3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu

3rd International Advanced Technologies Symposium

ELEKTRİK, ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR TEKNOLOJİLERİ

Cilt 1

MAKİNE TEKNOLOJİLERİ

Cilt 2

METAL TEKNOLOJİLERİ

Cilt 3

ENERJİ, İNŞAAT, MOBİLYA VE TEKSTİL TEKNOLOJİLERİ

Cilt 4

Kurullar

Ağustos/August 18-20, 2003
Gazi Üniversitesi
Ankara/Türkiye

CİLT 4
ENERJİ, İNŞAAT, MOBİLYA VE TEKSTİL TEKNOLOJİLERİ

136. Fissile Fuel Production in a Hybrid Model of Prometheus –H Reactor
Mustaf Übeyli ……1

137. Finite Differenence Method Of Mixed Convection Heat Transfer in Nuclear Reactor Coolant Channels
N. Füsun Serteller, Gürkan Serteller ……13

138. New Emprical Formulas for 14-15MeV Neutron–Induced (n,2n) Reaction Cross Sections
E. Tel, B. Şarer.İ. Demirkol, A. Arasoğlu, G. Tanır ……19

139. Modified Emprical Formulas for 14-15 MeV Neutron–Induced (n,α) Reaction Cross Sections
İ. Demirkol E. Tel, A. Arasoğlu, A. Özmen ……31

140. Termik Santral Çevresinde Oluşan Radyasyonun PLC İle Denetimi
İsmail Coşkun, Çetin Gençer, Ali Saygın ……41

141. Yakıt Olarak Hidrojen ve Türkiye'deki Yeri
İrfan Güney, Semih Özel, Yelda Karatepe ……49

142. Füzyon Reaktörlerinde Yüksek Performans Sağlamak İçin Yapı Malzemesi Olarak Refrakter Metallerin ve Alaşımların Kullanılması
Mustafa Übeyli, Mahmut Alkan, Kadir Yıldız ……58

143. Bir Candu Yakıt Çubuğunda Isı Transferinin Sayısal Çözüm Tekniğinin Modellenmesi
H. Mehmet Şahin, Eşref Baysal, Mahmut Aklan ……69

144. Bor Minerallerinin Endüstriyel Teknolojide Kullanım İmkanları
H.Güçlü Yavuzcan, Taner Aşçı ……81

145. Aylık Ortalama Güneş Radyasyonunun Yapay Sinir Ağları Metoduyla Tahmini
Arzu Şencan, Nalan Çiçek Bezir, A. Kemal Yakut , Nuri Özek ……95

146. Hibrit Reaktör Teknolojisi
Kadir Yıldız, Adem Acır ……102

147. Güneş Enerjisiyle Buhar Üretiminde Yapay Zeka Uygulaması
C. Çetiner, F. Halıcı, Ö. Akgöbek ……113

148. Rüzgar Enerjisinin Elektrik Üretiminde Kullanımı ve Kütahya'da Rüzgar Enerjisinden Elektrik Üretim Olasılığı
Ramazan Köse, M. Arif Özgür ……124

149. Jeotermal Güç Santralleri ve Simav Jeotermal Kaynaklarının Elektrik Üretimine Uygulanabilirliği
R. Köse, A. Tuğçe, A. Gün ……135

150. Biyogaz Üretiminde Alternatifler
Abdülcelil Buğutekin, , A. Korhan Binark ……146

151. Bacalı Doğal Taşınım ve Performans Analizi
Erdoğan Kılıçaslan, Metin Gümüş, A. Korhan Binark ……158

152. Elektrik Enerjisi Üretiminde Güneş Kulesi Sisteminin Termodinamik İncelemesi
Reşat Selbaş, İbrahim Üçgül, Önder Kızılkan ……168

153. Jeotermal Enerjili Üzüm Kurutma Sistemi Tasarımı
Mesut Abuşka, A. Korhan Binark ……180

154. An Investigation of Electrorhelogical Properties of Calcium Carbonate Powders
Haşim Yılmaz, Halil İbrahim Ünal, Fahrettin Cevher ……196

155. Synthesis of NiO Cathode Used In Molten Carbonate Fuell Cell and CO2 Absorption
Emre Özçelik ve Gökhan Özkan ……208

156. Polimer Elektrolit Membran Yakıt Hücreleri İçin Alternatif Elektrolit Geliştirilmesi
O. İ. Şenol, İ. Ar ……218

157. Atom Numarası 11<Z<98 Arasında Değişen Elementler Bölgesinde K_β/K_α Şiddet Oranlarının Deneysel Ve Teorik Değerleri Üzerine Bir Çalışma.
Ziya Merdan, Mustafa Tan ……232

158. Labaratuar Şartlarında Geliştirilen Ve Denemesi Yapılan Elektrolit-Elektrot Çiftinin Yakıt Pilinde Kullanılarak Paket Haline Getirilmesi ve İçten Yanmalı Motorlar İle Karşılaştırılması
İ. Ar, K. Erşan, S. Tükek, S. Sarıdemir ……239

159. Yakıt Pili Teknolojisi, Ekonomisi Ve Uygulama Alanları
İrfan Güney, Semih Özel, Yelda Karatepe ……252

160. Şekil Hatırlamalı Alaşımlarda Uzun Periyotlu Yapıların Moleküler Dinamik Benzetimi
S. Özgen, S. Kazanç, O. Adıgüzel ……266

161. Betonarme Düzlem Çerçeve Sistemlerin İtme Analizine Yapay Sinir Ağlarının Uygulanması
Mehmet Aydın Kömür, Naci Çağlar, Muzaffer Elmas ……274

162. Değer Kodlaması Kullanarak Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma İle Minimum Ağırlıklı Boyutlandırılması
Tayfun Dede, Yusuf Ayvaz, Serdar Bekiroğlu ……287

163. Genetik Algoritma (Ga) İle Çatı Makaslarının Şekil ve Boyut Optimizasyonu
Vedat Toğan, Ayşe Daloğlu ……301

164. Değişik Geometrili Çatılarda Rüzgar Yüklerinin Deneysel Ve Nümerik Olarak İncelenmesi
Mustafa Atmaca, İsmail Ekmekçi ……314

165. Betonarme Perde Kalıpların Bilgisayar Ortamında Tasarımı
Gökhan Durmuş, Metin Arslan ……328

166. Betonun Kalite Kontrolünde İleri Teknoloji Kullanımı
Osman Şimşek, Yılmaz Aruntaş, Mürsel Erdal ……342

167. Kalıp Teknolojilerindeki Gelişmelerin Betonarme Elemanların Dayanıklılığına Etkisi
S. Subaşı, M. Arslan …… 355

168. Utilization of High Performance Wood Using By Some Water Repellents
E. Baysal M.K. Yalınkılıc, Ü.C. Yıldız,H. Peker, M. Colak, O. Göktas, A. Temiz ……371

169. Amonyum ve Fosfat Esaslı Çeşitli Ticari Gübre Karışımlarıyla Ağaç Malzemenin Yanıcılığının Azaltılması
E. Baysal, M.K. Yalınkılıç, M. Çolak, O. Göktaş, Y.Z. Erdil, E. Özen, A.M. Çolak ……382

170. Mobilya Mühendislik Tasarımında Mobiya Sistemlerinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Optimizasyonu
Hasan Efe, Yusuf Ziya Erdil, Ali Kasal ……391

171. Endüstriyel Mobilya Üretiminde İleri Teknoloji Kullanımının İşletme Performansına Etkileri
Hasan Efe, Levent Gürleyen ……407

172. Elektrik Enerjisi Tasarrufu Açısından Işık Borularının İncelenmesi
Sertaç Görgülü, Zuhal Polat, Hilmi Doğan ……428

173. Güvenli Çalışmada Karınca Kolonileri Optimizasyonu
Serap Ulusam Seçkiner, Mustafa Kurt ……434

174. Farklı Lif Boyutlarındaki Pamuk Atıkları İle Desteklenmiş Geri Dönüşümlü Pc Polimerinin Oluşturduğu Kompozit Yapıların Mekanik Ve Akış Özelliklerinin İncelenmesi
İ. Usta, D. Kocak ,M. Taşdemir, N. Merdan, M. Akalın ……443

175. Teknik Tekstil Endüstrisinde Geleceğe Bakış
Suat Canoğlu, S.Müge Yükseloğlu ……450

176. Dokuma Makinası İçin Farklı Bir Prensip İle Çalışan Armür Tasarımı
Gabil Abdullayev, Ali Serkan Soydan, Nalan Devrent ……458

177. Konfeksiyon Sanayinde Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Uygulamaları
Ayşe İşbilen ……467

178. Metal Buharlı Vakum Ark (Mevva) İyon Aşılama Sistemi
A. Öztarhan, I. Brown, C. Bakkaloğlu, G. Watt, E.Oks, A. Nikolaev, Z. Tek ……481

179. Veri Madenciliğinin Yapısı, Dünyada ve Türkiye'deki Uygulamalara Bir Bakış
Aslan Çoban, Bayram Topal, Gültekin Çağıl ……497

180. Yeni Teknolojilerin Gelişmekte Olan Ülkelerde Üretim Organizasyonlarına, İşgücü Süreçlerine, İşgücü Pazarına ve Mekana Yansıyan Etkileri: İstanbul Basım ve Yayın Örneği
Fatma Erdoğanaras ……508

181. Enjektörlü Isı Pompasının Termodinamik Analizinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi
M. Özalp, A. Sözen, E. Arcaklıoğlu ……522

ana sayfa

OTURUM BAŞKANLARI / SESSION CHAIRMAN

Prof. Dr. Mustafa BALCI
Prof. Dr. Duran ALTIPARMAK
Prof. Dr. A. Korhan BİNARK
Prof. Dr. Selim ÇETİNKAYA
Prof. Dr. M. Sahir SALMAN
Prof. Dr. Ulvi ŞEKER
Prof. Dr. Halil İbrahim ÜNAL
Prof. Dr. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
Prof. Dr. Mehmet TÜRKER
Doç. Dr. Cemil ÇETİNKAYA
Doç. Dr. H. Serdar YÜCESU
Doç. Dr. Ömer Faruk BAY
Doç. Dr. Adem KURT
Doç. Dr. Yılmaz ARUNTAŞ
Doç. Dr. İrfan AR
Doç. Dr. Nuri ORHAN
Doç. Dr. Ramazan ÇITAK
Yrd. Doç. Dr. Yakup İÇİNGÜR
Yrd. Doç. Dr. İlyas ÇANKAYA
Yrd. Doç. Dr. Ezgi GÜNAY
Yrd. Doç. Dr. Can ÇINAR

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEE

Oğuz BORAT
Mustafa BALCI
Ahmet BİÇER
Duran ALTIPARMAK
Çetin ELMAS
Ayşen HAKSEVER
B. Gültekin ÇETİNER
Bilgehan ÖGEL
Can ÇOĞUN
Halil İbrahim ÜNAL
İnan GÜLER
İrfan KARAGÖZ
İrfan YÜKLER
Mahmut GÜLESİN
Majed ALHAZMY
Mehmet ŞİMŞEK
Mehmet TÜRKER
Muammer NALBANT
Mustafa KURT
Omar AL-RABGHI
Osman YAZICIOĞLU
Selim ÇETİNKAYA
Süleyman SARITAŞ
Suat KIYAK
Tahir KARASU
Veli ÇELİK
Yaşar PANCAR
Yunus A. ÇENGEL
Zahit MECİTOĞLU

Değer Kodlaması Kullanarak Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma İle Minimum Ağırlıklı Boyutlandırılması

Tayfun DEDE
dtayfun@ktu.edu.tr
K.T.Ü, Fen Bil. Enstitüsü, İnşaat Müh. Anabilim Dalı, 61080 Trabzon, TÜRKİYE

Yusuf AYVAZ
ayvaz@ktu.edu.tr
K.T.Ü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon, TÜRKİYE

Serkan BEKİROĞLU
bserkan@ktu.edu.tr
K.T.Ü, Fen Bil. Enstitüsü, İnşaat Müh. Anabilim Dalı, 61080 Trabzon, TÜRKİYE

Özet

Genetik algoritma doğal seçim ilkesine dayanan bir optimizasyon yöntemidir. Diğer optimizasyon tekniklerinin aksine ayrık tasarım değişkenlerini kullanmaktadır. Genetik algoritma, çözüm dizilerinden oluşan bir başlangıç nesli ile kopyalama, çaprazlama ve mutasyon gibi doğal seçim operatörlerini kullanmaktadır. Bu çalışmada genetik algoritmada değer kodlaması kullanılarak kafes sistemlerin minimum ağırlıklı tasarımı amaçlanmıştır. Bu amaçla FORTRAN dilinde kodlanan program yerdeğiştirme, gerilme ve stabilite sınırlayıcılarını içermektedir. Kafes sistemlerin analizinde Matris Deplasman Yöntemi kullanılmaktadır. Literatürde sıkça görülen birkaç düzlem ve uzay kafes sistem çözülüp elde edilen sonuçlar literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bu çalışmada değer kodlaması kullanılarak hazırlanan programın kafes sistemlerin genetik algoritma ile minimum ağırlıklı olarak boyutlandırılmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Minimum Ağırlıklı Boyutlandırma, Genetik Algoritma, Değer Kodlaması, Ayrık Tasarım Değişkenleri, Kafes Sistemler.

Minimum Weight Design of Truss Structures Using Value Encoding in Genetic Algorithm

Abstract

Genetic algorithm is an optimization technique based on mechanism of natural selection. Unlike other optimization techniques, genetic algorithm uses discrete design variable. Genetic algorithm uses a population consisting of solution string and a set of natural selection operation such as reproduction, crossover and mutation. The purpose of this study is to design the minimum weight of truss structures by using value encoding in genetic algorithm. The genetic algorithm program coded in FORTRAN includes displacement, stress and stability constraints. In the analysis of truss structures, Matrix Analysis of Structures is used. Several truss problems from literature are solved and results obtained in this study are compared with the results given in the literatüre. It is concluded that the program coded by using value encoding

in genetic algorithm can be effectively used in the minimum weight design of truss structures.

Keywords: Minimum Weight Design, Genetic Algorithm, Value Encoding, Discrete Design Variables, Truss Structures

1. Giriş

Yapı tasarımı optimizasyonu enerji, malzeme ve parasal kaynakların sınırlı olmasından dolayı gittikçe önem kazanan bir konu olmaktadır. Günümüze kadar bir çok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin çoğu çözüme ulaşmak için bir takım matematiksel ifadeler gerektirmekte ve tasarım değişkenlerinin sürekli olması esasına dayanmaktadırlar. Ancak, pratikte çoğu alanda yapılan standart üretimlerden dolayı tasarım değişkenleri ayrık değerli olmaktadır. Bu nedenle optimizasyon yöntemlerinden biri olan genetik algoritma son yıllarda sık olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Genetik algoritmalar ayrık tasarım değişkenlerini kullanan bir optimizasyon yöntemidir. Goldberg [1] tarafından ortaya atılan genetik algoritma düşüncesi çeşitli alanlardaki problemlerde optimize edici olarak kullanılmaktadır. Darwin'in evrim teorisi esasına dayanan genetik algoritmalar başlangıçta rasgele oluşturulan ilk çözüm dizileri topluluğunu etkili bir şekilde sömürerek probleme çözüm olacak diziyi bulmaktadır. Genetik algoritmalar her zaman optimum sonucu bulacağını garanti edemese de diğer optimizasyon yöntemlerine göre daha kısa zamanda pratik çözümler üretmektedir.

Bu çalışmada, genetik algoritmada, literatürde yaygın olarak kullanılan ikili kodlama sistemi yerine, gerçek değer kodlaması kullanılmaktadır. Değer kodlamasında tasarım değişkenleri tek bir tamsayı ile temsil edilip, dizi uzunluğu tasarım değişkeni sayısından bağımsız olarak eleman yada gurup sayısına eşit olmaktadır. Oysa alışılagelmiş ikili kodlamada bir tasarım değişkeni 1 ve 0 tamsayılarından oluşan bir dizi uzunluğu ile kodlanmaktadır. Değer kodlamasının bu özelliği, özellikle tasarım değişkenlerinin ve sistemdeki eleman sayısının çok fazla olduğu durumlarda algoritmaya hız kazandırmakta ve optimizasyon sürecinde bilgisayar hafızası bakımından kolaylıklar sağlamaktadır.

Kafes sistemlerin genetik algoritma ile optimizasyonu bir çok araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Rajaev ve Krishnamoorthy ayrık tasarım değişkenler kullanarak genetik algoritma ile kafes sistemlerin optimum tasarımı [2] ve diğer bir çalışmalarında [3] da kafes sistemlerin şekil optimizasyonunu, Adeli ve Kamal [4] uzay kafes sistemlerin optimizasyonunu, Ayvaz ve Aydın [5], Daloğlu ve Armutçu [6] kafes sistemlerin TS 648' e uygun olarak optimum tasarımı üzerinde çalışmışlardır.

1.1 Bu Çalışmanın Amacı

Yapay zekanın alt dallarından biri olan genetik algoritma Darwin'in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Bu teoriye göre bir toplumda güçlü bireyler hayatta kalırken zayıf bireyler ölmektedir. Benzer şekilde genetik algoritma, en iyi bireylerin

hayatta kalmasına ve adaptasyonuna dayanmaktadır. Her hangi bir bireyin genetik algoritma ile çözümü, o problemi sanal olarak bir evrim sürecinden geçirmek suretiyle gerçekleştirilmektedir.

Genetik algoritmada, bir problemin çözümü olabilecek parametrelerin belirli kurallara göre dizilmesiyle oluşan çözüm dizisine birey adı verilir. Başlangıçta bilgisayar tarafından rasgele oluşturulan belli sayıdaki bireyler arasında bir takım genetik operatörler uygulanarak en iyi birey genetik algoritma tarafından bulunur. Bu çalışmada kopyalama, çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılmıştır. Genetik algoritmanın en belirgin özellikleri şunlardır.

- Genetik algoritma sonlu sayıda dizi üzerinde çalışır. Bu diziler belirli sıraya göre dizilmiş olan tasarım değişkenlerinden oluşur [7].
- Genetik algoritma tek bir dizide değil tüm dizilerin oluşturduğu toplulukta araştırma yapar. Böylece kısmi yakınsamaların önüne geçilir.
- Genetik algoritmadaki operatörlerde tasarım değişkenlerinin seçilme işlemleri rasgele yapılır. Böylece veri topluluğundaki tüm değerler araştırmaya katılır [1].
- Sınırlayıcılarla ilgili bilgiler araştırma sürecinden bağımsızdır. Bu özellik çok zor problemlerde genetik algoritmayı pratik kullanımlı yapar.
- Genetik algoritma ayrık tasarım değişkenleriyle çalıştığı için bulduğu sonuçlar değiştirilmeden kullanılır.

Başlangıç toplumundaki bireylere genetik operatörler uygulanarak yeni bir topluluk oluşturulur. Topluluktaki bireyler amaç fonksiyonunda değerlendirilirler. Daha sonra bu bireylerin probleme çözüm olup olamayacaklarına yani Darwin'in teorisine göre ilgili bireylerin toplulukta hayatta kalıp kalamayacaklarına karar verilir. Oluşturulan her yeni topluluğun bir öncekine göre daha iyi bireylerden oluşacağı ümidiyle iterasyonlar devam ettirilir. Topluluktaki iyi birey sayısı kabul edilebilir bir çoğunlukta ise ve bu bireyler sınırlayıcıları ihlal etmiyorsa bu sonuç problemin optimum çözümü olarak atanır.

Değer kodlamasında tasarım değişkeni olarak kullanılan çelik profil enkesit alanları tek bir tamsayı ile temsil edilebilmektedir. Bu tamsayılar enkesit alanlarının sıralanması sonucu oluşan sıra nolarıdır. Örnek olarak, bir kafes sistem 4 çubuk elemandan oluşuyorsa ve tasarım değişkeni olarak 20 adet enkesit alanı mevcutsa 5 8 12 19 şeklindeki bir dizi 1., 2., 3. ve 4. çubuğun sırasıyla 5 nolu, 8 nolu, 12 nolu ve 19 nolu enkesit alanına sahip olacağını göstermektedir.

Kopyalama işlemi uyum derecesi kötü olan bireylerin yerine iyi uyumlu bireylerin getirilmesini sağlamaktadır. Uyum derecesi, bir bireyin amaç fonksiyonuna uygun olup olmadığının ve sınırlayıcıları ihlal edip etmediğinin bir ölçüsüdür. Uyum derecesi belli bir değerin altında olan bireyler topluluktan atılırlar. Topluluktan atılan birey sayısı kadar, uyum derecesi yüksek olan bireylerden kopya bireyler üretilir. Böylece yeni topluluklar iyi bireylerden oluşmaktadır. Çözüme erken yakınsama olmaması için bir bireyden yapılacak kopya sayısı birden fazla olmamalıdır.

Çaprazlama operatörü genetik algoritmada optimum çözüme yakınsama şansını artırdığı ve topluma yeni bireyler kazandırdığı için kullanılmaktadır. Çaprazlanmak

üzere eşleşme havuzuna alınan bireyler rasgele eşleştirilip, eşlenen çift bireylere yine rasgele çaprazlama noktaları belirlenir. Bu çalışmada mevcut çaprazlama yöntemlerinden iki noktalı çaprazlama kullanılmaktadır. Çaprazlama noktaları arasında kalan tasarım değişkenleri eş bireyler arasında karşılıklı olarak değiştirilir.

Birey	:	14	7	8	19	24	32	5
Eş birey	:	1	9	4	30	3	12	13
1. çocuk	:	14	7	4	30	3	32	5
2. çocuk	:	1	9	8	19	24	12	13

Yukarıda örnekte gösterilen bireylerin çaprazlama noktaları rasgele 3 ve 6 olarak belirlenmiştir. Bireylerin 3. ve 6. karakterleri arasında kalan 3., 4. ve 5. tasarım değişkenleri karşılıklı değiştirilmiştir. Çaprazlama sonucu 2 adet yeni birey (çocuk) oluşturulmuştur. Bu yeni bireyler eski eş bireylerin yerine geçmişlerdir. Eski eş bireyler ise doğal olarak topluluktan atılmışlardır.

Mutasyon operatörü çaprazlamadan sonra uygulanmaktadır. Mutasyon genetik algoritmada erken yakınsamanın önüne geçerek daha iyi tasarım sonuçlarının bulunmasını sağlamaktadır. Ancak mutasyon operatörü en iyi bir bireyi topluluktan atabilmektedir. Bu yüzden mutasyon oranı düşük tutulmalıdır. Değer kodlamasında birey mutasyona uğratılırken, bireyin sahip olduğu tasarım değişkenlerinden rasgele belirlenen bir tanesi yine rasgele belirlenen başka bir tasarım değişkeniyle değiştirilmektedir.

Mutasyondan önce :	17	24	8	5	13	34
Mutasyondan sonra :	17	24	15	5	13	34

1.2. Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma ile Minimum Ağırlıklı Boyutlandırılması

Yapı maliyetini artırmaması için yapı toplam ağırlığının en az olması arzulanmaktadır. Optimum tasarım için minimum yapı ağırlığı aşağıdaki bağıntıyla verilmektedir.

$$\min W = \sum_{i=1}^{nm} \rho_i L_i A_i \tag{1}$$

Bu ifadede W toplam yapı ağırlığını, nm sistemdeki eleman sayısını, ρ, L ve A sırasıyla elemanların birim hacim ağırlığını, boyunu ve enkesit alanını göstermektedir. Eğer sistemde bazı elemanların aynı özelliklere sahip olmasından dolayı gruplandırma yapılmışsa ng gurup sayısını göstermek üzere minimum ağırlık aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\min W = \sum_{k=1}^{ng} A_k \sum_{i=1}^{nm} \rho_i L_i \tag{2}$$

Optimum tasarım aranırken yerdeğiştirme ve gerilme sınırlayıcıları ihlal edilmemelidir. δ_i, δ_u düğüm noktasında oluşan yerdeğiştirmeyi ve izin verilen maksimum yerdeğiştirmeyi, p yerdeğiştirmesi sınırlandırılmış düğüm noktası sayısını, σ_i elemanda oluşan gerilmeyi, σ_u, σ_a sırasıyla müsaade edilen emniyet gerilmesini ve akma gerilmesini göstermek, çekme elemanlarında $\sigma_u = 0{,}6\sigma_a$ olmak üzere aşağıdaki ifadeler sağlanmalıdır.

$$\delta_i \le \delta_u, \qquad \text{i} = 1,2,\ldots,\text{p}$$
$$\sigma_j \le \sigma_u, \qquad \text{j} = 1,2,\ldots,\text{nm}. \tag{3}$$

Basınç çubuklarında ise narinlik hesabı yapılmaktadır. $\mathrm{S_k}$ burkulma boyunu, i atalet yarıçapını göstermek üzere λ burkulma katsayısı aşağıdaki bağıntıyla belirlenmektedir.

$$\lambda = \frac{\mathrm{S_k}}{\mathrm{i}} \tag{4}$$

Burkulmanın elastik yada plastik bölgede olduğuna karar vermek için, E elastisite modülünü göstermek üzere λ_p plastik burkulma katsayısı bulunur. Belirlenen değere bağlı olarak karşılaştırma sonucu basınç emniyet gerilmesi σ_{bem} hesaplanır.

$$\lambda_p = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{\sigma_a}} \tag{5}$$

$$\lambda < \lambda_p \quad \text{ise,} \qquad \sigma_{bem} = \sigma_a \frac{\left[1 - \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^2\right]}{n} \tag{6}$$

$$\lambda > \lambda_p \quad \text{ise,} \qquad \sigma_{bem} = \frac{2\pi^2 E}{5\lambda^2} \tag{7}$$

İfade (6)'da emniyet katsayısı olan n, TS 648'e [8] göre aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır.

$$n = 1{,}5 + 1{,}2\left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right) - 0{,}2\left(\frac{\lambda}{\lambda_p}\right)^3 \tag{8}$$

Kafes sistemlerin analizi yapıldıktan sonra genetik algoritmada optimizasyon süreci başlatılmaktadır. Genetik algoritma topluluktaki her birey için bu analizi gerçekleştirip, bireylerin sınırlayıcıları ihlal etme durumlarını araştırmaktadır. Sınırlayıcıları ihlal eden bireylere ceza verilmektedir. Bunun için sınırlayıcıların normalize edilmiş halleri aşağıdaki ifadelerle belirlenmektedir.

$$g_j = \frac{\delta_j}{\delta_u} - 1 \le 0, \quad \text{j=1,2,…,p} \tag{9}$$

$$g_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_u} - 1 \le 0, \quad \text{i=1,2,…,ncm} \tag{10}$$

$$g_i = \frac{\sigma_i}{\sigma_{bem}} - 1 \le 0, \quad \text{i=1,2,…,nbm} \tag{11}$$

Bu bağıntılarda ncm ve nbm sırasıyla çekme çubuğu ve basınç çubuğu sayısını göstermektedir.Sınırlayıcıların normalize edilmesinin ardından, m, sınırlayıcı sayısını göstermek üzere ceza katsayıları, c_i, ve ceza fonksiyonu, C, aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$c_i = 0$, eğer $g_i \le 0$ için,
$c_i = g_i$, eğer $g_i > 0$ için. (12)

$$C = \sum_{i=1}^{m} c_i \,. \tag{13}$$

Genetik algoritmada ceza fonksiyonu kullanılarak başlangıçta sınırlayıcılara sahip olan problem sınırlayıcısız probleme dönüştürülür [9]. P, her probleme ait bir sabit olmak üzere cezalandırılmış amaç fonksiyonu $\Phi(x)$ aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$\Phi(x) = W(x)\left[1 + P.C\right] \,. \tag{14}$$

Optimum çözümü belirlemekte sınırlayıcıların etkisi P sabitinin değiştirilmesi ile ayarlanabilir. $\Phi(x)_{\max}, \Phi(x)_{\min}$ cezalandırılmış amaç fonksiyonunun maksimum ve minimum değerlerini göstermek üzere bir bireyin uyum derecesi, F_i, aşağıdaki ifadeyle belirlenmektedir.

$$F_i = \left(\Phi(x)_{\max} + \Phi(x)_{\min}\right) - \Phi(x)_i \,. \tag{15}$$

Bireylerin eşleşme havuzuna kaç adet kopyalanacağına karar veren F_c uyum faktörü, bireyin uyum derecesinin tüm bireylerin uyum dereceleri ortalamasına oranı olarak aşağıdaki bağıntıyla belirlenir.

$$F_c = \frac{F_i}{\sum F_i / n} \,. \tag{16}$$

Uyum faktörü 0,5'den küçük olan bireyler toplumdan atılırlar. Kalan bireylerden uyum faktörü 1,5 ve yukarı değerde olanlardan ikişer, 0,5-1,5 arasında olanlardan ise birer tane kopya yapabilmek şartıyla toplumdan atılan birey sayısınca kopya bireyler üretilir.

Bireylerin kopyalanmasıyla yeni bir topluluk oluşturulur. Genetik algoritma ilk toplulukta yaptığı gibi yeni topluluğa da genetik operatörleri uygulayıp ilgili analizleri yaparak optimum çözümü bulmaya çalışır. Böylece devam ettirilen iterasyonlarda oluşturulan yeni topluluk, içerisinde probleme çözüm olabilecek bir bireyin baskınlığı

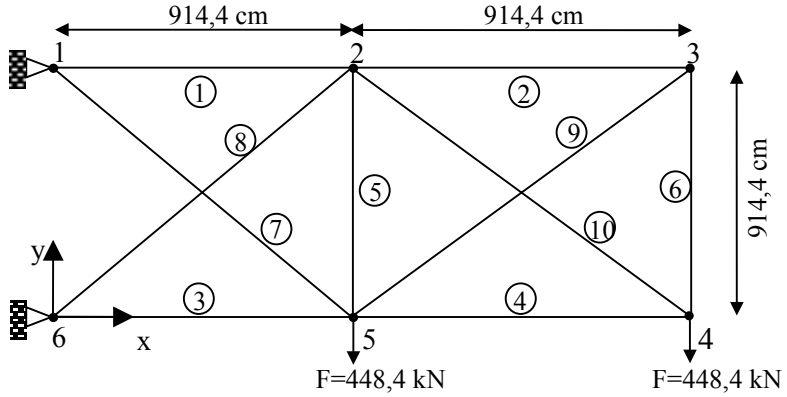
arttığında, istenilen yakınsama oranı sağlandığında ve bu birey sınırlayıcıları ihlal etmediğinde optimum çözüm olarak kabul edilir.

2. Yöntem

Bu çalışmada literatürden alınan örneklerin genetik algoritmada değer kodlaması kullanılarak tasarımları yapılmıştır. Sonuçların karşılaştırmasını yapabilmek amacıyla tasarım değişkenleri ve ilgili diğer veriler literatürdeki değerlerle aynı alınmıştır. 10 çubuklu düzlem kafes sistem, 25 çubuklu uzay kafes sistem ve 52 çubuklu uzay kafes sistem örnek olarak alınmıştır.

2. 1. On Çubuklu Düzlem Kafes Sistem

Eksenel stabilite göz önünde tutularak tasarımı yapılan bu sistemin (Şekil 1), AISC-ASD (American Institute of Steel Construction-Allowable Stress Design) ve TS-648'e göre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Groenwold [10] tarafından da eksenel stabilite dikkate alınarak tasarlanan bu sistem için bu araştırmacı tarafından alınan değerler kullanılmıştır.Tasarım için kullanılan çelik profil enkesit alanları ve atalet yarıçapları Tablo 1'de verilmektedir.



Şekil 1. On çubuklu düzlem kafes sistem

Tablo 1. On çubuklu düzlem kafes sisteme ait enkesit alanları ve atalet yarıçapları

Sıra no	A (cm^2)	i (cm)	Sıra no	A (cm^2)	i (cm)	Sıra no	A (cm^2)	i (cm)
1	10,45	2,01	12	45,68	4,09	23	143,87	6,63
2	13,74	1,99	13	53,23	4,11	24	149,68	7,75
3	14,26	1,20	14	58,90	5,13	25	158,71	7,47
4	15,16	1,08	15	66,45	5,16	26	165,16	7,80
5	17,10	1,22	16	75,48	5,18	27	170,97	9,40

6	18,79	1,46	17	87,10	4,55	28	181,94	7,85
7	20,52	1,36	18	90,97	5,28	29	187,74	9,42
8	24,71	2,54	19	99,35	5,64	30	197,42	7,39
9	30,19	3,23	20	110,32	5,33	31	206,45	9,47
10	35,74	3,25	21	123,23	7,67	32	216,13	6,15
11	39,74	3,20	22	136,13	7,72			

Bu sistemde izin verilen maksimum yerdeğiştirme tüm düğüm noktaları için her iki doğrultuda 5.08 cm (2.0 inç) olup, uygulanan dış yükler F=444.8 N' (100 kips) dur. Elastisite modülü E=206850 Mpa ($30x10^6$ psi), malzeme birim hacim ağırlığı ρ=0.076 N/cm^3 (0,28 lb/in^3), çekme çubukları için emniyet gerilmesi σ = 172.375 Mpa (25 ksi) olarak dikkate alınmıştır. Bu sistemin AISC-ASD'ye göre çözümü yapılırken 32 adet çelik profil en kesit alanı kullanılmış ve toplam 30 adet birey oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonuna ait ceza katsayısı 4.5 ve optimum tasarım için yakınsama oranı %80 olarak kabul edilmiştir. Elde edilen tasarım sonuçları Tablo 2' verilmektedir.

Tablo 2. On çubuklu düzlem kafes sistemin burkulmalı tasarım sonuçları

Enkesit alanları (cm^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	W (kN)
Bu çalışma	45,68	17,10	136,3	58,90	39,74	20,52	87,10	123,23	15,15	143,87	58,404
Groenwold v.d, 1999	53,23	30,19	149,68	90,97	30,19	30,19	66,45	149,68	58,90	123,23	65,859

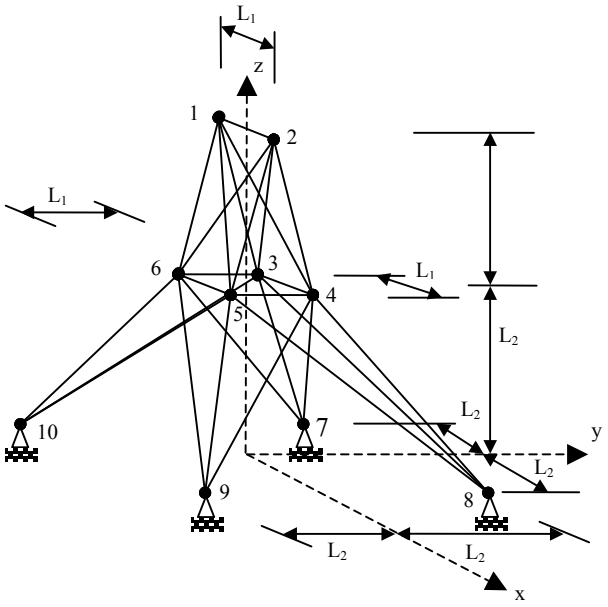
On çubuklu sistemin TS-648'e göre tasarımı yapılırken yine AISC-ASD'ye göre tasarımında kullanılan veriler dikkate alınmıştır. Farklı olarak cezalandırılmış amaç fonksiyonu için ceza katsayısı 10.0 kullanılmıştır. Zira ceza katsayısı her probleme göre farklı değerler alabildiğinden bu çalışmada ceza fonksiyonun alacağı değerler deneme yanılma yoluyla belirlenmiştir. Genetik algoritma programı 117. iterasyonda %80 lik yakınsamayla W=62.559 kN luk ağırlıklı bir tasarım yapmıştır. Optimum tasarım sayılabilecek bu tasarımda gerilme ve yerdeğiştirme sınırlayıcıları ihlal edilmemiştir. Düğüm noktalarında oluşan en büyük yerdeğiştirme 3.413 cm dir. Tasarım sonuçları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. On çubuklu kafes sistemin TS 648'e göre burkulmalı tasarım sonuçları

Eleman no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	W (kN)
Enkesit alanı (cm^2)	45,68	17,10	187,74	75,48	17,10	24,71	87,10	136,13	17,10	136,13	62,559

2.2. Yirmibeş Çubuklu Uzay Kafes Sistem

.



Şekil 2. Yirmibeş çubuklu uzay kafes sistem

Dikkate alınan yirmibeş çubuklu sistem Şekil 2'de verilmektedirBu sistem için $L_{1=}$ 190,5 cm, $L_{2=}$ 254 cm, elastisite modülü E=68950 Mpa (10^7 psi), emniyet gerilmesi σ_{em}=241,3 Mpa (35 ksi), çelik çubukların birim hacim ağırlığı ρ=0,02714 N/cm^3 (0,1lb/in^3) olarak alınmıştır. Sistemde 1 ve 2 nolu düğüm noktalarında x ve y doğrultularında 0.889 cm (0.35 inç) yerdeğiştirmeye izin verilmektedir. Literatürle karşılaştırabilmek amacıyla eksenel stabilite dikkate alınmamıştır.

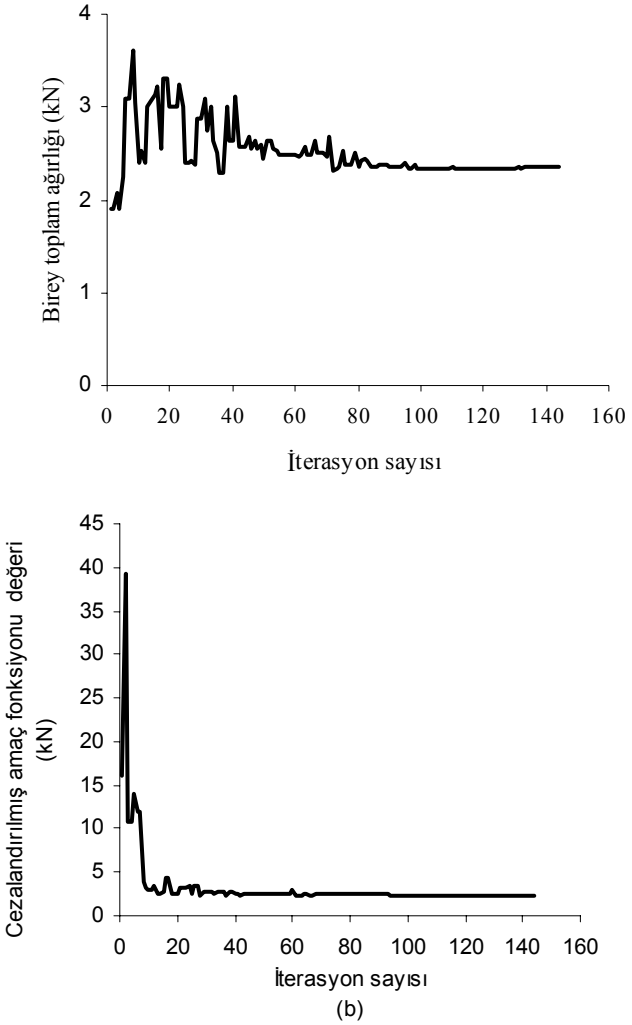
Sisteme 1 noktasından x doğrultusunda 4.448 kN'luk, y ve z doğrultularında -4.448 kN'luk, 2 noktasından y ve z doğrultularında -4.448 kN'luk, 3 noktasından x doğrultusunda 2.224 kN ve 6 noktasından 2.669 kN'luk kuvvetler etkimektedir.Tasarım değişkeni olarak kullanılan enkesit alanları: 0.65, 1.29, 1.94, 2.58, 3.23, 3.87, 4.52, 5.16, 5.80, 6.45, 7.10, 7.74, 8.39, 9.03, 9.68, 10.32, 10.96, 11.61, 12.26, 12.90, 13.55, 14.19, 14.84, 15.48, 16.13, 16.77, 18.06, 19.35, 20.65 ve 21.94 cm^2 dir.

Daha öncede belirtildiği gibi değer kodlamasında bir bireyin dizi uzunluğu eleman yada gurup sayısına eşit olmaktadır. 25 elemanlı bu sistem için birey dizi uzunluğu 25 olması gerekirken yapılan gruplandırmayla dizi uzunluğu 8'e düşürülmüştür. Oysa ikili kodlamada dizi uzunluğu aynı örnek için 40 olacaktı. Bu özelliği ile değer kodlaması, özellikle çok elemanlı sistemlerde bilgisayarı büyük boyuttaki dizilerle uğraşmaktan kurtarmaktadır.

Bu sistem için toplam 30 adet birey rasgele oluşturulmuştur. Cezalandırılmış amaç fonksiyonu için ceza katsayısı P=5.0 alınıp %80 lik yakınsama yeterli görülmüştür. Genetik algoritma programı 144. iterasyon sonucunda W=2,334 kN'luk bir tasarım elde etmiştir. Sisteme ait bireylerin toplam ağırlığının ve cezalandırılmış amaç

fonksiyonunun iterasyon sayısına bağlı olarak değişimi Şekil 3'de verilmektedir.Yapılan gruplandırma ve elemanların hangi guruplara ait olduğu Tablo 4'de verilmektedir.

Şekil 3 (a)'dan görüldüğü gibi, birey toplam ağırlığı, başlangıçta bireylerin rasgele oluşturulmasından dolayı, ilk iterasyonlarda sürekli değişmektedir. Ancak iterasyon sayısı arttıkça genetik algoritma, topluluğu sömürerek en iyi bireyleri seçtiğinden birey toplam ağırlığı sabitleşmektedir.



Şekil 3. Yirmibeş çubuklu sistem için (a) birey toplam ağırlığının ve (b) cezalandırılmış amaç fonksiyonunun iterasyon sayısına bağlı olarak değişimi

Tablo 4. Yirmibeş çubuklu sisteme ait eleman ve guruplar

Eleman				Eleman			
No	Uc noktaları		Gurup no	No	Uc noktaları		Gurup no
	1.	2.			1.	2.	
1	1	2	1	14	3	10	6
2	1	4	2	15	6	7	6
3	2	3	2	16	4	9	6
4	1	5	2	17	5	8	6
5	2	6	2	18	4	7	7
6	2	4	3	19	3	8	7
7	2	5	3	20	5	10	7
8	1	3	3	21	6	9	7
9	1	6	3	22	6	10	8
10	6	3	4	23	3	7	8
11	4	5	4	24	4	8	8
12	3	4	5	25	5	9	8
13	6	5	5				

Şekil 3 (b)'den görüldüğü gibi, tasarım sürecinde bir bireyin iterasyon sayısına bağlı olarak cezalandırılmış amaç fonksiyonun değişimi sekseninci iterasyondan sonra pratik olarak değişmemekte, yani sabit kalmaktadır. Eğride görülen küçük dalgalanmaların ise mutasyon operatöründen kaynaklandığı düşünülmektedir. Sabitleşmeye karşılık gelen birey ağırlığı aynı zamanda optimum tasarım sonucunun ağırlığıdır.
İterasyon sayısı arttıkça, toplumun iyi bireylerden oluşmasından dolayı cezalar giderek sıfırlanacağı için, (14) nolu bağıntıdan da anlaşılacağı gibi cezalandırılmış amaç fonksiyonunun gittikçe azalması ve optimum tasarım sonucunda bulunan birey toplam ağırlığına eşit olması beklenmektedir.

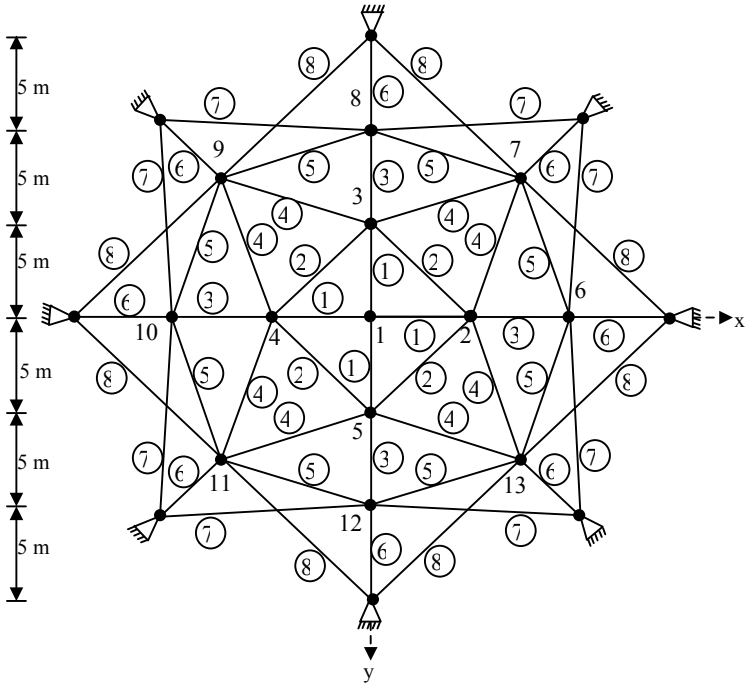
Tablo 5'de, elde edilen tasarım sonuçlarının Adeli ve Kamal [4] tarafından yapılan çalışma ile detaylı olarak karşılaştırılması verilmektedir. Bu tablodan görüldüğü gibi, bu çalışmadan elde edilen tasarım daha hafiftir.

Tablo 5. Yirmibeş çubuklu sistemin tasarım sonuçları

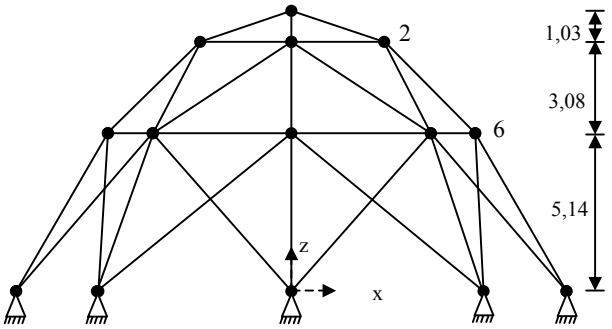
Enkesit alanları (cm^2)	1	2	3	4	5	6	7	8	W (kN)
Bu çalışma	0,65	12,90	16,13	0,65	1,29	4,52	7,74	20,65	2,334
Adeli ve Kamal (1986)	0,65	11,61	14,84	1,29	0,65	5,16	11,61	19,35	2,428

2. 3. Elliiki Çubuklu Uzay Kafes Sistem

Saka ve Ülker'in [11] çalışmasından alınan elliiki çubuklu uzay kafes sistem (Şekil 4.) TS-648'e göre burkulmalı olarak tasarlanmıştır. Bu sistemin çözümü için kullanılan enkesit alanları TS-648'deki eşit kollu L profillerinden 42 adet seçilmiştir ve Tablo 6'da verilmektedir. Kullanılan malzeme F37 çeliği olup elastisite modülü E=210000 Mpa, birim hacim ağırlığı ρ=0.0785 N/cm^3 ve emniyet gerilmelerinin hesabı için σ_a=235 Mpa'dır.



(a)



(b)

Şekil 4. Elliiki çubuklu uzay kafes sistem üsten görünüşü (a) ve yanal görünüşü (b)

Tablo 6. Elliiki çubuklu sistemin tasarımında kullanılan tasarım değişkenleri

Sıra no	Profil türü	A (cm^2)	i (cm)	Sıra no	Profil türü	A (cm^2)	i (cm)	Sıra no	Profil türü	A (cm^2)	i (cm)
1	L 50.50.5	4.80	1.51	15	L 75.75.8	11.50	2.26	29	L 100.100.12	22.70	3.02
2	L 50.50.6	5.69	1.50	16	L 70.70.9	11.90	2.10	30	L 100.100.14	26.20	3.00
3	L 45.45.7	5.86	1.33	17	L 80.80.8	12.30	2.42	31	L 100.100.16	29.60	2.97
4	L 55.55.6	6.31	1.66	18	L 65.65.11	13.20	1.91	32	L 120.120.15	33.90	3.63
5	L 50.50.7	6.56	1.49	19	L 75.75.10	14.10	2.25	33	L 130.130.14	34.70	3.94
6	L 60.60.6	6.91	1.82	20	L 70.70.11	14.30	2.08	34	L 130.130.16	39.90	3.92
7	L 55.55.8	8.23	1.64	21	L 80.80.10	15.10	2.41	35	L 140.140.15	40.00	4.25
8	L 50.50.9	8.24	1.47	22	L 90.90.9	15.50	2.74	36	L 150.150.16	45.70	4.56
9	L 65.65.7	8.70	1.96	23	L 75.75.12	16.70	2.22	37	L 150.150.18	51.10	4.54
10	L 60.60.8	9.03	1.80	24	L 80.80.12	17.90	2.39	38	L 160.160.19	57.50	4.84
11	L 70.70.7	9.40	2.12	25	L 90.90.11	18.70	2.72	39	L 180.180.18	61.90	5.49
12	L 55.55.10	10.10	1.62	26	L 100.100.10	19.20	3.04	40	L 180.180.20	68.40	5.47
13	L 65.65.9	11.00	1.94	27	L 80.80.14	20.60	2.36	41	L 200.200.18	69.10	6.13
14	L 60.60.10	11.10	1.78	28	L 90.90.13	21.80	2.69	42	L 200.200.20	76.40	6.11

Sistemin 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 nolu düğüm noktalarından negatif z yönünde F=150 kN'luk kuvvet mevcut olup düğüm noktalarında en fazla 10 mm'lik bir yerdeğiştirmeye izin verilmektedir. Grup sayısı 8 olan bu sistemin çözümü için başlangıç neslinde 50 adet birey oluşturulmuştur. Elemanlar üzerinde daire içindeki rakamlar elemanların hangi gruba ait olduklarını göstermektedir. Ceza katsayısı 5.0 alınıp, 110. iterasyon sonunda %80 yakınsama ile W=140,161 kN ağırlığında bir sistem tasarımına ulaşılmıştır. Tasarım sonucunda elde edilen enkesit alanları Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7. Elliiki çubuklu sistemin tasarım sonuçları

Grup no	1	2	3	4	5	6	7	8	Toplam ağırlık
Kesit alanı (cm^2)	6,56	4,80	5,86	6,91	40,0	39,3	68,4	61,9	140,141 (kN)

3. Sonuçlar

Bu çalışmada elde edilen sonuçları, değer kodlaması kullanılarak hazırlanan programın uzay kafes sistemlerin genetik algoritma ile optimum tasarımında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, gerçek değer kodlamasında bir bireyin kodlanması daha kısa uzunluklu dizilerden oluştuğu için hem zaman açısından hem de işlem açısından bilgisayarda kolaylıklar sağlamaktadır.

Kaynaklar

1. Goldberg, D. E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, 20th printing, Addison-Wesley Publishing Company Inc., New York, 1999.
2. Rajeev, S., Krishnamoorthy, C. S., Discrete Optimization of Structures Using Genetic Algorithms, Journal of Structural Engineering, 118 (5), 1992, 1233-1251.
3. Rajeev, S., Krishnamoorthy, C. S., Genetic Algorithms-Based Methodologies for Design Optimization of Trusses, Journal of Structural Engineering, 123 (3), 1997, 350-358
4. Adeli, H., Kamal, O., Efficient Optimization of Space Trusses, Computers & Structures, 24 (3), 1986, 501-511.
5. Ayvaz, Y., Aydın, Z., Optimum Design Of Trusses Using a Genetic Algorithm, Civil-comp, Edinburg, Scotland, 2000,159-168
6. Daloğlu, A., Armutcu, M., Kafes Sistemlerin Genetik Algoritma ile TS 648'e Uygun Olarak Optimum Tasarımı, İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler, III. Teknik Kongre, 1997, ODTÜ, Ankara, 459-467.
7. Cao, G., Optimized Design of Framed Structures Using a Genetic Algorithm, Ph. D. Dissertation, The University of Memphis, 1996.
8. TS 648, Çelik Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, T.S.E., Ankara, I. Baskı, Nisan 1982
9. Chen, S. Y., Using Genetic Algorithm for the Optimal Design of Structural Systems, Ph. D. Dissertation, Arizona State University, 1997.
10. Groenwold, A. A., Stander, N., Snyman, J. A., A Regional Genetic Algorithm for the Discrete Optimal Design of Truss Structures, International Journal for Numerical Methods in Engineering, 44, 1999, 749-766.
11. Saka, M. P., Ulker, M., Optimum Design of Geometricaly Nonlinear Space Trusses, Computers & Structures, 41 (6), 1991, 1387-1396.