesil sonunda 6602 kg üst katın yatay deplasmanı 1,48 cm olarak elde edilmiştir. LRFD çözümünde ASD çözümüne göre % 27,4 daha hafif çerçeve elde edilmiştir. Her iki çözümde de deplasman değerleri sınır değerlerinin çok altındadır ve tasarımda gerilme ve imalat sınırlayıcıları hakimdir. Çizelge 6.1'de her iki yönetmelik için elde edilen optimum tasarım değişkenleri grup numaralarına göre verilmektedir.

Çizelge 6.1. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.

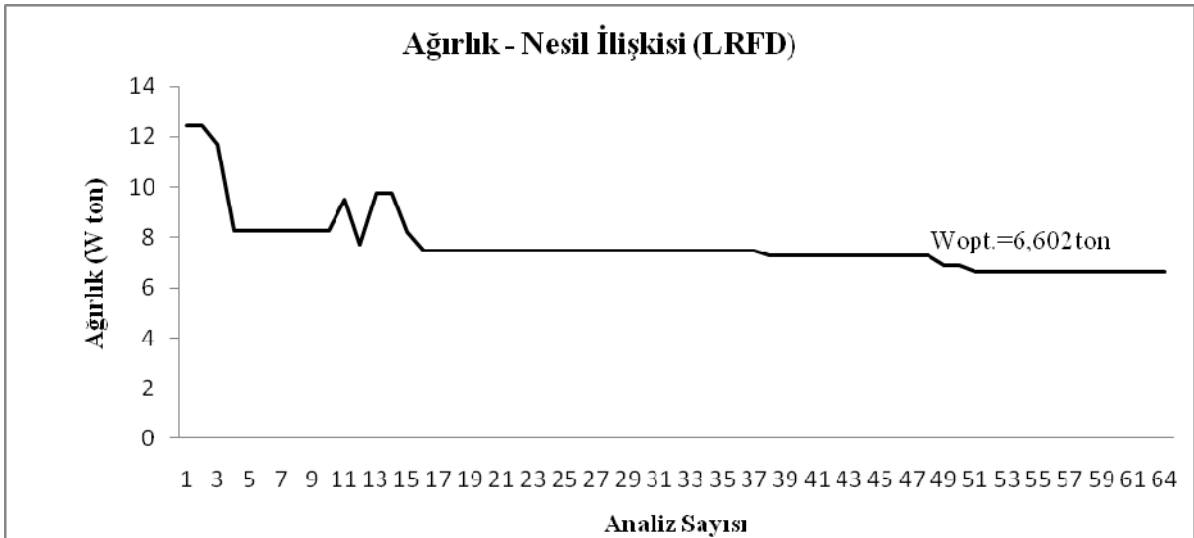
Grup No	ASD	LRFD
1	W 18 x 97	W 12 x 72
2	W 18 x 76	W 10 x 100
3	W 30 x 124	W 21 x 44
4	W 21 x 83	W 21 x 62

Çerçeve ağırlığının nesiller boyunca değişimi ASD ve LRFD için sırasıyla Şekil 6.1 ve 6.2 de verilmiştir.

Çözümler Intel Centrino Duo micro işlemcili bilgisayarda, ASD için 4 saniye , LRFD için ise 12 saniye sonunda elde edilmiştir.

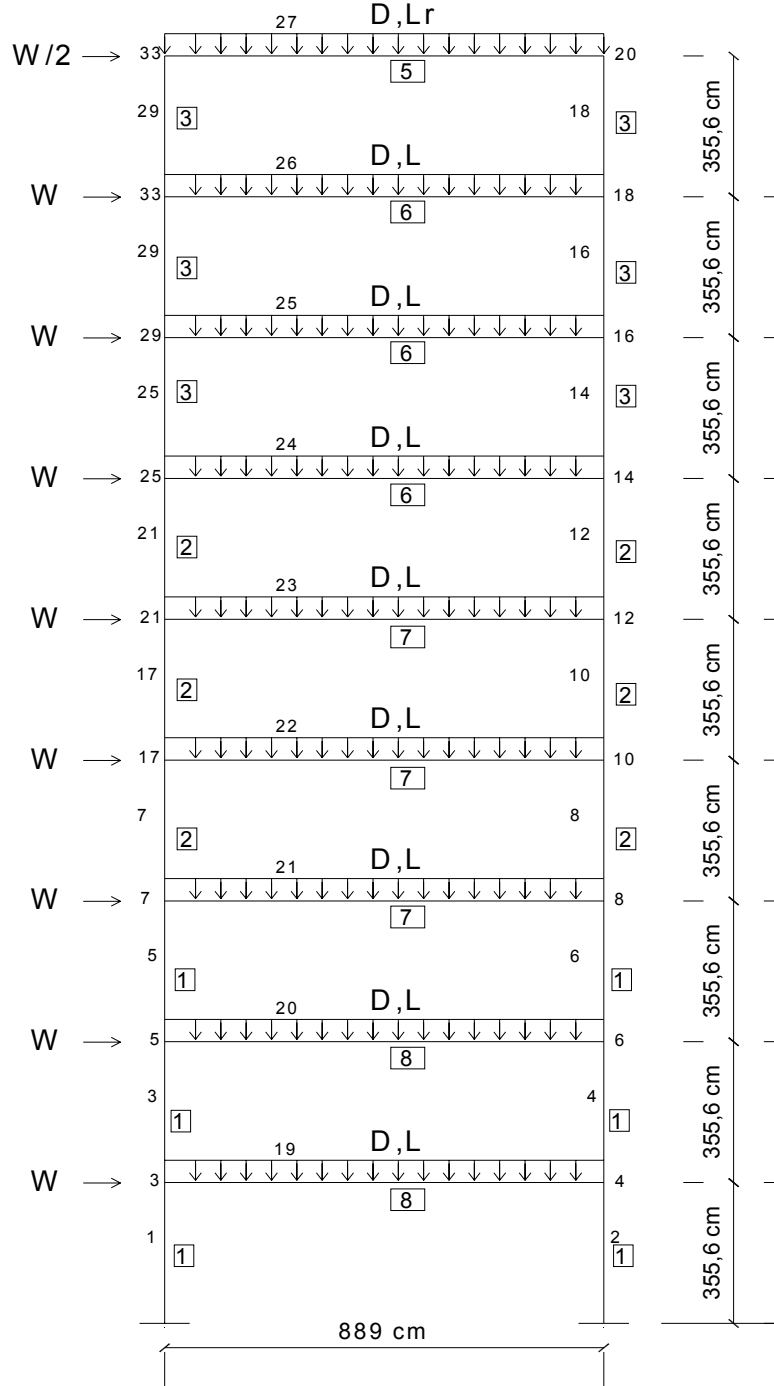


Şekil 6.1. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.



Şekil 6.2. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yöntemine göre ağırlık-nesil ilişkisi.

### 6.3. Tek Açıklıklı Dokuz Katlı Çerçeve



Şekil 6.3. Tek açıklıklı dokuz katlı çerçeve.



Bu örnekte:

$D= 26,27$  kPa       $L= 17,51$  kPa       $L_r= 14,01$  kPa       $W=17,10$  kN olarak TS 498' den hesaplanmıştır. Dört kolon üç de kiriş grubu kullanılmıştır. Grup sayısına bağlı olarak da popülasyon büyüklüğü: 30 seçilmiştir.

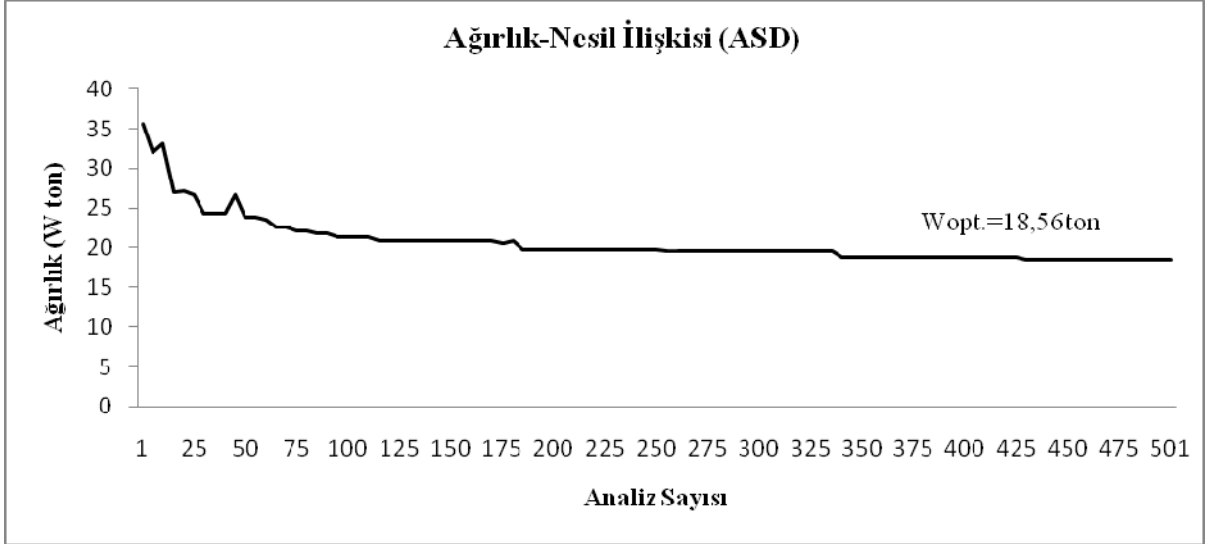
En üst katın yatay deplasmanları sırasıyla ASD ve LRFD için 12,8 cm ve 16,64 cm olarak sınırlandırılmıştır. ASD için çerçevenin optimum ağırlığı 501 nesil sonunda 1856 kg, üst katın yatay deplasmanları ise 1,657 cm olarak elde edilmiştir. LRFD için ise optimum ağırlık 501 nesil sonunda 1510 kg üst katın yatay deplasmanı 7,44 cm olarak elde edilmiştir. LRFD çözümünde ASD çözümüne göre % 18,6 daha hafif çerçeve elde edilmiştir. Her iki çözümde de deplasman değerleri sınır değerlerinin çok altındadır ve tasarımda gerilme ve imalat sınırlayıcıları hakimdir. Çizelge 6.2'de her iki yönetmelik için elde edilen optimum tasarım değişkenleri grup numaralarına göre verilmektedir.

Çerçeve ağırlığının nesiller boyunca değişimi ASD ve LRFD için sırasıyla Şekil 6.4 ve 6.5 de verilmiştir.

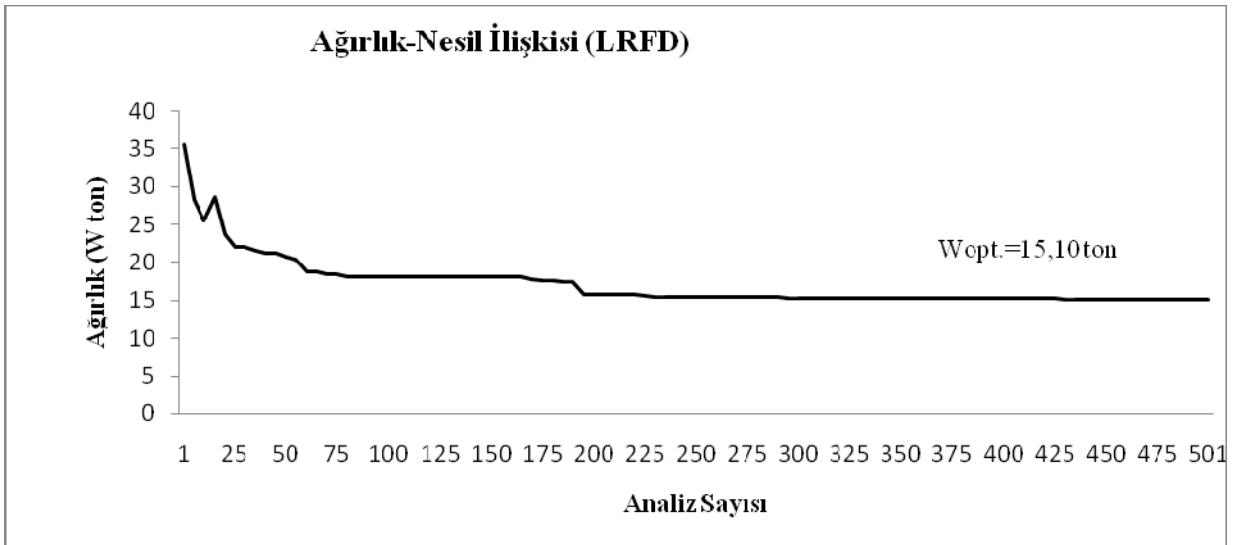
Çözümler Intel Centrino Duo micro işlemcili bilgisayarda, ASD için 8 saniye , LRFD için ise 4 dakika sonunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.2. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.

Grup No	ASD	LRFD
1	W 21 x 111	W 21 x 211
2	W 18 x 76	W 14 x 68
3	W 14 x 99	W 14 x 68
4	W 10 x 54	W 10 x 54
5	W 24 x 84	W 24 x 62
6	W 21 x 83	W 24 x 62
7	W 27 x 84	W 21 x 62
8	W 21 x 83	W 21 x 62

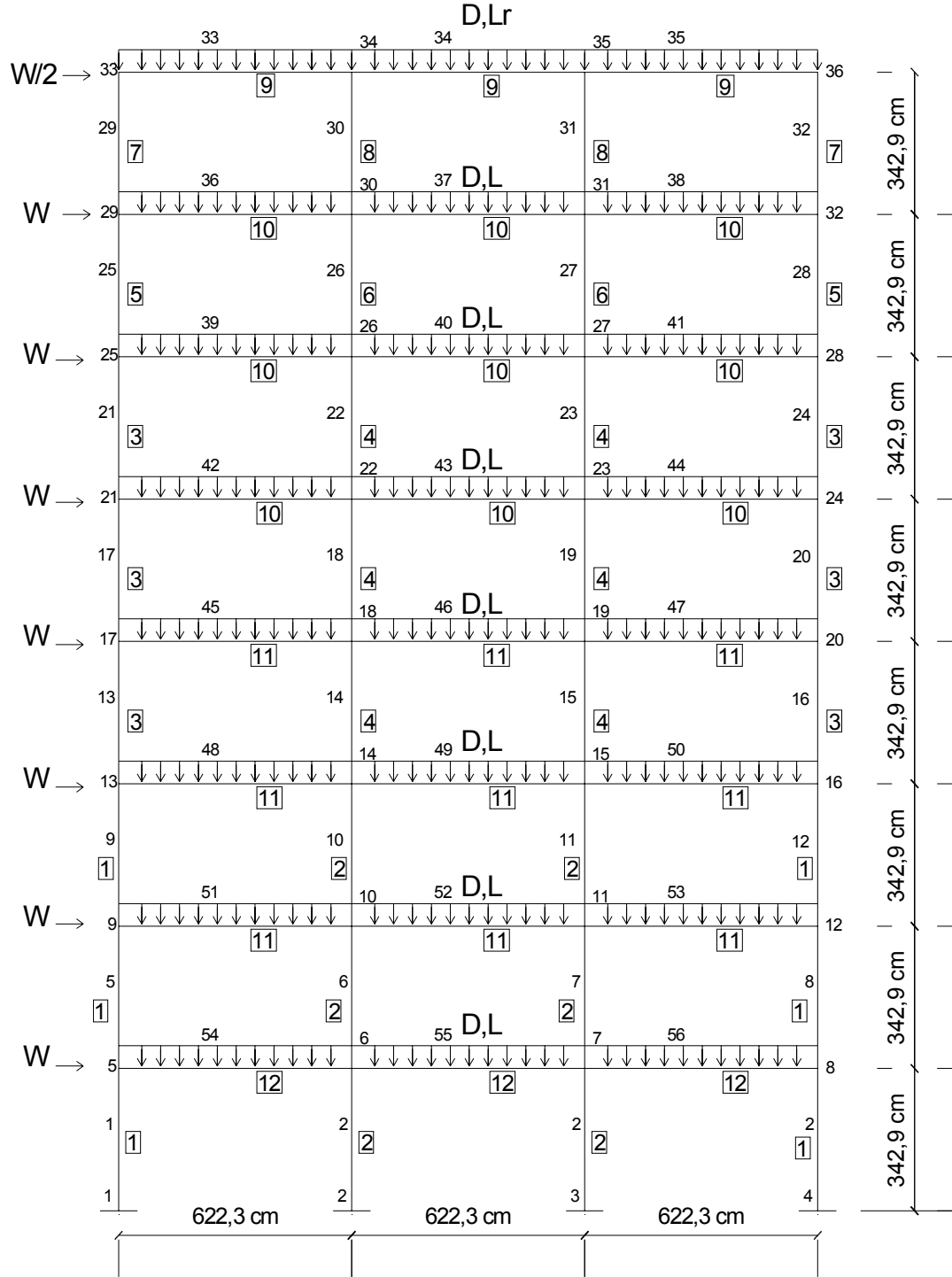


Şekil 6.4. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.



Şekil 6.5. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.

### 6.4. Üç Açıklıklı Sekiz Katlı Çerçeve



Şekil 6.6. Üç açıklıklı sekiz katlı çerçeve.

Bu örnekte:

$D= 18,66$  kPa       $L= 12,44$  kPa       $L_r= 9,33$  kPa       $W=15,53$  kN olarak TS 498' den hesaplanmıştır. Sekiz kolon dört de kiriş grubu kullanılmıştır. Grup sayısına bağlı olarak da popülasyon büyüklüğü: 56 seçilmiştir.

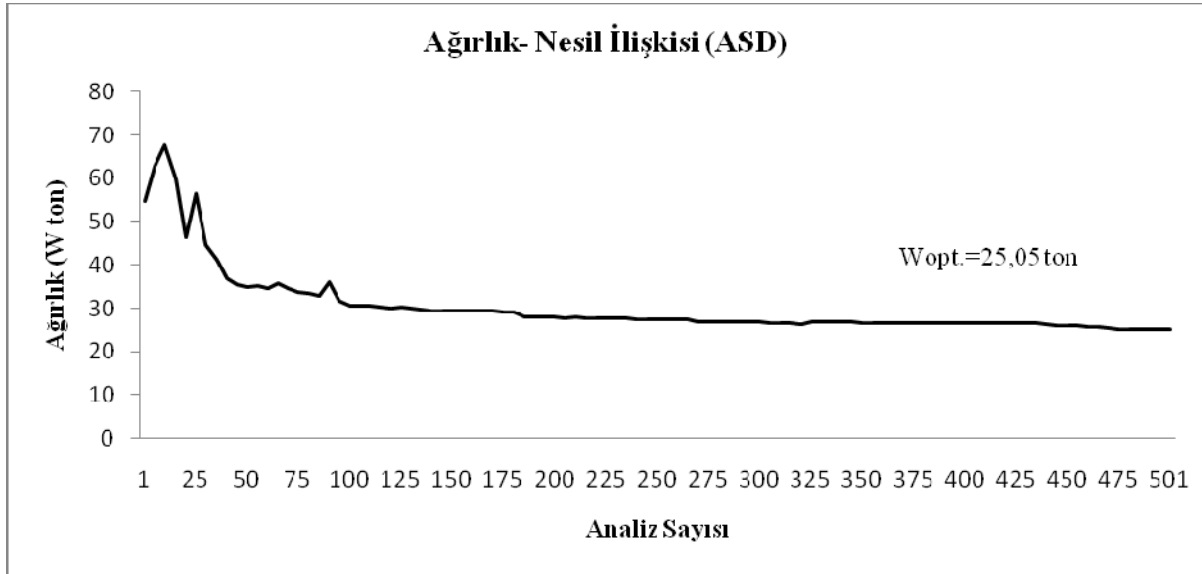
En üst katın yatay deplasmanları sırasıyla ASD ve LRFD için 10,97 cm ve 14,26 cm olarak sınırlandırılmıştır. ASD için çerçevenin optimum ağırlığı 501 nesil sonunda 2505 kg, üst katın yatay deplasmanları ise 1,75 cm olarak elde edilmiştir. LRFD için ise optimum ağırlık 501 nesil sonunda 2330 kg üst katın yatay deplasmanı 2,21 cm olarak elde edilmiştir. LRFD çözümünde ASD çözümüne göre % 7,0 daha hafif çerçeve elde edilmiştir. Her iki çözümde de deplasman değerleri sınır değerlerinin çok altındadır ve tasarımda gerilme ve imalat sınırlayıcıları hakimdir. Çizelge 6.3'de her iki yönetmelik için elde edilen optimum tasarım değişkenleri grup numaralarına göre verilmektedir.

Çerçeve ağırlığının nesiller boyunca değişimi ASD ve LRFD için sırasıyla Şekil 6.7 ve 6.8 de verilmiştir.

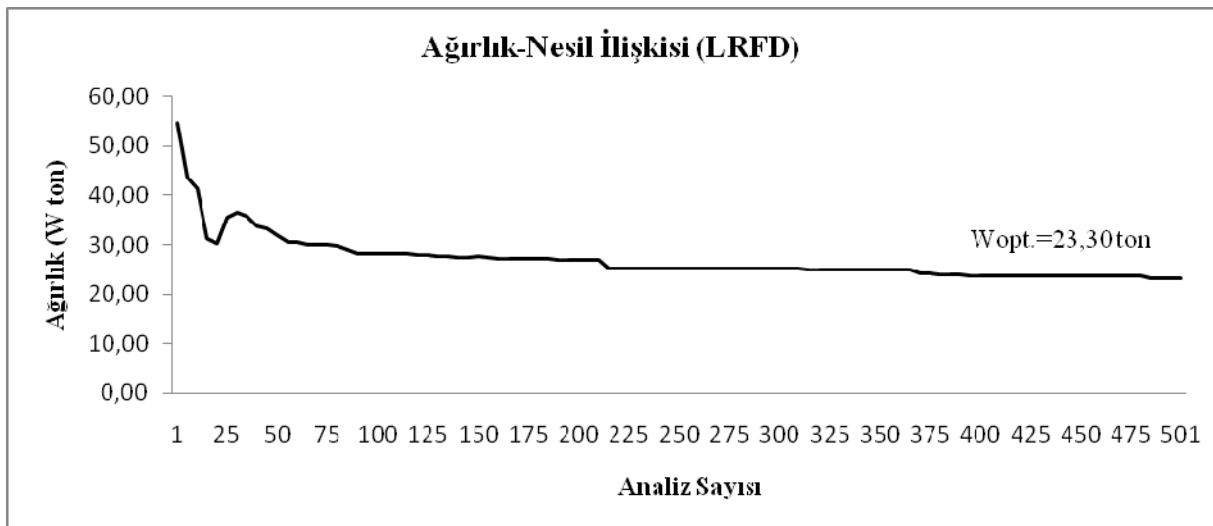
Çözümler İntel Centrino Duo micro işlemcili bilgisayarda, ASD için 2 dakika , LRFD için ise 23 dakika sonunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.3. Üç açıklıklı on katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.

Grup No	ASD	LRFD
1	W 24 x104	W 16 x 67
2	W 24 x117	W 21 x 211
3	W 16 x 67	W 16 x 67
4	W 16 x 67	W 21 x 211
5	W 16 x 67	W 14 x 82
6	W 14 x 82	W 14 x 43
7	W 14 x 99	W 14 x 99
8	W 14 x 99	W 12 x 58
9	W 18 x 40	W 21 x 62
10	W 24 x 62	W 16 x 26
11	W 16 x 40	W 24 x 55
12	W 16 x 36	W 16 x 36

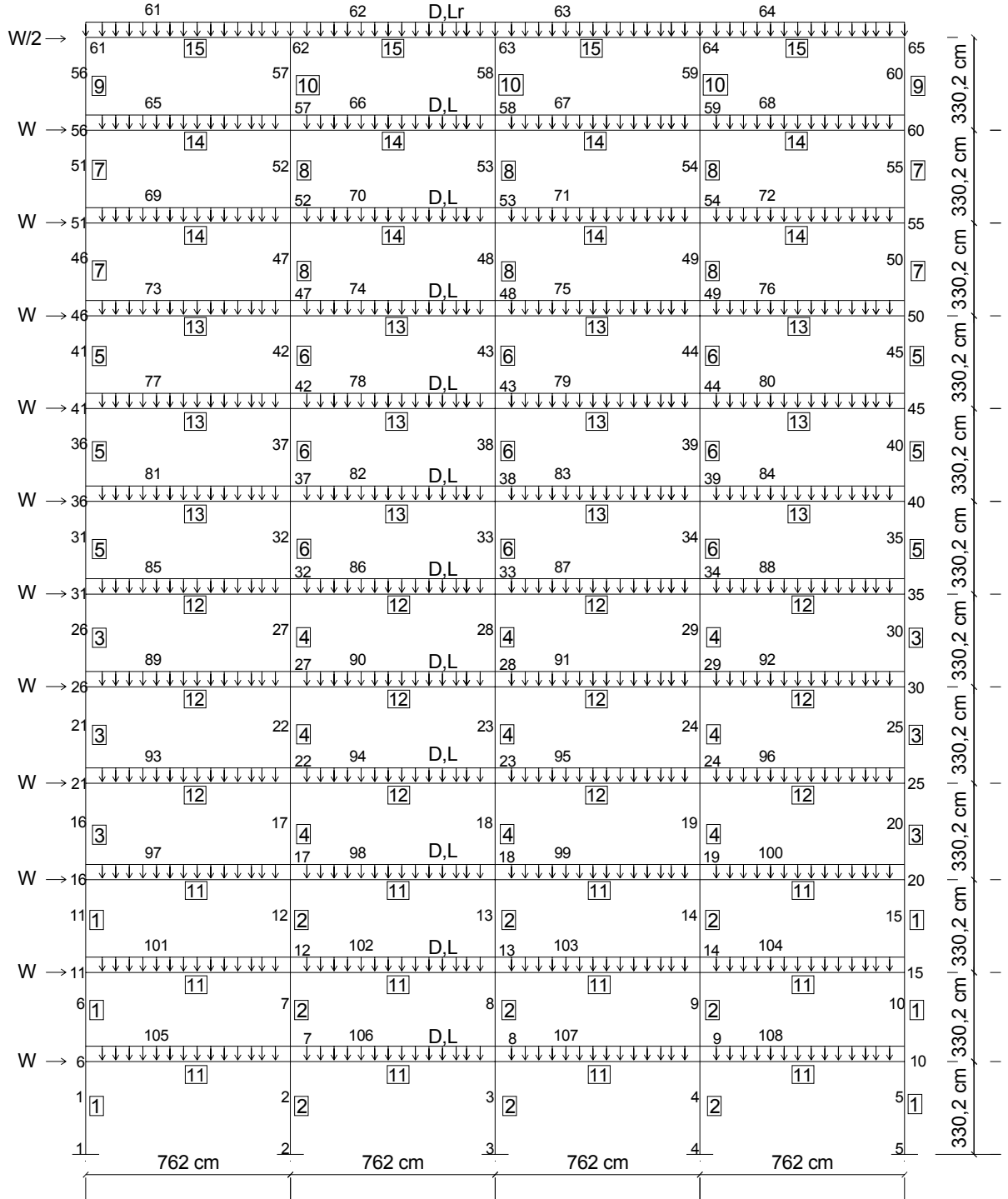


Şekil 6.7. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.



Şekil 6.8. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.

### 6.5. Dört Açıklıklı Oniki Kath Çerçeve



Şekil 6.9. Dört açıklıklı oniki kathi çerçeve.

Bu örnekte:

$D= 22,77$  kPa       $L= 15,76$  kPa       $L_r= 12,26$  kPa       $W=14,38$  kN olarak TS 498' den hesaplanmıştır. On kolon beş de kiriş grubu kullanılmıştır. Grup sayısına bağlı olarak da popülasyon büyüklüğü: 80 seçilmiştir.

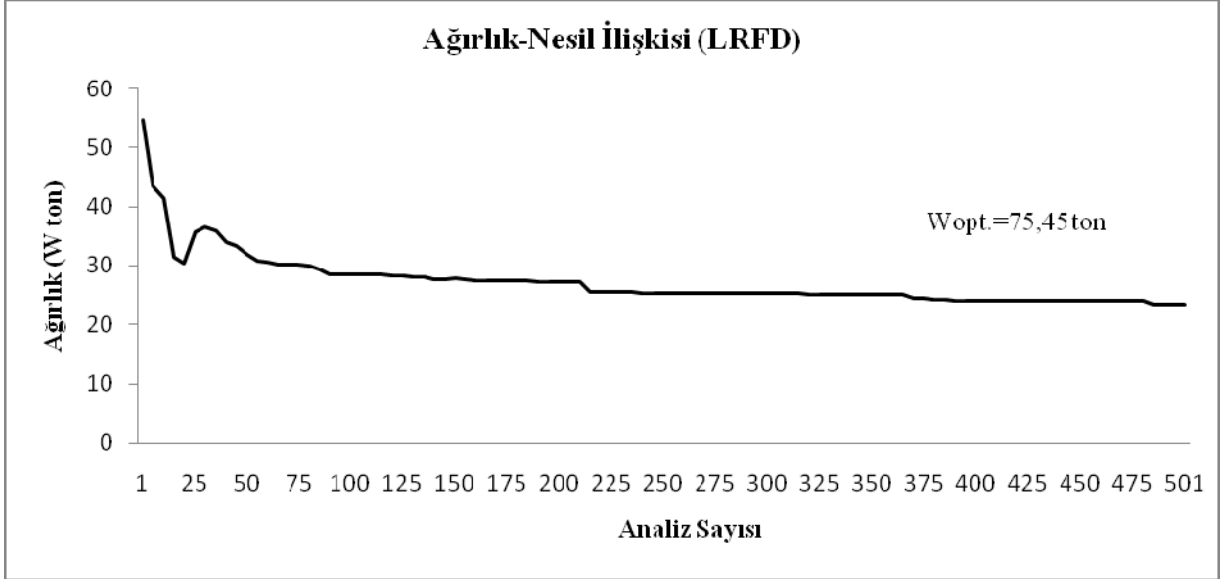
En üst katın yatay deplasmanları sırasıyla ASD ve LRFD için 15,85 cm ve 20,60 cm olarak sınırlandırılmıştır. ASD için çerçevenin optimum ağırlığı 501 nesil sonunda 7545 kg, üst katın yatay deplasmanları ise 1,778 cm olarak elde edilmiştir. LRFD için ise optimum ağırlık 501 nesil sonunda 6970 kg üst katın yatay deplasmanı 2,32 cm olarak elde edilmiştir. LRFD çözümünde ASD çözümüne göre % 8,0 daha hafif çerçeve elde edilmiştir. Her iki çözümde de deplasman değerleri sınır değerlerinin çok altındadır ve tasarımda gerilme ve imalat sınırlayıcıları hakimdir. Çizelge 6.4'de her iki yönetmelik için elde edilen optimum tasarım değişkenleri grup numaralarına göre verilmektedir.

Çerçeve ağırlığının nesiller boyunca değişimi ASD ve LRFD için sırasıyla Şekil 6.10 ve 6.11 de verilmiştir.

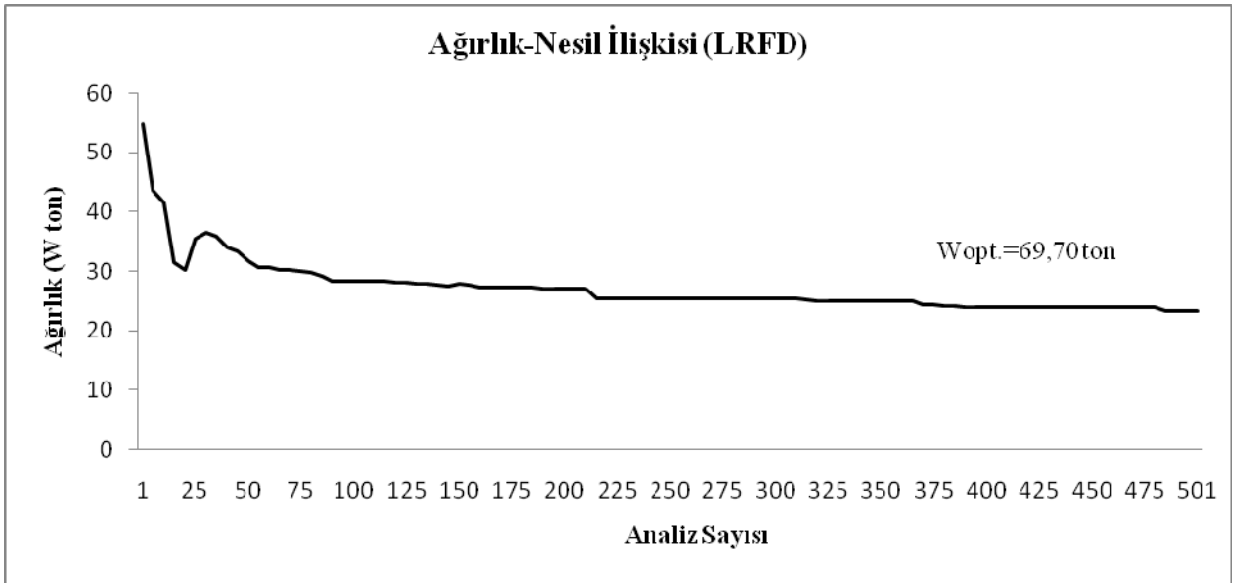
Çözümler Intel Centrino Duo micro işlemcili bilgisayarda, ASD için 3 dakika , LRFD için ise 86 dakika sonunda elde edilmiştir.

Çizelge 6.4. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.

Grup No	ASD	LRFD
1	W 27 x 161	W 14 x 257
2	W 24 x 146	W 18 x 175
3	W 24 x 117	W 14 x 257
4	W 24 x 104	W 14 x 120
5	W 24 x 117	W 14 x 74
6	W 18 x 119	W 14 x 99
7	W 24 x 104	W 14 x 99
8	W 18 x 97	W 14 x 99
9	W 18 x 119	W 14 x 53
10	W 18 x 76	W 10 x 33
11	W 30 x 90	W 18 x 35
12	W 30 x 116	W 21 x 50
13	W 24 x 68	W 21 x 62
14	W 21 x 62	W 21 x 44
15	W 16 x 57	W 24 x 62



Şekil 6.10. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.



Şekil 6.11. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.



## 7. SONUÇLAR

1. Bu çalışmada GA, çelik çerçevelerin gerçek yük ve tasarım yönetmeliklerine göre optimum tasarımı için uyarlanmış ve özellikle çelik profil kesitleri ayırık değişkenler olduğu için GA ile optimum tasarıma uygun olduğu görülmüştür.

2. Yapılan sayısal çözümlerden topluluk büyüklüğünün kromozom uzunluğunun bir ila iki katı arasında seçilmesinin uygun olduğu görülmüştür. 9 katlı çelik çerçevede dört kolon ve dört giriş grubu kullanılmıştır,  $4 \times 7 = 28$  olduğundan popülasyon büyüklüğü 30 seçilmiştir. 8 katlı çelik çerçevede sekiz kolon ve dört giriş grubu kullanılmıştır,  $8 \times 7 = 56$  olduğundan popülasyon büyüklüğü 56 seçilmiştir. Her dört örnekte de profil kesit listeleri 128 elemandan oluşmuş, dolayısıyla her eleman grubu için dizi uzunluğu 7 alınmıştır.

3. Toplulukta ‘uygunluk ölçeklendirmesi’ (fitness scaling) (D.E. Goldberg, 1989) ve büyük çaprazlama olasılıklarının kullanılması optimum çözüme yakınsamayı hızlandırmaktadır. Örneklerde çaprazlama olasılığı olarak 0,95 değeri kullanılmıştır.

4. Yapılan sayısal örneklerden büyük mutasyon olasılık değerlerinin çözümlerde iraksamaya yol açtığı ve bunun için 0,001 veya 0,002 gibi küçük değerlerin kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmaktadır, örneklerde mutasyon olasılık değerleri 0,002 alınmıştır.

5. GA’da iki durdurma kriteri kullanılmıştır:  $(F_{max} - F_{ort}) / F_{max} \leq \varepsilon$ , burada  $F_{max}$  ve  $F_{ort}$  en son elde edilen topluluktaki en büyük ve ortalama uygunluk değerlerini,  $\varepsilon$  belirlenmiş küçük bir sayıyı göstermektedir.  $\varepsilon$  için küçük değerlerin seçilmesi yakınsamada gecikmeye, büyük değerlerin seçilmesi ise optimum değere ulaşmadan yakınsamaya yol açmaktadır. Sayısal örneklerden bu değerlerin 0,005-0,008 alınmasının uygun olduğu anlaşılmıştır. Yapılan çözümlerden 500 nesilden sonra çözümlerde önemli bir iyileşme olmadığı görülmüştür. Bu nedenle algoritma birinci kriterle durmadığı takdirde ikinci bir durdurma kriteri olarak maksimum iterasyon sayısı 500 olarak seçilmiştir.

6. Çelik yapıların tasarımında emniyet gerilmeleri yöntemini esas alan AISC-ASD yönetmeliğinin yanı sıra taşıma gücü yöntemine dayanan AISC-LRFD yöntemi de kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapılan karşılaştırmalar sonucunda AISC-LRFD yönteminden elde edilen sonuçların AISC-ASD yönteminden elde edilen sonuçlardan daha ekonomik olduğu tespit edilmiştir. Sayısal örneklerde LRFD yönetmeliğinde ASD yönetmeliğine göre % 7,0 - % 27,4 daha hafif optimum çerçeveler elde edilmiştir.

7. Bu çalışmada yapılan sayısal çözümlerde; LRFD ile yapılan çözümler ASD ile yapılan çözümlere göre 4,0 - 28,6 kat fazla hesaplama süresi göstermiştir. Bunun nedeni LRFD'de lineer olmayan analiz kullanılması ve bu analizde de her yük artımı için yakınsamaya kadar bir çok iterasyon yapılması, ayrıca LRFD'de dört yük kombinasyonu için ASD'ye göre her seferinde dört kat fazla analiz yapılmasıdır.

## KAYNAKLAR

- Adeli H. and N. T. Cheng, 1994 , “Augmented Lagrangian Genetic Algorithm for Structural Optimization”, J. Aerospace Engrg., ASCE , 7, 104-118.
- American Institute of Steel Construction, 2001. Manual of steel construction-load and resistance factor desing, Chicago.
- American Institute of Steel Construction, 1989. Manual of steel construction-allowable stress design, Chicago.
- Armutçu, M., 1997. Genetik Algoritma ile Çelik Çerçevelerin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Trabzon.
- Atabay, Ş., 2004. Perdeli Betonarme Yapı Sistemlerinin Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aydın, Z., 2000. Uzay Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, Z., 2006. Öngerilmeli Beton Kirişli Köprü Üst Yapılarının Genetik Algoritma ile Optimum Tasarımı Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Basheer, I. A., 1996. Predicting Dynamic Response of Adsorption Columns with Neural Nets, Journal of Computing in Civil Engineering, 10, 1, 31-39.
- Braysy O. (2001), Local Search and Variable Neighborhood Search Algorithms for The Vehicle Routing Problem With Time Windows, PH D Thesis.
- Camp C., Pezeshk S., Cao G., 1997. Optimized Steel Frame Design A Genetic Algotithm. Structures Congress - Proceedings, v 2, Building to Last, 2, 803-807
- Camp, C., Pezeshk, S. ve Cao, G., 1998. Optimized Design of Two-Dimensional Structures Using a Genetic Algorithm, Journal of Structural Engineering, 124, 5, 551-559.
- Croce, F.D., Tadei, R., Volta, G., 1995, A genetic algorithm for the job shop problem., Computers and Operations. Research. Vol.22, No.1.
- Csebfalvi A., 2007. Optimal Design of Frame Structures with Semirigid Joints. Periodica Polytechnica: Civil Engineering, 51,1,9-15

Daloğlu, A. ve Armutçu, M., 1997. Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma ile TS 648'e Uygun Olarak Optimum Tasarımı, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, III. Teknik Kongre, ODTÜ, Ankara.

Daloglu A., Armutcu M., 1998. Optimum Desing of Steel Plane Frames Using Genetich Algorithm. Teknik Dergi/Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers, 9,483-487

Daloğlu, A. ve Aydın, Z., 1999. Kafes Sistemlerin Uygulamaya Yönelik Optimum Tasarımı, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 5, 1, 951-957.

Degertekin S. Ö., Ulker M., Hayalioglu M. S., 2006.Uzay Çelik Çerçevelerin Tabu Arama ve Genetik Algoritma Yöntemleriyle Optimum Tasarımı. Teknik Dergi/Technical Journal of Turkish Chamber of Civil Engineers, 17, 3, 3917-3934

Degertekin S.O., 2007. A comparison of Simulated Annealing and Genetic Algorithm for Optimum Design of Nonlinear Steel Space Frames. Structural and Multidisciplinary Optimization, , 34,4,347-359;

Degertekin S.O., Saka, M.P., Hayalioglu, M.S., 2008. Optimal load and Resistance Factor Design of Geometrically Nonlinear Steel Space Frames via Tabu Search and Genetic Algorithm.Engineering Structures, 30,1, 197-205

Erbatur F., Hasancebi O., Tutuncu I., Kilic H., 2000. Optimal design of Planar and Space Structures with Genetic Algorithms. Computers and Structures, 75,2, 209-224

Engin O. (2001), Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ile Çözüm Performansının Arttırılmasında Parametre Optimizasyonu, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi.

Fığlalı, A., Engin, O. 2002. "Genetik Algoritmalarla Akış Tipi Çizelgelemede Üreme Yöntemi Optimizasyonu". İTÜ Dergisi, s. 1-6

Fung R.Y.K. , Tang J. ve Wang D. (2001), "Extension Of A Hybrid Genetic Algorithm For Nonlinear Programming Problems With Equality And Inequality Constraints", Computers & Operations Research, Volume: 29,Issue: 3, s. 261-274.

Ghedjati F.,1999. Genetic algorithms for the job-shop scheduling problem with unrelated paralled constraints: heuristics mixing method machines and precedence. Comput Ind Eng;73,39-42.

Goldberg, D. E., 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York, N. Y.

- Goldberg, D. E. ve Samtani, M. P., 1986. Engineering Optimization via Genetic Algorithm, Proc. 9th Conf. Electronic Computation, ASCE, 471-482.
- Hayalioğlu, M. S., 2000. Optimum Design of Geometrically Non-Linear Elastic-Plastic Steel Frames Via Genetic Algorithm, Computers&Structures, 77, 527- 538.
- Hayalioğlu, M. S., 2001. Optimum Load and Resistance Factor Design of Steel Space Frames Using Genetic Algorithm, Structural and Multidisciplinary Optimization, 21, 292-299.
- Hayalioğlu M.S., Degertekin S.O., 2004-a. Genetic Algorithm Based Optimum Design of Nonlinear Frames with Semirigid Connections. Steel and Composite Structures, 4,6, 453-469
- Hayalioğlu M.S., Degertekin S.O., 2004-b. Design of Nonlinear Steel Frames for Stress and Displacement Constraints with Semi-rigid Connections Via Genetic Optimization. Structural and Multidisciplinary Optimization, 27, 4, 259-271
- Hayalioğlu, M. S., Degertekin S.O., 2005. Minimum Cost Design of Steel Frames with Semi-Rigid Connections and Column Bases Via Genetic Optimization, 83, 1849-1863.
- Holland, J. H., 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor, Mich.
- Holland, J.H., 1992, "Genetic algorithms," Sci. Am. Pp. 66-72.
- Jones, H. L., 1985. Minimum Cost Prestressed Concrete Beam Design, Journal of Structural Engineering, 111, 11, 2464-2478.
- Jang J. S. R. 1997, Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach To Learning and Machine Intelligence, Chapter 7: Derivative-Free Optimization, Prentice-Hall, USA, s. 173-196
- Kameshki, E. S. ve Saka, M. P., 2001. Optimal Design of Nonlinear Steel Frames with Semi-Rigid Connections using a Genetic Algorithm, Computers and Structures, 79, 1593-1604.
- Kamat M.P., 1993 .Structural Optimization: Status and Promise, Progress in Astronautics and Aeronautics, Volume 150,
- Kirsch, U., 1983. Multilevel Optimal Design of Reinforced Concrete Structures, Engineering Optimization, 6, 4, 207-212.

- Kishi N., Chen W.F., Goto Y., 1997. Effective Length Factor of columns in semirigid unbraced frames, *J. Struct Engng ASCE*,123,3,313-320.
- Kim S., Song W. Ma S.,2004. Optimum Desing Using Genetich Algorithm with Nonlinear Elastic Analysis. *Structural Engineering and Mechanics*, 17,5, 707-725
- Kocer, F. Y. ve Arora, J. S., 1996. Design of Prestressed Concrete Transmission Poles: Optimization Approach, *Journal of Structural Engineering*, 123, 3, 804-814.
- Pezeshk S., Camp, C.V., Chen D., 2000. Desing of Nonlinear Framed Structures Using Genetich Algorithm. *Journal of Structural Engineering*, 126, 3, 387-388
- Polat A.,2006. Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma ile Çok Amaçlı Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniv.
- Rozvany , G.I.N., (1989) , *Structural Design via optimality Criteria*, Kluwer, Dordrecht
- Toropov V.V. , Mahfouz S.Y., 2001. Desing of Optimization of Structural Steelwork Using a Genetich Algorithm. *Engineering Computations (Swansea, Wales)*, 18,3-4, 437-459
- Torregosa R F., Kanok-Nukulchai W.,2002. Weight Optimization of Steel Frames Using Genetic Algorithm.*Advances in Structural Engineering*, 5, 2, 99-111
- Tosun E., 2006. Frezleme İşemlerinde Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Kesme Koşullarının Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniv. .
- TS 648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, 1980, Ankara.
- TS 498 'Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri" , 2000, Ankara.
- Saka, M.P., Hayalioğlu M.S., 1991,. Optimum Desing of Geometrically Optimum Non -Linear Elastic-Plastic Stell Frames, *Computers&Structures*,38,3,329-344.
- Sarma K C., Adeli H.,2005. Comparative study of Optimum Desing of Stell High Rise Building Structures Using Allowable Stress Design and Load and Resistance Factor Desing Codes. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 10,1,12-17
- Savur M.K.,2007 Statik ve Dinamik Yüklemeler Altındaki Yapıların Ardaşık Taguchi Metodu İle Optimum Tasarımı İçin Fortran Programı Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi,G.Y.T.E., Gebze.

Sugimoto H., Bianli L., 1997, Fully-Stressed desing of Framed Structures with Discrete Variables and Application of Genetic Algorithm. Proceedings of the US-Japan Joint Seminar on Structural Optimization, Advances in Structural Optimization, 180-191

Uniform Building Code, 1997, International Conference of Building Officials, Whittier, CA.

Usluoğulları Ö.F., 2006. Evrimsel Yapı Optimizasyonu Yönteminin İncelenmesi Ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniv..

Vanderplaats,G.N., 1984. Numerical Optimization Techniques for Engineering Design, McGraw-Hill Book Company, New York,

Varlı A.,2007. Çok Amaçlı ve Çok Konumlu Aktarmalı Taşıma Problemlerinin Genetik Algoritma İle Optimizasyonu,FBE.

Yeniay, Ö., 2001, An Overview Of Genetic Algorithms, Anadolu Üniversitesi, Bilim Ve Teknoloji Dergisi, Cilt:2, Sayı:1, s. 37-49

Yeh, C., 1999. Design of High-Performance Concrete Mixture using Neural Networks and Nonlinear Programming, Journal of Computing in Civil Engineering, 13, 1, 36-42.

Zalzala, A. M. S. ve Fleming, P. J., 1997. Genetic Algorithms in Engineering Systems, The Institution of Electrical Engineers, London, United Kingdom.

Xie Y.M. and Steven G.P., 1997. Evolutionary Structural Optimization, Springer.

Yeo M. F. ve Agyel E. O. 1998, "Optimising Engineering Problems Using Genetic Algorithms", Engineering Computations, Volume: 15, Number: 2, s. 268-280.

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 6.1. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.	45
Çizelge 6.2. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.	48
Çizelge 6.3. Üç açıklıklı on katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.	51
Çizelge 6.4. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için optimum kesitler.	54



**ŞEKİL LİSTESİ**

Şekil 4.1. Genetik Algoritmanın Genel İşleyişi	12
Şekil 4.2. Rulet Tekerleği Dağılımı	18
Şekil 5.1. Programda Kullanılan Genetik Algoritmanın İşleyişi	31
Şekil 5.2. Tek Açıklıklı Dört Katlı Çerçeve	36
Şekil 6.1. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	46
Şekil 6.2. Tek açıklıklı dört katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yöntemine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	46
Şekil 6.3. Tek açıklıklı dokuz katlı çerçeve.	47
Şekil 6.4. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	49
Şekil 6.5. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	49
Şekil 6.6. Üç açıklıklı sekiz katlı çerçeve.	50
Şekil 6.7. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	52
Şekil 6.8. Tek açıklıklı dokuz katlı çelik çerçeve için AISC-ASD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	52
Şekil 6.9. Dört açıklıklı oniki katlı çerçeve.	53
Şekil 6.10. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için AISC-ASD	

yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	55
Şekil 6.11. Dört açıklıklı oniki katlı çelik çerçeve için AISC-LRFD yönetmeliğine göre ağırlık-nesil ilişkisi.	55

## ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Mardin’de doğdu. 1996 yılında Diyarbakır Ziya Gökalp Lisesi’nden mezun oldu. 2002 yılında Dicle Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2005 yılında Milli Savunma Bakanlığı Diyarbakır İnşaat Emlak ve NATO Enfrastürüktür Bölge Başkanlığında İnşaat Mühendisi olarak göreve başladı. Hala aynı görevi sürdürmektedir.