

**L BAND EKFY'NİN SICAKLIĞA BAĞLI BOYUNUN GENETİK
ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU**

Damt Adnan Mustafa MUSTAFA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2011

ANKARA

Damt Adnan MUSTAFA tarafından hazırlanan L BAND EKFY’NİN SICAKLIĞA BAĞLI BOYUNUN GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Murat Yücel

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Fatih V. ÇELEBİ

Yrd. Doç. Dr. Murat YÜCEL

Yrd. Doç. Dr. İsmail ATACAK

Tarih : 12/07/2011

Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Damt Adnan Mustafa MUSTAFA

L BAND EKFY'NİN SICAKLIĞA BAĞLI BOYUNUN GENETİK ALGORİTMA İLE OPTİMİZASYONU

(Yüksek Lisans Tezi)

Damt Adnan Mustafa MUSTAFA

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2011

ÖZET

Uzun mesafeli haberleşme ve dalga boyu bölmeli çoğullama (DBÇ) sistemlerinde, erbiyum katkılı fiber yükselteçler (EKFY) büyük öneme sahiptir. Uzun mesafeli haberleşme sistemlerinde alıcı kısmında sinyallerin kaybolmaması için, iletilen tüm sinyallerin kazançlarının eşit olması gerekmektedir. Ancak değişen sıcaklık değerleri, kazanç düzleştirici sistemlerin tasarlanan çıkış spektrumunu da değiştirmektedir. Bu nedenle, iki aşamalı L band EKFY'nin fiber boyları genetik algoritma (GA) kullanılarak optimize edilmiştir. Bu sayede basit, hızlı, dinamik, doğruluğu yüksek bir model geliştirilerek, L bandı boyunca kazancı sabit bir değerde tutacak, birinci ve ikinci aşama erbiyum katkılı fiber (EKF) boyları bulunmuştur. Sonuç olarak; bulunan değerlerin, daha önce yapılan nümerik analiz sonuçları ile çok uyumlu olduğu görülmüştür.

Bilim Kodu : 704.3.013
Anahtar Kelime : EKFY, GA, Fiber boyu, Kazanç düzleştirme, Sıcaklık Bağımlılığı
Sayfa Adedi : 57
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Murat YÜCEL

**THE OPTIMIZATION WITH GENETIC ALGORITHM OF
TEMPERATURE DEPENDENCE LENGTH OF L BAND EDFA**

(M.Sc. Thesis)

DAMT ADNAN MUSTAFA MUSTAFA

GAZI UNIVERSITY

INFORMATICS INSTITUTE

July 2011

ABSTRACT

Erbium doped fiber amplifiers (EDFA) are of great importance at the long distance communication and wavelength division multiplexing (WDM) systems. It is required for all signal gains that are transferred are equal for the signals are not extinction at receiver part at long distance communication systems. However, changing the temperature values are changed output spectrum of the designed gain flattening systems. For this reason, fiber lengths of two stage L band EDFA have been optimized using genetic algorithm (GA). Thus, simple, fast, dynamic, and high accuracy a model has been developed and founded erbium doped fiber (EDF) lengths that will be fixed gain along L band. The result of showed very compatible of the results of previous numerical analysis and are founded values.

Science Code : 704.3.013
**Key Words : EDFA, GA, Fiber length, Gain flattening,
Temperature dependence**
Page Number : 57
Adviser : Assist. Prof. Dr. Murat YÜCEL

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Yrd. Doç. Dr. Murat YÜCEL'e, ayrıca çalıőmamda bana yardım eden Mohammad N. Davuud'a ve bölümdeki tüm hocalarıma, maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eőim Qahttan TH. YOUNİS'e ve doğduktan sonra bana őans getiren kızım Damla'ya teőekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | v |
| TEŞEKKÜR | vi |
| İÇİNDEKİLER..... | vii |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ | ix |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ | xi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | xii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. OPTİK YÜKSELTEÇLER | 3 |
| 2.1. Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteçler | 4 |
| 2.2. EKF’de Sıcaklığın Etkisi | 5 |
| 2.3. EKFY’nin Atomik Oran Denklemleri | 6 |
| 2.4. Atomik Oran Denklemlerinde Sıcaklığın Etkisi | 9 |
| 3. GENETİK ALGORİTMALAR | 15 |
| 3.1. GA Tarihsel Gelişimi..... | 19 |
| 3.2. GA Kodlama Sistematiği | 20 |
| 3.2.1. İkili kodlama..... | 20 |
| 3.2.2. Permütasyon kodlaması..... | 20 |
| 3.2.3. Değer kodlama..... | 21 |
| 3.2.4. Ağaç kodlama | 21 |
| 3.3. GA Uygunluk Fonksiyonu | 21 |
| 3.4. GA Seçim Yöntemi | 22 |
| 3.4.1. Rulet tekerleği yöntemi..... | 22 |
| 3.4.2. Turnuva seçim yöntemi..... | 23 |
| 3.4.3. Elitist seçim yöntemi | 24 |
| 3.5. GA İşleçleri | 24 |

| | Sayfa |
|---|--------------|
| 3.5.1. Çaprazlama işleci..... | 24 |
| 3.5.2. Mutasyon işleci..... | 27 |
| 3.6. Durdurma Koşulu | 29 |
| 3.7. GA Özellikleri | 30 |
| 3.8. GA Avantajları | 30 |
| 3.9. GA Uygulama Alanları..... | 31 |
| 4. L BAND EKFY KAZANCININ GA İLE DÜZLEŞTİRİLMESİ..... | 33 |
| 4.1. Tasarlanan Sistem..... | 33 |
| 4.2. L Band EKFY'nin Kromozom Yapısının Oluşturulması | 34 |
| 4.3. GA Aşamaları..... | 36 |
| 4.4. Birinci Aşama ile ikinci Aşama Fiber Boylarının Ayrımı | 38 |
| 4.5. GA Yöntemlerinin Karşılaştırılması..... | 39 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 48 |
| KAYNAKLAR | 52 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 57 |

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil | Sayfa |
|--|-------|
| Şekil 2.1. TMF'nin dalga boyuna bağlı sinyal zayıflama eğrisi..... | 3 |
| Şekil 2.2. Erbiyum katkılı fiberin kazanç spektrumu | 4 |
| Şekil 2.3. EKFY'nin temel yapısı..... | 5 |
| Şekil 2.4. Temel üç seviyeli lazer sistemi enerji seviye diyagramı | 6 |
| Şekil 2.5. Stark ayrılmalı iki seviyeli lazer sisteminin enerji seviye diyagramı | 9 |
| Şekil 3.1. Genetik algoritmaların genel akış şeması..... | 18 |
| Şekil 3.2. İkili kodlama | 20 |
| Şekil 3.3. Ağaç kodlama | 21 |
| Şekil 3.4. Rulet tekerleği yöntemi | 23 |
| Şekil 3.5. Tek noktalı çaprazlama..... | 25 |
| Şekil 3.6. Çift noktalı çaprazlama..... | 25 |
| Şekil 3.7. Çok noktalı çaprazlama | 26 |
| Şekil 3.8. Üniform çaprazlama | 27 |
| Şekil 3.9. İkili kodlama için mutasyon İşlemi..... | 28 |
| Şekil 3.10. Gerçel kodlama için mutasyon işlemi | 28 |
| Şekil 3.11. Mutasyon operatörleri | 29 |
| Şekil 4.1. İki aşamalı L band EKFY | 33 |
| Şekil 4.2. Kromozom parçaları..... | 34 |
| Şekil 4.3. Tasarlanan GA modeli..... | 35 |
| Şekil 4.4. GA akış şeması | 36 |
| Şekil 4.5. Üniform çaprazlama | 37 |
| Şekil 4.6. Tek nokta çaprazlama yönteminin ara yüzü | 39 |
| Şekil 4.7. Tek nokta çaprazlama kullanarak birinci aşama fiber boyu | 40 |
| Şekil 4.8. Tek nokta çaprazlama kullanarak ikinci aşama fiber boyu | 40 |
| Şekil 4.9. Çift nokta çaprazlama yönteminin ara yüzü | 41 |
| Şekil 4.10. Çift nokta çaprazlama kullanarak birinci aşama fiber boyu | 42 |
| Şekil 4.11. Çift nokta çaprazlama kullanarak ikinci aşama fiber boyu | 42 |
| Şekil 4.12. Mutasyonda karşılıklı değişim yönteminin ara yüzü | 43 |

| Şekil | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 4.13. Mutasyonun karşılıklı değişim kullanarak birinci aşama fiber boyu | 44 |
| Şekil 4.14. Mutasyonun karşılıklı değişim kullanarak ikinci aşama fiber boyu | 44 |
| Şekil 4.15. Üniform çaprazlama yönteminin ara yüzü | 45 |
| Şekil 4.16. En uygun birinci aşama fiber boyu | 46 |
| Şekil 4.17. En uygun ikinci aşama fiber boyu..... | 47 |
| Şekil 5.1. Birinci aşama fiber boyları | 48 |
| Şekil 5.2. Birinci aşama fiber boyu için yüzde hata oranı | 49 |
| Şekil 5.3. İkinci aşama fiber boyları..... | 50 |
| Şekil 5.4. İkinci aşama fiber boyu için yüzde hata oranı | 51 |

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 4.1. L band EKF parametreleri | 33 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur:

| Simgeler | Açıklama |
|---|---|
| A | Kendiliğinden yayın oranı |
| A_{eff} | Etkin alan |
| A_{32}^{nr} | Seviye 3'den 2'ye ışımsız kendiliğinden düşme oranı |
| A_{32}^{r} | Seviye 3'den 2'ye ışımalı kendiliğinden düşme oranı |
| A_{31}^{r} | Seviye 3'den 1'e ışımalı kendiliğinden düşme oranı |
| A_{21} | Seviye 2'den 1'e kendiliğinden düşme oranı |
| A_{32} | Seviye 3'den 1'e kendiliğinden düşme oranı |
| A_{nr}^{\pm} | Stark alt seviyeleri termalizasyon oranları |
| α_{s} | Sinyal dalga boyundaki temel kayıp katsayısı |
| c | Işık hızı |
| f_{YKY}^{\pm} | Normalize edilmiş YKY yoğunluk profili |
| $g(\nu)$ | Normalize çizgi fonksiyonu |
| H | Planck sabiti |
| I_{p} | Pompa yoğunluğu |
| I_{s} | Sinyal yoğunluğu |
| I_{YKY}^{\pm} | İleri (+) ve geri (-) optik yayınım yoğunlukları |
| J | Toplam orbital momentumu |
| k_{B} | Boltzmann sabiti |
| $K_{\text{p}}^{\text{a,e}}$ | Pompa soğurumu ve uyarılmış yayınım oranları |

| Simgeler | Açıklama |
|-----------------|---|
| M_{12} | Yarı kararlı seviyede uyarılmış soğurum oranı |
| M_{21} | Yarı kararlı seviyede uyarılmış yayınım oranı |
| N_1 | 1. Enerji seviyesi atom yoğunluğu |
| N_2 | 2. Enerji seviyesi atom yoğunluğu |
| N_3 | 3. Enerji seviyesi atom yoğunluğu |
| $N_{n,m}$ | Her bir alt seviyenin popülasyonu |
| n | Ortam kırılma indisi |
| nr | Işımasız yayınım |
| η | Yayınım ve soğurum kesitleri arasındaki oran |
| ρ | Lazer iyon yoğunluğu |
| P_{nm} | Boltzmann dağılımı |
| P_s^{int} | Sinyal ışınının gerçek doyum gücü |
| P_s | Sinyal gücü |
| P_p | Pompa gücü |
| P_{YKY} | YKY gücü |
| R | Pompalama oranı |
| R | Işımalı yayınım |
| R_{13} | Seviye 1'den 3'e pompalama oranı |
| R_{31} | Seviye 3'den 1'e pompalama oranı |
| σ_p^a | Pompa ışınının uyarılmış soğurum kesiti |

| Simgeler | Açıklama |
|-----------------|--|
| σ_p^e | Pompa ışınının uyarılmış yayılım kesiti |
| σ_s^a | Sinyal ışınının uyarılmış soğurum kesiti |
| σ_s^e | Sinyal ışınının uyarılmış yayılım kesiti |
| T | Sıcaklık |
| τ | Foton ömrü |
| W | Uyarılmış yayım oranı |
| V_p | Pompa frekansı |
| V_s | Sinyal frekansı |
| ΔE | İki seviye arasındaki enerji farkı |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|------------------------|---------------------------------|
| dB | Desibel |
| DBC | Dalga Boyu Bölmeli Çoğullama |
| DNA | Deoksiribonükleik Asit |
| Er³⁺ | Erbiyum |
| EKF | Erbiyum Katkılı Fiber |
| EKFY | Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteç |
| FBY | Fiber Brillouin Yükselteç |
| FRY | Fiber Raman Yükselteç |
| Km | Kilometre |
| LISP | List Processor |

| Kısaltmalar | Açıklama |
|-----------------------|--|
| nm | Nanometre |
| NTKFY | Nadir Toprak Elementi ile Katkılandırılmış Fiber Yükselteç |
| OH⁻ | Hidroksil |
| TMF | Tek Modlu Fiber |
| UMHS | Uzun Mesafeli Haberleşme Sistemleri |
| TSP | Traveling Salesman Prob |
| YOY | Yarı İletken Optik Yükselteç |
| YKY | Yükseltilmiş Kendiliğinden Yayınım |

1. GİRİŞ

Optik yükselteçler foton-foton etkileşimi ile uyarılmış yayılma ve soğurma değerlerinin değişimi temeline dayanarak, uzun mesafeli haberleşme sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu yükselteçler, elektriksel dönüşüm gerektirmedikleri için ışığı kendi ortamında yükseltmekte, çok yüksek kazanç değerleri elde etmekte ve çok yüksek band genişliği sağlamaktadırlar [1-3]. Ayrıca optik yükselteçler çok sayıdaki sinyalin tek bir fiberden iletilmesini sağlayan DBÇ sistemlerinde de büyük önem taşımaktadırlar. Bu sistemler yüksek hızlı ve yüksek kapasiteli optik iletişim sistemleri için kullanışlı sistemlerdir [4, 5]. Ancak optik yükselteçlerin, kazanç spektrumları düz olmadıkları için DBÇ sistemlerinin iletim kapasitelerini sınırlamaktadır. Bu nedenle geniş bantlı ve düz kazançlı optik yükselteçler geliştirilmiştir. Optik yükselteçler içerisinde en yaygın olarak kullanılanı EKFY'lerdir. Bu optik yükselteçler yüksek kazanç, düşük gürültü, yüksek band genişliği ve yüksek verimliliğe sahiptir [6-9].

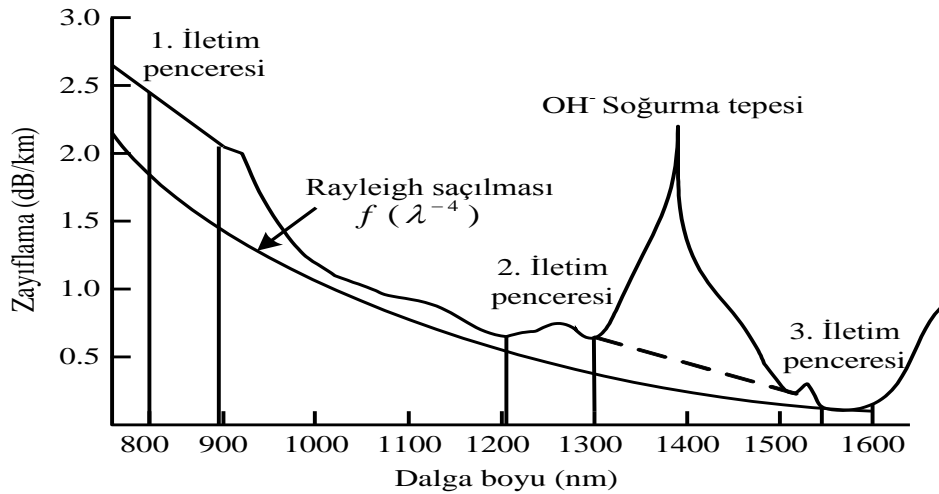
EKFY'lerin çıkış kazanç ve gürültü değerleri çeşitli metotlarla bulunabilir. Ancak çevre sıcaklığında meydana gelen değişimler, EKFY'nin uyarılmış yayılma ve soğurma kesit alanlarında değişime yol açtığı için, kazanç ve gürültü değerlerini de değiştirecektir. Bu sıcaklık değişimlerinin EKFY kazanç ve gürültü değerlerine etkisi çeşitli metotlarla hesaplanmıştır. Fakat kesin olarak bir çözüm bulunmamaktadır. Kesin çözümü olmayan sistemlerde yapay zeka metotları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu metotlardan optimizasyon için genetik algoritmaların kullanımı yaygındır. Daha önce yapılan çalışmalarda, Riziotis ve Vasilakos yaptıkları çalışmada fiber optik hatların bant genişliğinin verimli kullanılması için sayısal zekanın uygulamalarını incelemişlerdir [10]. Başka bir çalışmada Liu ve Lee GA kullanarak, EKFY ve çok pompalı Raman yükseltecin yüksek kazanç ve daha yüksek bant genişliğinin gerçekleştirilebileceğini göstermişlerdir [11]. Prudenzano, Mescia ve Orazio yaptıkları çalışmada EKFY ve lazerlerin tasarımında bir model elde etmek için bir GA kullanmışlardır [12]. Cheng ve Xiao yaptıkları çalışmada radyal etkilere sahip EKFY optimizasyonunda GA kullanmışlardır [13]. Zhang , Chen, Guan, Tam

ve Chung yaptıkları çalışmada EKFY'lerin kazanç düzeltmesi için, ayrıca optimal şebeke yapısının işletim sürecini basitleştirmek için bir genetik algoritma yapısı önermişlerdir [14]. Kim, Bae ve Chun yaptıkları çalışmada EKFY'lerin kazanç düzeltilmesi için kullanılan filtrelerinin tasarımı için GA kullanmışlardır [15].

Bu tez çalışmasında iki aşamalı L band EKFY'nin düz kazanç sağlanması için gerekli birinci ve ikinci aşama fiber boyları GA ile optimize edilmiştir. İkinci bölümde optik yükselteçler, EKFY'ler, sıcaklığın etkisi, EKFY'nin atomik oran denklemleri ve yayılım denklemlerinden genel bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde bölümde genetik algoritmalar ve genetik algoritmaların kodlama sistemiği, işleçleri, özellik ve avantajlarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde L banda EKFY kazancının GA ile düzeltilmesi anlatılarak daha önce yapılan nümerik analiz sonuçları ile bu çalışmada bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Beşinci ve son bölümde ise sonuçlar yorumlanmıştır.

2. OPTİK YÜKSELTEÇLER

Şekil 2.1’de tek modlu fiberin (TMF) üç iletim penceresinin görüldüğü dalga boyuna bağlı zayıflama eğrisi görülmektedir. Optik yükselteçler daha çok, TMF’nin sinyal zayıflamasının çok düşük seviyede olduğu 1310 nm ve 1550 nm civarında yaygın olarak kullanılırlar. Şekil 2.1’deki hidroksil (OH^-) soğurma tepesinin kaynağı imalat sürecinde camın içinde sıkışıp kalan su molekülleridir. Bu tepenin yok edilmesi için atmosferik kimyasal buhar çökeltme metodu kullanılır ve bu metotla OH^- iyonları dehidrasyon ile kaldırılır. Bu tepenin olmadığı fiberlere de OH^- ’siz fiberler denilir. [2,16].



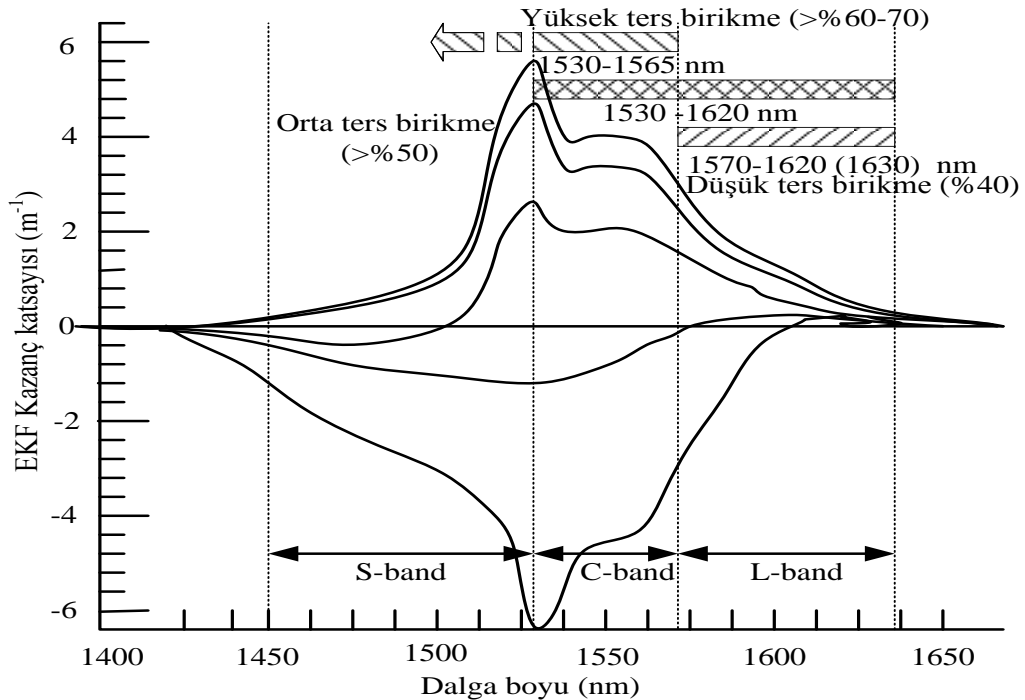
Şekil 2.1. TMF'nin dalga boyuna bağlı sinyal zayıflama eğrisi [2].

Optik yükselteçlerde geri besleme yoktur. Bunun yerine pompa olarak adlandırılan bir foton pompalayıcı lazer ile taşıyıcı sinyal uyarılarak iletim hattı boyunca zayıflayan sinyal yükseltilir. Bu sayede optik yükselteçlerde, herhangi bir elektriksel dönüşüme gerek kalmadan ışık kendi ortamında yükseltilmiş olur [17]. Optik yükselteçlerin iki farklı türü vardır. Bunlar yarıiletken optik yükselteçler (YOY) ve fiber yükselteçlerdir. Her iki yükselteçte lazer prensiplerine göre çalışır. Başka bir deyişle bir kazanç ortamı oluşana kadar, ters birikmeye ulaşıncaya kadar sinyal fotonu üst seviyeye pompalanır. Bu ters birikme olayı, fotonların uyarılmış yayını

ile çoğalarak yeni sinyal fotonları oluşturmasını sağlar ve sinyalde yükseltme sağlanır. Fiber yükselteçler kendi içerisinde, nadir toprak elementi ile katkılandırılmış fiber yükselteçler (NTKFY), fiber Raman Yükselteçler (FRY) ve fiber Brillouin yükselteçler (FBY) olarak çeşitlenir [18].

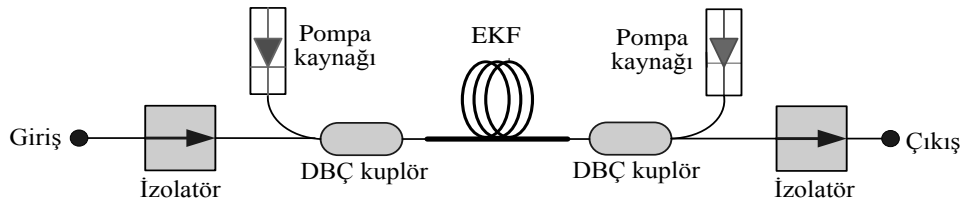
2.1. Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteçler

Şekil 2.2'de EKFY'nin dalga boyuna bağlı kazanç spektrumu görülmektedir. Uzun mesafe optik iletimde genellikle optik fiberin zayıflamasının minimum olduğu 1550 nm civarındaki dalga boylarına sahip sinyaller kullanılır. Fakat artan kapasite ihtiyaçlarına cevap vermek için bu dalga boyunun alt ve üstünde de EKFY'ler kullanılmaktadır. Bunun için EKFY'ler en verimli band olan C band dışında, Şekil 2.2'den de görüleceği üzere %50'den fazla ters birikmeye sahip S-band ve %40'dan fazla ters birikmeye sahip L banda da kullanılmaktadır [19].



Şekil 2.2. Erbiyum katkılı fiberin kazanç spektrumu [19].

EKFY'yi diğer optik yükselteçlere göre daha cazip yapan nedenlerden biri, basit tasarımıdır. Bir pompalama kaynağı, pompa ve optik sinyallerini birleştirip EKF'ye aktaran dalga boyu bölmeli çoğullayıcı (DBÇ), sinyal geri dönüş kayıplarını engellemek için kullanılan optik izolatörler EKFY'nin temel yapısını oluşturmaktadır ve bu temel yapı Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3. EKFY'nin temel yapısı [2].

Pompa lazeri ve optik sinyali birleştirerek EKF'ye aktaran DBÇ kuplör oldukça küçük kayıplara sahiptir (0,2 dB'nin altında). Katkılı fiberin temel malzemesi silika olup öz bölgesindeki erbiyum ve olası diğer katkı malzemeler ile standart telekomünikasyon fiberlerinden farklıdır. EKF'ler iki büyük avantaja sahiptir. EKF, düşük maliyetli yüksek kaliteli fiber üretiminin yerleşik düzenini kullanır ve katkı fiber ile bunun kullanıldığı iletim ortamı olan standart fiberler arasındaki benzerlik, düşük kayıplı eklerle (0,1 dB) basit birleştirme olanağını sağlar [17,19]

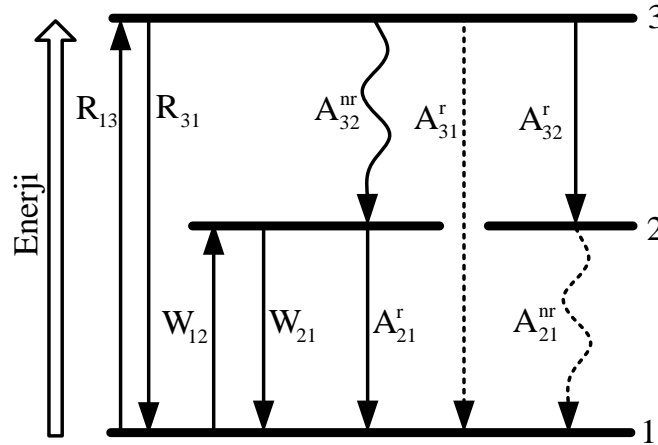
2.2. EKF'de Sıcaklığın Etkisi

EKF'nin bulunduğu ortamın sıcaklığı değiştiği zaman, EKF'nin soğurma ve yayılma kesitleri değişeceğinden, EKFY kazancında da bir değişim oluşacaktır. Bu değişim dalga boyuna bağlı olarak da değiştiği için EKF'lerin sıcaklığa bağımlı karakteristikleri özellikle DBÇ uygulamaları için önemli bir parametreye dönüşmektedir [20-21]. EKF'lerin sıcaklığa bağımlı olarak soğurma ve yayılım kesitlerinin değişimi kesin olarak bilinmemekle beraber, lineer extrapolasyon tekniklerini kullanılarak ve McCumber teorisi ile EKF'lerin sıcaklığa bağımlılıkları modellenmiştir [2, 22]. EKFY çalışma bandlarına bakıldığında özellikle L-bandında yapılan çalışmalarda EKFY'nin sıcaklık bağımlılığının 1570 nm ve 1580nm arasındaki bölgede daha büyük olduğu görülmüştür. Kazanç düzleştirme

çalışmalarında da genellikle sıcaklık etkisi ihmal edilmekte, tasarlanan filtreler oda sıcaklığında tasarlanmaktadır. Ancak sıcaklık değişimi sonucu tasarlanan filtrenin oluşturduğu iletim spektrumu da bozulmaktadır [23].

2.3. EKFY'nin Atomik Oran Denklemleri

Şekil 2.4'te üç seviyeli lazer sistemi görülmektedir. Bu lazer sisteminin enerji seviyeleri, 1 nolu seviye toprak seviyesi, 2 nolu seviye yarı kararlı seviye ve 3 nolu seviye pompalama seviyesidir. Bu analizde üç seviyeli sistemde toprak seviyesinden 3 nolu seviyeye lazer geçişi dikkate alınmıştır. Bu durum 980 nm'lik pompalama dalga boyunun kullanıldığında gerçekleşmektedir.



Şekil 2.4. Üç seviyeli lazer sistemi enerji seviye diyagramı [2, 24]

Şekil 2.4'te, 1. ve 2. seviyeler arası lazer geçişi olmaktadır. R , W ve A sırasıyla pompalama oranı, uyarılmış yayılım oranı ve kendiliğinden yayılım oranı, r ve nr üst sembolleri ise sırasıyla ışıklı ve ışısız yayılımı göstermektedir. 1.seviye'den 3. seviyeye pompalama oranı R_{13} ve 3. seviye ile 1. seviye arasındaki pompalama oranı R_{31} 'dir. 3. seviyeye karşılık gelen uyarılmış durumda düşmenin iki olasılığı vardır; ışıklı oran ($A_3^r = A_{32}^r + A_{31}^r$), ışısız oran (A_{32}^{nr}). Seviye 3'ten kendiliğinden düşmede varsayılan ışısız düşmedir ($A_{32}^{nr} \gg A_3^r$). 1. ve 2. seviye

arasındaki uyarılmış soğurum ve yayınım oranları sırasıyla W_{12} ve W_{21} 'dir. Kendiliğinden ışımalı ve ışımasız uyarılmış durumda 2. seviyeden düşmeye neden olur. $A_2 = A_{21}^r + A_{21}^{nr}$ ile $A_{21}^r = 1/\tau$, burada τ flüoresan ömrü olarak tanımlanır. Varsayılan kendiliğinden düşme aslında ışımadır ($A_{21}^r \gg A_{21}^{nr}$). Aşağıdaki gibi seviye 2 ve seviye 3'de kendiliğinden düşme sadece A_{21} ve A_{32} gibi görülmektedir. ρ lazer iyon yoğunluğu ve N_1 , N_2 ve N_3 sırasıyla 1, 2 ve 3 enerji durumlarındaki atomların iyon yoğunluklarıdır [2, 24]. $N_1 + N_2 + N_3 = \rho$

Bunlara karşılık gelen atomik oran denklemleri:

$$\frac{dN_1}{dt} = -R_{13}N_1 + R_{31}N_3 - W_{12}N_1 + W_{21}N_2 + A_{21}N_2 \quad (2.1)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = W_{12}N_1 - W_{21}N_2 - A_{21}N_2 + A_{32}N_3 \quad (2.2)$$

$$\frac{dN_3}{dt} = R_{13}N_1 - R_{31}N_3 - A_{32}N_3 \quad (2.3)$$

İyon yoğunluklarının zamanla değişmediği kararlı durumları göz önüne alınmıştır. Bu durumda $dN_i/dt = 0$ ($i=1,2,3$). $a = R_{31} + A_{32}$ ve $b = W_{21} + A_{21}$ olur. Eş. 2.2 ve 2.3'den aşağıdaki denklemler elde edilir [24]:

$$W_{12}N_1 - bN_2 + A_{32}N_3 = 0 \quad (2.4)$$

$$R_{13}N_1 - aN_3 = 0 \quad (2.5)$$

N_1 , N_2 için yukarıdaki ifadelerde N_3 yerine $N_3 = \rho - N_1 - N_2$ yazılırsa:

$$N_1 = \rho \frac{ab}{b(a + R_{13}) + aW_{12} + R_{13}A_{32}} \quad (2.6)$$

$$N_2 = \rho \frac{R_{13}A_{32} + aW_{12}}{b(a + R_{13}) + aW_{12} + R_{13}A_{32}} \quad (2.7)$$

halini alır. Eş. 2.6 ve Eş. 2.7'de A_{21} , A_{32} terimleri ile a ve b tanımlarını yerine koyulursa Eş. 2.8 ve Eş. 2.9 elde edilir [2, 24]:

$$N_1 = \rho \frac{(1 + W_{21}\tau) \left(1 + \frac{R_{13}}{A_{32}}\right)}{(1 + W_{21}\tau) \left(1 + \frac{R_{13} + R_{31}}{A_{32}}\right) + W_{12}\tau \left(1 + \frac{R_{31}}{A_{32}}\right) + R_{13}\tau} \quad (2.8)$$

$$N_2 = \rho \frac{R_{13}\tau + W_{12}\tau \left(1 + \frac{R_{13}}{A_{32}}\right)}{(1 + W_{21}\tau) \left(1 + \frac{R_{13} + R_{31}}{A_{32}}\right) + W_{12}\tau \left(1 + \frac{R_{31}}{A_{32}}\right) + R_{13}\tau} \quad (2.9)$$

Işımasız düşme oranı A_{32} , pompalama oranı $R_{13,31}$ 'in çok üzerinde kabul edilirse ($A_{32} \gg R_{13,31}$) ve $R = R_{13}$ alınırsa Eş. 2.8 ve Eş. 2.9'dan aşağıdaki denklem bulunur:

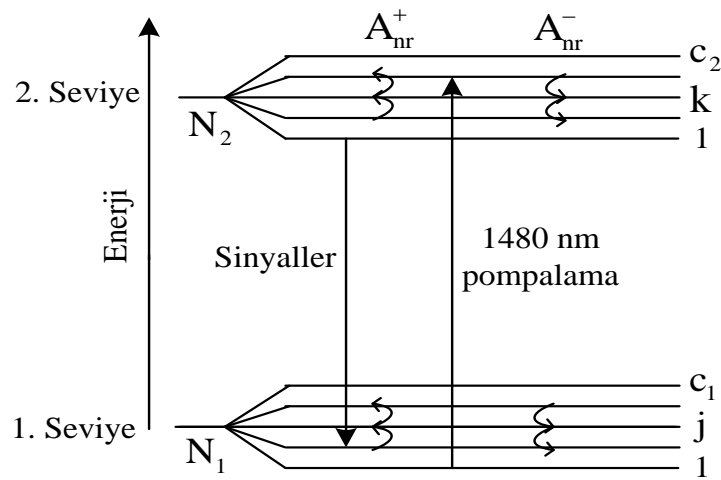
$$N_1 = \rho \frac{1 + W_{21}\tau}{1 + R\tau + W_{12}\tau + W_{21}\tau} \quad (2.10)$$

$$N_2 = \rho \frac{R\tau + W_{12}\tau}{1 + R\tau + W_{12}\tau + W_{21}\tau}$$

Bu sonuçla $N_3 = \rho - N_1 - N_2 = 0$ olur. Hakim ışımasız düşme karşısında (A_{32}) pompalama seviyesindeki popülasyon ihmal edilebilir ve A_{32} 'den yarı kararlı seviyeye düşer [24]. 3 seviyeli model 980 nm'lik pompalamaya karşı gelir. 1480 nm'lik pompa kullanıldığında ise direk yarı kararlı seviyeye pompalandığından 3 seviyeli analize gerek yoktur ve ifadeler 2 seviyeye indirgenerek kullanılabilir [2, 24].

2.4. Atomik Oran Denklemlerinde Sıcaklığın Etkisi

EKFY 1480 nm’de pompalandığı zaman, iki seviyeli yükseltme sisteminin enerji seviyeleri dikkate alınır. Çünkü 1480 nm’de pompalanan Er^{3+} ’un direk olarak toprak seviyesinden yarı kararlı seviyeye pompalanmasına izin verir. Ayrıca sıcaklık analizinin yapılması için her seviyenin kendi içerisinde meydana gelen Stark ayrılmaları göz önüne alınacaktır. Bu Stark ayrılmaları Şekil 2.5’de görülmektedir.



Şekil 2.5. Stark ayrılmalı iki seviyeli lazer sisteminin enerji seviye diyagramı [23].

Düşük ve yüksek enerji seviyelerinin tümünün enerji değerleri, olası iç geçişlerin bağıl şiddetleri ile homojen ve homojen olmayan spektral kesitlerine bağlı olarak değişmektedir. Her bir seviyedeki iyon sayısından dolayı kesit sadece deneysel olarak ölçülerek bulunabilir. İki seviyeli yaklaşımı kullanan geleneksel Einstein analizi, gayet iyi bilinen Fuchtbauer-Ladenburg ilişkisini verir:

$$\sigma_i(\nu) = \frac{(\lambda/n)^2 g_i(\nu)}{8\pi\tau} \quad (2.11)$$

Burada $g_i(\nu)$ çizgi fonksiyonu olup ν frekansında soğurum ve yayınım spektrumlarının normalize değeridir. İki seviyeli sistem modelinde soğurum ve

yayınım kesitleri eşit olmalıdır ancak EKFY için bu durum geçerli değildir. Çünkü alt ve üst lazer seviyelerinde birkaç Stark alt seviyesi vardır (Şekil 2.5).

İki seviyenin bağlı iyon yoğunluğu Boltzmann teorisinden 2 alt indisi üst seviyeyi göstermek kaydı ile T sıcaklığında ayrılmış enerji ΔE aşağıda verilmiştir:

$$\frac{N_2}{N_1} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{k_B T}\right) \quad (2.12)$$

burada k_B Boltzmann sabitidir. Ayrıca, Einstein analizine alternatif olarak McCumber teorisi vardır [25]. Bu teori herhangi bir frekansta iki kesitin oranını veren uyarılmış enerjinin sıcaklığa bağımlılığı kavramını kullanır. Enerji seviyeleri hakkında bazı varsayımlar ile tahminde bulunabilir [20, 26]. Ancak önceki kesiti tahmin edemez. Çünkü EKFY'nın sıcaklığa bağımlılığının genel bir kuralı yoktur [21, 22].

Şekil 2.5'de, her bir enerji seviyesi 1 ve 2 olarak adlandırılmıştır ve burada toplam orbital momentumu J ; $c = J + 1/2$ enerji alt seviyelerinin her bir çok katman içerisindeki ayrılmaları, c ise toplam enerji çakışıklığını göstermektedir. Maksimum Stark ayrılması gerçekten, ana enerji seviyesi ile 1 ve 2 seviyeleri arasındaki enerji ayrılmasının büyük bölümünde görülmektedir [24].

Sıcaklık etkisi ile çok sayıdaki ayrışma içerisindeki sabit iyon dağılımı devam eder. Seviye 1 ve 2'deki her bir çok katmana karşılık gelen toplam iyon yoğunlukları N_1 ve N_2 , bozulmalar ise c ile gösterilmiştir. k indisi 2 çok katmanının enerji alt seviyesi ($k = 1, \dots, c$) olup her bir alt seviyenin popülasyonu $N_{n,m}$ 'dir. Alt indisteki n lazer seviyesini, m ise çok katmanı göstermektedir.

Fonon yayılımı veya soğurumu ile iyonların uyarılmaları veya uyarılmamalarına karşılık, ışımsız oranlar A_{nr}^+ ve A_{nr}^- ile herbir Stark ayrışmasın da termalizasyon işlemi meydana gelir. Isıl denge durumu genel olarak aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$A_{nr}^- N_{nm} = A_{nr}^+ N_{n,m-1} \quad (2.13)$$

(n, m) ve $(n, m-1)$ alt seviyeleri arasındaki enerji farkı $\Delta E_m = E_m - E_{m-1}$ 'dir ve $N_{nm}/N_{n,m-1} = A_{nr}^+/A_{nr}^- = \exp(-\Delta E_m/k_B T)$ bağıntısını elde edilir. Eş. 2.13 yeniden hesaplanırsa şu bağıntıyı elde edilir:

$$N_{nm} = \frac{\exp[-(E_m - E_{m-1})/k_B T]}{\sum_{m=1}^{c_m} \exp[-(E_m - E_1)/k_B T]} \overline{N}_n \equiv p_{nm} \overline{N}_n \quad (2.14)$$

burada p_{nm} Boltzmann dağılımıdır. Geçiş ömrü $\tau = 1/\gamma$, $K_p^{a,e}$ pompa soğurumu ve uyarılmış yayılım oranlarını, $M_{12,21}$ ise yarı kararlı seviyedeki iki ayrışma (N_{21} , N_{22} Er^{3+} popülasyonunu gösterir) arasında ki uyarılmış soğurum ve yayılım oranlarını göstermektedir. Sistemde birçok alt seviye vardır. Ancak burada bu alt seviyelerden ilk ikisi arasındaki ilişki incelenmiştir. Eş. 2.12 yeniden yazılırsa;

$$\beta = \frac{N_{22}}{N_{21}} = \frac{A_{nr}^+}{A_{nr}^-} = \exp\left(-\frac{\Delta E_2}{k_B T}\right) \quad (2.15)$$

olur. E_{22} ve E_{21} 'i sırasıyla yarı kararlı seviyedeki alt seviyelerin üst ve alt seviyesi olarak tanımlarsak $\Delta E_2 = E_{22} - E_{21}$ olur [27]. Bu iki alt seviyenin oran denklemleri aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\frac{dN_{22}}{dt} = K_p^a N_1 - K_p^e N_{22} + A_{nr}^- N_{21} - A_{nr}^+ N_{22} \quad (2.16)$$

$$\frac{dN_{21}}{dt} = M_{12} N_1 - M_{21} N_{21} - N_{21} - 1/\tau - A_{nr}^- N_{21} + A_{nr}^+ N_{22} \quad (2.17)$$

$$\frac{dN_1}{dt} = K_p^e N_{22} - K_p^a N_1 + M_{21} N_{21} - M_{12} N_1 + N_{21} 1/\tau \quad (2.18)$$

Böylece sabit şartlarda aşağıdaki denklem elde edilir:

$$N_{22} = \tau \left[(\sigma_p^a N_1 - \beta \sigma_p^e N_{21}) \frac{I_p}{h\nu_p} + (\sigma_p^a N_1 - \sigma_p^e N_{21}) \frac{(I_s + I_{YKY}^\pm)}{h\nu_s} \right] \quad (2.19)$$

veya

$$\frac{N_{22}}{N} = \frac{\frac{I_p}{b_p^a} + \frac{(I_s + I_{YKY}^\pm)}{b_s^a}}{(1 + \beta) \frac{I_p}{b_p^a} + \beta \frac{I_p}{b_p^e} + (1 + \beta + \eta) \frac{(I_s + I_{YKY}^\pm)}{b_s^a} + 1} \quad (2.20)$$

Burada iyon sayısının zamana göre değişimi $dN_i/dt = 0$ ($i=1, 2$)'dir. Eş. 2.19 ve 2.20'de, $b_p^{a,e} = h\nu_p / \tau\sigma_p^{a,e}$, $b_s^{a,e} = h\nu_s / \tau\sigma_s^{a,e}$, ν_p ve ν_s pompalama ve sinyal frekansları, sırasıyla $\sigma_p^{a,e}$ pompa ışınının uyarılmış soğurum ve yayınım kesitleri iken, $\sigma_s^{a,e}$ sinyal ışınının uyarılmış soğurum ve yayınım kesitleri I_p ve I_s pompa ve sinyal yoğunlukları ve I_{YKY}^\pm ileri (+) ve geri (-) optik yayınım yoğunlukları, η sinyal yayınım ve soğurum kesitleri arasındaki oran ve toplam Er^{3+} iyon dağılımı N , $N = N_1 + N_{21} + N_{22}$ veya β terimleri ile $N = N_1 + (1 + \beta)N_{21}$ 'dir.

Sinyal, pompa ve YKY güçlerinin yayınımları için denklemler aşağıda verilmiştir:

$$\frac{dP_s}{dz} = 2\pi \int_0^\infty I_s [\sigma_s^c N_{21}(r) - \sigma_s^a N_1(r)] r dr \quad (2.21)$$

$$\frac{dP_p}{dz} = \pm 2\pi \int_0^\infty I_p [\beta \sigma_p^c N_{21}(r) - \sigma_p^a N_1(r)] r dr \quad (2.22)$$

$$\frac{dP_{YKY}^\pm}{dz} = \pm 2h\nu_s \int_0^\infty 2\pi \sigma_s^c N_{21} f_{YKY}^\pm(r) r dr \pm 2\pi \int_0^\infty [\sigma_s^c N_{21}(r) - \sigma_s^a N_1(r)] P_{YKY}^\pm f_{YKY}^\pm r dr \quad (2.23)$$

f_{YKY}^\pm normalize edilmiş YKY yoğunluk profili, P_{YKY}^\pm z yönünde Yükseltilmiş kendiliğinden yayınım gücü ve YKY spektrumu ileri yönde olduğu kadar geri yönde de tanımlanmalıdır. $f_p(r) \approx f_s(r) \approx f_{YKY}^+(r) = f(r)$ varsayılmış ve + z yönünde yayıldıkları varsayılmıştır [20, 24, 28, 29].

$$P_{YKY}^\pm = P_{YKY}^+ + P_{YKY}^- \quad (2.24)$$

Çıkış sinyal gücü $z = L$ alınırsa yükselteç kazancı ve boyu arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde ifade edilebilir;

$$\frac{P_s(L)}{P_s(0)} = \exp(-\alpha_s L) \cdot \exp\left(\frac{h\nu_s}{P_s^{\text{int}}} \left[\frac{P_p(0) - P_p(L)}{h\nu_p} + \frac{(P_s(0) + P_{YKY}^+(0)) - (P_s(L) + P_{YKY}^+(L))}{h\nu_s} \right]\right) \quad (2.25)$$

Burada P_s^{int} sinyal ışınının gerçek doyum gücüdür ve denklemini aşağıda görülmektedir:

$$P_s^{\text{int}} = \frac{h\nu_s (A_{\text{eff}} - 2\tau \sigma_s^c \Gamma)}{\tau \sigma_s^a \Gamma (1 + \beta + \eta)} \quad (2.26)$$

Burada $\eta = \sigma_s^c / \sigma_s^a$ verimi göstermektedir. Maksimum kazanç için $dP_s / dP_p = 0$ 'dır. Şayet maksimum kazanç $G = P_s(L) / P_s(0)$ olarak tanımlanırsa aşağıdaki denklemden çözülebilir [20, 24, 28, 29]:

$$\frac{v_p}{v_s} \frac{P_s(0)}{P_p(L)} (G - 1) + \frac{\sigma_p^a}{\sigma_s^a} \ln(G) = \frac{P_p(0)}{P_p(L)} - 1 - \ln\left(\frac{P_p(0)}{P_p(L)}\right) \quad (2.27)$$

3. GENETİK ALGORİTMALAR

Genetik algoritmalar araştırma ve optimizasyon problemleri çözümünde kullanılan adaptif metodlardır. Diğer bir tanıma göre ise genetik algoritmalar, karmaşık bir probleme optimal bir çözüm ararken kullanılan, doğal seleksiyon yöntemlerini esas alan bir metottur. Biyolojik organizmaların genetik sürecine dayanmaktadır. Charles Darwin'in "Türlerin Orjini" kitabında bahsettiği gibi doğal nüfus en iyinin hayatta kalması ve doğal seçimin prensiplerine göre oluşturulur. Bu süreçler esas alınarak gerçek dünya problemleri çözümleri için genetik algoritmaları kullanılabilir. Genetik algoritmaların temel prensipleri 1975 yılında Holland tarafından ortaya atılmış ve doğal nüfusların evrimi için bu önemli süreçler simüle edilmiştir. Biyolojik süreçler esas alınarak kolayca kurulabilmesine rağmen genetik algoritmalarla ilgili araştırmalar hala devam etmektedir [30].

Genetik algoritmalar, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Yukarıda belirlediğimiz gibi temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Temel ilkelerinin ortaya atılmasından sonra, genetik algoritmalar hakkında birçok bilimsel çalışma yayınlanmıştır. Ayrıca, genetik algoritmaların teorik kısmı ve uygulamaları hakkında birçok uluslararası konferans da düzenlenmektedir. Genetik algoritmaların, fonksiyon optimizasyonu, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hücresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar [31].

Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır. Doğada, nüfus içindeki bireyler hayatta kalabilmek için birbirleriyle yarış içindedirler.

Yaşamda güçlü olan ve eşleşen bireylerden yeni bireyler oluşacaktır. Zayıf olan bireylerde ise hayatta kalma şansları az olduğundan yeni birey oluşturma olasılıkları zayıf olacaktır. Güçlü olan bireylerden oluşan yeni bireyler iyi özelliklere sahip olduklarından kendi çevrelerine daha uyumlu hale geleceklerdir [32].

Genetik algoritmalar, verilen problemin çözümünü uygun olarak temsil edebilecek bireylerin nüfusu ile çalışırlar. Her birey için bir uygunluk değeri tayin edilir. Bu uygunluk değeri probleme göre değişmektedir. Burada amaç problem çözümü için en iyi sonucu verebilecek değerleri kullanmaktır. Diğer bireylerle çaprazlanarak, yüksek uygunluğa sahip bireylere yeniden üreme fırsatı verilir. Böylece bazı özelliklerini ailelerinden almış yeni bireyler üretilir. Diğer taraftan en az uygunluğa sahip olan bireylerin yeniden üreme için seçilme şansları çok azdır [33].

Genetik algoritmalar, bir problem için global optimum çözümü bulmayı garanti etmez ama kabul edilebilir iyi sonuçlar bulmada genellikle başarılıdırlar.

Genetik algoritma, doğanın metotlarını kullanan bir makine öğrenme modeli olarak tanımlanabilir. Algoritma, probleme doğal seleksiyon metotlarını kullanarak yaklaşır. Bu, makine içinde kromozomlarla temsil edilen bir birey nüfusu oluşturularak gerçekleştirilir.

Bu, makine içinde kromozomlarla temsil edilen bir birey nüfusu oluşturularak gerçekleştirilir. Bu, dört tabanlı DNA kromozomlarına benzer karakter dizileri anlamına gelmektedir. Genetik algoritmalar, daha önce diğer metotlarla çözümü çok karmaşık sayılan birçok problemde başarı ile kullanılabilirlerdir.

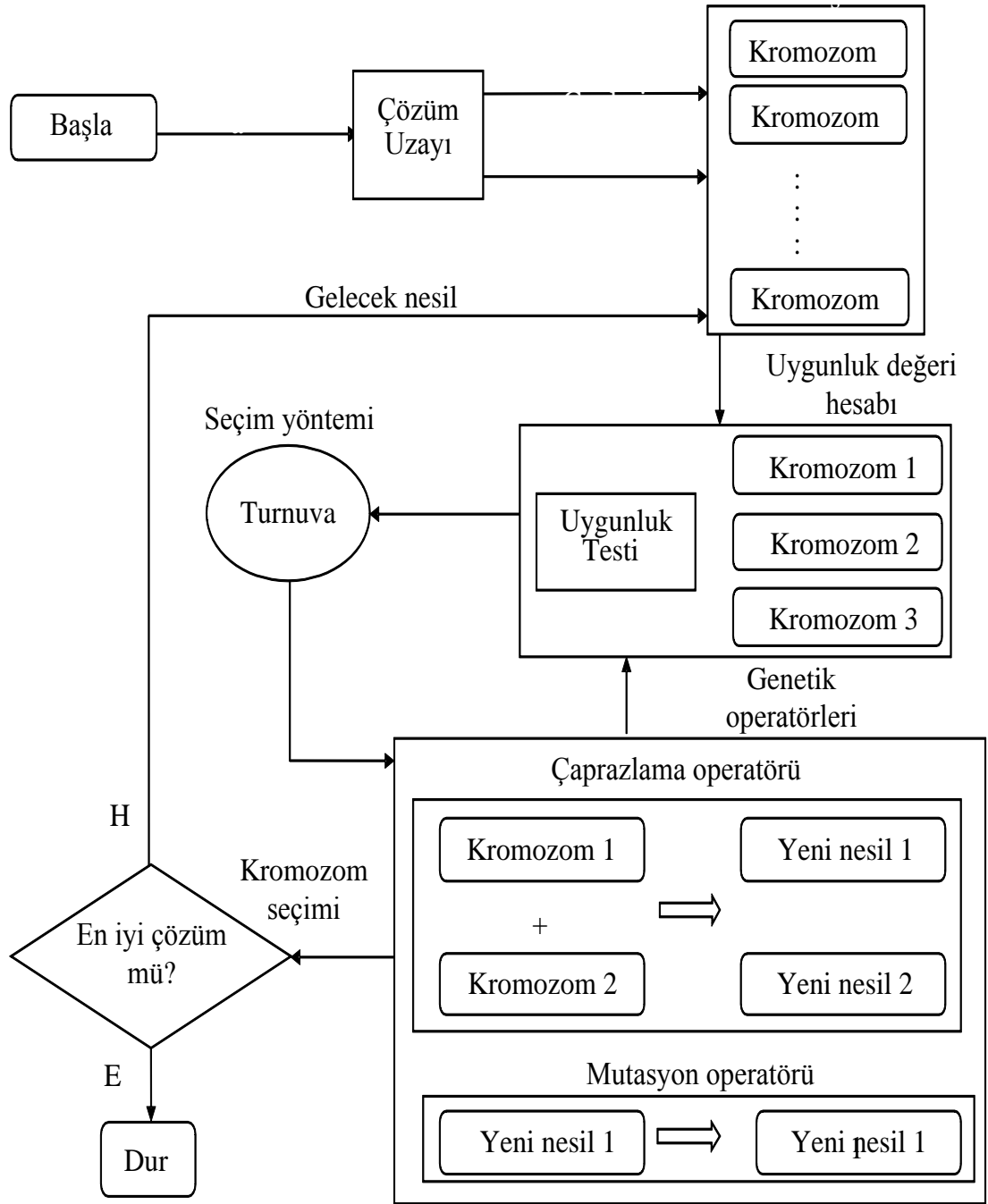
Genellikle, “0” ve “1” lerden oluşan uzun diziler kullanılmaktadır. Öncelikle, aranan uzay içinde parametrelerin rastgele belirlenmesiyle bir çözüm kümesi, yani nüfus meydana getirilir. Bu çözüm nüfusunda en kötü elemanlar atılır ve en iyiler çaprazlanarak yeni bir çözüm nüfusu elde edilir. Ayrıca, arada bir genlerden biri mutasyon ile değiştirilir. Gerçek hayatta da bu şekilde bir adaptasyon çok güçlü bir

organizma meydana getirir. Bu işlem nesiller boyu en iyi genlerin bir sonraki nesle aktarılması ile devam eder.

Genetik algoritmalar, parametrelerin kodlanmaları ile çalışırlar. Tıpkı bir DNA'nın tüm insan karakteristiklerini bir amino asit zincirine kodlanması gibi, problemin parametreleri de sonlu uzunluktaki dizilere kodlanmalıdır. Uygulamada, genetik modelin bilgisayara aktarılmasında bit ve karakter dizileri kromozomları temsil etmekte kullanılır. Basit bit değişimleri ile çaprazlama, mutasyon gibi operasyonlar gerçekleştirilebilir. Değişken dizi uzunlukları ile genetik algoritma uygulamaları üzerinde ciddi miktarda araştırma yapılmasına karşın sabit uzunluklu karakter dizileri çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genetik algoritma uygulamalarında aşağıdaki sıra izlenmektedir:

1. Genelde rastgele dağılmış nüfusun oluşturulması,
2. Tüm ilk bireylerin uygunluğunun ve dayanıklılığının test edilmesi,
3. Sonlandırma kriterinin (zaman, dayanıklılık v.b) test edilmesi,
4. Yeni neslin oluşumu için bir alt-nüfusun seçilmesi,
5. Seçilen ebeveynlerden alınan genlerin birleştirilmesi (çaprazlama),
6. Çaprazlanmış nüfusa mutasyon operatörünün uygulanması,
7. Yeni oluşan nüfusun uygunluğunun ve dayanıklılığının test edilmesi,
8. Gerçek koşullarda hayatta kalabilen bireylerin seçilmesi,
9. İstenen en iyi sonucu verecek birey belirlenene kadar işlemin tekrarlanması[32].



Şekil 3.1. Genetik algoritmaların genel akış şeması [34].

3.1. GA Tarihsel Gelişimi

Evrimsel hesaplama, kökeni 1950 sonlarına kadar dayanmasına rağmen son on yıldır önemli oranda dikkat toplamaya başladı. Güçlü bilgisayarların düşük maliyetlerle kolayca elde edilebiliyor olması gelişimini hızlandırmıştır. Evrimsel hesaplama ilk olarak 1960’larda I. Rechenberg tarafından “Evrimsel Stratejileri” isimli eserinde tanıtılmıştır. Onun fikir daha sonra başka araştırmacıların da ilgisini çekmiş ve geliştirilmiştir. Gelişimsel süreci taklit eden GA olarak Michigan Üniversitesinde yer alan John Holland tarafından ortaya atılmıştır. John Holland gelişim sürecinin bir bilgisayar yardımıyla kullanılarak, bilgisayara anlayamadığı çözüm yöntemlerinin öğretilbileceğini düşündü. Onun öğrencileri ve arkadaşları tarafından geliştirildi ve bu sayede Holland’ın kitabı “ Doğal ve Yapay Sistemlerde Adaptasyon “ 1975 yılında yayımlandı [35].

Holland, bir dizgi şeklinde elektronik bir organizma (kromozom) yaratmış ve sonra genetik ve evrimsel prensipleri kullanarak (rastgele çaprazlama ve mutasyon da dahil olmak üzere) çok büyük çözüm alanlarını etkin bir şekilde araştırmayı başarmıştır. Bilgisayar sistemlerinin giderek artan performans/fiyat ölçüleri bu algoritmayı bazı optimizasyon problemleri için çekici kılmıştır. Genetik Algoritma, bir probleme her seferinde daha iyi çözümler üretmek için evrimsel “en uyumlu olanın hayatta kalması” felsefesini taklit eden bir yapay zeka sistemidir. Bu evrimsel işlemler çaprazlama, mutasyon ve seçme fonksiyonlarını kapsar [36].

1985’te Holland’ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989’da konusunda bir klasik sayılan kitabını yayınladığına dek genetik algoritmaların pek yararı olmayan bir araştırma konusu olduğu düşünüyordu günümüzde genetik algoritmalara ilgi giderek artmaktadır. Bu konu üzerine birçok basılmakta ve buna ek olarak genetik algoritmalar üzerinde konferanslar düzenlenmektedir [37].

Genetik Algoritma bir problemi çözerken çaprazlama operatörünü kullanarak iki ya da daha fazla adımı birleştirip, daha iyi sonuç veren bir adıma ulaşabilir. Mutasyon

değişik adımların rastgele sıralanması ve birleştirilmesi işlemlerini uygulayarak sonuçları değerlendirir. Son olarak seçme işlemi ile daha iyi sonuç veren adımlar tutulur ve diğerlerine göre kötü sonuçlar verenler, iyilere yer açmak için Genetik Algoritmadan atılırlar.

3.2. GA Kodlama Sistematığı

Genetik algoritma uygulamalarında ilk adım kodlamadır. Kodlama safhasında parametreler, problemlerin çözümüne yardımcı bilgileri taşıyan yapılara (kromozom) kodlanır [38]. Genelde kodlama yapısı 0 ve 1'lerden oluşmuş ikili dizilerden oluşur. Kodlanan parametrelerin sıralanması sonucunda kromozomlar elde edilir [39]. Çok boyutlu problemlerin çözümünde ikili kodlama her zaman işe yaramayabilir Aşağıda farklı kodlama tiplerine değinilmiştir [40].

3.2.1. İkili kodlama

Kodlama türlerinin en basit olanıdır. Bu tür kodlamada her kromozom 1,0 değerlerinden oluşmuş dizilerden oluşur [41].

| | | | | | | | | | |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kromozom1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Kromozom2 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 |

Şekil 3.2. İkili kodlama

3.2.2. Permütasyon kodlaması

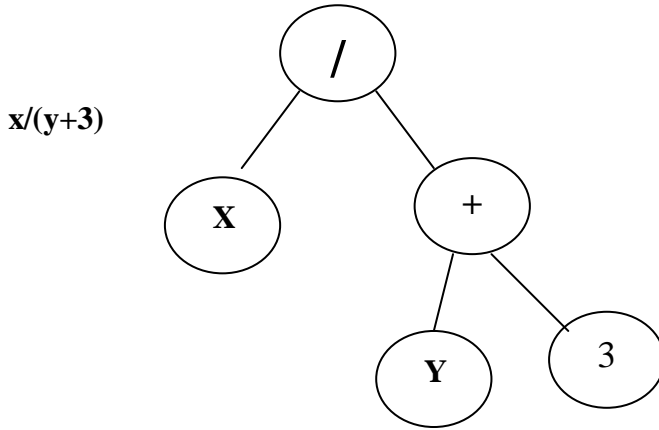
Bu kodlama türü sıralama problemlerinde sıklıkla kullanılır. Traveling Salesman Problem (TSP) ve iş sıralaması (task order) bunlara örnek olabilir. Her kromozom bir sayı dizisidir.

3.2.3. Değer kodlama

Daha çok karmaşık sayılarda kullanılan bir kodlama çeşitidir. Bu kodlamada her kromozom bir değer dizisidir, özel çaprazlama ve mutasyon gerektirir.

3.2.4. Ağaç kodlama

Ağaç kodlaması, ifade sel çözümler gerektiren problemlerde kullanılır, her kromozom bir nesnenin ağacıdır. Bu bir fonksiyon ya da bir programlama dilinde yazılmış koddur. Ağaç olarak gösterilebilen çözümler için iyidir, bunun içinde LISP dili iyi bir seçimdir [42].



Şekil 3.3. Ağaç kodlama [34].

3.3. GA Uygunluk Fonksiyonu

Genetik algoritmaların kullanmanın nihai amacı karmaşık bir optimizasyon problemine en iyi veya en iyiye yakın bir çözümü en kısa sürede ve en kolay şekilde bulabilmektir. Bunu gerçekleştirmek için genetik algoritmalar varolan çözüm alternatiflerinin performansını bir uygunluk fonksiyonu kullanarak ölçerler ve daha iyi çözüm alternatiflerine ulaşmaya çalışırlar [43].

Uygunluk fonksiyonu, çözüm adayı bireylerin kromozomlarını uygunluk değerini gösteren rakamsal bir değere eşleştirir. Hesaplanan uygunluk değeri, bireyin amaç fonksiyonuna göre değerini, dolayısıyla da çözüme yakınlığını göstermektedir.

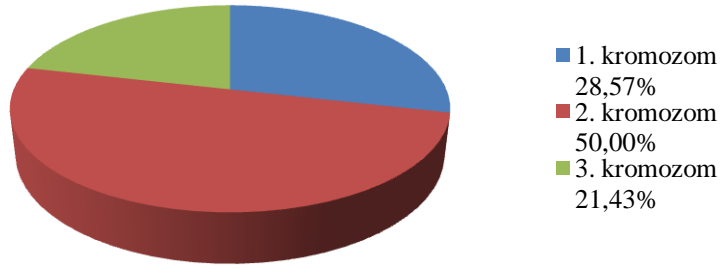
Finansal problemlerde amaç fonksiyonu kâr veya beklenen getirinin maksimizasyonu ya da zarar veya riskin minimizasyonu şeklinde formüle edilebilir. Örneğin, amaç (fonksiyonu) borsada yapılan yatırımın kârını maksimize etmek için varolan örnek piyasa verilerini kullanarak en uygun alım satım kurallarını belirlemek olabilir [44].

3.4. GA Seçim Yöntemi

Genetik algoritmalarda seçim, bir sonraki kuşakta yer alacak bireylerin (çözüm adaylarının) üretilmesi için gerekli ebeveynlerin belirlenmesi işlemidir. Bu doğal seçimdeki en uygun adayın yaşanması durumuna benzeridir. Yöntemin amacı ortalama uygunluğun üzerindeki bireylerin çoğalmasına fırsat vermektir. Dolayısıyla yeni nesiller için oluşturulacak gen havuzuna mevcut bireyin girme olasılığı onun uygunluk değeri ile doğru orantılıdır. Günümüze değin farklı farklı seçim algoritmaları geliştirile gelmiştir. Bunlarda bazıları:

3.4.1. Rulet tekerleği yöntemi

Bu yöntem örnekleme yöntemi olarak bilinmektedir. Yöntemin temelinde yatan ana fikir her bir çözüm adayına sahip olduğu uygunluk değeri oranında yaşama şansı tanınmasıdır. Her bir birey yaşama şansı oranında, oluşturulan hayali rulet tekerleğinde bir sektör veya bölge gösterir. Doğal olarak uygunluk değeri yüksek olan bireyin bu tekerlekte kapladığı alan daha büyük olacaktır [45].



| Sayı | Dizi | Uygunluk Değeri | Toplam |
|------------------|--------------|-----------------|----------------|
| Kromozom1 | 00110 | 100 | 28,572% |
| Kromozom2 | 10110 | 175 | 50% |
| Kromozom3 | 10010 | 75 | 21,428% |
| Toplam | | 350 | 100 |

Şekil 3.4. Rulet tekerleği yöntemi [34].

3.4.2. Turnuva seçim yöntemi

Bu yöntem de rulet tekerleği yöntemi gibi klasik bir yöntemdir. Uygunluk değerlerine göre kromozomlar sıralanmaksızın rastgele, turnuva sayısı kadar, k , mevcut popülasyonlardan kromozom seçilir. Bu alt kümeden ebeveynler rulet tekerleği yöntemi kullanarak veya en iyi olan kromozomlar arasından ya da başka olasılıksal yöntemle seçilebilir. Özellikle popülasyonun büyük seçildiği problemlerde uygunluk değerlerine göre bireyleri sıralama uzun süreceği için turnuva seçimi yöntemi başarılıdır[46].

3.4.3. Elitist seçim yöntemi

En az bir tane olmak üzere en iyi kromozomlar belirli bir oranda (seçilme oranında) korunarak gelecek nesillere aktarılır. Yöntem de en iyi çözümler korunmasına rağmen hızlı ve erken yakınsamadan dolayı lokal minimuma/maksimuma takılma olasılığı vardır [46].

3.5. GA İşleçleri

Mevcut popülasyon üzerine uygulanan işlemler genetik işleçler olarak adlandırılır. Bu operatörlerin amacı daha iyi özelliğe sahip yeni nesiller üretmek ve Arama algoritmasının alanını genişletmektir [47]. Farklı uygulamalarda farklı işleçler kullanılmakla birlikte genetik algorithmada 2 standart işleç kullanılır. Bu işleçler:

- 1-Çaprazlama işleci.
- 2-Mutasyon işleci.

3.5.1. Çaprazlama işleci

Çaprazlama operatöründe amaç, iyi uygunluk değerine sahip iki bireyin iyi özelliklerini birleştirerek daha iyi sonuçlar elde etmektir. Ancak hangi özelliklerin iyi performans sağladığı bilinmediğinden, özelliklerin takas edilmesi şeklinde bir birleşim rastsal olarak gerçekleştirilir. Çaprazlamada iki çözümün yapıları kullanılarak yeni ve daha iyi bir çözüme ulaşılmaya çalışılır [47,38]. Kullanıcı tarafından 4 farklı operatör bulunmaktadır:

Tek noktalı çaprazlama

Bu metot rastgele seçilen bir çaprazlama noktasından itibaren önceki veya sonraki genlerin yerlerinin değiştirilmesi işlemidir. Eşleşen iki kromozomda, bu çaprazlama noktasının sağında kalan bölümlerin yeri değiştirilerek yeni kromozomlar elde edilmiş olur.

Çaprazlama işleminde göz önünde bulundurulması gereken husus çaprazlama noktasının seçimidir. Çaprazlama noktasının yeri oluşacak yeni kromozomların ebeveynlerinden ne kadar farklı olacağını gösterir [49].

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Çaprazlama işleminden sonra oluşan bireyler

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Şekil 3.5. Tek noktalı çaprazlama.

Çift noktalı çaprazlama

Bu metotta tek noktalı çaprazlamadan farklı olarak çaprazlama için iki adet çaprazlama noktası belirlenir ve daha sonra eşleşen iki kromozomun bu çaprazlama noktaları arasında kalan bölümleri yer değiştirilerek yeni kromozomlar elde edilir [49].

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Çaprazlama işleminden sonra oluşan bireyler

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Şekil 3.6. Çift noktalı çaprazlama.

Çok noktalı çaprazlama

Eşleşen kromozomların rastgele seçilmiş iki veya daha fazla noktalarından parçalanarak yapılan çaprazlamaya çok noktalı çaprazlama denir. Sekil 3.7’de nasıl yapıldığı gösterilmiştir [49].

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Çaprazlama işleminden sonra oluşan bireyler

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |

Şekil 3.7. Çok noktalı çaprazlama.

Üniform çaprazlama

Diğer bir çaprazlama türü ise üniform çaprazlamadır. Üniform çaprazlama işlemi için öncelikle çaprazlama maskesi tanımlanır. Tek noktalı ve çok noktalı çaprazlamada, rastgele çaprazlama noktası seçilmektedir. Üniform çaprazlamada ise, her nokta bir çaprazlama noktası olarak alınmaktadır. Üniform çaprazlamada ebeveyn bireylerle eşit uzunlukta maskeler kullanılmaktadır. Maske rastgele üretilen bitleri içermektedir. Birinci çocuk birey için bir maske üretilmekte, ikinci çocuk birey için birinci maskenin tersi alınmaktadır. Üniform çaprazlama için aşağıda bir örnek verilmiştir. Örnekte, çocuk bireyler oluşturulurken, maskedeki 1’ler için birinci ebeveynin bitleri, 0’lar için ikinci ebeveynin bitleri çocuk bireylere taşınmaktadır [49].

| Ebeveyn bireyler | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| E2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Maskeler | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| M2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Çocuk bireyler | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ç1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Ç2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |

Şekil 3.8. Üniform çaprazlama.

3.5.2. Mutasyon işleci

Genetik algoritmalarda kullanılan bir diğer operatör olan mutasyon, oluşan yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasını önler ve sonuca daha hızlı ulaştırır [34]. Mutasyonda amaç, nüfusu oluşturan bireylerin çeşitliliğini artırmaktır. İyi oluşturulamayan başlangıç nüfusu, çözüm kümesi içerisinde çeşitliliği sağlayamaz. Ayrıca, evrim süreci içerisinde bireylerin birbirine çok yaklaşmaları da çeşitliliğin azalması demektir. Çaprazlamanın gerçekleştirilmesinden sonra, yeni bireyler mutasyona tutulurlar. Mutasyon işleminde, yeni bireylerin değişkenleri mutasyon oranı adı verilen düşük bir olasılıkla değişime uğratılır. Değişim biçimi, bireylerin kodlama biçimine bağlıdır [49].

İkili kodlamada mutasyon işleci

İkili kodlamada, mutasyona uğratılacak bitin tersi alınmaktadır. Bireyin hangi bitlerinin mutasyona uğrayacağı mutasyon oranı ile belirlenmektedir. Her bir bit için

[0,1] aralığında rastgele bir sayı üretilir. Üretilen sayı önceden belirlenen mutasyon oranından küçük ise, tersi alınarak bit mutasyona uğratılır. Şekil 3.9’de bu işleme bir örnek verilmiştir.

| Mutasyon oranı: 0,005 | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mutasyon olasılıkları | 0,561 | 0,814 | 0,207 | 0,361 | 0,147 | 0,019 | 0,003 | 0,963 |
| Mutasyondan önce | 4,384 | 2,756 | 0,547 | -3,18 | 6,831 | 0,214 | 0,351 | 0,412 |
| Mutasyondan sonra | 4,384 | 2,756 | 0,547 | -3,18 | 6,831 | 0,214 | 0,354 | 0,412 |

Şekil 3.9. İkili kodlama için mutasyon İşlemi [49].

Gerçel kodlamada mutasyon

Gerçel kodlamada ise mutasyona uğrıtılacak değişkenin değerine rastgele bir sayı eklenir veya çıkartılır. Bireyin hangi değişkeninin mutasyona uğrayacağı mutasyon oranı ile belirlenmektedir. Her bir değişken için [0,1] aralığında rastgele bir sayı üretilir. Üretilen sayı mutasyon oranından küçük ise, sayı değişkene eklenerek değişken mutasyona uğratılır. Şekil 3.10’de bu işleme örnek verilmiştir.

| Mutasyon oranı:0,005 | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Mutasyon olasılıkları | 0,561 | 0,814 | 0,207 | 0,361 | 0,147 | 0,019 | 0,003 | 0,963 |
| Mutasyondan önce | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Mutasyondan sonra | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

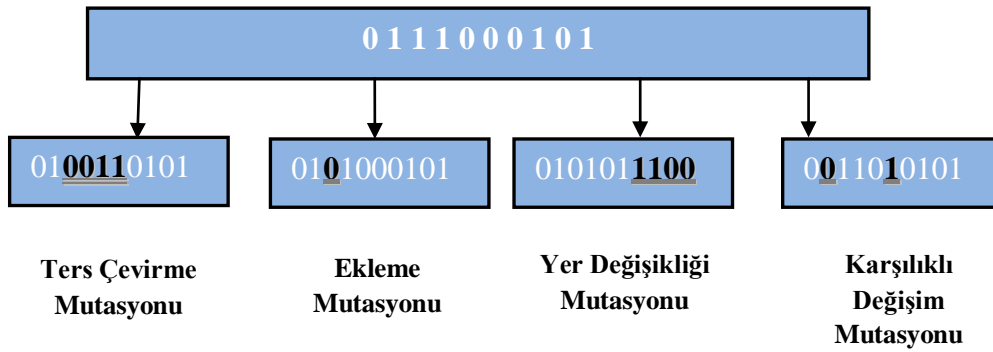
Şekil 3.10. Gerçel kodlama için mutasyon işlemi [49].

Mutasyon operatörleri

Mutasyon operatörleri olarak, ele alınan problemin yapısına göre en uygun olan aşağıdakilerden biri seçilir.

- Ters çevirme: Ters çevirmede, kromozomdan rastgele iki pozisyon seçilir ve iki ucu arasında ters çevirilir.
- Ekleme: Eklemede ise rastgele bir parça seçilir ve rastgele bir yere yerleştirilir.
- Yer değişikliği: Yer değişikliği mutasyonunda, rastgele bir alt dizi seçilir ve rastgele bir yere yerleştirilir.
- Karşılıklı Değişim: Karşılıklı değişim mutasyonunda, rastgele seçilen iki genin yerleri değiştirilir.

Mutasyon operatörlerinin uygulamaları Şekil 3.11'de görülmektedir. Şekilde altı çizili olarak verilen eleman değerleri mutasyona uğramış elemanları göstermektedir [50].



Şekil 3.11. Mutasyon operatörleri.

3.6. Durdurma Koşulu

Genetik algoritma yakınsamasını öğrenme ölçüsüdür. En iyi çözümü bulmak için genlerin sıralı oluşumu devam eder ta ki genetik algoritmanın durdurma koşulu gerçekleşene kadar, Durdurma ölçüsü sorunlara göre değişir. En önemli durdurma ölçüleri ise:

- 1.Oluşturulmamış genlerin sayısını önceden belirlenmesi, oluşan nesil en iyi çözüm olmasa bile Belirli bir gen sayısından sonra genetik algoritma durur.

2.Oluşan genlerin sayısını önceden belirlemek, genlerin belirli sayılarını oluşturduktan sonra en iyi çözüme ne kadar yaklaştığını göstermek için kontrol edilir [51].

3.7. GA Özellikleri

Genetik Algoritmaların temel prensibi, her adımda bir önceki nesilden yeni bireyler oluşturarak amaç fonksiyonunun uygunluk derecesini artırmak ve sonuç olarak belli kısıtları sağlayacak şekilde amaç fonksiyonunu sağlayan en uygun değerini elde etmektir.

“Genetik Algoritmayı diğer sezgisel yöntemlerden ayıran en belirgin özellikleri aşağıda belirtilmiştir” [52].

1. Genetik Algoritma, parametre kodlarıyla uğraşır, parametrelerin kendisiyle doğrudan uğraşmaz.
2. Genetik Algoritma, tek bir alana bağımlı kalarak çözüm aramaz. Yığının tamamında çözümü arar.
3. Genetik Algoritma, ne yaptığını değil nasıl yaptığını bilir. Yani, Genetik Algoritma amaç işlevini kullanır, sapma değerleri ve diğer hata faktörlerini kullanmaz.
4. Genetik Algoritmanın uygulanmasında kullanılan operatörler rastlantısal yöntemlere dayanır, belirli ve kesin yöntemler kullanmaz.

3.8. GA Avantajları

Genetik algoritmaları diğer optimizasyon yöntemlerinden ayıran pek çok avantajdan bazılarıdır. Genetik algoritmaların klasik optimizasyon yöntemlerinden farklılıklarını aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1. Genetik algoritmalar, parametrelerin değerleriyle değil, parametre setini kodlayarak çalışır. Parametreler kodlanabildiği sürece çözüm üretilmekte ve diğer metotları sınırlayan birtakım özelliklerde büyük ölçüde serbestlik sağlanmış olmaktadır.

2. Genetik algoritmalar tek bir noktada değil bir noktalar kümesinde optimizasyon araştırması yapar ve genellikle yerel en iyi çözümde sıkışıp kalmaz. Genetik algoritmalar dizilerden oluşan bir nüfus ile başlar ve bu dizilerden daha başarılı nüfuslar üretir.
3. Genetik algoritmalar sadece uygunluk fonksiyonu değerini kullandığından başka bir yardımcı bilgiye ihtiyacı yoktur.
4. Genetik algoritmalar olasılığa dayalı kuralları kullanarak araştırma uzayının hangi bölgesinde çözümü arayacağına karar vermek için rastgele seçim tekniğini kullanır.
5. Genetik algoritmalar klasik yöntemlerin çok uzun zamanda bulacakları çözümü kısa bir zamanda yeterli bir doğrulukta çözebilirler.

Yukarıda sayılan özellikler genetik algoritmanın dayanıklılığı ve sonuca ulaşma üstünlüğüne olumlu yönde katkıda bulunmaktadır.

3.9. GA Uygulama Alanları

Başlangıçta doğrusal olmayan (non-linear) en iyileme problemlerine uygulanan genetik algoritma, sonraları gezgin satıcı, karesel atama, yerleşim, atölye çizelgeleme, ders/sınav programı hazırlanması gibi problemlerde başarıyla uygulanmıştır. Son yıllarda üretim planlama, tasarım, elektronik ve finansman gibi farklı ve çok geniş sahaları kapsayan konuların alt birimlerinde yapılan gerek teorik gerekse uygulamalı genetik algoritma çalışmalarının sayısı artmaktadır.

“Genetik Algoritma hem problem çözmek hem de modelleme için kullanılmaktadır. Günümüzde genetik algoritmaların uygulama alanları genişlemektedir. Bunlardan bazıları: Atölye Çizelgeleme, Yapay Sinir Ağları Tasarımı, Görüntü Kontrolü, Elektronik Devre Tasarımı, Optimizasyon, Uzman Sistemler, Paketleme Problemleri, Makine ve Robot Öğrenmesi, Gezgin Satıcı Problemi, Ekonomik Model Çıkarma v.b sayılabilir”[53].

Karmaşık problemleri hızlı ve optimale yakın olarak çözebilen genetik algoritmalar, çeşitli problem tiplerine uygulanabilmektedir. Büyük çözüm uzaylarının geleneksel

yöntemlerle taranması hesaplama zamanını arttırmaktadır. Ancak bu tip problemlere, genetik algoritmalar ile kısa sürede, kabul edilebilir çözümler bulunabilmektedir [54]. Genetik algoritmalar özellikle çözüm uzayının geniş, süreksiz ve karmaşık olduğu problem tiplerinde başarılı sonuçlar vermektedir.

“Genetik algoritmaların çizelgeleme problemine ilk uygulama çalışması, Davis tarafından 1985 yılında yapılmıştır. 1987’de Liepins ve arkadaşları, belirli teslim tarihleri ve işlem süreleri olan işlerin çizelgenmesi problemini araştırmışlardır. Bu problem en basit çizelgeleme problemi olarak adlandırılmaktadır.

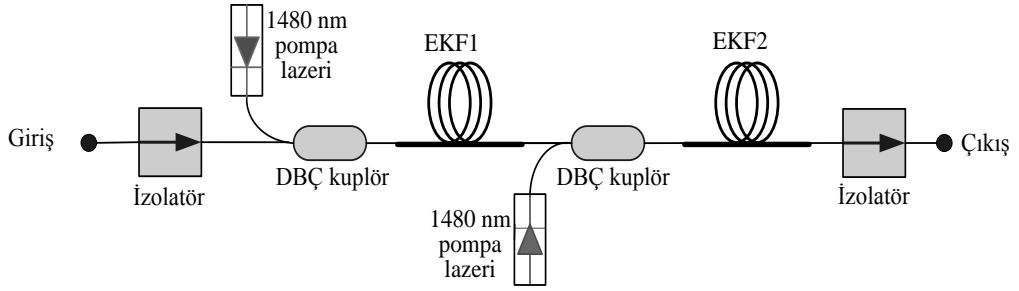
1993’de Gupta ve arkadaşları, akış zamanını minimize etme amacını taşıyan tek makine modeli üzerindeki çalışmalarını yayınlamışlardır. Lee ve Kim’de (1995) gecikme ve sarkma cezalarını da modele katan çalışmalarını sunmuşlardır. Cheng ve arkadaşları yine aynı yıl, özdeş paralel makinelerden oluşan model üzerindeki çalışmalarını yayınlamışlardır. Bunun dışında; iş atölyesi çizelgelemesi problemi için Biegel ve Davern’nin 1990’da, akış atölyesi problemi için Badami ve Parks’ın 1991’de, süreç planlama problemi için Vancza ve Markus’un 1991’de yayınlanmış çalışmaları bulunmaktadır. Genel olarak genetik algoritmalar, çizelgeleme problemlerine optimale yakın çözüm bulmuşlardır. Fakat çözüm bulma süreleri diğer çözüm yöntemlerine göre oldukça hızlı olmuştur” [55].

4. L BAND EKFY KAZANCININ GA İLE DÜZLEŞTİRİLMESİ

Bu tez çalışmasında daha önceden nümerik olarak analizi yapılmış L band EKFY'nin verileri kullanılarak [23], çıkışta sabit olarak düz kazanç veren iki aşamalı bir L band EKFY'nin birinci ve ikinci aşama fiber boyları dalga boyu ve sıcaklık değişimlerine karşılık, GA kullanılarak optimize edilmiştir. Ayrıca yazılan kodlar Matlab arayüzü olarak oluşturulmuştur.

4.1. Tasarlanan Sistem

Optimizasyonu yapılan iki aşamalı L band EKFY Şekil 4.1'de görülmektedir



Şekil 4.1. İki aşamalı L band EKFY [24].

Kullanılan düzenekte 1480 nm ve 50 mW gücünde iki pompa lazeri kullanılmıştır. Bu pompa lazerleri ile EKF1 ve EKF2 fiberleri ileri yönlü olarak pompalanmıştır. Giriş sinyalleri 1570 nm ile 1610 nm dalga boyu arasında ve -20 dBm gücünde seçilmiştir. Daha sonra sistemin sıcaklığı -20 °C ile +60 °C arasında değiştirilerek EKF1 ve EKF2 boyları GA ile optimize edilmiştir. Sistemde kullanılan EKFY'lerin parametre değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. L band EKF parametreleri

| Parametreler | Değerler |
|----------------------------|--|
| 1300 nm kaybı | 4dB/km |
| İyon ömrü | 10 ms |
| Öz yarıçapı | 1,45 μm |
| Erbiyum yarıçapı | 1 μm |
| Er ³⁺ yoğunluğu | 9×10^{24} iyon/m ³ |
| Nümerik açıklık | 0,24 |

4.2. L Band EKFY'nin Kromozom Yapısının Oluşturulması

Genetik algoritma uygulamalarında ilk adım kodlamadır. Problemlerin çözümüne yardımcı bilgileri taşıyan yapılara (kromozom) veriler kodlanır.

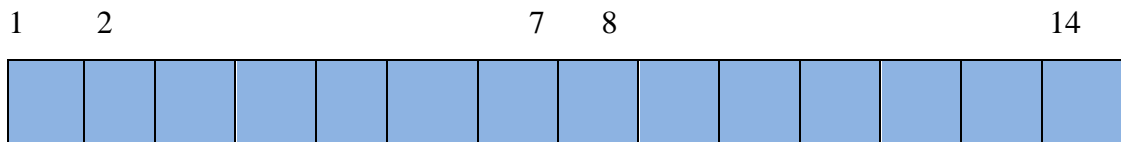
Bu çalışmada kullanılan kromozom üç parçaya bölünmektedir.

1-Sıcaklık işareti(1 bit)

2-Sıcaklık(6 bit)

3-Fiber boyu(7 bit)

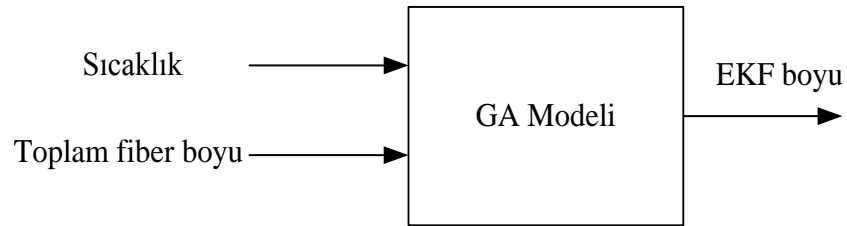
| İşaret | Sıcaklık | Toplam Dalga Boyu |
|--------|----------|-------------------|
|--------|----------|-------------------|



Şekil 4.2. Kromozom parçaları

Birinci parça işaret biti olup 1 bittir. İkinci parça altı bitten oluşmaktadır 2-7. bitler arası bu altı bit sıcaklığı göstermektedir. Üçüncü parça ise 7 bitten oluşmaktadır 8-14. bitler arası bu 7 bit toplam fiber boyunu göstermektedir.

Bu tezde fiber boylarını bulmak için sabit GA kullanılmıştır. Sistemin GA modeli Şekil 4.3’de görülmektedir.



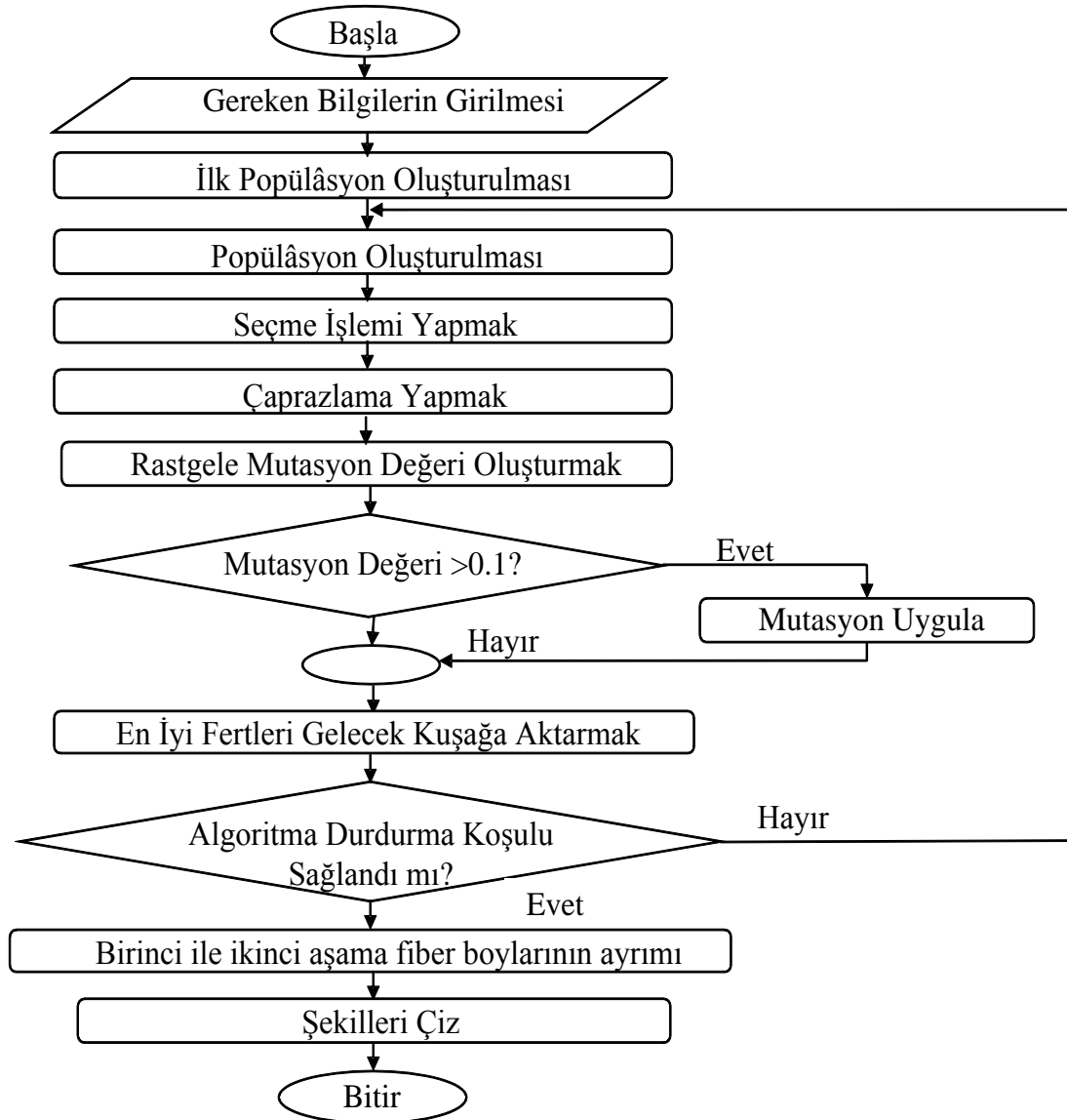
Şekil 4.3. Tasarlanan GA modeli

Genetik algoritmaları çalıştırmadan önce aşağıdaki parametreleri belirlemek gerekmektedir:

- 1-Popülasyon boyutu.
- 2-Çaprazlama türü.
- 3-Mutasyon oranı.
- 4-Durdurma koşulu.

Birinci Popülasyonu oluşturmak

Birinci popülasyonu üretmek için kromozom yapısı daha önceden belirtildiği gibi sıcaklık ve fiber boyundan oluşmaktadır. (2-7) bitlerini atamak için (-20/+60) arasında derece cinsinden sıcaklık değerleri kullanılır ve ikili sisteme çevrilir. (8-14) bitlerini atamak için (144,96-106,76) arasında toplam fiber boyu kullanılır ve ikili sisteme çevrilir.



Şekil 4.4. GA akış şeması.

4.3. GA Aşamaları

1.Kodlama: çalışmamızda öncelikle veriler değerlendirilmiştir. Her verinin bir uygunluk değeri vardır, bu değeri belirterek babalar denilen popülasyondan rastgele en iyi çocuklar seçilir.

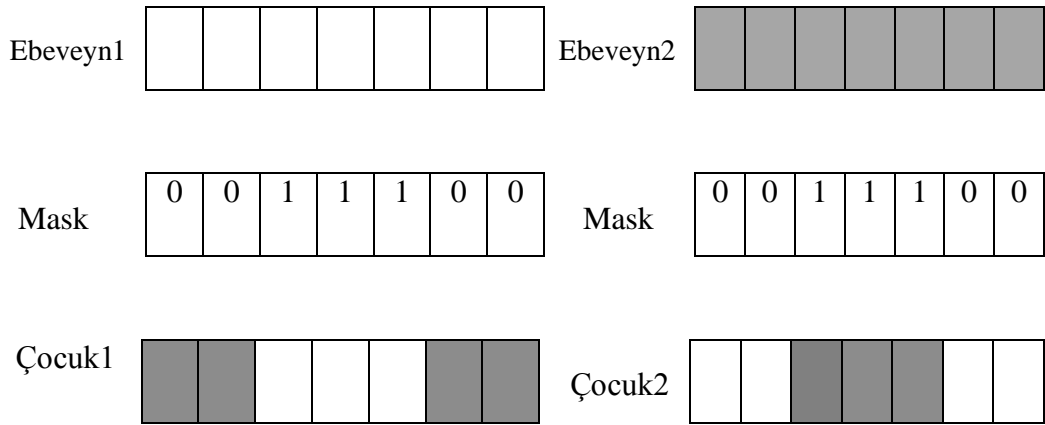
2. Uygunluk fonksiyonu:

$T= 26$, $C=-20$ °C/+60°C ise birinci aşama fiber boyu $=(T+|C|).0,1$ ile bulunur. Burada T taban değeri ve C sıcaklık değerini göstermektedir.

$T=82,5$ ve $C=-20$ °C/+60°C ise ikinci aşama fiber boyu $= T+C *0,14$ ile bulunur.

3.Seçme: Birinci popülasyondan 40 veri arasından bir sonraki nüfusu oluşturmak için rastgele seçilir. “Turnuva” seçme yöntemi uygulayarak en iyi 20 çift rastgele seçilmiştir. Bu 20 çift çaprazlama aşamasına hazır bir popülasyon oluşturulmuştur.

4.Çaprazlama: Genetik Algoritmaların en önemli aşamalarından biridir, bu tez çalışmasında üniform çaprazlama kullanılmıştır. İki kromozom arası kullanılan bir çaprazlama türüdür. Burada bir gen düzeyinde kullanılır, ebeveynlerin genlerine belli bir olasılıkla geçer, birinci ebeveyn geni çocukların birine intikal eder, ikinci ebeveynin geni ise başka bir çocuğa intikal eder. Bu durumda Mask diye adlandırılan değişkende olan genin değerine dayanır, gende aynı sayıya sahiptir ve değeri 0 veya 1’dir. Eğer Mask değişkenindeki genin değeri 1 ise genin değeri birinci ebeveynden birinci çocuğa geçer. Eğer değeri 0 ise genin değeri ikinci ebeveynden birinci çocuğa geçer. Bu durum İkinci çocuk içinde geçerlidir. Aşağıda şekil 4.5’teki gibi:



Şekil 4.5. Üniform çaprazlama

5.Mutasyon: Kromozom oluşturmak ve eklemek için aynı kromozomun içinde belirli değerleri değiştirerek yeni çözümler üretilir. Burada **ters çevirme** yöntemi

kullanılmıştır. Bu yöntem kromozomun ikili kodlama durumunda kullanılır. Rastgele belirli bir yer (bit) seçilir ve değerinin tersi alınır örneğin (bir sıfıra çevrilir) böylece mutasyon ile yeni bir değer oluşturulur. Uygulamamızda mutasyon değeri 0-1 arasında seçilmiştir. Böylece iyi fertlerden oluşan bir kuşak üretilir.

001000101  011000101

6.Durdurma: Bu popülasyondaki tüm fertler için fiber boyu 102 ile 112 arası ise algoritma uygulaması durdurulur. Böylece fiber boylarını birinci ve ikinci boylarına ayrılır.

4.4. Birinci Aşama ile ikinci Aşama Fiber Boylarının Ayrımı

Uygulamanın ilk aşamasının sonucu olarak toplam fiber boyu bulunmuştur. Bu değeri iki parçaya (Birinci aşama ve ikinci aşama) ayırmak için GA kullanarak uygulamanın ikinci aşamasında, fiber toplam boyunun birinci aşama fiber boyuna oranı bulunmuştur. Aynı şekilde fiber toplam boyunun ikinci aşama fiber boyuna oranı bulunmuştur. Bulunan oranlar fiber toplam boy değeri ile çarpılarak birinci aşama ile ikinci aşama fiber boyları bulunmuştur.

4.5. GA Yöntemlerinin Karşılaştırılması

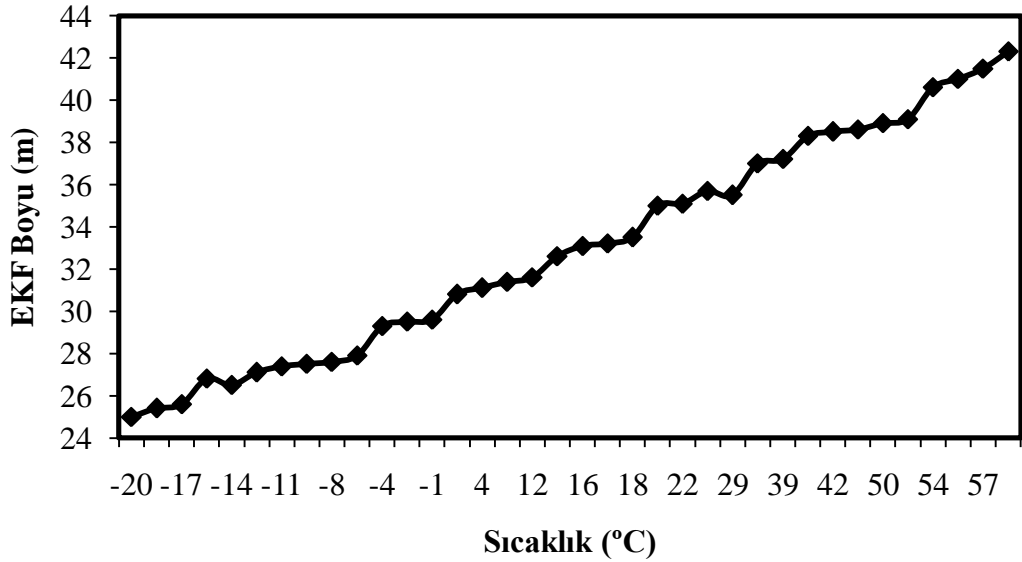
Tasarlanan program Şekil 4.5’de görülen Matlab arayüzüne dönüştürülmüştür. Bu programı çalıştırmak için (Başlat) tuşuna basıldığında program sıcaklık ve mutasyon oranının girilmesini istemektedir. Sonra program çalışır ve ilk popülasyon oluşur. Daha sonra GA aşamaları sırasıyla uygulanır. Fakat GA’nın pek çok hesaplama yöntemi mevcuttur. Bu tez çalışmasında kullanılan sisteme en uygun sonucu bulmak için bu yöntemler karşılaştırılmıştır. Şekil 4.5’de tek nokta çaprazlama yöntemi, -20 ile 60 °C sıcaklık aralığı ve 0,03 mutasyon oranı kullanılarak sonuçlar elde edilmiştir. Programın çalışma süresi ise 0,789321 saniyedir.

The screenshot shows a MATLAB GUI window titled "En Uygun EKFY Boy Programı". The main title is "Sıcaklığa Bağımlı Erbiyum Katkılı Fiber Boylarının Optimizasyonu". The interface is blue with yellow buttons and text. It contains several input fields and buttons for configuring genetic algorithm parameters.

| Parameter | Value |
|--------------------------------|------------------------|
| Seçme yöntemi : | Turnuva |
| Çaprazlama : | Tek noktalı çaprazlama |
| Mutasyon : | Bit çevirme |
| Parametreler : | |
| Mutasyon oranı (0~0,1 arası) : | 0.03 |
| Minimum Sıcaklık : | -20 |
| Maksimum Sıcaklık : | 80 |
| Program Çalışma Süresi(Sn): | 0.789321 |
| Grafikleri Çiz | Başlat |

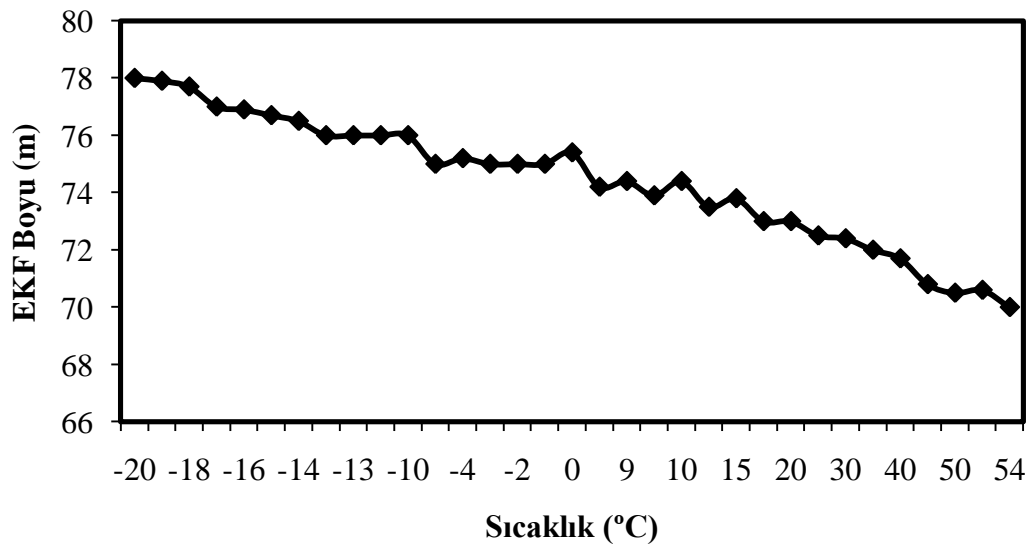
Şekil 4.6. Tek nokta çaprazlama yönteminin ara yüzü.

Değerler girildikten sonra grafikleri çiz tuşuna tıklayarak birinci aşama ve ikinci aşama fiber boyları program tarafından hesaplanır ve sırasıyla Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de görülmektedir.



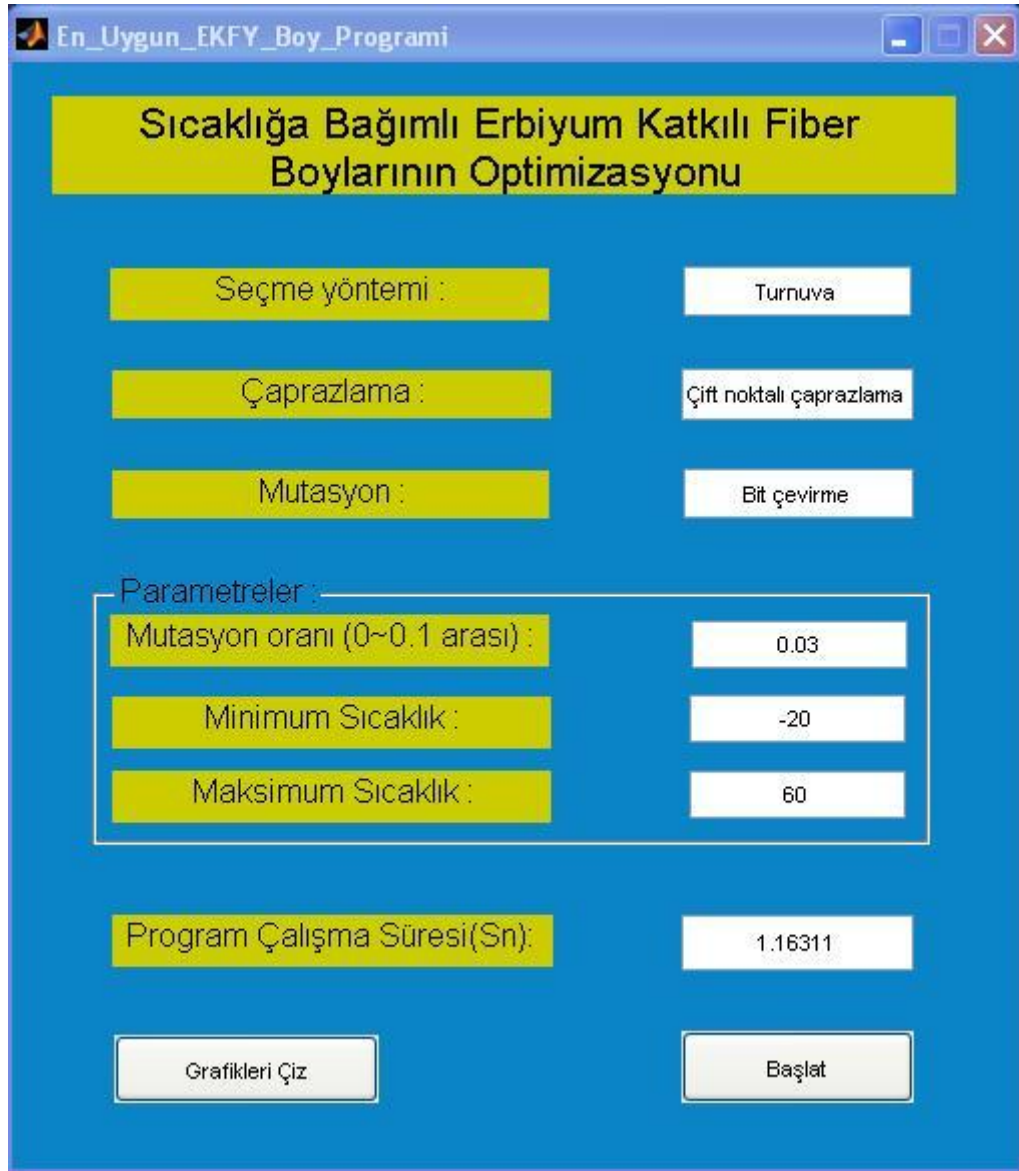
Şekil 4.7. Tek nokta çaprazlama kullanarak birinci aşama fiber boyu.

Şekil 4.7'de görüldüğü gibi fiber boyu -20 °C'de 25 m'den başlayarak sıcaklıkla doğru orantılı olarak artmaktadır. +60 °C'de ise 42 m'ye ulaşmaktadır.



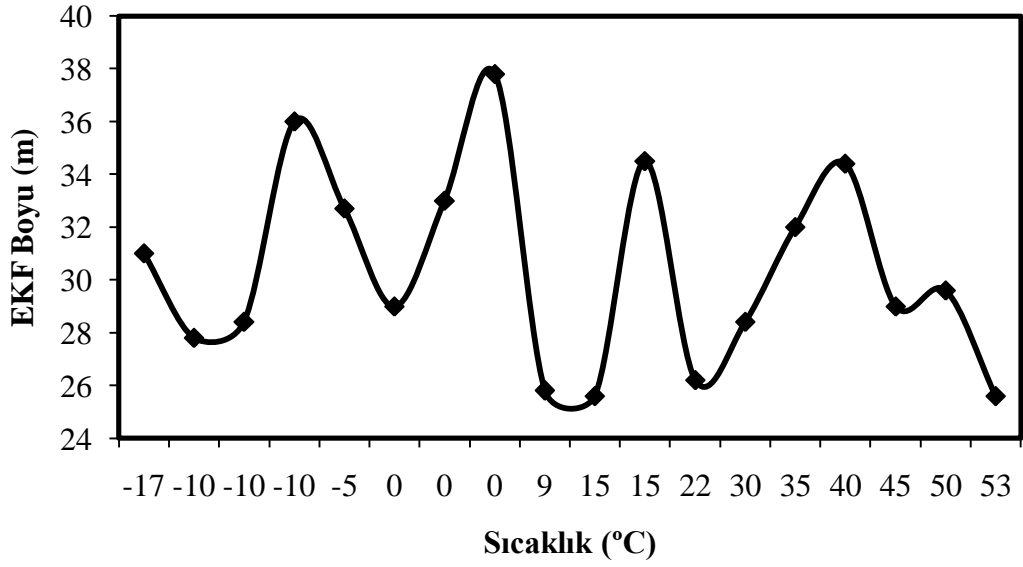
Şekil 4.8. Tek nokta çaprazlama kullanarak ikinci aşama fiber boyu.

İkinci aşama fiber boyu ise $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 78 m'den başlamakta ve gene sıcaklıkla doğru orantılı olarak $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 67 m'ye kadar düşmektedir.

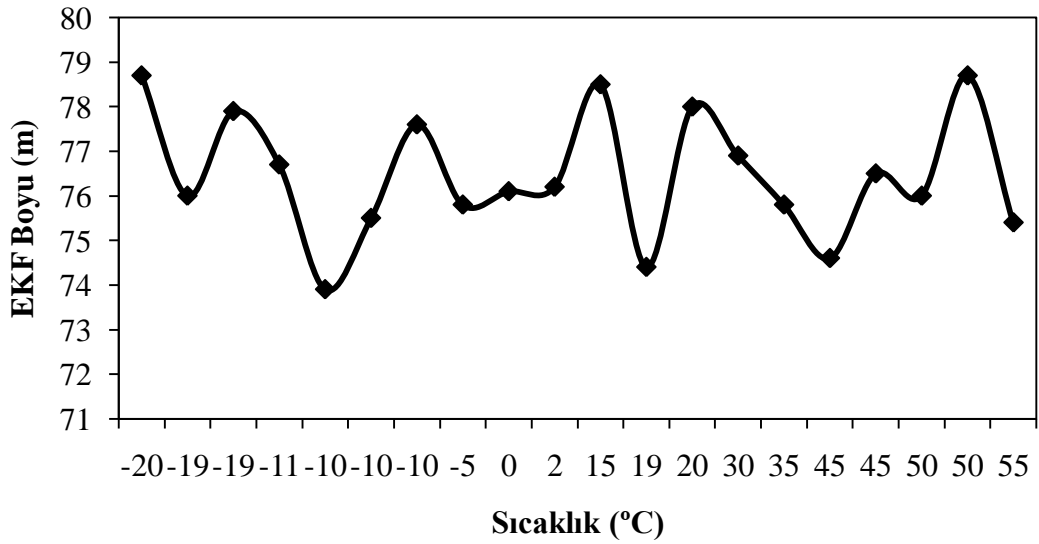


Şekil 4.9. Çift nokta çaprazlama yönteminin ara yüzü.

Şekil 4.9'de çift nokta çaprazlama yöntemi'nin arayüzü görülmektedir. Bu yöntem uygulandığında hem programın çalışma süresi artmıştır. Birinci ve ikinci aşama fiber boylarının sonuçları Şekil 4.10 ve Şekil 4.11'de görüldüğü gibi değişmiştir.



Şekil 4.10. Çift nokta çaprazlama kullanarak birinci aşama fiber boyu.



Şekil 4.11. Çift nokta çaprazlama kullanarak ikinci aşama fiber boyu.

Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de görülen değerler fiberin sıcaklık bağımlılığı ile çok farklı sonuçlar vermektedir. Ayrıca herhangi bir orantı kurulamamaktadır. Bu nedenle çift nokta çaprazlama yöntemi bu sistem için uygun değildir.

En Uygun EKFY Boy Programı

Sıcaklığa Bağımlı Erbiyum Katkılı Fiber Boylarının Optimizasyonu

Seçme yöntemi : Turnuva

Çaprazlama : Ünitorm Çaprazlama

Mutasyon : Karşılıklı değişim

Parametreler :

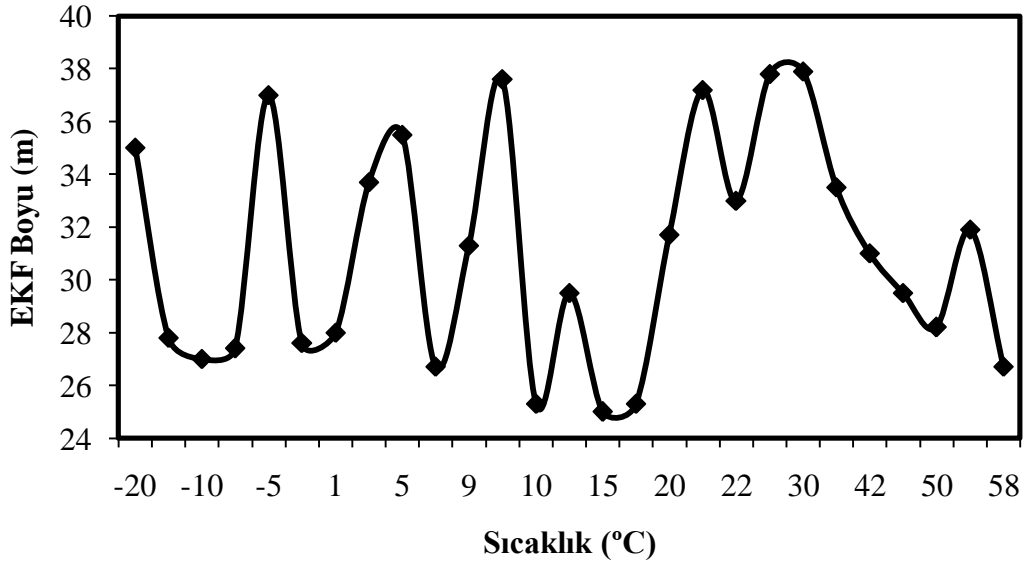
| | |
|--------------------------------|------|
| Mutasyon oranı (0-0.1 arası) : | 0.03 |
| Minimum Sıcaklık : | -20 |
| Maksimum Sıcaklık : | 60 |

Program Çalışma Süresi(Sn): 1.73438

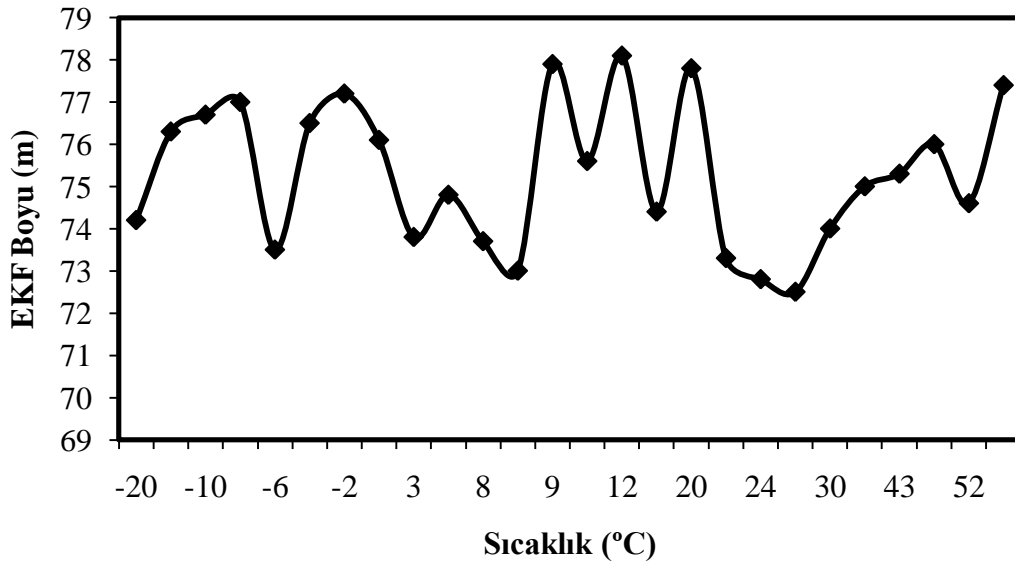
Grafikleri Çiz Başlat

Şekil 4.12. Mutasyonda karşılıklı değişim yönteminin ara yüzü.

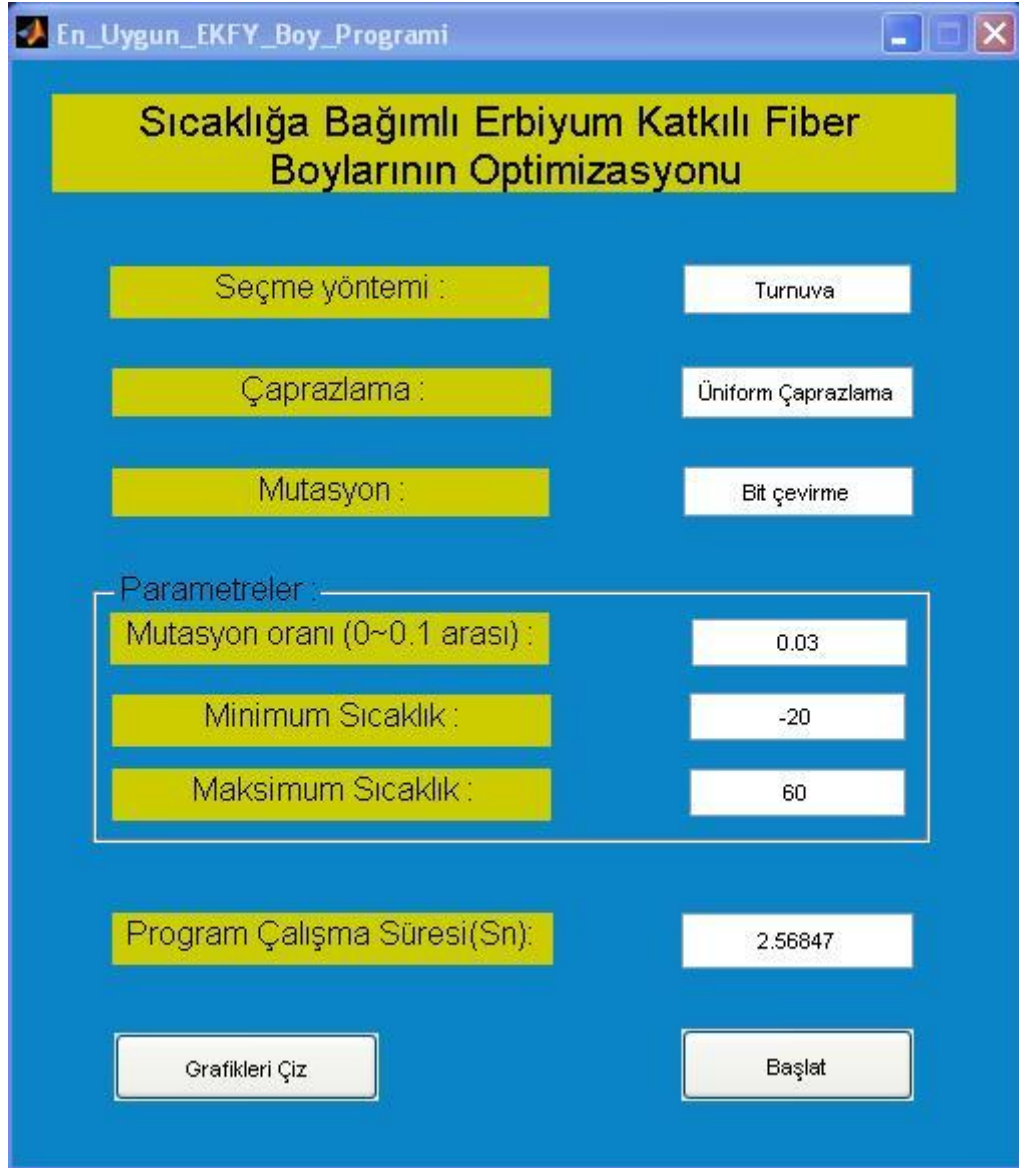
Şekil 4.12’de mutasyonda karşılıklı değişim yöntemi arayüzü görülmektedir. Bu yöntem kullanıldığında Şekil 4.13 ve Şekil 4.14’teki sonuçlar görülmektedir. Bu sonuçlar çift nokta çaprazlama yöntemine göre daha orantılı görülmekle beraber fiberin sıcaklık bağımlılığı değerlerinden çok farklı olduğu için yanlış sonuçlar vermektedir. Bu yöntemde gene sisteme uygun değildir.



Şekil 4.13. Mutasyonun karşılıklı değişim kullanarak birinci aşama fiber boyu.

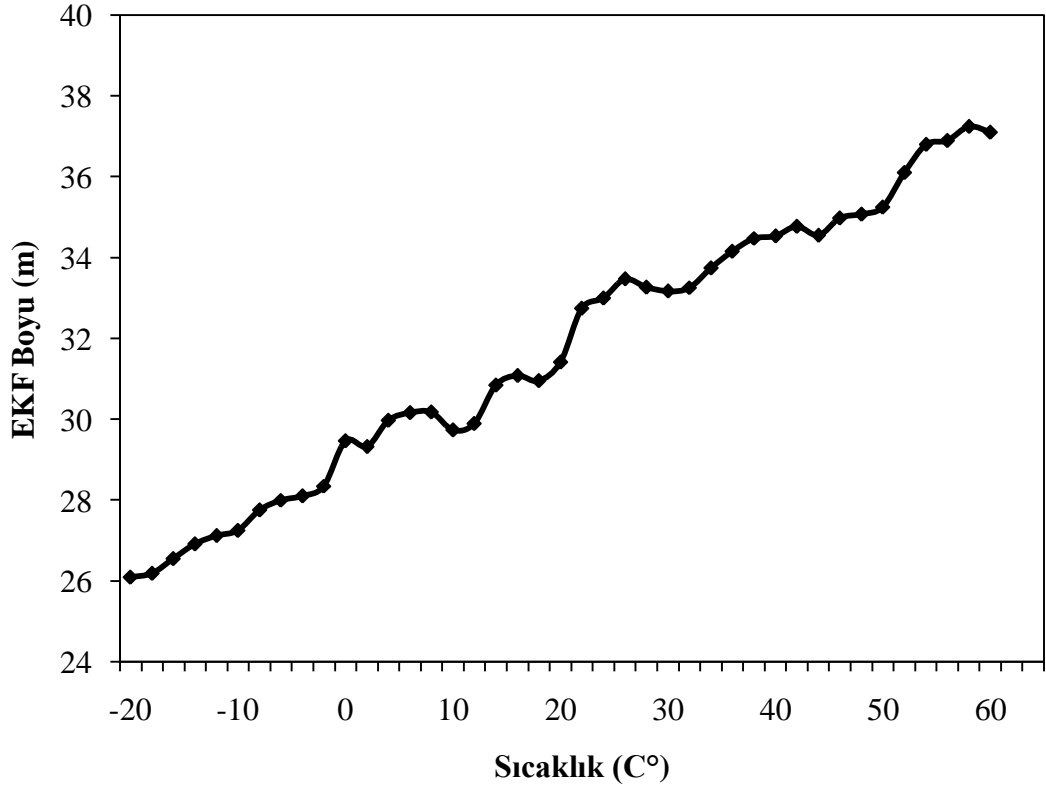


Şekil 4.14. Mutasyonun karşılıklı değişim kullanarak ikinci aşama fiber boyu.



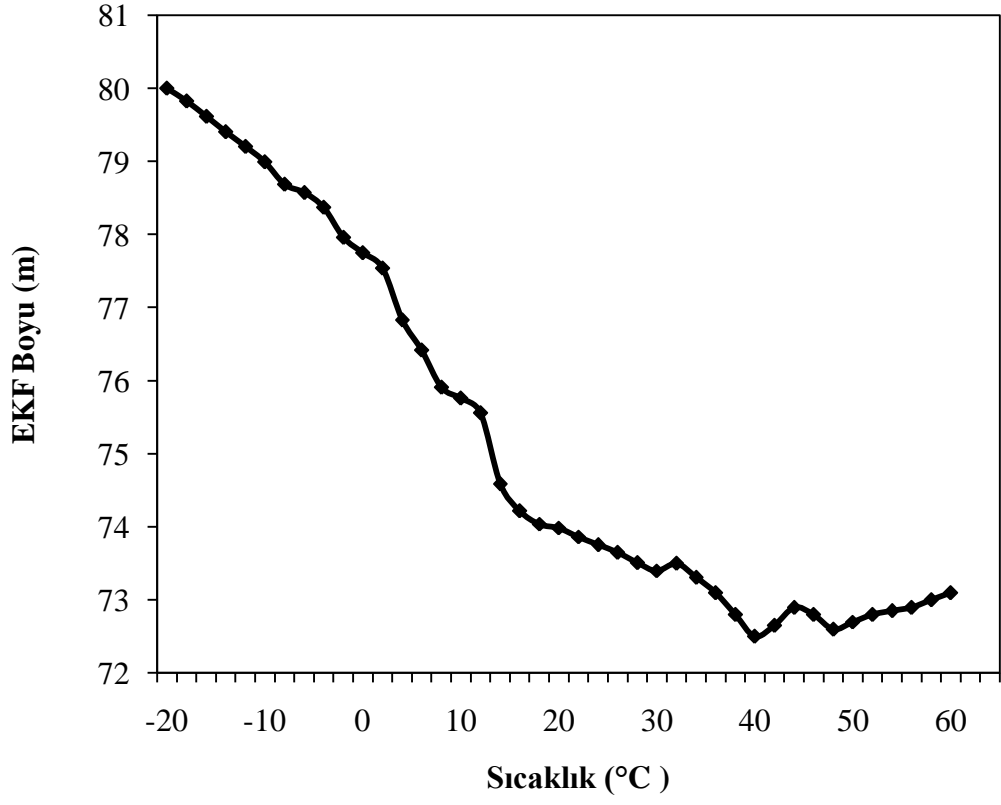
Şekil 4.15. Üniform çaprazlama yönteminin ara yüzü.

Şekil 4.15’de ise üniform çaprazlama yönteminin arayüzü görülmektedir. Bu ara yüzde $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ arası sıcaklıkta ve mutasyonun bit çevirme yöntemi kullanıldığında elde edilen fiber boyları Şekil 4.16 ve Şekil 4.17’de görülmektedir.



Şekil 4.16. En uygun birinci aşama fiber boyu.

Fiber boyu $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 25,3 m'den başlamakta ve sıcaklıkla doğru orantılı olarak artarak 36 m'ye yakın bir boyda durmaktadır. Bu çalışmada teorik olarak yapılan birinci aşama fiber boyuna en yakın değerleri vermektedir.

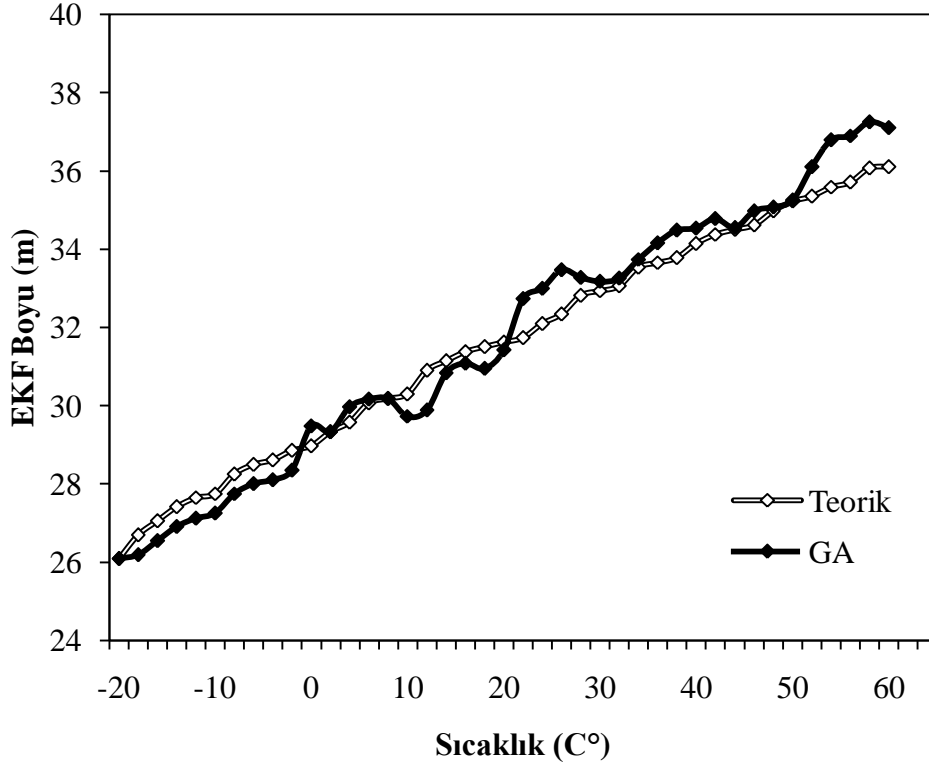


Şekil 4.17. En uygun ikinci aşama fiber boyu.

Birinci aşama fiber boyunda -20 °C sıcaklıkta, 70m boyda başlayıp 73m'nin üstünde durmaktadır.

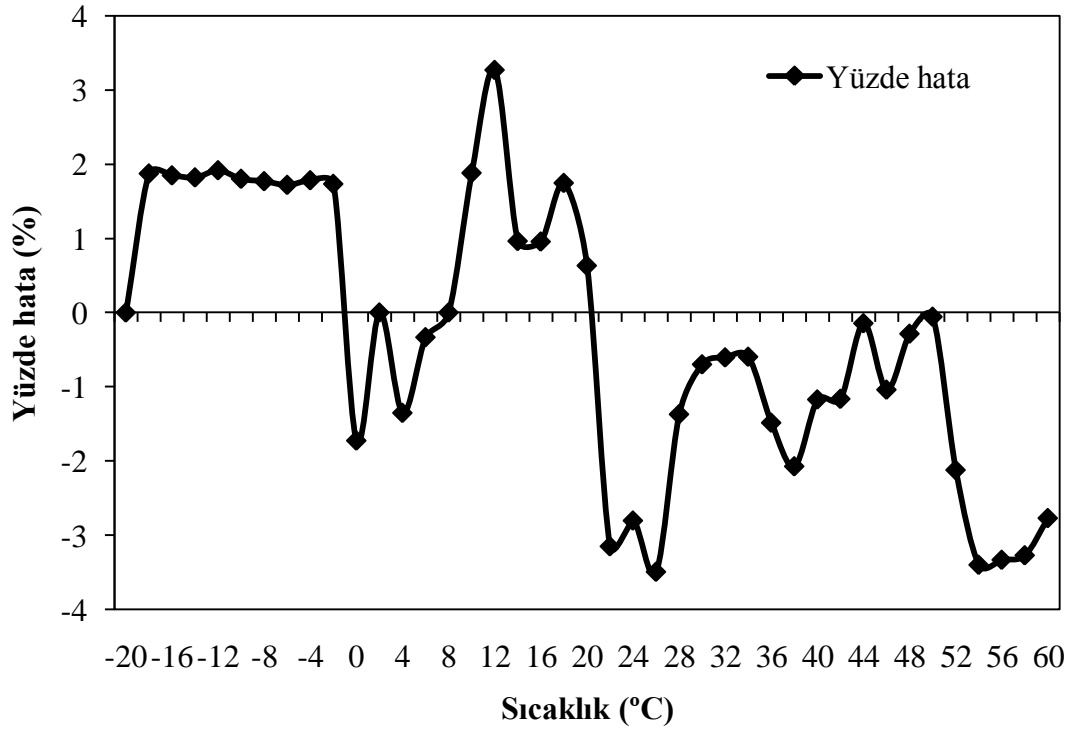
5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Daha önce yapılan teorik çalışma ile bulunan tek ve ikinci aşama fiber boyları -20°C ile 60°C derece arasındaki sıcaklık değerleri için GA ile optimize edilerek erbiyum katkılı fiber boyları bulunmuştur ve sırasıyla Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de görülmektedir.



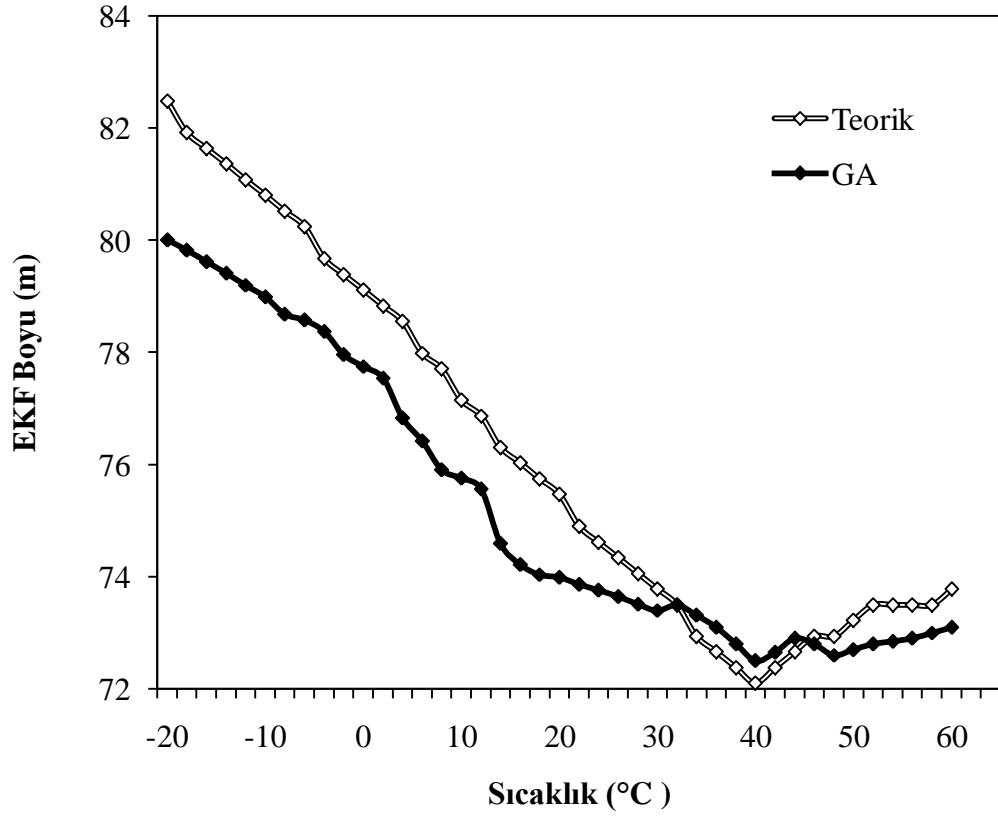
Şekil 5.1. Birinci aşama fiber boyları.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi teorik ve GA ile optimize edilen erbiyum katkılı fiber boyu 26 m'den başlamakta ve çok küçük farklılıklar göstermektedir. Sıcaklık arttıkça fiber boyunun da arttığı görülmektedir. İlk aşama fiber boyu 26 m-37 m arasında değişmektedir.



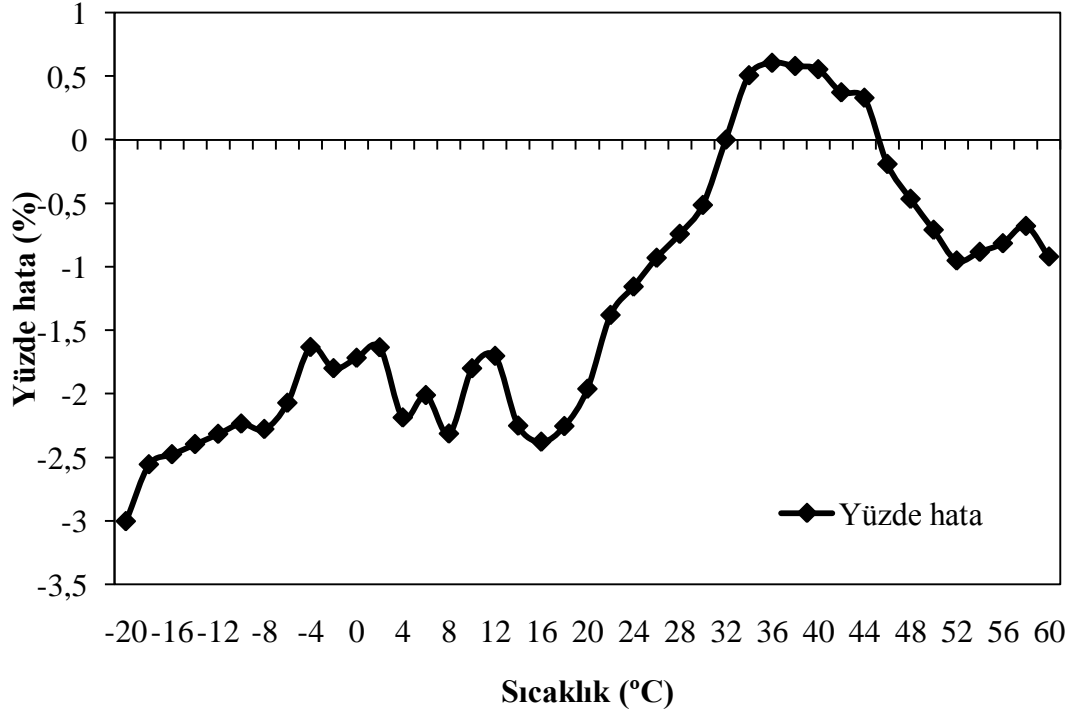
Şekil 5.2. Birinci aşama fiber boyu için yüzde hata oranı.

Birinci aşama fiber boyu için teorik ve GA ile optimize edilen boy değerlerinin yüzde olarak hata değişimi sıcaklığa bağlı olarak çizilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere bu değer 0 ile %3,5 arasında değişmektedir.



Şekil 5.3. İkinci aşama fiber boyları.

Şekil 5.3'te görüldüğü gibi teorik ve GA ile optimize edilen erbiyum katkılı fiber boyu uyumlu bir şekilde değişmektedir. 40 °C'ye kadar sıcaklık arttıkça ikinci aşama fiber boyu düşmekte, fakat bu sıcaklık değerinden sonra sıcaklıkla doğru orantılı olarak biraz yükselmektedir.



Şekil 5.4. İkinci aşama fiber boyu için yüzde hata oranı.

İkinci aşama fiber boyu için teorik ve GA ile optimize edilen boy değerlerinin yüzde hata oranı 0 ile %3 arasında değişmektedir. Böylece %79 bir başarı elde edildi.

Bu tez çalışmasında L band EKFY'nin sıcaklığa bağımlı boyu GA ile optimize edilmiştir. GA kullanılarak farklı çalışma bandlarındaki EKFY'lerin çeşitli parametreleri optimize edilebilir. C band ve S band yanında, pompa dalga boyu, birinci aşama, ikinci aşama veya daha fazla aşamalı fiber boyları, kazanç düzleştirici filtreler GA kullanılarak optimize edilebilir.

KAYNAKKLAR

1. Connelly, M. J., "Semiconductor Optical Amplifiers", *Kluwer Academic Publishers*, Boston, 4-9 (2002).
2. Yücel, M., "Kazancı düzleştirilmiş geniş bantlı fiber yükselteçlerin tasarımı", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-63 (2008).
3. Mears, R.J., Reekie, L., Jauncey, I.M., Payne, D.N., "Low-noise erbium-doped fibre amplifier operating at 1.54 μm ", *Electronics Lett.*, 23(19):1026- 1028 (1987).
4. Singh, R., Sunanda, Sharma, E. K., "Gain flattening by long period gratings in erbium doped fibers", *Optics Comm.*, 240:123-132 (2004).
5. Sohn, I.-B., Song, J.-W., "Gain flattened and improved double-pass two-stage EDFA using microbending long-period fiber gratings", *Optics Comm.* 236:141-144 (2004).
6. Dung, S., J.C. Chi, Wen, S., "Gain flattening of erbium-doped fibre amplifier using fibre bragg gratings", *Electronics Lett.*, 34(6):555-556 (1998).
7. Choi, H.B., Oh, J.M., Lee, D., Ahn, S.J., Park, B.S, Lee, S.B., "Simple and efficient L-band erbium-doped fiber amplifiers for WDM networks", *Optics Comm.*, 213:63-66 (2002).
8. Mahdi, M. A., Sheih, S. J., "Gain-flattened extended L-band EDFA with 43 nm bandwidth suitable for high signal powers", *Optics Comm.*, 234:229-233 (2004).
9. Mizuno, K., Nishi, Y., Mimura, Y., Lida, Y., Matsuura, H., Yoon, D., Aso, O., Yamamoto, T., Toratani, T., Ono, Y., Yo, A., "Development of etalon-type gain-flattening filter", *Furukawa Review*, 19:53-58 (2000).
10. Riziotis C., Vasilakos A. V., "Computational intelligence in photonics technology and optical networks", *Information Sciences*, 177: 5292–5315 (2007).
11. Liu X., Lee B., "Optimal design for ultra-broad-band amplifier", *Journal Of Lightwave Technology*, 21(12): 3446-3455 (2003).

12. Prudenzano, F., Mescia, L., Orazio, A., " Optimization and characterization of rare-earth-doped photonic-crystal-fiber amplifier using genetic algorithm", *Journal Of Lightwave Technology*, 25 (8): 2135-2142 (2007).
13. Cheng, C., Xiao, M., "Optimization of an erbium-doped fiber amplifier with radial effects", *Optics Communications*, 254: 215–222(2005).
14. Zhang, P., Chen, X. W., Guan Z., He S., Tam H., Chung W., "Optimization of step-changed long-period gratings for gain-flattening of EDFAs", *IEEE Photonics Technology Letters*, 17n(1): 121-123 (2005).
15. Kim, H., Bae, J., Chun, J., "Synthesis method based on genetic algorithm for designing EDFA gain flattening LPFGs having phase-shifted effect", *Optical Fiber Technology*, 15: 320–323(2009).
16. Paul, J., Shah, S., "A case step study for reducing water peak in optical fiber", *Sterlite Optical Technologies Ltd. White Papers*, 1-4 (2006).
17. Yücel, M., "Erbiyum katkılı fiber yükselteç analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-35 (2003).
18. Ellrich, F., Zengerle, R., "Broadband Optical Fiber Amplifiers", *Symposium on Opto- & Microelectronic Devices and Circuits*, Stuttgart, 213-217 (2002).
19. Yamada, M., Shimizu, M., "Ultra-wideband amplification technologies for optical fiber amplifiers", *NTT Technical Review*, 1(3):80-84 (2003).
20. Yamada, M., Shimizu, M., Horiguchi, M., Okayasu, M., "Temperature dependence of signal gain Er³⁺ doped fiber amplifiers", *IEEE Journal of Quantum Electronics*, 28(3):640-649 (1992).
21. Kemtchou, J., Duhamel, M., Lecoy, P., "Gain temperature dependence of erbium-doped silica and fluoride fiber amplifiers in multichannel wavelength-multiplexed transmission systems", *IEEE Journal of Lightwave Technol.*, 15(11):2083-2090 (1997).
22. Bolshtyansky, M., Wysocki, P., Conti, N., "Model of temperature dependence for gain shape of erbium-doped fiber amplifier", *IEEE Journal of Lightwave Technol.*, 18(11):1533-1540 (2000).
23. Yücel, M., Goktas, H.H., Celebi, F. V., "Temperature independent length optimization of L-band EDFAs providing flat gain" , *Optik* , 122(10): 872-876 (2011).
24. Desurvire, E., "Erbium-Doped Fiber Amplifiers Principles and Applications", *John Wiley*, New York, 5-25 (1994).

25. McCumber, D.E., "Theory of phonon-terminated optical masers", *Phys Rev.*, 134: A299-A305 (1964).
26. Kagi, N., Oyobe, A., Nakamura, K., "Temperature dependence of the gain in erbium doped fibers", *IEEE Journal of Lightwave Technol.*, 9(2):261-265 (1991).
27. Aozasa, S., Sakamoto, T., Ono, H., Mori, A., Yamada, M., "Wideband rare- earth-doped fiber amplification technologies – O and S band amplification technologies", *NTT Technical Review*, 2(12):44-50 (2004).
28. Lin, M. C., Chi, S., "The gain and optimal length in the erbium-doped fiber amplifiers with 1480 nm pumping", *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 4(4):354-356 (1992).
29. Kogelnick, H., Yariv, A., "Considerations of noise and schemes for its reduction in laser amplifiers", *Proceedings of The IEEE*, 52(2):165-172 (1964).
30. Herrera, F., Lozano, M.,Verdegay, J. L., " Genetic algorithms and fuzzy logic in control processes" , *Technical Report DECSAI 95109, Universidad de Granada, İspanya*, 15-14 (1995).
31. Dawood, M. N., "Brain tumors segmentation based on genetic algorithms", Master's Thesis,*University of Mosul The Council of the College of Computers and Mathematics Sciences*, Mosul, 23-24(2007).
32. Avci, S., Akturk, M. S., Storer R. H.," A problem space algorithm for single machine weighted tardiness problem ", *IIE Transactions* 33: 479-486 (2003).
33. Choong, C. K., Hsieh, L. Wang, C., " A genetic algorithm for minimum tetrahedralization of convex poly hedron", *CCCG, Halifax*, Nova Scotia, 11-13 (2003).
34. Daoud, M. N., "Koşut genetik algoritmalar", *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği*, Seminer, Ankara,9-12(2010).
35. Holland, H.J., "Adaptation İn Natural And Artificial Systems", *University of Michigan Press*, Ann Arbor, 30 (1975).
36. Özdemir, G., "Kısıtlı kaynaklarla proje çizelgelenmesi problemlerinde kullanılan genetik algoritma metodları ve bunların karşılaştırılması",

- Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı*, Ankara, 70-77 (2006).
37. Parlak, M., “Genetik algoritmaların hesapsal ve yapısal olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Samsun, 2-3 (2009).
38. Kai, S., Lim, A., Rodrigues, B., " Sexual selection for genetic algorithm ", *Artificial Intelligence Review* 19: 123-152 (2003).
39. Akyol, A.P., “Doğrusal olmayan ekonometrik modellerin genetik algoritma yaklaşımı ile parametre tahmini”, *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 7-8 (2006).
40. İnternet: Ufuk OKUYUCU, “Genetik Algoritmalar”, <http://www.bilmuh.gyte.edu.tr/BIL523/presentations/ufuk/GenetikAlgoritmalarRapor.doc> (2008).
41. Mera, N., Elliott L., Ingham D.B., “ A multi_ population genetic algorithm approach for solving I11 posed problem”, *Computational Mechanics*, 33(4): 254-263 (2004).
42. Küçüksille, E., “Veri madenciliği süreci kullanılarak portföy performansının değerlendirilmesi ve İMKB hisse senetleri piyasasında bir uygulama”, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, İşletme Anabilim Dalı*, Isparta, 49-50 (2009).
43. Pereira, R., “Genetic algorithm optimisation for finance and investments”, *University School of Business Discussion Papers*, 4-5 (2000).
44. Genel, H., “Genetik algoritmalarla portföy optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı*, Ankara, 27-28 (2004).
45. Vuran, N., “Radio direction finding baseline selection via genetic algorithms”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, 43-45(2007).
46. Haput, R. L., Haput S. E., “Practical Genetic Algorithms”, *Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada*, 36-38 (2004).
47. İşçi, Ö., Konukoğlu, S., “Genetik algoritma yaklaşımı ve yöneylem araştırmasında bir uygulama” , *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 10 (2): 195 (2003).

48. Er, H., Koray, M., Çetin, E. İ., “Finansta evrimsel yaklaşımlar: genetik algoritma uygulamaları”, *Akdeniz İBF Dergisi*, 5 (10) : 76 (2005).
49. Alkanoğlu, U., “Genetik algoritmalarla kısa dönem optimum ünite tahsisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı*, Kocaeli, 33-34 (2007).
50. Bolat, B., Erol, O.K., İmrak, C.E., “Mühendislik uygulamalarında genetik algoritmalar ve operatörlerin işlevleri”, *Sigma Dergisi*, 4: 264-271 (2004).
51. Tayal, Manish C., yan F., Urmila, M., ” Optimal design of heat exchangers a genetic algorithm framework”, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 30: 456-467 (1999).
52. Biroğul, S., “Genetik algoritma yaklaşımıyla atölye çizelgeleme”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 29 (2005).
53. Mitchell, M., Forest, S., “Genetic algorithms and artificial life”, *Reprinted in C. G. Langton (Ed.) Artificial Life: an Overview, MIT Press*, 1(3) : 267-289 (1994).
54. Gonzales, E. L., Fernandez, M.A.R.,”Genetic optimisation of a fuzzy distribution model”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 30 (7/8): 681-696 (2000).
55. İnternet : Kastal A., Köse A., O., ”Yapay Zekâ Uzman Sistemler” <http://inet-tr.org.tr/inetconf14/bildiri/74.pdf> (2011).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler:

Soyadı, Adı : Mustafa, Damt Adnan Mustafa

Uyruğu : Irak

Doğum Tarihi ve Yeri: 1982- Kerkük

Medeni hali : Evli

e-mail : bayrakdardemet@hotmail.co.uk.

Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi | Mezuniyet Tarihi |
|-----------------|--|------------------|
| Lisans | Kerkük Üni., Bilgisayar Bilimleri Bölümü | 2003-2007 |
| İki Yıllık Okul | Bilgisayar Sistemleri | 2001-2003 |
| Lise | El-Huda Lisesi/Kerkük | 2001 |

Dil Bilgileri

Arapça-İngilizce-Türkçe

Hobiler

Kitap okumak, araştırmak, yabancı ülkeleri gezmek, her konuda bilgi edinmek