

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**KARASAL, HAVA VE UZAY TABANLI HABERLEŞME SİSTEMLERİ
ARASINDAKİ GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cihan AYDIN

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**KARASAL, HAVA VE UZAY TABANLI HABERLEŞME SİSTEMLERİ
ARASINDAKİ GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Cihan AYDIN
(705101001)**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Tayfun GÜNEL

MAYIS 2014

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 705101001 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Cihan AYDIN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**KARASAL, HAVA VE UZAY TABANLI HABERLEŞME SİSTEMLERİ ARASINDAKİ GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. M. Tayfun GÜNEL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İbrahim ALTUNBAŞ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ender Mete EKŞİOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **05 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2014**



ÖNSÖZ

Bu çalışmamı yaparken yardımlarını esirgemeyen, her aşamada yönlendiren ve destekleyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. M. Tayfun GÜNEL'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşamım boyunca desteklerini esirgemeyen ve her zaman arkamda olan aileme teşekkür ederim.

Her zaman olduğu gibi bu çalışma sırasında da karşılıksız yardımlarını esirgemeyen ve hep yanımda olan Işıl ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

Tezin oluşum aşamasında bana sabır gösteren ve motivasyonumu arttıran arkadaşım Mehmet Alper USLU'ya teşekkür ederim.

Mayıs 2014

Cihan Aydın
(Elektronik ve Haberleşme Müh.)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	3
2. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU VE SÜREKLİ GENETİK ALGORİTMA	7
2.1 Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)	7
2.1.1 Parçacık sürü optimizasyonu genel işlem süreci	8
2.1.2 Parçacık sürü optimizasyonunun başlıca avantajları ve dezavantajları ...	12
2.2 Sürekli Genetik Algoritma (SGA).....	13
2.2.1 Sürekli genetik algoritmanın genel işlemsel süreci	14
2.2.1.1 Amaç fonksiyonu ve değişkenler	15
2.2.1.2 Başlangıç popülasyonu.....	15
2.2.1.3 Doğan seleksiyon	16
2.2.1.4 Eş seçimi	16
2.2.1.5 Çaprazlama.....	17
2.2.1.6 Mutasyon	18
2.2.2 Genetik algoritmanın başlıca avantajları ve dezavantajları	19
2.3 PSO ve SGA Karşılaştırması.....	19
3. GİRİŞİM SENARYOLARI VE MATLAB İLE GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU	23
3.1 Uydu Yer İstasyonu ve Karasal Radyo Yayın Servisleri Arasındaki Girişim .	23
3.1.1 Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile minimizasyonu	29
3.1.2 Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu	31
3.2 Yüksek İrtifa Platformları (HAPs) ile Hücresel Sistemler Arasındaki Girişim	33
3.2.1 Yüksek irtifa platformları (HAPs) ve hücresel sistem arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu	39
3.2.2 Yüksek irtifa platformları (HAPs) ve hücresel sistem arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu	41
3.3 HAPS Kullanıcı Terminalleri (HUTs) ve Uydu Alıcısı Arasındaki Girişim ...	43
3.3.1 HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu	49

3.3.2 HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu	51
3.4 Uçak Kabin İçi Ağ ile Karasal Hücresel Ağ Arasındaki Girişim.....	52
3.4.1 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişim senaryoları..	53
3.4.1.1 Yer baz istasyonunun (G-BTS) uçaktaki mobil istasyona (AC-MS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 1)	57
3.4.1.2 Uçaktaki mobil istasyonun (AC-MS) yer baz istasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 2)	58
3.4.1.3 Uçaktaki baz istasyonunun (AC-BTS) yerdeki mobil istasyona (G-MS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 3)	60
3.4.1.4 Uçaktaki mobil istasyonun (AC-MS) yer baz istasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 4)	61
3.4.2 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu	62
3.4.3 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu	64
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ.....	77

KISALTMALAR

AC-BTS	: Aircraft Base Transceiver Station - Uçaktaki Temel Alıcı Verici İstasyonu
AC-MS	: Aircraft Mobile Station - Uçaktaki Mobil İstasyon
BGA	: Binary Genetic Algorithm - İkilik Genetik Algoritma
CDMA	: Code Division Multiple Access - Kod Bölmeli Çoklu Erişim
CGA	: Continuous Genetic Algorithm - Sürekli Genetik Algoritma
CICIR	: International Radio Consultative Committee - Uluslararası Radyo Danışma Kurulu
FCC	: Federal Communications Commission - Federal İletişim Komisyonu
FSS	: Fix Satellite Service – Sabit Uydu Servisi
GA	: Genetik Algoritma
GEO	: Orbit- Yer Durağan Yörünge
G-MS	: Ground Mobile Station – Yerdeki Mobil İstasyon
G-BTS	: Ground Base Transceiver Station - Yerdeki Temel Alıcı Verici İstasyonu
HAPS	: High Altitude Platform Station- Yüksek İrtifa Platform İstasyonu
HAPs	: High Altitude Platforms- Yüksek İrtifa Platformları
HUT	: HAPS User Terminal- HAPS Kullanıcı Terminali
IBS	: International Business Service - Uluslararası Kurumsal Servis
IMT	: International Mobile Telecommunications - Uluslararası Mobil Telekomünikasyon
İGA	: İkilik Genetik Algoritma
ITU	: International Telecommunications Union - Uluslararası Telekomünikasyon Birliği
ITU-R	: ITU Recommendation - Uluslararası Telekomünikasyon Birliğinin Tavsiyesi
PDA	: Personal Digital Assistant - Kişisel Sayısal Yardımcı
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
RAC	: Rural Area Coverage - Kırsal Kapsama Alanı
Rec	: Recommendation - Tavsiye
SAC	: Suburban Area Coverage - Banliyö Kapsama Alanı
SGA	: Sürekli Genetik Algoritma
UAC	: Urban Area Coverage - Kentsel Kapsama Alanı
UYİ	: Uydu Yer İstasyonu
WARC	: World Administrative Radio Conference - Dünya İdari Radyo Konferansı
WCDMA	: Wideband Code Division Multiple Access – Geniş Bant Kod Bölmeli Çoklu Erişim
WRC	: World Radiocommunication Conference – Dünya Radyokomünikasyon Konferansı
VSAT	: Very Small Aperture Terminal - Çok Küçük Açıklıklı Yer Terminali

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : PSO ve SGA karşılaştırması.	20
Çizelge 3.1 : PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri	27
Çizelge 3.2 : PSO ve SGA uygulamalarındaki değişken olmayan parametreler ve kabul edilen değerleri.....	29
Çizelge 3.3 : Uygulama-3.1.1.'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar	30
Çizelge 3.4 : Uygulama-3.1.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar	32
Çizelge 3.5 : IMT-2000 servisinde HAPs'ın kullanabileceği WARC-92 frekans bantları	33
Çizelge 3.6 : IMT-2000 Hücresel sistemlere ait anten kazancı ve taşıyıcı-girişim oranı	37
Çizelge 3.7 : PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri	38
Çizelge 3.8 : PSO ve SGA uygulamalarındaki değişken olmayan parametreler ve kabul edilen değerleri.....	39
Çizelge 3.9 : Uygulama-3.2.1'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar	40
Çizelge 3.10 : Uygulama-3.2.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.....	42
Çizelge 3.11 : HAPS kapsama alanları (ITU,2000a).....	43
Çizelge 3.12 : HAPS verici parametreleri	46
Çizelge 3.13 : Sabit değerler.....	48
Çizelge 3.14 : PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri.....	48
Çizelge 3.15 : Uygulama-3.3.1'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.....	50
Çizelge 3.16 : Uygulama-3.3.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.....	51
Çizelge 3.17 : Uçak gövdesinin neden olduğu atenuasyon	55
Çizelge 3.18 : Girişim formülünde kullanılacak olan parametrelere ait değerler.....	55
Çizelge 3.19 : Senaryo 1 ve 2 için girişimi önlemek adına ihtiyaç duyulan marjin değerleri.....	56
Çizelge 3.20 : Senaryo 3 ve 4 için irtifaya göre gürültü tabanı değerleri.....	57
Çizelge 3.21 : Uygulama-3.4.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.....	64
Çizelge 3.21 : Uygulama-3.4.3'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.....	65



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Girişim modelleri	4
Şekil 2.1 : PSO hız ve parçacık pozisyon güncellemesi	11
Şekil 2.2 : PSO akış şeması	12
Şekil 2.3 : SGA'nın akış şeması	15
Şekil 3.1 : Sabit uydu sistemleri ve karasal radyo servisleri arasındaki girişim	24
Şekil 3.2 : Sabit uydu servisi ve karasal radyo servisi arasındaki girişim hesaplama	25
Şekil 3.3 : Parçacık Sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.1.1.'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.....	30
Şekil 3.4 : Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.1.2'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri	32
Şekil 3.5 : HAPS sisteminden hücresele mobil istasyonuna olan girişim.....	34
Şekil 3.6 : HAPS sistem yükseklik ve mobil istasyonuna olan uzaklık gösterimi	38
Şekil 3.7 : Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.2.1. girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri	40
Şekil 3.8 : Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.2.2'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri	42
Şekil 3.9 : HAPS kapsama alanları.....	43
Şekil 3.10 : HAP ve GEO sistem.....	44
Şekil 3.11 : HAPS ve GEO arasındaki girişim hesaplama	45
Şekil 3.12 : Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.3.1'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri	50
Şekil 3.13 : Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.3.2'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.....	52
Şekil 3.14 : Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresele ağ arasındaki girişim senaryoları	53
Şekil 3.15 : Senaryo 1 girişim modeli	57
Şekil 3.16 : Senaryo 2 girişim modeli	59
Şekil 3.17 : Senaryo 3 girişim modeli	60
Şekil 3.18 : Senaryo 4 girişim modeli	61
Şekil 3.19 : Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.4.2'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri	64
Şekil 3.20 : Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.4.3'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.....	65
Şekil A.1 : Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması	74
Şekil A.2 : Yüksek irtifa platformu ile hücresele sistemler arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması	74

- Şekil A.3 :** HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması..... 75
- Şekil A.4 :** Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması..... 75



KARASAL, HAVA VE UZAY TABANLI HABERLEŞME SİSTEMLERİ ARASINDAKİ GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU

ÖZET

Mevcut haberleşme sistemleri ve yeni geliştirilen sistemler için, spektrumun kısıtlı bir kaynak olması nedeniyle çeşitli hizmetlere tahsis edilen frekans bandlarının ortak kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bu durum sistemler arasında band içi girişim yaşanmasına neden olmaktadır. Sağlıklı iletişimin sağlanabilmesi adına bu istenmeyen işaret iletiminin kabul edilebilir seviyede tutulması haberleşme için oldukça önemli bir problemdir. Bu nedenle girişimin azaltılması yönünde çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Teorik ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, karasal, hava ve uzay tabanlı haberleşme sistemleri arasında olası haberleşme senaryolarından bahsedilerek, girişimin minimizasyonu ele alınmıştır. Çözüm yöntemi olarak girişim problemindeki parametreler için optimum değerlerin elde edilebilmesi amacıyla *Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)* ve *Sürekli Genetik Algoritma (SGA)* yöntemleri kullanılarak eniyileme işlemi gerçekleştirilmiştir. Çok boyutlu problemleri için kesin çözüme yakın optimum çözümler sunmaları nedeniyle, bu algoritmalar ile girişimin minimizasyonu hedeflenmiştir. Öncelikle popülasyon temelli yöntemler olan PSO ve SGA ayrıntılı olarak anlatılmış, süreçleri tanıtılmış, avantajlarından ve dezavantajlarından bahsedilerek, bu iki eniyileme tekniği kıyaslanmıştır.

Literatürde yer alan, 11 GHz'de radyo-yayın istasyonunun uydu yer istasyonuna yaptığı girişim, 1885 - 1980 MHz bant aralığında yüksek irtifa platformu ile hücreli sistem arasındaki girişim, 47.9 - 48.2 GHz'de HAPS kullanıcı terminalleri ve uydu alıcısı arasındaki girişim ve 1800/2100 MHz'de yayın yapan uçak kabin içi ağ ile karasal hücreli ağ arasındaki girişim ele alınmıştır. Aynı frekans bandında yayın yapan sistemlere ait girişim denklemleri kullanılarak, algoritmaların amaç fonksiyonları oluşturulmuştur.

Tezde detaylı olarak anlatılan girişim senaryoları ve optimizasyon için tercih edilen sezgisel algoritmalar kullanılarak kullanıcı arayüzüne sahip *MATLAB* tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, istenilen değerlere yakınsayarak, optimizasyon yöntemleri ile eniyilemenin gerçekleştirilerek sistemler arasındaki girişimin minimize edilebildiğini göstermiştir.



MINIMIZATION OF THE INTERFERENCE BETWEEN TERRESTRIAL, AIR AND SPACE BASED COMMUNICATION SYSTEMS

SUMMARY

The radio-frequency spectrum is a scarce resource and the requests from both existing and new technologies are increasing for access to spectrum. Therefore, it is often necessary to share the frequency band for efficient utilization to limited radio spectrum. Each transmitter has an influence on each receiver, ultimately interference become the serious issue for aeronautical, terrestrial and satellite communication systems that operate in the same frequency band.

As a result of the sharing of frequency bands due to the limited spectrum, undesirable interference power inevitably arises. For the operation of any radio system, interference is an important problem that must be solved; the level of the unwanted or interfering signals must be taken into account and must be kept very low levels. Hence interference mitigation approaches are extremely required to enable frequency sharing. Communication systems must overcome this problem to maintain communication successfully. Therefore, a variety of approaches such as optimization methods have been applied for reducing the interference signal power. First of all the main principles of the selected optimization methods are presented in this study.

By inspiring from the events in nature, many optimization techniques named as heuristic methods have been developed. In this thesis, Particle Swarm Optimization(PSO) which is based on swarm intelligence and Continuous Genetic Algorithm(CGA) which is based on the principles of genetics have been described in detail and used for minimization of interference.

Particle Swarm Optimization comes from the research on the behavior of the bird movements. Here the approach of the swarm is likened to seek a solution to a problem. This method is preferred for multi-parameter and multi-variable optimization problems. Basically, the algorithm consists of three steps. In the first step positions and velocities of the particles are defined, in the next step velocities of the particles are updated with respect to the most optimum position and in the last step new locations of the particles are reached. The position of each particle is changed according to its fitness (pbest) and the position relative to the other particles (gbest).

Like the PSO, CGA consists of a population of solutions, here referred to as individuals rather than particles. Genetic Algorithm is a stochastic optimization method which is based on the theory of natural selection. In this technique, via using of the principles of genetics which are the crossover, mutation and selection, optimization continues to generate new individuals from existing individuals. Genetic Algorithm has two main variants such as binary GA (BGA) and continuous GA (CGA). In general the objective function is better represented and better results are achieved by CGA; therefore, Continuous Genetic Algorithm in this study is used to solve the interference mitigation problems.

As mentioned in this thesis, PSO and SGA illustrate the similarities and differences in variety of approaches. PSO in some ways resembles SGA. Both are population-based and create new solutions from existing solutions. Like SGA, PSO includes random components to avoid local minima. However, the algorithms differ in the approaches to sharing information to create and improve new solutions. SGA uses the selection, crossover, and mutation operators. The number and type of operators used are different. Compared to SGA, PSO is more advantageous on many points including its simplicity and easy implementation. PSO is easier to adapt, requires fewer parameters and converge faster to global optimum results.

After brief information on the optimization methods, in-band interference which occur due to the fact that frequency sharing between different systems is examined and interference has been minimized. Therefore, two optimization techniques are used and adopted into interference scenarios occurred between terrestrial, satellite and aeronautical systems.

First interference model is between fixed-satellite and terrestrial Radio Relay Services on 11 GHz. Satellite communication systems with very small aperture terminal (VSAT) earth-stations are operated in 6/4 – 14/11, 12 GHz. However, as mentioned previously, due to the need for effective usage of the available frequency spectrum, for example, 14/11 GHz has been allocated to both satellite and terrestrial communications services, which naturally results in problem associated with interference.

The second scenario is that interference effect into cellular system from high altitude platform station (HAPS) which is used as a base station to provide IMT-2000 service. As envisaged, one of the most important issues on the sharing problems between these systems is interference minimization because of the fact that HAPS system should not cause harmful interference to the cellular IMT-2000 system.

Moreover, the interference from the HUTs to the geostationary earth orbit (GEO) satellite receiver is presented. As HAPS utilizes the frequency bands previously allocated for conventional systems, both systems share the frequency band, from 47.9 GHz to 48.2 GHz. Mitigation of the interference level is performed via PSO and CGA.

The last scenario is the interference between aircraft in-cabin and terrestrial cellular systems. Four different cases are examined. In case 1 the interference caused by the ground base transceiver station to the aircraft mobile station are studied in case of a UMTS network. In case 2 one on-board mobile terminal interferes or communicates with the terrestrial base station is examined. In case 3 the potential interference from the aircraft base transceiver station to the ground mobile station is examined. Finally, case 4 examines that one on-board mobile station interferes with the ground base station due to the fact that its emission could have impact on the terrestrial uplink.

Interference scenarios between the systems shared the same frequency band have been referred in each section and interference formulas in cost functions of the optimization algorithms are evaluated. Then, PSO and CGA are applied.

In this study, optimization methods used are used to minimize the interference between aeronautical, terrestrial and satellite systems that operate in the same frequency band. For this purpose, convergence to the desired value of the unwanted received signal is obtained via MATLAB based software for the chosen interference scenarios from literature. The results presented in this thesis show that optimal values

of the parameters in the interference calculations are able to be obtained by using PSO and CGA. Findings demonstrate the applicability of PSO and CGA to the minimization of interference problems.

In continuation of this study, different interference scenarios can be examined and both of the PSO and CGA can be used. Other optimization methods can also be investigated. Finally performance of the methods can be compared.





1. GİRİŞ

Günümüzde istatistik, müzik, makine, elektronik, sosyal bilimler gibi oldukça geniş alanda karşılaşılan problemlerin çözülmesi için eniyilemenin gerçekleştirilmesi amacıyla, bir çok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Doğadaki olaylardan esinlenilerek ortaya çıkarılmış optimizasyon algoritmaları, sezgisel yöntemler olarak adlandırılmıştır. Bunlardan sürü zekasına dayanan popülasyon tabanlı Parçacık Sürü Optimizasyonu ve genetik biliminin ilkelerinden yararlanılarak oluşturulmuş Sürekli Genetik Algoritma eniyileme yöntemi olarak seçilerek, bu çalışmada karasal, hava ve uzay tabanlı haberleşme sistemleri arasındaki girişimin minimizasyonu için kullanılmıştır.

Bu bölümde tezin amacı ve kapsamı paylaşılmış, ayrıca yapılan literatür incelemesinden bahsedilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Haberleşme sistemleri için girişim oldukça önemli bir problemdir. Kısıtlı spektrum nedeniyle frekans bandının paylaşımı neticesinde kaçınılmaz olarak arzu edilmeyen parazit güç ortaya çıkmaktadır. Sistemlerin bu problemi aşarak, haberleşmeyi başarılı olarak sürdürebilmesi için girişimin oldukça düşük seviyelerde tutulması gerekmektedir.

Sunulan bu çalışmada, aynı frekans bandında yayın yapan hava, kara ve uydu haberleşme sistemlerinin birbirlerine yapmış olduğu girişimin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 11 GHz'de radyo-yayın istasyonunun uydu yer istasyonuna yaptığı girişim, 1885-1980 MHz bant aralığında yüksek irtifa platformu ile hücresel sistem arasındaki girişim, 47.9-48.2 GHz'de yüksek irtifa platform istasyonu(HAPS) kullanıcı terminalleri ve uydu alıcısı arasındaki girişim ve 1800/2100 MHz'de yayın yapan uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişim ele alınmıştır.

Girişim formülündeki parametrelerin sahip olacağı mümkün olan optimum değerlere algoritmalar kullanılarak ulaşılmaya çalışılmıştır. Seçilen optimizasyon yöntemleri ile başarılı sonuçların elde edilebilirliğinin, uygulamalar neticesinde gösterilmesi hedeflenmiştir.

İlk olarak 1963 yılında, Geneva’da ITU tarafından frekans spektrumu mevcut servislere tahsis edilmiştir (Robinson, 1999). Daha sonra sınırlı bir kaynak olan spektrumun kapasitesinin arttırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle düzenli olarak WARC ve RARC konferanslarında gerekli güncellemeler yapılmıştır ve doğan ihtiyaç neticesinde mevcut frekans bandları başka servislere de tahsil edilmiştir. Spektrumun daha verimli olarak kullanılmasına olanak sağlayan bu frekans paylaşımı, sistemler arasında girişimin yaşanmasına neden olmuştur. Sonuç olarak karşılaşılan sistemler arasındaki istenmeyen sinyal iletimini minimize etmek ve sistemlere özel olarak kabul edilebilen sınırlarda tutmak için, bir çok çalışma gerçekleştirilmiş ve çeşitli yöntemler uygulanmıştır. Optimizasyon yöntemleri de parazit sinyal gücünün azaltılması yönünde en uygun şartlara erişilmesi amacıyla kullanılan yöntemler arasındadır.

Bu çalışmada, literatürde bilinen yöntemlerle hesaplanan girişim formüllerinde yer alan değişkenlerin, minimizasyonunu gerçekleştirebilmek adına, ideal değerlere yakınsaması için PSO ve SGA yöntemleri tercih edilmiştir. Detaylı incelemenin ardından algoritmalar kullanılarak yapılan hesaplamalarla girişim için eniyilemenin elde edilebilirliği araştırılmıştır. Algoritmaların sahip oldukları avantajlar tecrübe edilmiş ve seçilen girişim senaryolarında uygulanmıştır.

Birinci bölümde sunulan genel bir girişin ardından, ikinci bölümde tez çalışmasında eniyileme yöntemi olarak seçilen PSO ve SGA detaylı olarak tanıtılmış, operasyon süreçleri ayrıntılı olarak anlatılmış ve iki yöntem karşılaştırılmıştır.

Takip eden bölümde, öncelikle referans alınan dört ana makale kaynak olarak kullanılarak hava, kara ve uydu sistemleri arasında gerçekleşen girişim senaryolarından bahsedilmiş ve amaç fonksiyonlarında yer alacak olan her senaryoya ait girişim formülleri verilmiştir. İstenmeyen sinyalin minimizasyonu için değişkenlerin optimum değerlerine ulaşabilmek amacıyla PSO ve SGA yöntemleri uygulanmıştır.

Son bölümde de genel bir değerlendirmede bulunulmuştur.

1.2 Literatür Araştırması

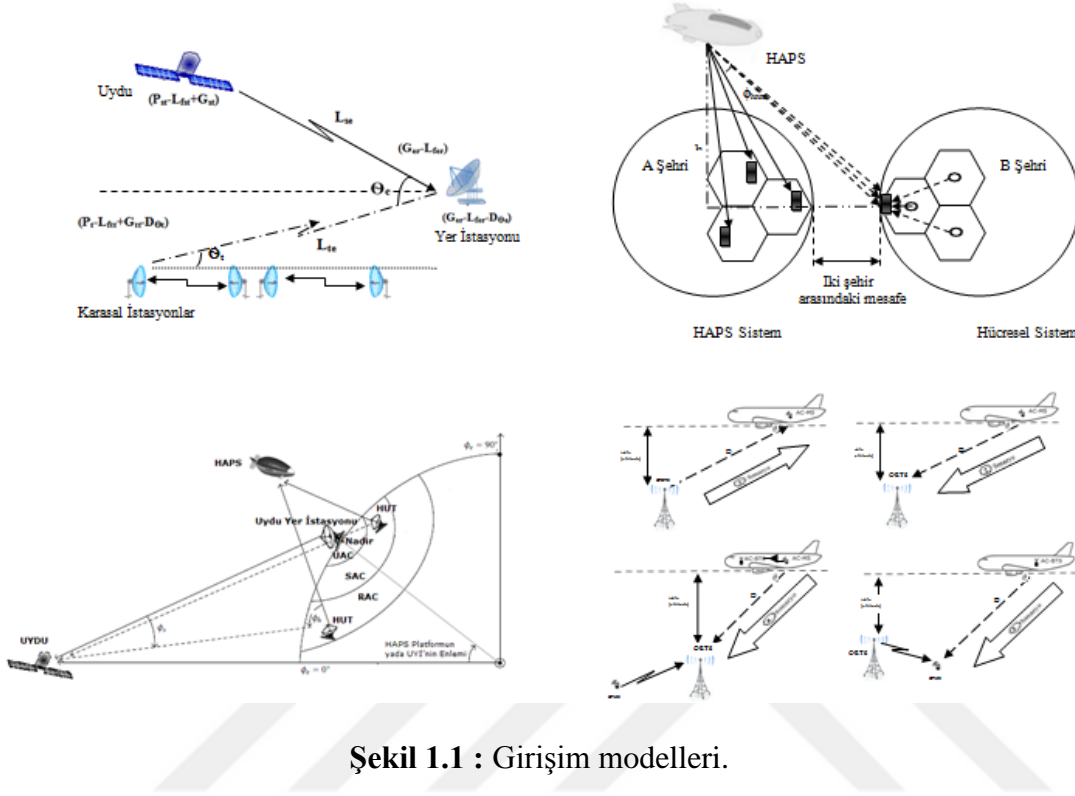
Kara, Hava ve Uydu Sistemleri arasındaki girişimin azaltılması için kullanılacak optimizasyon çözüm teknikleri ile ilgili detaylı inceleme gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar sonucu, doğadan esinlenilerek geliştirilmiş PSO ve SGA, bu çalışmada eniyileme yöntemi olarak girişimin minimizasyonunu sağlamak üzere seçilmiştir.

İlk olarak popülasyon temelli sezgisel bir optimizasyon tekniği olan PSO ele alınmıştır. Bu çözüm, 1995 yılında Russell Eberhart ve James Kennedy tarafından geliştirilmiştir. 1999 yılında yayınlanan “Application of Particle Swarm to Multiobjective Optimization” adlı makale ile çok amaçlı problemlere uygulanan Parçacık Sürü Optimizasyon tekniği, 2001 yılında H. Yoshida, K. Kawata, Y. Fukuyama, S. Takayama, ve Y. Nakanishi'nin çalışmaları ile mühendislik alanına taşınmıştır (Alagöz ve Mutlu, 2012). Bu çalışma için gerçekleştirilen Parçacık Sürü Optimizasyonu incelemesinden sonra, PSO'dan daha önce 1975 yılında John Holland tarafından geliştirilen Genetik Algoritma (GA) ele alınmıştır (Holland, 1975). Yöntem 1989'da Holland'ın öğrencisi olan David Goldberg tarafından teorik kaideleri geliştirilerek ilk olarak gaz boru hattı iletim kontrolünü içeren zor bir problemin çözümünde kullanılmıştır. Sonrasında da GA üzerine çalışmalar günümüze kadar süregelmiştir. Çok değişkenli karmaşık problemlerin çözümünde rakamların hassasiyeti önem taşıdığından gerçek rakamlarla çalışılarak GA yöntemlerinden olan Sürekli Genetik Algoritma (SGA) ele alınmıştır. Bu çalışmada, Haupt tarafından kaleme alınan ve 2004 yılında yayınlanan Practical Genetic Algorithms kitabı ana kaynak alınarak SGA'nın tüm operasyonları uygulanmıştır.

Kullanılacak eniyileme yöntemlerinin incelenmesinin ardından kara, hava ve uydu sistemlerinin birbirlerine yapmış olduğu girişim üzerine literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Girişim nedeni olan frekans bandının ortak kullanımı nedeniyle öncelikle frekans spektrumu üzerine inceleme yapılmıştır. Uygulamanın gerçekleştirileceği girişim senaryoları için literatür çalışması yapılarak dört ana makale konu edinmiştir. Elde edilen bilgiler neticesinde de, Şekil 1.1'de paylaşılan modeller gerçekleştirilmiş ve girişimin minimizasyonu için algoritmalar uygulanmıştır.

İlk olarak, Uydu Yer İstasyonu ve Karasal Radyo Yayın Servisleri Arasındaki Girişim ile ilgili bölümde, Hatsudave ve Motozumi'nin ortak çalışması olan “Interference Experiments Between Fixed-Satellite and terrestrial Radio Relay

Services” adlı makaleden yararlanılmıştır. Teorik ve deneysel çalışmaların paylaşıldığı bu çalışma, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems Vol. 34. 1998 yayınında yer almaktadır (Motozumi ve Hatsudave, 1998).



Yüksek İrtifa Platformları (HAPS) ve Hücresel Sistemler Arasındaki Girişim ile ilgili bölümde, J. Park, D. Oh, Y. Kim ve D. Ahn’ın ortak çalışması olan “Evaluation of interference effect into cellular system from high altitude platform station to provide IMT-2000 service” adlı 2003 IEEE yayını takip edilmiştir (Park ve diğ., 2003).

HAPS Kullanıcı Terminalleri (HUTs) ve Uydu Alıcısı Arasındaki Girişimin incelenmesinde ve optimizasyonun uygulanmasında, B. Ku, D. Ahn ve N. Kim’in ortak çalışması olan “An Evaluation of Interference Mitigation Schemes for HAPS Systems” adlı makaleden faydalanılmıştır. İlgili kaynak 2008 EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking yayınıdır (Ku ve diğ., 2008).

Son olarak, Karasal Hücresel Ağ ile Uçak Kabin İçi Ağ Arasındaki Girişim ile ilgili bölümde, IEEE Transactions on Aerospace And Electronic Systems Vol. 47, 2011 yayınında yer alan ve Nektarios Moraitis tarafından kaleme alınan “Aircraft Attenuation Measurements and Radio Interference Scenarios Between In-Cabin and Terrestrial Cellular Networks” adlı çalışmadan yararlanılmıştır (Moraitis, 2011).

Bahsi geçen dört yayın, girişim modelleri için referans alınan ana kaynaklardır. Sayısal değer, formül ve detaylı bilgi için her bölümde ilgili ITU-Recommendation'dan faydalanılmıştır. Bu alışmalar haricinde literatürdeki konu ile ilgili bir çok kaynak taranarak ihtiyaç duyulan bilgiye erişilmiştir.

Yapılan literatür çalışması dahilinde, PSO ve SGA eniyileme yöntemleri ile girişimin minimizasyonu konusunda çalışma ile karşılaşılmamıştır.





2. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU VE SÜREKLİ GENETİK ALGORİTMA

Eniyileme anlamına gelen optimizasyon, bir problemde belirli koşullar altında mümkün olan en uygun çözümün elde edilmesidir. Bunun için birçok algoritma oluşturulmuştur. Bu bölümde daha sonra *Girişim* problemlerinde kullanılacak olan, doğadan esinlenerek gerçekleştirilmiş sezgisel algoritmalarından Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Genetik Algoritma temel prensipleriyle açıklanmaktadır.

2.1 Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO)

Sezgisel bir optimizasyon tekniği olan PSO, 1995-1996 yıllarında James Kennedy ve Russel Eberhart tarafından ortaya atılmıştır (Kennedy ve Eberhart, 1995). Sosyal sistemin basitleştirilmiş bir simülasyonunun gerçekleştirilmesi için kuş ve balık sürülerinin davranışı gözlenmiştir ve neticede grafiksel simülasyondan sonra parçacık sürü modelinin bir optimizasyon yöntemi olarak kullanılabileceği keşfedilmiştir (Akyol ve Alataş, 2012).

Popülasyon tabanlı evrimsel bir optimizasyon yöntemi olan PSO, çok parametrelili ve çok değişkenli problemlere çözüm üretmek adına güçlü, işlemsel olarak etkili, kolay anlaşılır ve kolay uygulanır olduğundan diğer birçok yöntemden daha üstün kabul edilmiştir (Ortakçı ve Göloğlu, 2012).

Temel olarak sürü zekasına dayanan algoritma, kuş ve balık sürülerinin yiyecek arayışları ve tehlikeden kaçışları esnasındaki toplu hareketlerinden esinlenerek geliştirilmiştir. Burada sürünün yaklaşımı, bir probleme çözüm aramaya benzetilmektedir. Çok parametrelili ve çok değişkenli optimizasyon problemlerinde kullanılmaktadır.

Temel olarak algoritma üç adımdan oluşmaktadır. İlk adımda parçacıkların konumları ve hızları tanımlanmakta, ikinci adımda hızları güncellenmekte ve son adımda da parçacıkların yeni konumlarına ulaşılmaktadır.

2.1.1 Parçacık sürü optimizasyonu genel işlem süreci

Parçacık Sürü Optimizasyonu, esas olarak sürüde bulunan bireylerin, sürünün en iyi pozisyona sahip olan bireyine yaklaştırılması prensibine dayanır (Özsağlam ve Çunkaş, 2008). Örneğin kuş sürüleri yiyecek kaynağına en yakın olan kuşu izler. PSO’da her bir kuş, parçacık olarak adlandırılan tekil çözümü temsil eder. Bir grup rastgele çözüm ile parçacık sürüsü oluşturulur ve iterasyonla en uygun çözüm bulunmaya çalışılır. Her tekrarlamada iki en iyi değere göre güncelleme yapılır.

Öncelikle parçacık hareket ettiğinde, sahip olduğu koordinatlar ile uygunluk değeri – yiyeceğe ne kadar yakınlıkta olduğu- hesaplanır. Popülasyon üyelerinden her bir parçacık çözüm uzayında en iyi uygunluk değerini ve bu değeri elde ederken sahip olduğu koordinatları bir sonraki çözüm için hatırlamalıdır. Bu değer *pbest* olarak adlandırılır. İzlenmesi gereken diğer en iyi değer de popülasyonda o zamana kadar herhangi bir parçacığın elde etmiş olduğu tüm en iyi değerdir; *gbest* olarak adlandırılır (Kennedy ve Eberhart, 1995). Bu değer de bir sonraki çözüm için hatırlanmalıdır.

Çözüm uzayında her iterasyonda her bir parçacık konumunu, bir önceki tecrübesine dayanarak bu iki en iyi değeri kullanıp sürüdeki en iyi pozisyona göre ayarlar. Temel prensip, sürünün en iyi pozisyona sahip olan bireye yaklaşarak optimum çözüme ulaşmaktır.

Genel olarak, PSO Algoritmasını gerçekleştirmek için gerekli olan prosedürü özetleyen algoritma aşağıda yer almaktadır (Leung ve Lu, 2013):

```
FOR (her parçacık için)
    Parçacığı başlangıç konumuna getir
END
DO
    FOR (her parçacık için)
        uygunluk değerini hesapla
        IF uygunluk değeri, pbest ten daha iyi ise
            şimdiki değeri yeni pbest olarak ayarla
    END
    Tüm parçacıkların bulduğu pbest değerlerinin en iyisini, gbest olarak ayarla
FOR (her parçacık için)
    (2.2) denklemine göre parçacık hızını hesapla
    (2.3) denklemine göre parçacık pozisyonunu güncelle
END
WHILE bitirme kriteri (maksimum iterasyon sayısı ya da minimum hata koşulu) sağlanana kadar devam et
```

PSO uygulanacak olan problemin öncelikle popülasyon matrisi oluşturulur. Matrisin aşağıdaki gibi D adet parametreden ve n adet parçacıktan oluştuğu varsayılınsın.

$$x = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1d} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2d} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nd} \end{bmatrix}_{n \times D} \quad (2.1)$$

Matrise göre, i. parçacık $x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{id}]$ olarak ifade edilir.

$pbest_i = [p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{iD}]$, $gbest = [p_1, p_2, \dots, p_D]$ şeklinde gösterilir. i. parçacığın her konumdaki değişim miktarını gösteren hız vektörü $v_i = [v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD}]$ olarak ifade edilir.

Bir parçacığın yeni hız vektörü, daha önceki iterasyonlarda elde ettiği tecrübeden, sürünün genel tecrübesinden ve rastgelelikten faydalanılarak hesaplanır (Ortakçı ve Göloğlu, 2012). Her iterasyonda lokal ve global en iyi iki değer elde edildikten sonra parçacıkların hızları ve konumları sırasıyla aşağıdaki denklemlere göre elde edilir.

$$v_{id}^{k+1} = w.v_{id}^k + c_1.r_1^k (pbest_{id}^k - x_{id}^k) + c_2.r_2^k (gbest_d^k - x_{id}^k) \quad (2.2)$$

$$x_{id}^{k+1} = x_{id}^k + v_{id}^{k+1} \quad (2.3)$$

k : İterasyon sayısı

w : Atalet ağırlık faktörü

c_1, c_2 : Öğrenme faktörleri (hızlandırma katsayıları)

r_1, r_2 : [0-1] aralığındaki rastgele üretilen sayılar

$pbest_{id}^k$: Parçacığın yerel en iyi değeri

$gbest_d^k$: Sürünün en iyi değeri

Denklem uygulanırken, parçacığın problem uzayından uzaklaşmasını önlemek adına parçacığın hızı, $-v_{dmax}$ ile v_{dmax} arasında sınırlandırılır. v_{dmax} yüksek bir değer seçilirse çözüm en uygun değerden uzaklaşacaktır, şayet çok küçük bir değer seçilirse de çözüm yerel uygunlukta olacaktır. Bu çalışmada $-v_{dmax}$ ile v_{dmax} her iterasyonda (2.4) denklemine göre değiştirilecektir.

$$v^{k+1}_{d \max} = 0.8 \times \frac{(v^k_{d \max} - v^k_{d \min})}{2} \quad (2.4)$$

(2.2) denklemindeki w atalet ağırlık faktörü, Ebertart Shi tarafından formüle dahil edilmiştir (Bai, 2010). Bir önceki hızın mevcut hıza etkisi bu faktör ile kontrol edilmektedir. Bu değişkenin parçacıkta global ve lokal araştırma kabiliyeti arasında değişim etkisi vardır. w yüksek bir değer seçildiğinde global arama gerçekleşir, algoritma küresel bir şekilde dolaşır; düşük bir değer seçildiğinde de lokal parçacık arama gerçekleşir, algoritma lokal bir şekilde dolaşır. Karmaşık problemlerde 1 olarak kabul edilerek ilerlenebilir. Bu çalışmadaki PSO uygulamalarında $w < 1$ olarak seçilerek her iterasyonda doğrusal olarak (2.5) denklemindeki gibi azaltılacaktır (Bansal ve diğ, 2011). Böylece atalet faktörü yerel ve global arama arasındaki dengeyi sağlayacaktır. Hedeflenen, her parçacığın süredeki en iyi parçacığın tecrübesinin yanı sıra sürüdeki diğer tüm parçacıkların tecrübesinden de yararlanmasıdır.

$$w^{k+1}_{id} = w^k_{id \max} - \frac{(w^k_{id \max} - w^k_{id \min})}{\text{toplam iterasyonsayısı}} \times \text{iterasyondakisıra} \quad (2.5)$$

$$w^1_{id \max} = 0.9 \quad \text{ve} \quad w^1_{id \min} = 0.4 \quad (2.6)$$

(2.2) denklemindeki c_1 ve c_2 değerleri, stokastik hızlanma figürünü ifade eden öğrenme faktörleridir; bu sabitler ile tüm sürünün en uygun değerine ve bireysel parçacığın en uygun değerine doğru hareketteki uzunluk ayarlanır. c_1 , parçacığın pbest'e göre hareket etmesini, c_2 ise gbest'e göre hareket etmesini sağlar. Düşük değerler seçilirse parçacık hedef bölgeden uzak yerlerde dolaşır ve bu nedenle de hedefe ulaşma süresi artabilir; yüksek değerler seçilirse hedefe daha hızlı ulaşılabilir ancak bu seçim beklenmedik hareketlere ve hedeften sapmalara neden olabilir.

PSO üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, $c_1=c_2=2$ olarak işlem yapıldığında daha iyi sonuçlara ulaşıldığı gözlenmiştir (Bai, 2010). Bu referansa dayarak, bu çalışmada da $c_1=c_2=2$ kabulü ile PSO uygulamasında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. i parçacığının $k+1$ anındaki hız denkleminin ayrıntılı gösterimi (2.7)'de sunulmaktadır.

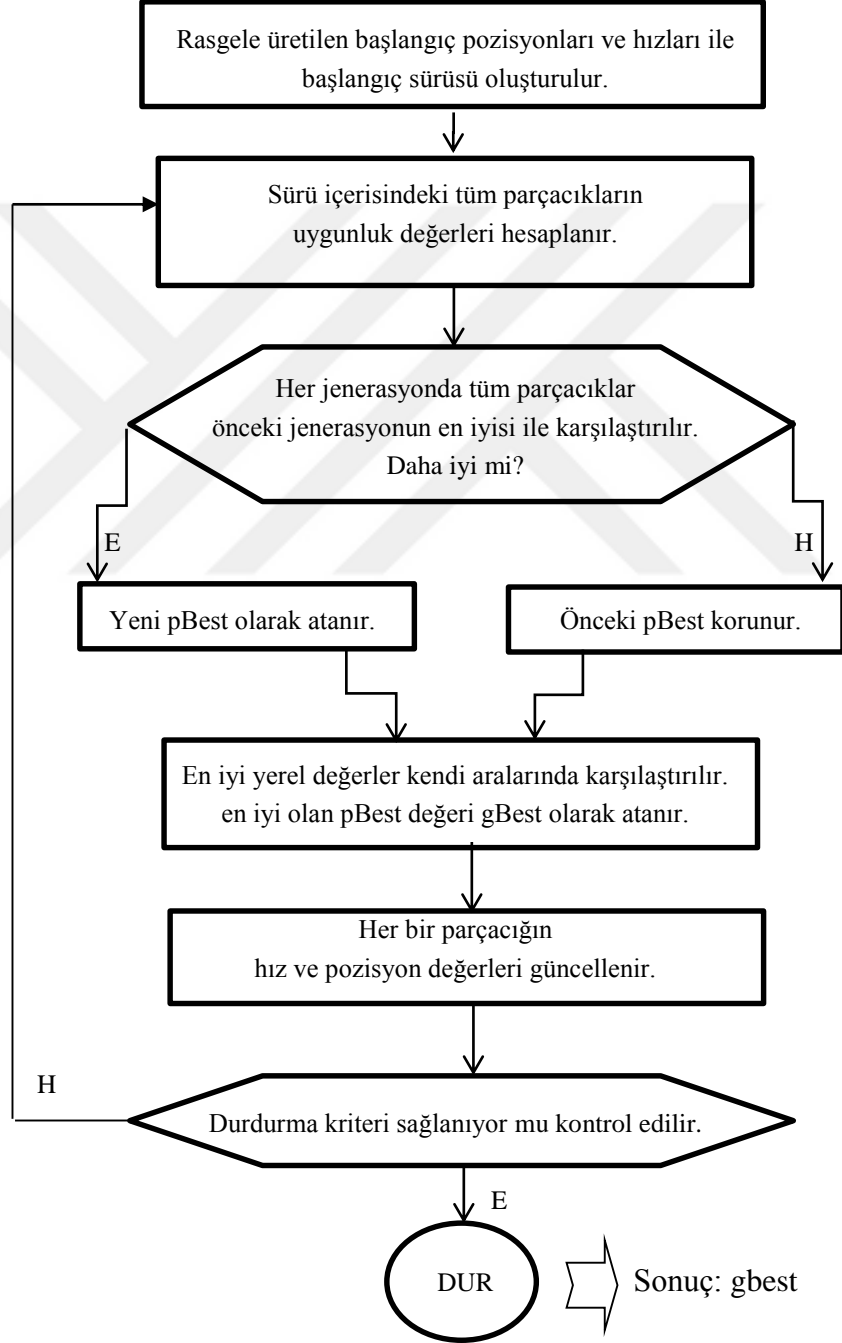
$$v_{id}^{k+1} = \underbrace{w \cdot v_{id}^k}_{\text{mevcut hareket}} + \underbrace{c_1 \cdot r_1^k (pbest_{id}^k - x_{id}^k)}_{\text{parçacık bellek etkisi}} + \underbrace{c_2 \cdot r_2^k (gbest_d^k - x_{id}^k)}_{\text{sürü bellek etkisi}} \quad (2.7)$$

atalet faktörü

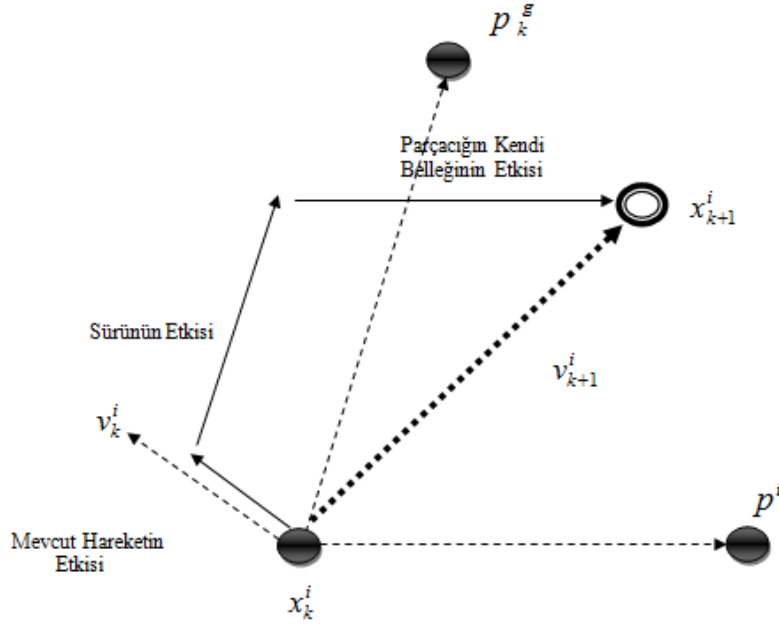
parçacık hızlandırma faktörü

sürü hızlandırma faktörü

Şekil 2.1'de PSO'nun akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.1: PSO akış şeması.



Şekil 2.2: PSO hız ve parçacık pozisyon güncellemesi.

Şekil 2.2’de parçacığın bpest ve gbest’e göre değişen yeni konumu gösterilmektedir. Neticede uygun parametre seçimleri sonrasında parçacığın yeni hız değeri, bir önceki hız değeri, kendi tecrübesi (pbest) ve diğer parçacıkların tecrübesi (gbest) ile elde edilir. Sonrasında yeni konum vektörüne, eski konum vektörüne yeni konum değeri eklenerek ulaşılır ve optimum değere erişmek adına karşılaştırma yapılabilmesi için akılda tutulur.

2.1.2 Parçacık sürü optimizasyonunun başlıca avantajları ve dezavantajları

Avantajları:

- + PSO sezgisel sürü zekasına dayanır. Hem bilimsel araştırmalarda hem de mühendislik çalışmalarında uygulanabilmektedir.
- + PSO mutasyon hesaplamaları içermez. Araştırma parçacık hızıyla gerçekleştirilir. Jenerasyonlar gerçekleştirilirken, sadece en uygun parçacık bilgileri diğer parçacıklara aktarılır ve optimum değere ulaşma işlemi oldukça hızlı gerçekleştirilir.
- + PSO’da hesaplama işlemi basittir. Diğer yöntemler ile kıyaslandığında yüksek optimizasyon kabiliyetine sahiptir ve kolaylıkla uygulanabilmektedir.
- + Karmaşık doğrusal olmayan optimizasyon problemlerinin çözümlerinde etkilidir.

- + Sürekli ve ayrık matematiksel problemleri optimize edebilme gücü yüksektir.
- + PSO'da gerçek sayılar ile işlem gerçekleştirilmektedir. Türev gerektirmez.
- + Uyarılama için oldukça az parametre gerektirir, hızlı yakınsama sağlar, anlaşılması ve uyarlanması kolaydır.

Dezavantajları:

- Geniş arama uzayında, yerel optimum değerine hızla yakınsar.
- Yerel arama için zayıf kalmaktadır.
- Koordinat düzleminde ifade edilemeyen sistemlere ait problemlerde (ör: enerji alanındaki parçacıkların hareket kurallarında) kullanılamamaktadır (Bai, 2010).

2.2 Sürekli Genetik Algoritma (SGA)

Genetik Algoritma(GA), şartlara en uygun olanın hayatta kaldığı doğal seleksiyon kuramına dayanan stokastik bir optimizasyon yöntemidir. John Holland ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. 1975 yılında, bu alandaki en önemli eser olan John Holland'ın kitabı 'Adaptation in Natural and Artificial Systems' ismiyle yayınlanmıştır (Kennedy ve diğ, 2001).

Bu teknikte genetik biliminin eşleşme, çaprazlama ve mutasyon gibi prensipleri kullanılarak, seleksiyon ve popülasyon ile eniyileme işlemi gerçekleştirilmeye çalışılır.

GA'nın uygulanacağı problem, matematiksel bir fonksiyon olmalıdır (Bağcı ve Günel, 2011). Bu fonksiyondaki değişkenler genleri oluştururken, bu değişken değerlerinin meydana getirdiği diziler ise kromozomlara (bireylere) karşılık gelmektedir. Olası çözümler belirli sayıda birey içeren bir popülasyon oluşturacak kromozomlara eşdeğer şekilde kodlanmaktadır (Gültekin ve diğ, 2004).

Algoritma, değişkenlerden oluşan kromozomların tanımlanmasıyla başlar. Fonksiyonun optimizasyon gerçekleştirilecek N adet değişkeni bulunuyorsa, popülasyondaki her kromozom N adet elemandan oluşan bir dizi olarak ele alınır. Nesil olarak adlandırılan iterasyonlarda, her bir kromozom için fonksiyon maliyet değeri hesaplanır -algoritma bu değeri minimum yapmayı hedefler- sıralama yapılır, maliyet değerine göre yeni nesilleri oluşturacak en iyi kromozomların seçimi

gerçekleştirilir, eşleştirme sonrasında çaprazlama ve mutasyon işlemleriyle yeni kromozomlar (bireyler) oluşturulur. Yeni nesil oluşumu sonlandırma kriteri sağlanana kadar devam eder. Genel olarak bu döngü başlangıçta karar verilen iterasyon sayısı ile sonlandırılır ve popülasyondaki en uygun maliyetli kromozom ele alınır. Şayet kabul edilir değerlere ulaşılmazsa algoritma tekrar başlatılır.

GA uygulanırken sırasıyla takip edilen adımlar (Kennedy ve diğ, 2001):

1. Öncelikler popülasyon başlatılır.
2. Popülasyondaki tüm bireyler için fonksiyon maliyet değeri hesaplanır.
3. Yeni bir popülasyon oluşturmak için seçilmiş bireyler tekrar üretilir.
4. Çaprazlama ve Mutasyon işlemleri gerçekleştirilir.
5. Sonlandırma koşuluna ulaşılan kadar 2'nci adıma dönülür.

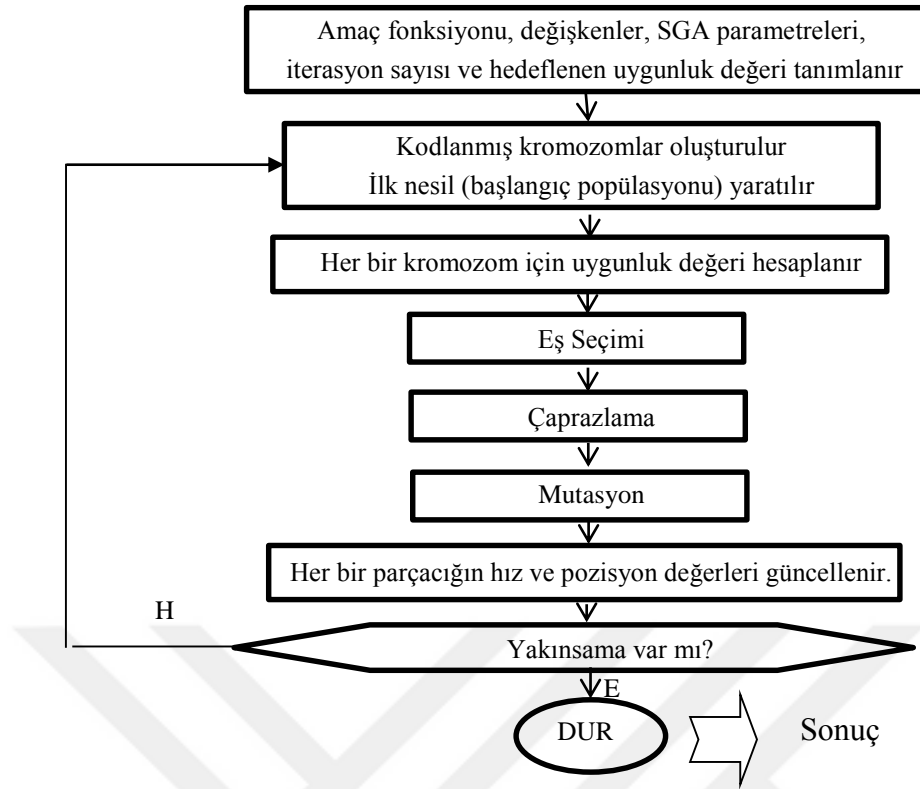
GA üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde algoritma geliştirilmiş, zamanla çeşitli yaklaşımlar ortaya atılmıştır. Değişkenlerin ikilik tabanda gösterildiği İkilik Genetik Algoritma (İGA) ve değişkenlerin gerçek sayı değerlerinden oluştuğu Sürekli Genetik Algoritma (SGA) en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

İGA ve SGA kullanılarak genel olarak benzer adımlarla eniyileme gerçekleştirilmektedir ancak bazı nüanslar bulunmaktadır. Çaprazlama için ikilik sistemin kullanıldığı İGA'dan farklı olarak SGA'da, işlem ondalıklı sistemde yapılmaktadır; bu sayede her iterasyonda kromozomlar ikilik tabanda gösterime gerek duyulmadan, dönüştürülmeden doğrudan çaprazlanabilmektedir. Böylelikle olası hatalar minimuma indirilmekte ve işlem sayısı azaltılmaktadır (Aşık ve diğ, 2002). Doğal olarak maliyet fonksiyonu değerlendirilmeden önce kromozomların deşifre edilmesi de gerekmediğinde, İGA ile kıyaslandığında SGA daha hızlı sonuç vermektedir.

Yukarıda bahsi geçen değerlendirmeler göz önünü alındığında, Köroğlu ve Günel (2005)'in de bahsettiği gibi genel olarak SGA ile amaç fonksiyonu daha iyi temsil edildiği için ve daha iyi sonuçlara ulaşıldığından bu çalışmada SGA yöntemi kullanılarak mininizasyon işlemi gerçekleştirilecektir.

2.2.1 Sürekli genetik algoritmanın genel işlemsel süreci

Genetik algoritmanın genel akış şeması Şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3: SGA'nın akış şeması.

SGA başlıca aşağıda adımları içerir:

2.2.1.1 Amaç fonksiyonu ve değişkenler

Eniyilemede hedef, işlemin gerçekleştirileceği ilgili fonksiyondaki değişkenlerin en uygun değerlerini elde etmektir. Bu nedenle eniyileme, problemin Genetik Algoritmaya uygun hale getirilmesiyle başlar. Optimize edilecek parametre değerleri, bir dizi haline getirilip kromozom şeklinde tanımlanır. N_{var} adet değişken olması halinde her kromozom $1 \times N_{var}$ boyutlu matris biçiminde tanımlanır.

$$\text{Kromozom}=[P_1,P_2,P_3,\dots,P_{Nvar}] \quad (2.8)$$

SGA'da bu değişkenler ondalık sayılarla ifade edilir. Her bir kromozomun amaç fonksiyonundaki çözümü o dizinin maliyet değerini verir.

$$C=f(\text{kromozom})=f(P_1,P_2,P_3,\dots,P_{Nvar}) \quad (2.9)$$

Değişkenlerin sınır koşulları belirtilir.

2.2.1.2 Başlangıç popülasyonu

N_{pop} kromozomdan oluşacak $N_{pop} \times N_{var}$ boyutlu matris biçimine başlangıç popülasyonu tanımlanır. Kromozomlar aşağıdaki denkleme göre rastgele üretilir.

$$P = (P_H - P_L) \times \text{random}\{N_{\text{pop}}, N_{\text{var}}\} + P_L \quad (2.10)$$

P_H : Parametrenin üst sınır değeri

P_L : Parametrenin alt sınır değeri

$\text{random}\{N_{\text{ipop}}, N_{\text{par}}\}$: matris boyutu $N_{\text{pop}} \times N_{\text{var}}$ olacak şekilde 0-1 arasında üretilen rastgele sayıdır.

Parametrelerin bu şekilde değerleri belirlendikten sonra amaç fonksiyonunda yerlerine konularak kromozomların uygunluk değerleri hesaplanır.

2.2.1.3 Doğal seleksiyon

Her nesilde en iyi kromozom seçiminin gerçekleştirilebilmesi için doğal seleksiyon uygulanır. Bu aşamada gelecek nesilde yer alacak olan ve muhtemel yeni bireyleri üretecek kromozomlar belirlenir. N_{pop} kadar kromozomu (bireyi) bulunan popülasyonda maliyet değerine göre kromozomlar iyiden kötüye doğru (minimizasyonda az olandan çok olana göre) sıralanır. Uygun sınır belirlenir; sınırın üstünde kalan kromozomlar hayata devam eder, eşleştirme havuzuna atılır, altında kalanlar ise hariç tutulur ve bir daha kullanılmazlar.

Bu çalışmada sınır, başlangıçta belirtilen N_{pop} kromozom sayısının %50'si olarak kabul edilecektir. Popülasyonun en iyi sonuç verecek ilk yarısına denk gelen bireyler seçilecektir ve eşleşmeye tabi tutulacaktır; sınırın altında kalanlar o nesil içinde yeni kromozomlara yer açmak için elenecektir.

2.2.1.4 Eş seçimi

Her iterasyonda maliyet değerine göre sıralanan kromozomlar doğal seleksiyon sonrası iyi ve kötü bireyler olarak ayrıştırılır. Yalnızca iyi kromozomları barındıran, başlangıç popülasyonunda yer alan kromozom (birey) sayısının yarısı kadar kromozoma sahip yeni bir matris elde edilir. Bu matrisle ebeveyn seçimine gidilir. Rastgele olarak anne ve babayı temsil eden kromozomlar belirlenir. Ebeveyn seçimi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır.

Bu çalışmada sıra ağırlıklı olasılıkla değer seçim yöntemi kullanılmıştır. Maliyet değerine göre kromozomlar sıralanmıştır ve popülasyon içindeki sırasına göre bir yüzde atanmıştır. Maliyet değeri düşük olan iyi bireylerin seçimini yüksek tutmak adına yüzdeleri büyük verilmiştir. Sonrasında rastgele seçimle ebeveyn olacak kromozomlar belirlenmiştir.

2.2.1.5 Çaprazlama

Eş seçimi sonrası tercih edilecek olan yöntem ile yeni kromozomlar yaratılır; buradaki kabul, her eşleştirilen 2 adet kromozomun 2 adet yeni kromozom üretmesidir, böylece başlangıç popülasyonunun sahip olduğu kromozom sayısı sabit kalmaktadır. Örneğin 8 bireyden oluşan bir popülasyonda ilk en iyi 4 birey korunur, bu 4 birey arasında 2 anne ve 2 baba rastgele seçilir, 4 adet yeni birey oluşturularak toplamda 8 bireyli başlangıç popülasyonun birey sayısına erişilir.

Yeni nesiller elde etmek için, seçilen ebeveynler ile çaprazlama yöntemi uygulanır. Bunun için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Haupt'un (2004) Partical Genetic Algorithms adlı eserinde yer alan başlıca yöntemler: *basit çaprazlama* (Holland, 1975), *n-nokta çaprazlama* (Eshelman ve diğ, 1989), *düzgün çaprazlama* (Syswerda, 1989), *doğrusal çaprazlama* (Wright,1991), *sezgisel çaprazlama* (Michalewicz, 1992), *karışım çaprazlama* (Eshelman ve Shaffer, 1993), *ikilenik çaprazlama* (Adewuya, 1996) ve bu çalışmada kullanılacak olan çaprazlama yöntemi.

Öncelikle eşleşen ebeveyn kromozomlarda ilk olarak çaprazlama yapılacak nokta rastgele seçilir. Burada a ve b indisleri anne ve baba kromozomları tanımlamada kullanılmaktadır.

$$\alpha = \text{roundup} \{ \text{random} * N_{\text{var}} \} \quad (2.11)$$

$$\text{Ebeveyn Kromozom}_1 = [P_{a1}, P_{a2}, \dots, P_{a\alpha}, \dots, P_{aN_{\text{var}}}] \quad (2.12)$$

$$\text{Ebeveyn Kromozom}_2 = [P_{b1}, P_{b2}, \dots, P_{b\alpha}, \dots, P_{bN_{\text{var}}}] \quad (2.13)$$

Daha sonra ebeveyn olan kromozomlarda seçilen bu değerler aşağıdaki (2.14) ve (2.15)'teki denklemlerde kullanılır ve yeni bireyler elde edilir.

$$P_{\text{yeni1}} = P_{a\alpha} - \beta [P_{a\alpha} - P_{b\alpha}] \quad (2.14)$$

$$P_{\text{yeni2}} = P_{b\alpha} - \beta [P_{a\alpha} - P_{b\alpha}] \quad (2.15)$$

Burada β , 0-1 arasında bir değerdir. Üretilen bu yeni nesiller kromozomda yerlerine konularak işlem tamamlanır.

$$\text{Yeni Nesil}_1 = [P_{a1}, P_{a2}, \dots, P_{\text{yeni1}}, \dots, P_{aN_{\text{var}}}] \quad (2.16)$$

$$\text{Yeni Nesil}_2 = [P_{b1}, P_{b2}, \dots, P_{\text{yeni2}}, \dots, P_{bN_{\text{var}}}] \quad (2.17)$$

Eğer kromozomun birinci parametresi seçilirse, seçilen parametrenin sağındaki parametreler değiştirilir. Kromozomun en son parametresi seçilirse, seçilen parametrenin solundaki parametreler değiştirilir. Bu yöntemde $\beta > 1$ 'den büyük olmadıkça sınır değerleri aşan herhangi bir parametre üretilmemektedir. Diğer kromozomlara da aynı kurallar uygulanır ve çaprazlama ile elde edilen yeni nesiller, yeni popülasyonu oluşturur.

Gerçekleştirilmek istenen çaprazlama oranı dikkatli belirlenmelidir. Düşük bir çaprazlama oranı az sayıda yeni bireyin oluşmasına sebep olacaktır.

Yüksek bir çaprazlama oranı ile araştırma uzayı çok hızlı taranacaktır ancak kuvvetli olan yapılar hızlı bir şekilde bozulacağından algoritma olumsuz etkilenecektir.

2.2.1.6 Mutasyon

Genetik algoritmalar, bazen çok hızlı yakınsarlar. Bu yakınsama sonucunda elde edilen değer global minimumsa şayet bu iyi olarak kabul edilir. Ancak aynı şartlarda lokal minimumlara yakınsama durumu da söz konusudur. Bu durumda beklenen sonuç elde edilememiş olacaktır. Bu nedenle, maksimum ve minimum değerleri fazla olan fonksiyonlar üzerinde işlem yapılırken lokal değerlere hızlı yakınsamadan kaçınmak adına belirli sayıda gende rastgele değişiklik yapılarak -mutasyon uygulanarak- araştırma uzayında, yeni çözümler elde edilir (Bağcı ve Günel, 2011).

Mutasyonda değişikliğe uğrayan gen için yeni değerler istenen maksimum ve minimum değerler arasında kalmalıdır (Köroğlu ve Günel, 2004). Mutasyon sayısı karar verilen mutasyon oranına göre belirlenir. Yüksek mutasyon oranı, işlemleri çok hızlı olarak ıraksatır, düşük mutasyon oranı da ıraksamayı aşırı olarak düşürür. Hatalı yapılan seçim ideal olmayan bir çözümün sunulmasına neden olur. Etkili bir genetik algoritma tasarlamak için mutasyon işleminin oranı iyi bir şekilde belirlenmelidir. Popülasyondaki parametrelerin toplam sayısı ile mutasyon oranı çarpılarak mutasyona girecek parametre sayısı tespit edilir. Örneğin bu oran %20 olarak seçilmişse ve amaç fonksiyonundaki optimizasyonun uygulanacağı değişken sayısı 2 ise ve popülasyon 8 bireyden oluşuyorsa $0.20 \times 2 \times 7 \approx 3$ gen değişikliğe uğrayacaktır. Burada dikkat edilmelidir ki ilk kromozom üzerinde mutasyondan kaçınılmıştır çünkü halihazırda popülasyonun en elit maliyet değerine sahiptir bu nedenle mutasyon aşamasında ilk kromozomun genlerinin korunması tercih edilmiştir.

Son aşamada elde edilen en iyi birey başlangıçta belirtilen sonlandırma değeriyle karşılaştırılır. Eğer yakınsama gerçekleşmiş ise akış sonlandırılır, aksi halde döngüye devam edilir. Kabul edilebilir çözüme ulaşıncaya kadar işlem tekrarlanır.

2.2.1 GA'nın başlıca avantajları ve dezavantajları

Avantajları:

- + Sürekli ve ayrık parametreleri optimize eder.
- + Türevsel bilgi gerektirmez.
- + Amaç fonksiyonunu geniş bir spektrumda arar; problemlere tek bir çözüm üretmek yerine farklı çözümlerden oluşan bir çözüm kümesi bulur. Böylelikle, arama uzayında aynı anda birçok nokta değerlendirilmekte ve sonuçta bütünsel çözüme ulaşma olasılığı yükselmektedir (Pakkan ve Ermiş, 2010).
- + Çok sayıda parametre ile çalışır.
- + Karmaşık amaç fonksiyonu parametrelerini optimize eder.
- + Yerel minimuma karşı hızlı yakınsamayı önleyen operatörleri mevcuttur.
- + Yalnızca tek bir çözüm değil, birden fazla parametreyi optimum çözüm olarak sunabilir.

Dezavantajları:

- Dinamik veriler üzerinde uygulanması zordur.
- Karmaşık işlemler içermektedir.
- Genetik algoritmalar en iyiyi seçmek için tüm farklı durumları üretmez. Bundan dolayı, mükemmel çözüme ulaşamayabilir. Fakat zaman kısıtlamalarını hesaba katan en yakın çözümlerden biridir.

Özetle, GA araştırma ve eniyileme problemlerinde başarılı olarak sonuçlara ulaştırır. Bu başarılı ölçümlemenin dayandığı beceri algoritmanın başlangıçta bilinmeyen arama uzayında bilgileri biriktirerek bundan yararlanmasıdır. GA, verimli ve etkili değerlerin elde edilmesinde sağlam bir yaklaşım sunmaktadır.

2.3 PSO ve SGA Karşılaştırması

Bu çalışmada detaylı olarak anlatılan ve uygulanacak olan optimizasyon yöntemlerinden PSO ve SGA, Çizelge 2.1'de paylaşıldığı gibi çeşitli yaklaşımlarda benzerlikler ve farklılıklar göstermektedir.

Her iki sistem,

- popülasyon temellidir.
- rastgele çözümler içeren bir popülasyon matrisi ile başlatılır.
- en iyi çözüme her iterasyonda güncelleme yapılarak ulaşılır.
- yeni çözümler var olan çözümlerden yaratılır.
- yerel minimum yakınsamasını önlemek için rasgele bileşenler kullanılır (Onwunalu ve Durlofsky, 2010).

Çizelge 2.1: PSO ve SGA karşılaştırması.

Fonksiyon	PSO	SGA
Genel Özellik	Çoklu parçacık, Olasılıksal arama	Çoklu parçacık, Olasılıksal arama
Bireysel Hafıza	Var	Yok
Bireysel İşlem	Bireysel en iyi pozisyon (pbest) değerini hafızada tutma	Mutasyon
Global İşlem	Komşunun en iyi pozisyon (gbest) değerini hafızada tutma	Doğal seleksiyon, çaprazlama
Global/Lokal Arama Dengesi	Atalet Ağırlığı ile ayarlanabilir (yüksek $w \rightarrow$ global arama; düşük $w \rightarrow$ lokal arama)	Çaprazlama Oranı, Mutasyon Oranı ile ayarlanabilir
Parçanın değişkenleri	Pozisyon ve hız	Pozisyon
Popülasyon Çeşitliliği	Esas olarak yerel komşular aracılığı ile sağlanır	Çaprazlama Oranı, Mutasyon oranı ve Seçim şeması aracılığı ile sağlanır
Arama uzayı	Ayrık ve sürekli	Ayrık ve sürekli

Algoritmaların bilgi paylaşımında yaklaşımları farklıdır. GA'da bütün kromozomlar bütün araştırma çözümlerini paylaşır; PSO'da ise parçacıklar yalnızca kendilerinin (pbest) ve bütün parçacıkların (gbest) en iyi değerini paylaşır.

PSO'da, GA'nın aksine doğal seleksiyon, çaprazlama ve mutasyon gibi evrimsel operasyonlar kullanılmamaktadır. Ancak bunun yanısıra, iddia edildiği gibi dolaylı da olsa PSO'da GA'nın neredeyse tüm operasyonları gözlenmektedir (Deb ve Padhye, 2010). PSO'nun alt nesne güncelleme prosedürü ile GA'nın çaprazlama operatörü benzerlik göstermektedir. PSO'da doğrudan bir çaprazlama operatörü yoktur ancak çaprazlama kavramına benzer bir yaklaşımı mevcuttur (Kennedy ve Eberhart, 1995). Ayrıca PSO'da Genetik Algoritmadaki gibi açıkça bir seleksiyon operatörü yoktur, ancak yeni parçacık yaratmada parçacığın global en iyi ve kendi en iyi değerini kullanması doğal seleksiyon işlemi anımsatır.

GA, içerdiği raslantısallık sayesinde karmaşık eniyileme problemlerinin global çözümlerine erişmede klasik optimizasyon tekniklerine göre daha başarılıdır (Gültekin ve diğ, 2004). Ancak PSO birçok noktada GA'ya göre daha avantajlıdır. PSO ile GA karşılaştırıldığında daha az parametre gerektirir, gerçekleştirilmesi ve uyarlanması daha kolaydır, çok daha hızlı yakınsar ve sonuç verir.



3. GİRİŞİM SENARYOLARI VE MATLAB İLE GİRİŞİMİN MİNİMİZASYONU

Kısıtlı bir kaynak olan frekans spektrumunun verimli olarak kullanılması için kapasiteyi arttırabilmek adına, frekans bantları birden fazla servise tahsil edilebilmektedir. Ancak bu ortak kullanım, aynı frekans bandında servis sağlayan sistemler arasında istenmeyen sinyal girişimine yol açmaktadır. Bu nedenle, karşılaşılan girişimin azaltılması oldukça önemli bir sorun haline gelmiştir.

Bu çalışmada karasal, hava ve uzay tabanlı haberleşme sistemleri arasındaki istenmeyen sinyal iletim senaryoları ayrı ayrı ele alınarak, girişimin minimizasyonu için PSO ve SGA optimizasyonu ile eniyileme gerçekleştirilecektir.

3.1 Uydu Yer İstasyonu Ve Karasal Radyo Yayın Servisleri Arasındaki Girişim

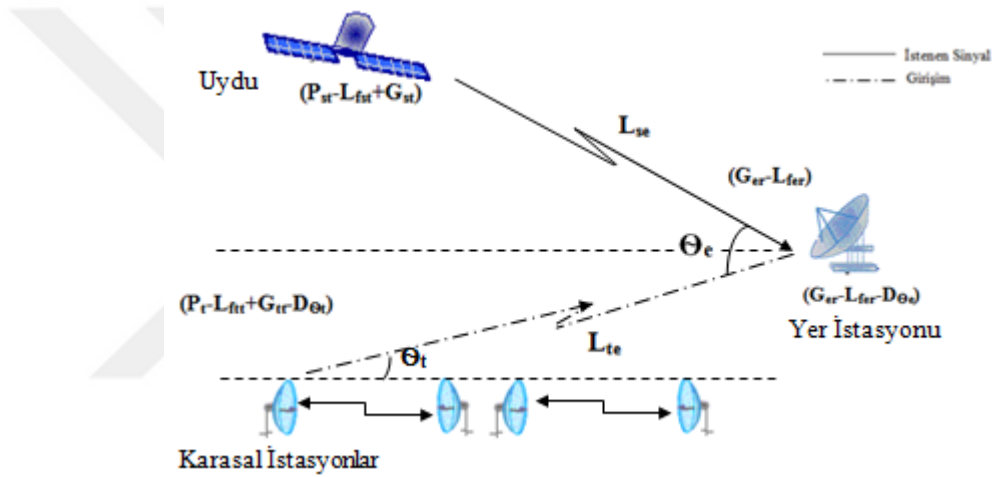
Uydu haberleşmesi ilk olarak kullanılabilir hale geldiğinde, mevcut frekans spektrumu (40 GHz'e kadar) hali hazırda diğer sistemlere tahsis edilmiş durumdaydı. Bundan dolayı 1963'te ITU, karasal servislerin kullanmakta olduğu 3700-4200MHz ve 5925-6425MHz frekans aralığını Sabit Uydu Servislerine (FFS) de sundu; 6/4 GHz frekans bandı yaygın olarak kullanılmaya başlandı (Dalgleish, 1989). Daha sonra ihtiyaç duyulan kapasite artışı nedeniyle spektrumun daha verimli kullanılması için bir dizi konferans sonucunda değişiklikler gerçekleşti. 14/11 GHz hem karasal hem de uydu haberleşme sistemlerine tahsis edildi. Birçok 14/11 GHz INTELSAT IBS yer istasyonu aynı banttaki karasal radyo yayın istasyonlarının bulunduğu kentsel alanlara kuruldu. Neticede bu frekans paylaşımı da bant içi girişim sorununu açığa çıkardı. Bu nedenle, frekans bandının ortak kullanılmaya başlanmasından bu yana, Sabit Uydu Servisleri ve Karasal Raydo Yayın Servisleri arasındaki girişim sorununu gidermek amacıyla teorik ve deneysel çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, uydu ve karasal haberleşmede aynı frekans bandında yayın yapan sistemler birbirleri üzerinde istenen sinyal haricinde girişime neden olmaktadır. Bundan dolayı, uydu haberleşmesindeki en önemli problemlerden biri Sabit Uydu Servisleri ve Karasal Radyo Yayın Servisleri arasındaki girişimdir.

nedeniyle, örneğin 14/11 GHz hem uydu hem de karasal haberleşme servislerine tahsis edilmiştir.

Dolayısıyla 11 GHz frekans bandını kullanan bir yer istasyonunun alıcısı, karasal ağda 11 GHz’de yayın yapan servislerden kaynaklanan girişime maruz kalmaktadır. Benzer şekilde 14 GHz’deki yer istasyonunun vericisi de karasal istasyonun alıcısı için bir girişim kaynağı olmaktadır.

Şekil 3.2’de paylaşıldığı üzere uydudan yer istasyonuna doğru istenen sinyalin iletimi esnasında aynı frekans bandında yayın yapan karasal radyo-yayın servisleri yer istasyonuna doğru istenmeyen sinyal iletimine neden olmaktadır. İstenmeyen sinyal gücü (3.1) formülü ile hesaplanmaktadır.



Şekil 3.2: Sabit uydu servisi ve karasal radyo servisi arasındaki girişim hesaplama.

$$I = (P_t - L_{ftt} + G_{tt} - G_{\theta t}) + (G_{er} - L_{fer} - G_{ee}) - L_{te} + F_1 + F_2 \quad (3.1)$$

(3.1) denklemindeki değişkenler aşağıdaki biçimde tanımlanır:

P_t : Karasal Radyo-Yayın istasyonu verici gücü (dBm)

L_{ftt} : Karasal Radyo-Yayın istasyonunun verici besleme kaybı (dB)

G_{tt} : Karasal Radyo-Yayın istasyonunun verici anten kazancı (dB)

$G_{\theta t}$: Karasal Radyo-Yayın istasyonunun θ_t için verici anten yan demet kazancı (dB)

G_{er} : Yer istasyonunun alıcı anten kazancı (dB)

L_{fer} : Yer istasyonunun alıcı besleme kaybı (dB)

G_{ee} : Yer istasyonunun θ_e açısı için alıcı anten yan demet kazancı (dB)

L_{te} : Yer istasyonu ve Karasal Radyo-Yayın istasyonu arasındaki serbest uzay yayılım kaybı (dB)

$F_1|F_2$: Karasal Radyo-Yayın istasyonuna ait sönümlenme kaybı (dB)

Bu çalışmada amaç girişimin minimize edilmesi olduğundan, sadece (3.1) ile verilen İstenmeyen (I) sinyal gücünün hesaplandığı formül ele alınacaktır.

Denklem (3.1) Parçacık Sürü Optimizasyonunun ve Sürekli Genetik Algoritmanın uygulanacağı amaç fonksiyonunda yer alacaktır ve en az girişime neden olacak şekilde *Karasal Radyo-Yayın İstasyonu Verici Gücü* (P_t), *Frekans* (f), *Karasal Radyo-Yayın İstasyonunun Verici Anten Çapı* (d_t), *Yer İstasyonu Alıcı Anten Çapı* (d_h) için en uygun değerler araştırılacaktır. Eniyilemenin gerçekleştirileceği bu parametreler program içerisinde değişken olarak değerlendirilecektir ve P_t , f , d_t , d_h değerlerine bağlı olarak (3.1) girişim formülündeki *Yer İstasyonunun Alıcı Anten Kazancı* (G_{er}), *Karasal Radyo-Yayın İstasyonunun Verici Anten Kazancı* (G_{tt}), *Yer İstasyonu ve Karasal Radyo-Yayın İstasyonu Arasındaki Serbest Uzay Yayılım Kaybı* (L_{te}) hesaplanacaktır.

Hem PSO hem de SGA uygulamasında amaç fonksiyonunda kullanılacak olan parametrelere ait denklemler aşağıda yer almaktadır:

$$G_{er} = \frac{\pi^2 d_h^2}{\lambda^2} \quad (3.2)$$

$$G_{tt} = \frac{\pi^2 d_t^2}{\lambda^2} \quad (3.3)$$

$$L_{te} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (3.4)$$

d_h : Yer İstasyonunun Anten Çapı

d_t : Karasal Radyo-Yayın İstasyonunun Anten Çapı

d : Karasal Radyo-Yayın İstasyonunun Anteni ile Yer İstasyonu Anteni arasındaki uzaklık

PSO ve SGA'yı başlatmadan önce parçacıkların ve koromozomların problem uzayından uzaklaşmasını önlemek adına maksimum ve minimum olası değerler belirtilmelidir. Bu nedenle, Yer istasyonunda cassegrain çanak anten kullanıldığı kabul edilerek d_t için maksimum ve minimum değerler 3m-7m olarak sınırlandırılmıştır. Aynı yaklaşımla, Karasal Radyo-Yayın İstasyonunda parabolik anten kullanıldığı kabul edilerek d_h için maksimum ve minimum değerler 5m-12m olarak sınırlandırılmıştır.

Çizelge 3.1'de paylaşıldığı üzere, Karasal Radyo-Yayın istasyonu verici gücü 1W ile 10W arasında kabul edilmiştir. Frekans ise Radio Spectrum Allocations 101 referans alınarak, en çok 12,7GHz – en az 11,7GHz olacak şekilde koşullandırılmıştır (Url-3).

Çizelge 3.1: PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri.

Parametre	Minimum	Maksimum	Birim
d_h	5	12	m
d_t	3	7	m
P_t	1	10	W
G_{θ_e}	0	180	Derece
G_{θ_t}	0	180	Derece
f	$11,7 \times 10^9$	$12,7 \times 10^9$	Hz

(3.2), (3.3), (3.4) denklemlerinde yer alan dalga boyu λ 'nın maksimum ve minimum değerleri aşağıdaki gibidir:

$$\lambda_{max} = \left(\frac{c}{f_{min}} \right) \text{ ve } \lambda_{min} = \left(\frac{c}{f_{max}} \right) \quad (3.5)$$

G_{tt} , G_{er} , L_{te} parametrelerine ait formüller (3.1) denkleminde yerlerine konduğunda uygulama öncesi denklemin son hali (3.6) daki gibidir.

$$I = 10 \log_{10} \left(P_t \times 10^3 \right) - L_{ftt} + 10 \log_{10} \left(\frac{\pi^2 d_t^2}{\lambda^2} \right) - G_{\theta_t} \quad (3.6)$$

$$+ 10 \log_{10} \left(\frac{\pi^2 d_h^2}{\lambda^2} \right) - L_{fer} - G_{\theta_e} - \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - F$$

θ_t açısı için Karasal Radyo-Yayın istasyonunun verici anten yan demet kazancı G_{θ_t} 'nin karakteristiği ITU-R 699-5'te, anten çapı ile dalgaboyu oranı 100'den büyük olduğunda aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (ITU, 2000b). Bu kabülle uygulamadaki G_{θ_t} 'e erişilmektedir.

$$G_t(\theta) = \begin{cases} G_{mak} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \theta \right)^2 & 0^\circ < \theta < \theta_m \\ G_1 & \theta_m \leq \theta < \theta_r \\ 32 - 25 \log \theta & \theta_r \leq \theta < 48^\circ \\ -10 & 48^\circ \leq \theta < 180^\circ \end{cases} \quad (3.7)$$

$$G_{mak} \approx 7.7 + 20 \frac{D}{\lambda} \quad (3.8)$$

$$G_1 = 2 + 15 \frac{D}{\lambda} \quad (3.9)$$

$$\theta_m = 20 \frac{\lambda}{D} \sqrt{G_{mak} - G_1} \quad (3.10)$$

$$\theta_r = 15.85 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{-0.6} \quad (3.11)$$

Θ_e açısı için Yer Anteni yan demet kazancı G_{Θ_e} 'nin karakteristiği R-REC-S.1428'de, anten çapı ile dalgaboyu oranı 100'den büyük olduğunda aşağıdaki gibi dBi cinsinden hesaplanmaktadır. Bu kabülle uygulamadaki G_{Θ_e} 'e erişilmektedir.

$$G_e(\theta) = \begin{cases} G_{mak} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \theta \right)^2 & 0^\circ < \theta < \theta_m \\ G_1 & \theta_m \leq \theta < \theta_r \\ 29 - 25 \log \theta & \theta_r \leq \theta < 10^\circ \\ 34 - 30 \log \theta & 10^\circ \leq \theta < 34.1^\circ \\ -12 & 34.1^\circ \leq \theta < 80^\circ \\ -7 & 80^\circ \leq \theta < 120^\circ \\ -12 & 120^\circ \leq \theta < 180^\circ \end{cases} \quad (3.12)$$

$$G_{mak} \approx 8.4 + 20 \frac{D}{\lambda} \quad (3.13)$$

$$G_1 = -1 + 15 \frac{D}{\lambda} \quad (3.14)$$

θ_m ve θ_r değerleri (3.10) ve (3.11) denklemlerinde elde edilebilir.

Girişim denkleminde bulunan, PSO ve SGA uygulamasında eniyileme yapılmayacak olan L_{fer} , L_{fit} , F_1+F_2 sabitlerine ait değerler Çizelge 3.3'te listelenmektedir. Kabul edilen bu değerlere referans alınan ana makaleden (Motozumi ve Hatsuda, 1998) ulaşılmıştır.

Çizelge 3.2: PSO ve SGA uygulamalarındaki değişken olmayan parametreler ve kabul edilen değerleri

Parametre	Değer
L_{fer}	0.5 dB
L_{fit}	0.3 dB
F_1+F_2	3.0 dB

PSO ve SGA methotları uygulanırken öncelikle amaç fonksiyonu oluşturulmalıdır. Bu çalışmada algoritma uyarlaması, Girişim fonksiyonunun (I) her iterasyondaki parçacık ve kromozom için çıkan maliyet değerinin ideal girişim değerinden ($I_{istenilen}$) çıkarılmasıyla gerçekleştirilecektir.

Her iki algoritma için amaç foksiyonu (3.15)'deki gibi tanımlanacaktır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} = | (I_{istenilen} - I) | \quad (3.15)$$

Amaç fonksiyonu minimum değere yaklaştırılacak P_t , f , d_t , d_h , Θ_e , Θ_t parametrelerinin optimum değerleri hesaplanacaktır. İterasyon başlangıçta belirlenen tasarım koşulu olan iterasyon sayısına ulaşıldığında durdurulacak ve eniyilemenin gerçekleştirildiği parametrelerin değerleri paylaşılacaktır.

3.1.1 Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile minimizasyonu

PSO uygulamasında, (3.15) amaç fonksiyonudaki girişim denkleminde (3.6) yer alan P_t , f , d_t , d_h , Θ_e ve Θ_t eniyilemenin gerçekleştireceği parçacıkları oluşturan değerlerdir. Bu kabulle fonksiyon altı değişkene bağlı olduğundan çözüm uzayı bu bilinmeyenlerden dolayı altıboyutlu olarak tasarlanmıştır.

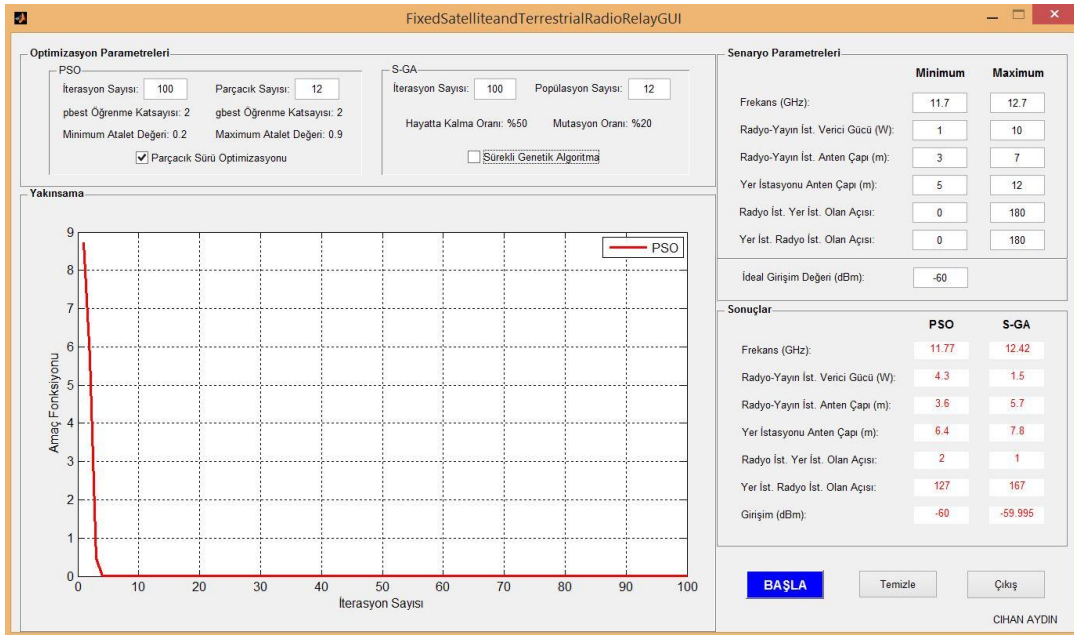
Çözüm uzayında tanımlanan bir parçacığın pozisyonu $P = [P_t \ f \ d_t \ d_h \ \Theta_e \ \Theta_t]$ şeklinde oluşturulmuştur. Burada belirtmelidir ki altı veya daha fazla boyutlu karmaşık problemler PSO ile herhangi bir zorluk yaşanmadan kolaylıkla çözümlenebilmektedir.

Bu parçacıkların, Çizelge 3.3'de belirtilen maksimum ve minimum sınır değerleri arasında sonuç vermesi şartıyla, her iterasyonda global en iyi (gbest) ve parçacık en iyi (pbest) değer ile karşılaştırılarak algoritma tanımlanan iterasyon sayısına ulaşıldığında sonlandırılmıştır. Sürü mantığına uygun olarak parçacıkların global çözümün etrafında toplanma davranışı gözlenmiş ve Uydu Yer İstasyonunun Karasal Radyo Yayın Servisine en az girişim verecek olan optimum değerlerine erişilmiştir.

Optimizasyon ait iterasyon ve parçacık sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. İdeal girişim değeri olarak belirtilen -60 dBm'e yakınsamayı hedefleyerek algoritma ile Şekil 3.3'de görüldüğü üzere, parçacıkların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında uygun sonuçlara ulaştığı görülmüştür.

Çizelge 3.3: Uygulama-3.1.1.'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	iterasyon sayısı	100	
	Parçacık Sayısı	12	
	c_1, c_2	2	
	V_{max}	$0.8 * (x_{max} - x_{min}) * 0.5$	
	w	$0.4 < w < 0.9$	
	$I_{istenilen} (dBm)$	-60	-60
Girişim denkleminde ait parametreler	$P_t (W)$	$1 < P_t < 10$	5
	$d_h (m)$	$5 < d_h < 12$	11.5
	$d_t (m)$	$3 < d_t < 7$	3.3
	$\Theta_e (derece)$	$0 < \Theta_e < 180$	2
	$\Theta_t (derece)$	$0 < \Theta_t < 180$	174
	f (GHz)	$11.7 \times 10^9 < f < 12.2 \times 10^9$	12.66×10^9



Şekil 3.3: Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.1.1.'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

Uygulamada 12 parçacık kullanılmış olup 100 iterasyonla algoritma durdurma koşulu belirlenmiştir. (2.4) denklemi ile her iterasyonda bir parçacıkta meydana gelecek maksimum değişiklik (hız) ayarlanmıştır. (2.5) denklemindeki gibi hız fonksiyonunda yer alan w atalet faktörü her tekrarlama doğru olarak azaltılmıştır. Bai'nin (2010) araştırmaları sonucu en iyi sonuca 2 değeriyle ulaşıldığı bilgisine dayanarak öğrenme faktörleri $c_1 = c_2 = 2$ alınarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

3.1.2 Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu

Maliyet fonksiyonu (3.6)'deki girişim denkleminde yer alan P_t , f , d_t , d_h , Θ_e , Θ_t SGA uygulamasında kromozom olarak tasarlanmıştır.

$$\text{Kromozom} = [P_t \ f \ d_t \ d_h \ \Theta_e \ \Theta_t] \quad (3.16)$$

Her biri gen olarak adlandırılan ve kromozomları oluşturan (3.15) değişken için ilk olarak çözüm uzayını sınırlandırmak adına maksimum ve minimum değerler tanımlanmıştır. Uygulamaya ait parametreler Çizelge 3.4'deki gibi alınarak sürekli genetik algoritma programı çalıştırılmıştır.

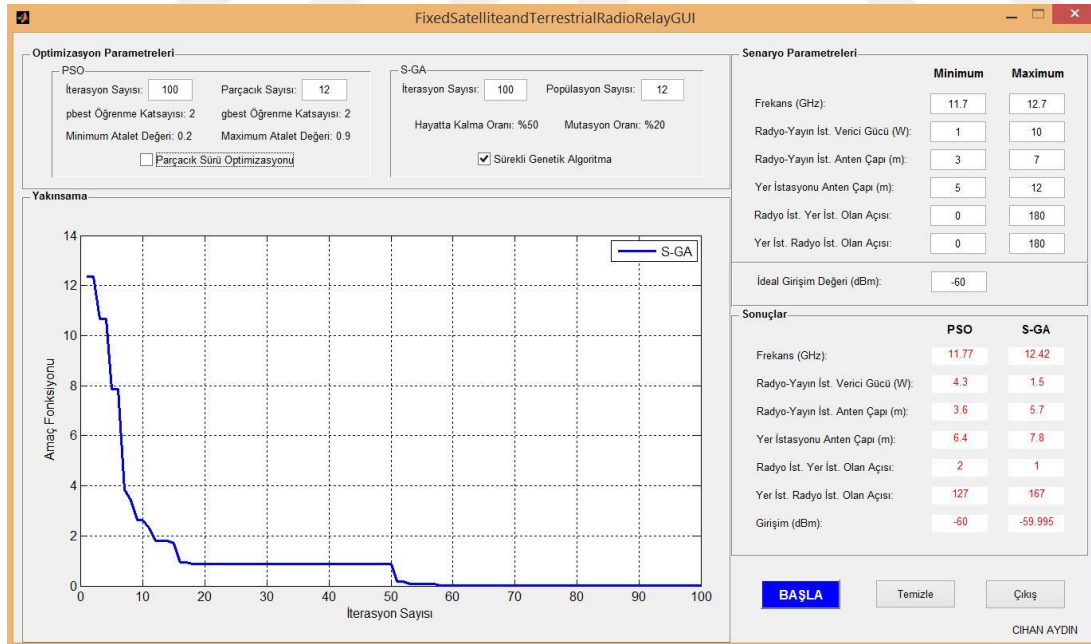
Başlangıç popülasyonun 12 kromozomdan oluşmasına karar verildikten sonra, (2.10) denklemi ile rasgele değişkenler atanarak başlangıç popülasyonu yaratılmıştır. Her bir kromozom için maliyet değeri hesaplanarak sırayla önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılan Sürekli Genetik Algoritmanın tüm adımları (doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon) uygulanmıştır.

Maliyet değerine göre kromozomlar her tekrarlama minimum maliyet değerinden başlayarak sıralanmıştır. Başlangıç popülasyonunun yarısı kadar kromozom doğal seleksiyon sonrası hayatını sürdürmüştür. Sonrasında daha iyi nesiller elde edebilmek amacıyla eş seçim ile (2.14) ve (2.15) denklemleri kullanılarak çaprazlama gerçekleşmiştir. Yeni üretilen kromozomlar başlangıç popülasyonunda rasgele üretilen kromozomlardan hayatta kalanların ebeveyn olarak seçilmesi sonrası o ebeveynlere ait genlerin kullanımı ile değişime uğramış değerlere sahip olmuşlardır. Çaprazlama adımından sonra global minimum noktasına ulaşmak yerine yerel minimum noktasına takılmayı önlemek adına mutasyon işlemine geçilmiştir. İlk kromozom üzerinde değişiklik yapılmadan %20 mutasyon oranı kabulü ile her

nesilde değişiklik yapılmıştır. Son aşamada oluşan popülasyon matrisindeki kromozomlar, amaç fonsiyonuna uygulanmıştır.

Çizelge 3.4: Uygulama-3.1.2’de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	İterasyon Sayısı	100	
	Başlangıç	12	
	Popülasyonu		
	Doğal Seçim oranı	%50	
	Eşleşecek kromozom sayısı	6	
	Mutasyon Oranı	%20	
Girişim denkleminde ait parametreler	$I_{istenen}(dBm)$	-60	-60
	$P_t (W)$	$1 < P_t < 10$	4.3
	$d_h (m)$	$5 < d_h < 12$	6.4
	$d_t (m)$	$3 < d_t < 7$	3.4
	$\Theta_e (derece)$	$0 < \Theta_e < 180$	2
	$\Theta_t (derece)$	$0 < \Theta_t < 180$	127
	$f (GHz)$	$11,7 \times 10^9 < f < 12,7 \times 10^9$	11.77×10^9



Şekil 3.4: Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.1.2’deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

Algoritma sonlandırma kriteri olan maksimum iterasyon sayısına ulaştığında optimum girişim değerine ulaşılmasını sağlayan kromozomun bilgisine erişilmiştir.

Optimizasyon ait iterasyon ve popülasyon sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Kromozomların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalması şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek algoritmanın uygun sonuçlara ulaştığı görülmüştür.

3.2 Yüksek İrtifa Platformları (HAPs) ile Hücresel Sistemler Arasındaki Girişim

Karasal ve Uydu sistemleri mobil haberleşme servislerini sağlamada kullanılan sistemlerdir. Bu sistemlerdeki mevcut bir takım dezavantajlardan dolayı daha yenilikçi ve etkin haberleşme sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda hücresel haberleşme teknolojisine alternatif çözüm sunan ve spektrumun daha etkin kullanımına olanak sağlayan Yüksek İrtifa Platformları (HAPs) geliştirilmiştir.

8 Mayıs-2 Haziran tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen WRC-2000'de ele alınan ek bant gereksinimi neticesinde, HAPS'in sınırlı koşullarda karasal IMT-2000 için birincil bazda hücresel mobil servislere tahsis edilen WARC-92 frekans bantlarını (Çizelge 3.5) kullanabileceği kabul edilmiştir (Yanık, 2002).

Çizelge 3.5: IMT-2000 servisinde HAPs'in kullanabileceği WARC-92 frekans bantları.

1. ve 3. Bölge Frekans Bandı	2.Bölge Frekans Bandı
1,885 - 1,980 MHz	1,885 - 1,980 MHz
2,010 - 2,025 MHz	2,110 - 2,160 MHz
2,110 - 2,170 MHz	

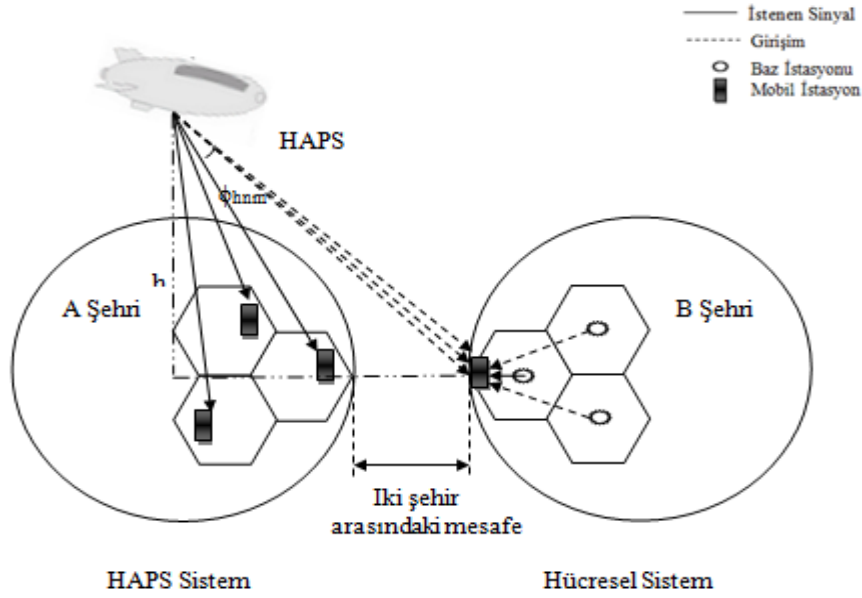
Resolution 221 (WRC-2000)'e göre, Çizelge 3.5'de yer alan bantlarda HAPS sistemleri, IMT-2000'in karasal bileşenleriyle, 20-50 km yükseklikte stratosferde baz istasyonu olarak yeni nesil haberleşme sistemleri için servis vermektedir ve bu paylaşımdan dolayı hücresel IMT-2000 sistemleri ile HAPS sistemi arasında girişim meydana gelmektedir. Bu nedenle, aynı frekans bandında çalışan HAPS ve diğer sistemler arasındaki girişimin azaltılmasını amaçlayan tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bölümde, "Evaluation of Interference Effect into Cellular System from High Altitude Platform Station to Provide IMT-2000 Service" adlı makale referans kabul

edilerek (Park ve diğ, 2003) ve ilgili ITU Recommendation (Rec. ITU-R M.1641-1) da takip edilerek (ITU, 2006), HAPS'ın hücresele mobil istasyonuna yaptığı girişim ele alınacaktır. Söz konusu girişimin ideal değere yakınsaması amacıyla, Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Sürekli Genetik Algoritma yöntemleri uygulanarak optimum değerler elde edilmeye çalışılacaktır.

HAPS IMT-2000 sisteminin yeryüzü hücresele IMT-2000 sistemine yapmış olduğu girişim Şekil 3.5'deki gibi iki kısımda ele alınacaktır:

- Hücresele sistemdeki komşu hücrelerden kaynaklanan girişim
- HAPS IMT-2000 sisteminden kaynaklanan girişim



Şekil 3.5: HAPS sisteminden hücresele mobil istasyonuna olan girişim.

Girişim hesaplamalarında yayılım modeli olarak, hücresele sistem için (3.17) denkleminde yer alan Hata modelinin basitleştirilmiş ve genişletilmiş bir versiyonu, HAPS sistem için (3.18) denkleminde yer alan serbest uzay kaybı (free space loss) yayılım modeli kullanılacaktır.

$$L = 25.87 + 33.9 \log_{10}(f) + 40 \log_{10}(R) \quad (3.17)$$

$$L = 32.4 + 10 \log_{10}(f \cdot d) \quad (3.18)$$

L : Yol kaybı (dB)

F : Frekans (MHz)

R,d : Menzil (km)

Şekil 3.5’de gösterildiği gibi IMT-2000 servis sağlayıcılar yakın arazilerde farklı sistemleri kullanabilmektedir. Bu doğrultuda, A Şehrinde HAPS sistemin, B Şehrinde de hücresel sistemin tercih edildiği varsayılarak, HAPS servis alanına en yakın mobil istasyona olan girişim hesaplanacaktır. Girişime maruz kalan mobil istasyonu hücresel sistemin kapsama alanının sınırında bulunduğundan, içinde bulunduğu hücrenin yaratabileceği girişim ihmal edilecektir. Denklem (3.19)’de komşu hücrelerin neden olduğu girişim ve HAPS’in neden olduğu girişim dikkate alınacaktır.

$$I = I_{hücresel} + I_{HAPS} \quad (3.19)$$

$$= \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\alpha_i M_i l_i}{3} S_i 10^{\frac{G_i}{10}} \left[\sum_{m=1}^{c_{in}} d_{inm}^{-4} \right] + \alpha_h M_h l_h S_h d_h^{-2} \left[\sum_{m=1}^{c_{hn}} 10^{\frac{G_m(\phi_{hnm})}{10}} \right] \right\}$$

Denklemden yer alan değişkenler:

α_i : hücresel sistemde ses aktivite faktörü

α_h : HAPS sisteminde ses aktivite faktörü

S_i : hücre kenarındaki kullanıcıya hücresel baz istasyonundan iletilen güç (mW)

M_i : her bir hücre içerisindeki hücresel sistem kullanıcı sayısı

M_h : her bir hücre içerisindeki HAPS sistem kullanıcı sayısı

l_i : kilometre başına düşen hücresel yol kaybı

l_h : kilometre başına düşen HAPS yol kaybı

c_{in} : hücresel sistemde n. dizinin girişime neden olan hücre sayısı

N : dizi

c_{hn} : HAPS’in hücresel alanın kenarında yer alan mobil istasyona doğru girişime neden olan hücre sayısı

d_h : hücresel mobil istasyonu ile HAPS baz istasyonu arasındaki mesafe (km)

d_{inm} : hücresel mobil istasyonu ile hücresel baz istasyonu arasındaki mesafe (km)

ϕ_{hnm} : hücresel mobil istasyona olan girişim hüzmesi ile HAPS’in ışınla yaptığı hücreye doğru olan hüzme arasındaki açı

S_h : HAPS baz istasyonunun hücre kenarında yer alan kullanıcıya doğru olan gücü (mW)

G_i : hücresel sistemde baz istasyonunun anten kazancı

G_{hn} : HAPS nadir ile hücresel sistemdeki mobil istasyon arasındaki Θ açısına göre HAPS anten kazancı

Denklem (3.20)'de hücresel sisteme ait güç formülü bulunmaktadır.

$$P(r_j) = \begin{cases} \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^4 S_i 10^{\frac{G_i}{10}} & 0 < r_j \leq r_{i0} \\ \left(\frac{r_j}{R_i}\right)^4 S_i 10^{\frac{G_i}{10}} & r_{i0} < r_j \leq R_i \end{cases} \quad (3.20)$$

r_{i0} : kırılma noktası

r_j : hücredeki j'inci mobil istasyona olan uzaklık

R_i : hücre yarıçapı

S_i : kullanıcı başına düşen verici gücü

Denklem (3.19) ve (3.20) kullanılarak, girişime maruz kalan mobil istasyon için denklem (3.21)'de verilen taşıyıcı-girişim oranına (C/I) erişilmektedir.

$$C/I = \frac{P(r_j) \times R_i^{-4}}{I} \quad (3.21)$$

Denklem (3.21)'de verilen taşıyıcı-girişim oranı, Parçacık Sürü Optimizasyonunun ve Sürekli Genetik Algoritmanın uygulanacağı amaç foksiyonunda yer alacaktır. En az girişime neden olacak şekilde *Frekans* (f), *HAPS'ın irtifası* (H), *HAPS'ın hücre kenarında yer alan kullanıcıya doğru yarattığı güç* (S_{hn}), *HAPS ve Hücresel sistemde her hücredeki mevcut kullanıcı sayısı* (M_i & M_h) için en uygun değerler araştırılacaktır. Eniyilemenin gerçekleştirileceği bu parametreler program içerisinde değişken olarak değerlendirilecektir ve f, H, S_{hn} , M_i , M_h değerlerine bağlı olarak (3.19) girişim formülündeki *HAPS link gücü* (S_h), *her hücredeki kullanıcı sayısı* (M_i ve M_h), *yol kaybı* (l_i ve l_h), *HAPS anten kazancı* (G_{hn}) hesaplanacaktır.

Hem PSO hem de SGA uygulamasında amaç fonksiyonunda kullanılacak olan ve girişim formulunde yer alan HAPS anten kazancı (G_h) için (3.22) daki karşılık gelen değer hesaplamaya katılacaktır.

$$G(\theta) = \begin{cases} G_m - 3(\theta / \theta_b)^2 & dBi & 0 \leq \theta \leq \theta_1 \\ G_m + L_N & dBi & \theta_1 < \theta \leq \theta_2 \\ X - 60 \log(\theta) & dBi & \theta_2 < \theta \leq \theta_3 \\ L_F & dBi & \theta_3 < \theta \leq 90 \end{cases} \quad (3.22)$$

Denklemdaki değişkenler:

G_m : ana demetin maksimum kazancı

θ_b : ilgili düzlemde 3 dB demet genişliği (3 dB altında G_m)

L_N : sistem tarafından kabuledilen ani kazanç ile ilişkili yakın-iç-demet seviyesi, maksimum -25 dB

L_F : $G_m - 73$ dB uzaklıkta yan demet seviyesi (dBi)

θ_1 : $\theta_b \sqrt{-L_N / 3}$

θ_2 : $3.745 \theta_b$

X : $G_m + L_N + 60 \log \theta_2$

θ_3 : $10^{\frac{X - L_F}{60}}$

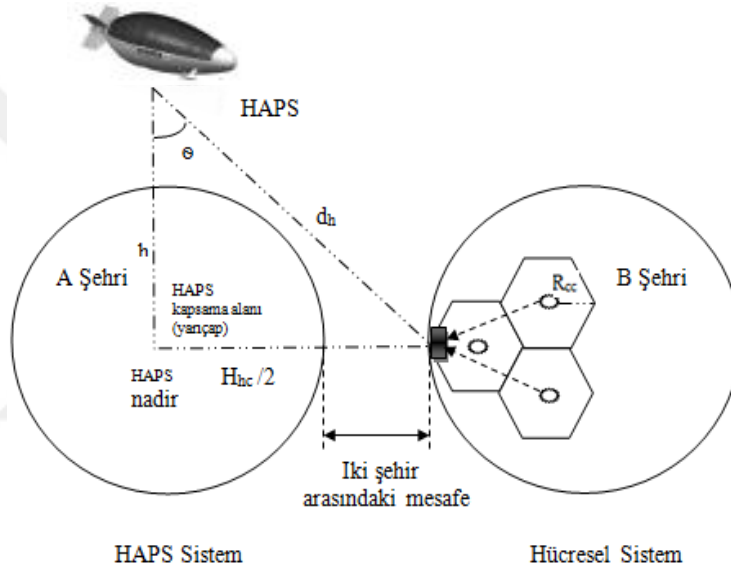
HAPS anten kazancı G_h gibi, (3.19) denkleminde yer alan hücrel sistem anten kazancı G_i için, modelleme esnasında seçilecek CDMA sistemine göre Çizelge 3.6' dailgili sisteme karşılık gelen değer hesaplamaya katılacaktır. Kararlaştırılan her CDMA sistemi için S_i 100 mW olarak kullanılacaktır.

Çizelge 3.6: IMT-2000 Hücrel sistemlere ait anten kazancı ve taşıyıcı-girişim oranı.

Sistem	Anten Kazancı (dB)	C/I (dB)
CDMA2000 1x (ses)	15.0	-16.00
CDMA2000 1x (veri)	15.0	-11.00
CDMA2000 3x	18.8	-17.47
WCDMA	0.8	-20.00

PSO ve SGA uygulamaları başlatılmadan önce değişken olarak işleme dahil edilecek parametreler için maksimum ve minimum sınır değerleri belirlenmiştir. Girişim hesaplamasının yapılacağı (Şekil 3.5) için hücrel sistemin ve HAPS sistemin 1885-

1980 MHz frekans aralığında servis verdiği kabul edilmiştir. Eniyilemenin gerçekleştirileceği S_h kullanıcı başına 10 ile 200 mW aralığında sınırlandırılmıştır. Şekil 3.6’da kolaylıkla görülebileceği gibi HAPS ile girişimin meydana geleceği mobil istasyon arasındaki d_h mesafesini ve Θ açısını (dolayısıyla G_h ve Yol Kaybını) etkileyecek olan HAPS’in irtifası (H) en az 20 - en çok 50 km olacak şekilde seçilmiştir. Ayrıca kapsama alanı sınırında yer alan (HAPS’a en yakın) mobil istasyona komşu iki hücrenin baz istasyonunun girişim yaptığı kabulü ile hücresel girişim hesaplamaları yapılmıştır. $I_{hücre}$ hesaplamasında d_{inn} ’i etkileyecek olan hücrelerin kapsama alanları R_c (hücre çapı) 1 km olarak alınmıştır. Uygulamada kullanılacak olan tüm parametrelere ait sınır değerleri Çizelge 3.7’de paylaşılmıştır.



Şekil 3.6: HAPS sistem yükseklik ve mobil istasyona olan uzaklık gösterimi.

Hücresel ve HAPS sistemine ait hücrelerdeki kullanıcı sayısı (M_i , M_h) 50-100 aralığında kabul edilmiştir.

Çizelge 3.7: PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri.

Parametre	Minimum	Maksimum	Birim
F	1885	1980	MHz
H	20	50	km
M_i	50	100	-
M_h	50	100	-
S_h	10	200	mW/kullanıcı

Girişim denkleminde bulunan, PSO ve SGA uygulamasında CDMA sistemine göre belirlenen S_i ve G_i ve ses aktivite faktörü α sabitine ait değerler Çizelge 3.8’de

listelenmektedir. Kabul edilen bu değerlere referans alınan ana makaleden ulaşılmıştır (Park ve diğ, 2003).

Çizelge 3.8: PSO ve SGA uygulamalarındaki değişken olmayan parametreler ve kabul edilen değerleri.

Parametre	Değer	Birim
R_c	1	km
S_i	100	mW
A	0.375	-
G_i	15.0	
(seçilen sistemine göre)	18.8	dB
	0.8	

Bu çalışmada algoritma uyarlaması, taşıyıcı-girişim oranına ait fonksiyonun (C/I) her iterasyondaki parçacık ve kromozom için çıkan maliyet değerinin ideal değerinden çıkarılmasıyla gerçekleştirilecektir.

Her iki algoritma için amaç fonksiyonu (3.23)'deki gibi tanımlanacaktır. Amaç fonksiyonu minimum değere yaklaştırılacak f , H , M_i , M_h , S_h parametrelerinin optimum değerleri hesaplanacaktır. İterasyon başlangıçta belirlenen tasarım koşulu olan iterasyon sayısına ulaşıldığında durdurulacak ve eniyilemenin gerçekleştirildiği parametrelerin değerleri belirlenecektir.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} = |(C/I)_{\text{ideal}} - (C/I)| \quad (3.23)$$

3.2.1 Yüksek irtifa platformları (HAPs) ve hücreli sistem arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu

PSO uygulamasında, (3.23) amaç fonksiyonundaki Girişim denkleminde (3.19) yer alan f , h , M_i , M_h ve S_h eniyilemenin gerçekleştireceği parçacıkları oluşturan değerlerdir. Çözüm uzayında tanımlanan bir parçacığın pozisyonu (3.24)'deki gibi beş boyutlu olarak tasarlanmıştır.

$$P = [f \ H \ M_i \ M_h \ S_h] \quad (3.24)$$

100 iterasyonla algoritma durdurma koşulu belirlenmiştir ve 12 parçacık kullanılmıştır. Her iterasyonda (2.4) denklemi ile bir parçacıkta meydana gelecek maksimum hız elde edilmiştir.

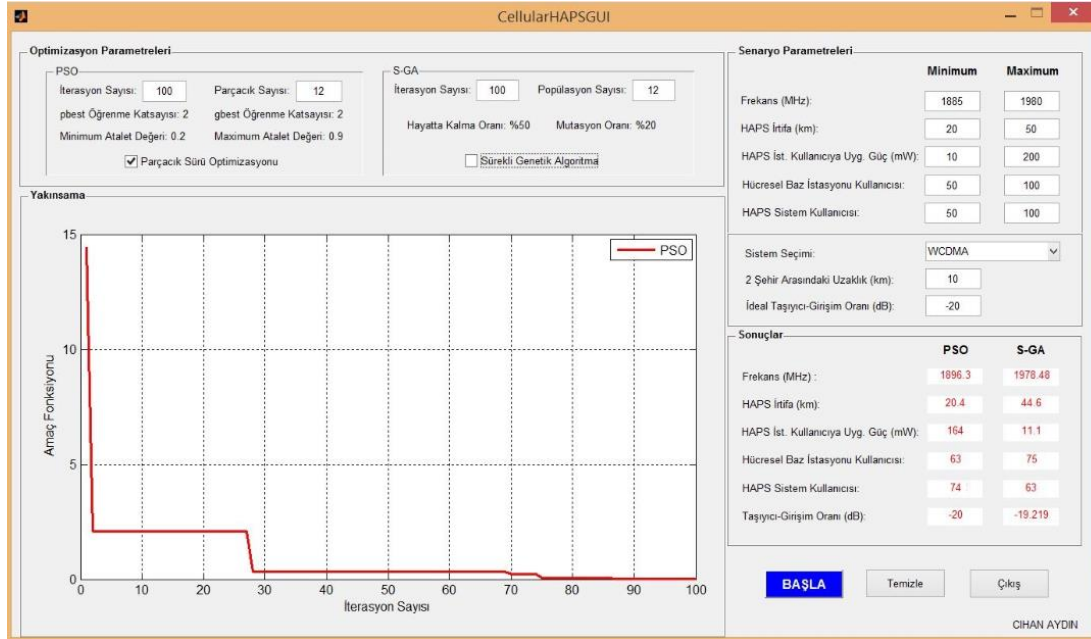
Bu parçacıkların, Çizelge 3.9'de belirtilen maksimum ve minimum sınır değerleri arasında sonuç vermesi şartıyla, her iterasyonda global en iyi (gbest) ve parçacık en

iyi (pbest) değer ile karşılaştırılarak algoritma tanımlanan iterasyon sayısına ulaşıldığında sonlandırılmıştır.

Uygulama-3.1.1’de olduğu gibi öğrenme faktörleri (c_1 ve c_2) 2 olarak kabul edilmiştir, w atalet faktörü de her tekrarlama da doğrusal olarak azaltılmıştır.

Çizelge 3.9: Uygulama-3.2.1’de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	iterasyon sayısı	100	
	Parçacık Sayısı	12	
	c_1, c_2	2	
	W	$0.4 < w < 0.9$	
	V_{max}	$0.8 * (x_{max} - x_{min}) * 0.5$	
CDMA2000 1x(ses)	$(C/I)_{ideal}$ (dB)	-16.00	
CDMA2000 1x(veri)	$(C/I)_{ideal}$ (dB)	-11.00	
CDMA2000 3x	$(C/I)_{ideal}$ (dB)	-17.47	
WCDMA	$(C/I)_{ideal}$ (dB)	-20.00	-20.00
Girişim denklemine ait parametreler	H (km)	$20 < H < 50$	20.4
	M_i (kişi)	$50 < M_i < 100$	63
	M_h (kişi)	$50 < M_h < 100$	74
	S_h (mW)	$10 < S_h < 200$	164
	f (MHz)	$1885 \times 10^6 < f < 1980 \times 10^6$	1896.3×10^6



Şekil 3.7: Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.2.1. girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

Anten kazancı G_i , seçilen sistem CDMA2000 1x ise 15dB, CDMA2000 3x ise 18.8dB, WCDMA ise 0.8dB olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere, sürü mantığına uygun olarak parçacıkların global çözümün etrafında toplanma davranışı gözlenmiş ve HAPS sistemin hücrese mobil istasyona yaptığı girişimi en aza indirgeyecek olan optimum değerlerine erişilmiştir.

3.2.2 Yüksek irtifa platformları (HAPs) ve hücrese sistem arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu

(3.23) amaç fonksiyonunda yer alan (3.19) girişim denklemindeki f , H , M_i , M_h ve S_h değişkenleri, SGA uygulamasında kromozom olarak tasarlanmıştır.

$$\text{Kromozom} = [f \ H \ M_i \ M_h \ S_h] \quad (3.25)$$

İlk olarak çözüm uzayını sınırlandırmak adına maksimum ve minimum değerler tanımlanmıştır. Uygulamaya ait parametreler Çizelge 3.10’deki gibi alınarak sürekli genetik algoritma programı çalıştırılmıştır.

Başlangıç popülasyonun 12 kromozomdan oluşturulmuştur. (2.10) denklemine uygun olarak rasgele değişkenler atanmış ve başlangıç popülasyonu yaratılmıştır. Her bir kromozom için maliyet değeri hesaplanarak sırayla Sürekli Genetik Algoritmanın tüm adımları (doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon) uygulanmıştır.

Maliyet değerine göre kromozomlar her tekrarlamada minimum maliyet değerinden başlayarak sıralanmıştır. Başlangıç popülasyonunun yarısı kadar kromozom doğal seleksiyon sonrası hayatını sürdürmüştür. Sonrasında daha iyi nesiller elde edebilmek amacıyla eş seçim ile (3.10) ve (3.11) denklemleri kullanılarak çaprazlama gerçekleşmiştir. Çaprazlama adımından sonra mutasyon işlemine geçilmiştir. İlk kromozom üzerinde değişiklik yapılmadan %20 mutasyon oranı kabulü ile her nesilde değişiklik yapılmıştır. Son aşamada oluşan popülasyon matrisindeki kromozomlar, amaç fonksiyonuna uygulanmıştır.

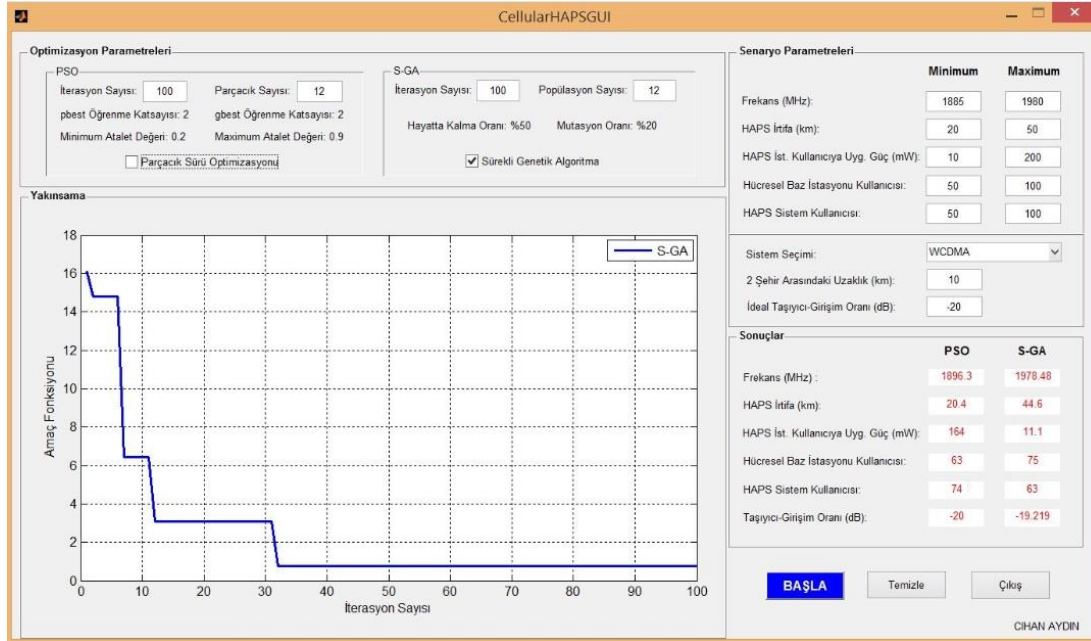
Algoritma sonlandırma kriteri olan maksimum iterasyon sayısına ulaştığında optimum girişim değerine ulaşılmasını sağlayan kromozomun bilgisine erişilmiştir.

Optimizasyon ait iterasyon ve popülasyon sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Uygulanılması istenen girişim modeli için sistem seçimi desteklenmiştir.

Kromozomların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalması şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek algoritmanın uygun sonuçlara Şekil 3.8'deki gibi ulaştığı görülmüştür.

Çizelge 3.10: Uygulama-3.2.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	İterasyon Sayısı	100	
	Başlangıç Popülasyonu	12	
	Doğal Seçim oranı	%50	
	Eşleşecek kromozom sayısı	6	
	Mutasyon Oranı	%20	
CDMA2000 1x(ses)	(C/I) _{ideal} (dB)	-16.00	
CDMA2000 1x(veri)	(C/I) _{ideal} (dB)	-11.00	
CDMA2000 3x	(C/I) _{ideal} (dB)	-17.47	
WCDMA	(C/I) _{ideal} (dB)	-20.00	-19.219
Girişim denkleminde ait parametreler	H (km)	20 < H < 50	44.6
	M _i (kişi)	50 < M _i < 100	75
	M _h (kişi)	50 < M _h < 100	63
	S _h (mW)	10 < S _h < 200	11.1
	f (MHz)	1885x10 ⁶ < f < 1980x10 ⁶	1978.48x10 ⁶



Şekil 3.8: Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.2.2.'deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

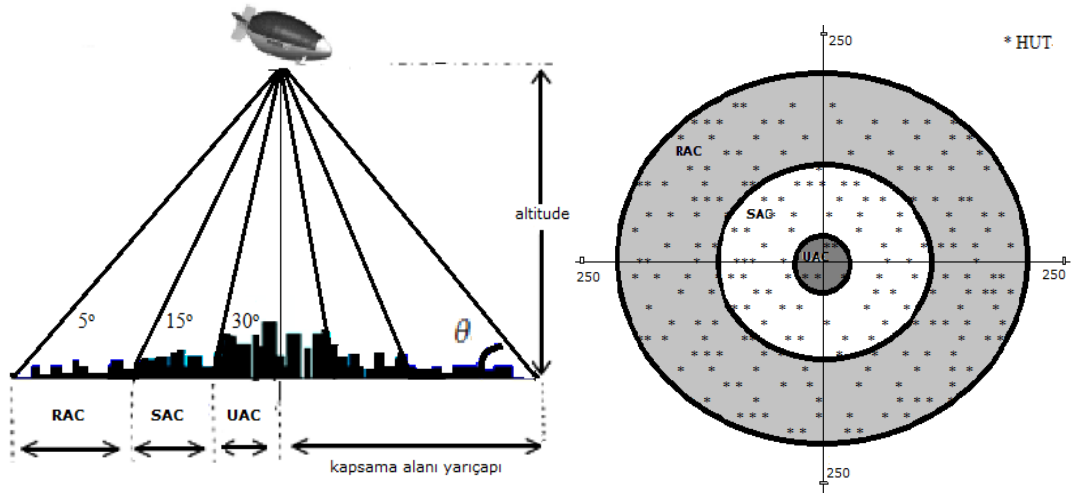
3.3 HAPS Kullanıcı Terminalleri (HUTs) ve Uydu Alıcısı Arasındaki Girişim

Önceki bölümde bahsedildiği üzere Yüksek İrtifa Platformları yerden 20-50 km yükseklikteki istasyonlardır. Konvansiyonel olan karasal ve uydu sistemlerine alternatif ya da bu sistemleri destekleyen ve tamamlayan servisler olarak hizmet vermektedir. HAPS'lar özellikle, IMT-2000 servisleri için baz istasyonu olarak kullanılmakta, veri transferine olanak sağlayan bağlantı girişi olarak değerlendirilmekte ve geniş bant kablosuz servisler için de altyapı olarak tercih edilmektedir.

HAPS, yüksek irtifa platformu ve kapsama alanında bulunan HAPS Kullanıcı Terminallerinden (HUTs) oluşmaktadır. HAPS'ın kapsama alanı yükseklik açısına göre Şekil 3.9'da ve Çizelge 3.11'de paylaşıldığı gibi, kentsel kapsama alanı (UAC), banliyö kapsama alanı (SAC) ve kırsal kapsama alanı (RAC) olarak tanımlanmaktadır (Al-Samhi ve Rajput, 2012). HAPS nadir'in (en alt nokta), UAC'nin merkezinde yer aldığı kabulü ile Şekil 3.10'da kapsama alanları gösterilmektedir.

Çizelge 3.11: HAPS kapsama alanları (ITU,2000a).

Kapsama Alanı	Yükseklik Açısı (derece)	Menzil (km)
UAC	90-30	0-36
SAC	30-15	36-76.5
RAC	15-5	76.5-203



Şekil 3.9: HAPS kapsama alanları.

Geniş band servislere olan talebin artmasıyla, spectrumun etkin kullanımı için yüksek frekans bantlarıyla ilgili frekans paylaşımı oldukça önemli hale gelmiştir. Bu

$$P_r = \sum_i \left(P_t^i + G_h(\phi_h^i) + G_s(\phi_s^i) - L_a(\theta_i) - 10 \log B - 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda} - 60 \right) \quad (3.26)$$

Denkleimde yer alan değişkenler:

P_r : HUTların toplam yarattığı girişim

P_t^i : Her bir HUT'ın yayın gücü

d : HUT ve uydu arasındaki mesafe (km)

B : Bant genişliği

$G_h(\phi_h^i)$: Her bir HUT için anten kazancı

$G_s(\phi_s^i)$: GEO alıcının anten kazancı

$L_a(\theta_i)$: HUT'lara ait yükseklik açısına göre atmosferik emilim

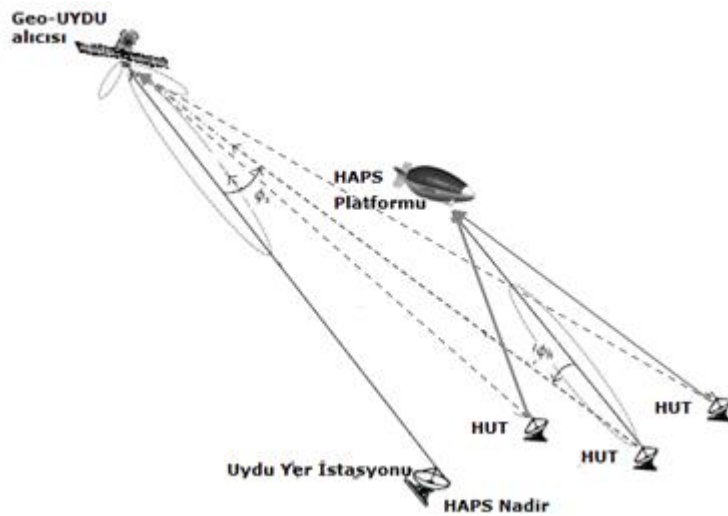
Kullanıcı istasyonunun GEO uyduya olan uzaklığı (3.27) hesaplaması ile elde edilecektir.

$$d = \sqrt{(r+h)^2 - (r \cos \theta)^2} - r \sin \theta \quad (3.27)$$

r : Dünya'nın yarıçapı (6400 km)

h : Uydunun ekvatorдан olan yüksekliği (36000 km)

θ : Yükseklik açısı



Şekil 3.11: HAPS ve GEO arasındaki girişim hesaplama.

HAPS kapsama alanlarına HUT'lar rasgele olarak yerleştirilecektir. Şekil 3.11'de, her bir kullanıcı istasyonunun HAPS platformuna yaptığı ana hüzmeye doğrusu ile GEO uydusuna yaptığı girişim doğrusu arasındaki açı ϕ_h olarak, GEO uydunun Yer İstasyonuna yaptığı ana hüzmeye doğrusu ile HUT'ın GEO uydusuna yapmış olduğu girişim doğrusu arasındaki açı ϕ_s olarak gösterilmektedir. Buradaki açı değerlerine (3.28)'deki kosünüs formülünden ulaşılabacaktır.

$$\begin{aligned}\phi_h^i &= \cos^{-1} \left[\frac{(I_{h-p}^i)^2 + (I_{h-s}^i)^2 - (I_{p-s}^i)^2}{2 \cdot (I_{h-p}^i) \cdot (I_{h-s}^i)} \right] \\ \phi_s^i &= \cos^{-1} \left[\frac{(I_{h-s}^i)^2 + (I_{s-e}^i)^2 - (I_{h-e}^i)^2}{2 \cdot (I_{h-s}^i) \cdot (I_{s-e}^i)} \right]\end{aligned}\quad (3.28)$$

Formülde yer alan uzaklıklar:

I_{h-p}^i : i . HUT'dan HAPS Platformuna olan uzaklık

I_{h-s}^i : i . HUT'dan GEO alıcısına olan uzaklık (girişim formülünde ' d ' değişkeni olarak yer alır)

I_{p-s}^i : HAPS Platformu'ndan GEO alıcısına olan uzaklık

I_{h-e}^i : i . HUT'dan Yer İstasyonuna olan uzaklık

I_{s-e}^i : GEO alıcısından Yer İstasyonuna olan uzaklık

Kullanıcı istasyonları yükseklik açılarına göre Şekil 3.9'daki gibi UAC, SAC ve RAC olarak ayrıştırılan HAPS kapsama alanlarına yerleştirilirler. Bu yaklaşımla, her bir HUT'ın bulunduğu kapsama alanına göre bant genişliğine (B), yayın gücüne (Pt) ve maksimum anten kazancına (G_{max}) Çizelge 3.11'den ulaşılabacaktır.

Çizelge 3.12: HAPS verici parametreleri.

Kapsama Alanı	Güç yoğunluğu P_t (dB(W/MHz))	Maksimum Anten Kazancı G_{max} (dBi)	Bant Genişliği B (MHz)
UAC	- 8.2	23	2
SAC	- 7	38	2
RAC	-1.5	38	2

Girişim denkleminde yer alan $G_h(\phi_h^i)$ kullanıcı istasyonlarının anten kazançları, sahip oldukları ϕ_h açısına göre (3.16)'deki hesaplamalar sonucu elde edilecektir.

$$G_h(\phi_h) = \begin{cases} G_{mak} - 2.5 \times 10^{-3} \left(\frac{D}{\lambda} \phi_h\right)^2 & 0 < \phi_h < \phi_m \\ 2 + 15 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) & \phi_m \leq \phi_h < \frac{100\lambda}{D} \\ 52 - 10 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) - 25 \log \phi_h & \frac{100\lambda}{D} \leq \phi_h < 48^\circ \\ 10 - 10 \log\left(\frac{D}{\lambda}\right) & 48^\circ \leq \phi_h \leq 180^\circ \end{cases} \quad (3.29)$$

(3.29) hesaplamalarındaki D , HUT antenlerinin çapını ifade etmektedir. Koşullar arasında bulunan ϕ_m derecesi de (3.30) denkleminde elde edilir.

$$\phi_m = \frac{20\lambda}{D} \sqrt{G_{mak} - 2 - 15 \log \frac{D}{\lambda}} \quad (3.30)$$

Girişim denkleminde yer alan $G_s(\phi_s)$ GEO alıcının anten kazancına, her bir HUT ile etkileşimi esnasında Uydunun sahip olduğu ϕ_s açısına göre (3.31)'daki hesaplamalar sonucu ulaşılabacaktır. Denkleminde yer alan uydu alıcısının maksimum kazancı (G_{max}) 51.8 dBi olarak sabit bir değer alınacaktır.

$$G_s(\phi_s) = \begin{cases} G_{mak} - 3 \left(\frac{\phi_s}{\phi_{3dB}}\right)^2 & \phi_{3dB} \leq \phi_s \leq 2.58\phi_{3dB} \\ G_{mak} - 25 & 2.58\phi_{3dB} < \phi_s \leq 6.32\phi_{3dB} \\ G_{mak} - 25 + 25 \log \phi_s & 6.32\phi_{3dB} < \phi_s \leq 6.32\phi_{3dB} \times 10^{0.04(G_{max} - 25)} \\ 0 & 6.32\phi_{3dB} \times 10^{0.04(G_{max} - 25)} \leq \phi_s < 90^\circ \\ -10 + 0.25G_{mak} & 90^\circ \leq \phi_s \leq 180^\circ \end{cases} \quad (3.31)$$

Koşullar arasında bulunan ϕ_{3dB} derecesi de (3.32) denkleminde elde edilir.

$$\phi_{3dB} \approx 10^{(44.5 - G_{mak}) / 20} \quad (3.32)$$

Uygulamanın gerçekleştirileceği 47.9 - 48.2 GHz frekans aralığında, girişim denkleminde yer alan yayılım azalma faktörü olan atmosferik emilim $L_a(\theta_i)$, her bir HAPS kullanıcı terminalinin sahip olduğu yükseklik açısına (θ_i) ve HAPS Platformunun bulunduğu enlem derecesine (ϕ_e) bağlı olarak, (3.33) formülü ile hesaplanacaktır. Denkleminde yer alan sabitlere ait değerler Çizelge 3.12'de bulunmaktadır; bu değerlere ana makale referans alınarak ulaşılmıştır.

$$L_a(\theta_i) = \begin{cases} \frac{57.90}{1+A_1 \theta_i + A_2 \theta_i^2 - A_3 \theta_i^3 + A_4 \theta_i^4} & 0^\circ \leq \phi_e < 22.5^\circ \\ \frac{53.06}{1+B_1 \theta_i + B_2 \theta_i^2 - B_3 \theta_i^3 + B_4 \theta_i^4} & 22.5^\circ \leq \phi_e < 45^\circ \\ \frac{53.21}{1+C_1 \theta_i + C_2 \theta_i^2 - C_3 \theta_i^3 + C_4 \theta_i^4} & \phi_e \geq 45^\circ \end{cases} \quad (3.33)$$

Çizelge 3.13: Sabit değerler.

Sabit	Değer	Sabit	Değer	Sabit	Değer
A1	0.7262	B1	0.6962	C1	0.6864
A2	0.03534	B2	0.03555	C2	0.03632
A3	0.001074	B3	0.001076	C3	0.001103
A4	0.7826×10^{-5}	B4	0.7840×10^{-5}	C4	0.8073×10^{-5}

Paylaşılan denklemler neticesinde, koşullara uygun olarak karşılık gelen $G_h(\phi_h)$, $G_s(\phi_s)$, d değerleri hesaplanacaktır. Denklem (3.26) Parçacık Sürü Optimizasyonunun ve Sürekli Genetik Algoritmanın uygulanacağı amaç foksiyonunda yer alacaktır ve en az girişime neden olacak şekilde *HAPS Platformun yüksekliği* (irtifa), Frekans (f) ve *HUT anten çapı* (D) için en uygun değerler araştırılacaktır. Eniyilemenin gerçekleştirileceği bu parametreler program içerisinde değişken olarak değerlendirilecektir ve PSO ve SGA'yı başlatmadan önce parçacıkların ve koromozomların problem uzayından uzaklaşmasını önlemek adına irtifa, f, D değişkenlerinin maksimum ve minimum olası değerleri Çizelge 3.13'deki gibi sınırlandırılacaktır.

Çizelge 3.14: PSO ve SGA uygulamalarında kullanılacak olan değişkenlere ait sınır değerleri.

Parametre	Minimum	Maksimum	Birim
İrtifa	20	50	km
D	5	10	cm
F	47,9	48,2	GHz

Frekansın maksimum-minimum değerleri kullanılarak, deklemlerde yer alan λ 'nin sınır değerlerine (3.5)'de hesaplandığı gibi ulaşılabılır. İrtifa'nın değişmesi - kapsama alanları arasındaki sınır yükseklik açıları Çizelge 3.10'daki gibi 5-15-30 derece olarak sabit kabul edileceğinden - UAC, SAC, RAC kapsama alanlarının genişliğini; D'nin değişmesi ise HUT'ların anten kazancını etkiliyor olacaktır.

Bu değişkenlere ek olarak, HUT'ların kapsama alanlarına eşit sayıda raslantısal olarak yerleştirilmesi uygulama modelinin çeşitliliğini sağlayacaktır. HUT'lar bulunduğu bölgeye göre Çizelge 3.11'deki B , G_{\max} ve P_t sabit değerlerini alacaktır. Aynı zamanda PSO ve SGA uygulamaları başlatıldığında amaç fonksiyonunda yer alan $G_h(\phi_h)$, $G_s(\phi_s)$ ve $L_a(\theta_i)$ değerleri, bu raslantısal dağılım neticesinde sahip olunacak istenen ve istenmeyen sinyaller arasındaki ϕ_h , ϕ_s , ve θ açıları sayesinde çeşitlilik gösterecektir.

Her iki algoritma için amaç foksiyonu (3.34)'deki gibi tanımlanacaktır. Girişim fonksiyonunun ideal değerinden her iterasyonda parçacık ve kromozom için elde edilen maliyet değeri çıkarılarak, amaç fonksiyonunu minimum değere yaklaştıracak olan irtifa, f , D parametrelerinin optimum değerleri hesaplanacaktır.

Başlangıçta belirlenen iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma durdurulacaktır ve eniyilemenin gerçekleştirildiği parametrelerin değerleri paylaşılacaktır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} = | (P_{r(\text{ideal})} - P_r) | \quad (3.34)$$

3.3.1 HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu

PSO uygulamasında, (3.34) amaç fonksiyonundaki Girişim denkleminde (3.26) yer alan ve anten kazançları ile atmosferik emilimi etkileyen irtifa, f , D eniyilemenin gerçekleştireceği parçacıkları oluşturan değerlerdir. Parçacığın çözüm uzayındaki pozisyonu 3.35'deki gibi üç boyutlu olarak tasarlanmıştır.

$$P = [\text{irtifa} \quad f \quad D] \quad (3.35)$$

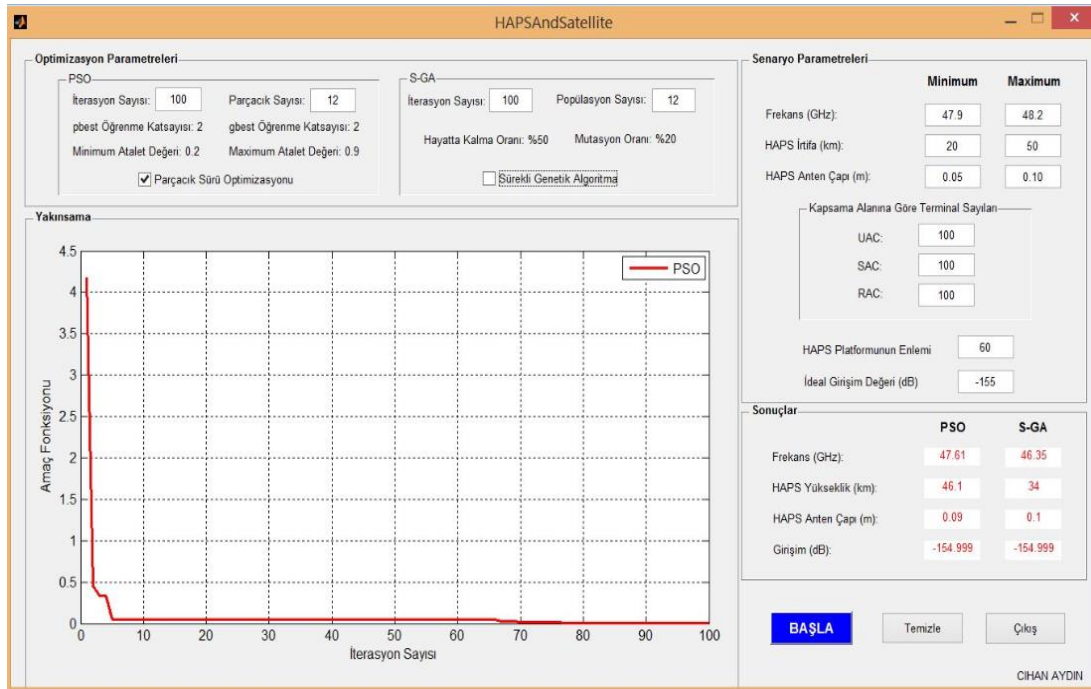
12 parçacığın kullanılacağı algoritmanın durdurma koşulu 100 iterasyon olarak belirlenmiştir. Her iterasyonda (2.4) denklemi ile bir parçacıkta meydana gelecek maksimum hız elde edilmiştir. Önceki uygulamalarda olduğu gibi öğrenme faktörleri (c_1 ve c_2) 2 olarak kabul edilmiştir, w atalet faktörü de her tekrarlama da doğrusal olarak azaltılmıştır.

Parçacıkların, Çizelge 3.15'de paylaşılan sınır değerleri arasında sonuç vermesi şartı aranarak, her iterasyonda global en iyi (gbest) ve parçacık en iyi (pbest) değer ile karşılaştırılıp, tanımlanan iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma sonlandırılmıştır. Raslantısal olarak yerleştirilen HUT'ların GEO uydusuna olan girişimini en aza indigeyecek olan optimim değerlere erişilmiştir.

Optimizasyon ait iterasyon ve parçacık sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Her HAPS kapsama alanı için giriş yapılan kullanıcı sayısı rasgele olarak dahil olduğu bölgede konuşlandırılmıştır. Şekil 3.12’de giriş yapılan parçacıkların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalmak şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek uygun sonuçlara ulaştığı görülmüştür.

Çizelge 3.15: Uygulama-3.3.1’de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	İterasyon sayısı	100	
	Parçacık Sayısı	12	
	c_1, c_2	2	
	w	$0.4 < w < 0.9$	
	V_{max}	$0.8 * (X_{max} - X_{min}) * 0.5$	
Girişim denkleminde ait parametreler	$P_{R(ideal)}$ (dB)	-155	-154.999
	irtifa (km)	$20 < irtifa < 50$	46.1
	D (m)	$0.05 < D < 0.10$	0.09
	f (GHz)	$47.9 \times 10^9 < f < 48.2 \times 10^9$	47.61×10^9



Şekil 3.12: Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.3.1’deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri

3.3.2 HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu

Maliyet fonksiyonunda yer alan girişim denklemindeki (3.26) irtifa, f ve D değişkenleri, SGA uygulamasında üç boyutlu kromozom olarak tasarlanmıştır.

$$\text{Kromozom} = [\text{irtifa } f \ D] \quad (3.36)$$

Çözüm uzayını sınırlandırmak amacıyla kromozomu oluşturan genlerin maksimum ve minimum değerleri tanımlanmıştır. Uygulamaya ait parametreler Çizelge 3.16'deki gibi alınarak sürekli genetik algoritma programı başlatılmıştır.

Çizelge 3.16: Uygulama-3.3.2'de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

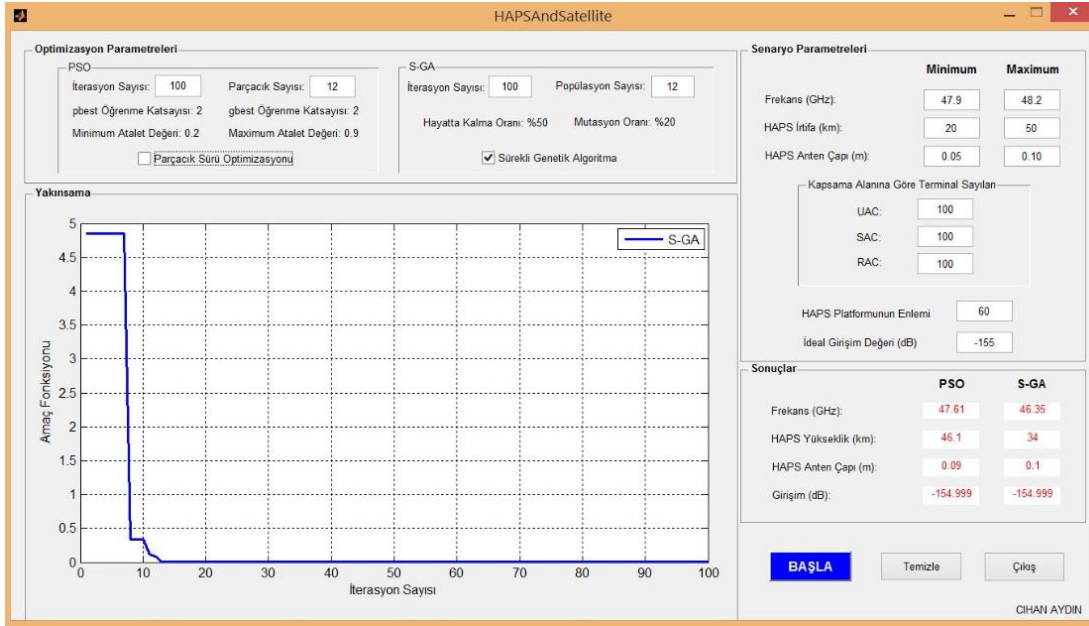
	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	İterasyon Sayısı	100	
	Başlangıç Popülasyonu	12	
	Doğal Seçim oranı	%50	
	Eşleşecek kromozom sayısı	6	
	Mutasyon Oranı	%20	
	$P_{r(\text{ideal})}$ (dB)	-155	-154.999
Girişim denkleminde ait parametreler	irtifa (km)	$20 < \text{irtifa} < 50$	34
	D (m)	$0.05 < D < 0.10$	0.1
	f (GHz)	$47.9 \times 10^9 < f < 48.2 \times 10^9$	46.35×10^9

(2.10) denkleminde uygun olarak rasgele değişkenler atanarak 12 kromozomlu başlangıç popülasyonu yaratılmıştır. Her bir kromozom için maliyet değeri hesaplanarak sırayla Sürekli Genetik Algoritmanın tüm adımları (doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon) uygulanmıştır.

Her iterasyonda maliyet değerine göre kromozomlar sıralanmıştır. Doğal seleksiyon sonrası, başlangıç popülasyonunun en iyi dört kromozomu hayatını sürdürmüştür. Daha iyi nesiller elde edebilmek amacıyla eş seçim ile (3.10) ve (3.11) denklemleri kullanılarak çaprazlama gerçekleşmiştir. Sonrasında mutasyon işlemine geçilmiştir. İlk kromozom üzerinde değişiklik yapılmadan %20 mutasyon oranı kabulü ile her nesilde değişiklik yapılmıştır. Son aşamada oluşan popülasyon matrisindeki kromozomlar, amaç fonksiyonuna uygulanmıştır.

Algoritma sonlandırma kriteri olan 100 iterasyon sayısına erişildiğinde optimum girişim değerine ulaşılmasını sağlayan kromozomun bilgisine ulaşılmıştır.

Optimizasyon ait iterasyon ve popülasyon sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Kromozomların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalması şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek algoritmanın uygun sonuçlara ulaştığı Şekil 3.13’de görülmüştür.



Şekil 3.13: Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.3.2’deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

3.4 Uçak Kabin İçi Ağ ile Karasal Hücresel Ağ Arasındaki Girişim

Günümüzde birçok ülkede hava yolu şirketleri, uçuş esnasında cep telefonu, dizüstü bilgisayar, tablet pc, PDA gibi ses/veri iletimi sağlayan teknolojik aletlerin kullanılabilmesine imkân sağlamaktadır. İlk olarak Emirates Airline tarafından 2008 yılında seyir esnasında mobil servis kullanımına izin verilmiştir (Url-1). Ses ve mesajlaşmanın ardından Wi-Fi internet kullanımı da sağlanmıştır. Halen öncelikli neden olarak, mobil aletlere ait sinyallerin uçak sistemine olası girişiminden ve bunun yanı sıra yer tabanlı sistemlere olan olası girişiminden dolayı, uçuş esnasında mobil kullanıma izin vermeyen otoriteler ve havayolu şirketleri bulunmaktadır. FCC, iniş ve kalkış haricinde 10000 feet yükseklikte mobil servis kullanımına izin vermiştir (Url-2). Bu doğrultuda, kapsama ve kapasite planlaması için kabin içi

gerekli olan ölçümler yapılmaktadır. Bu ölçümlerin yanı sıra, karasal hücresele ağlar ile uçak içerisindeki mobil istasyon ya da baz istasyonunun aralarında yapmış olduğu girişimi belirlemek için zayıflama (atenüasyon) hesaplamalarının yapılmasına ve girişim limitlerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4.1 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresele ağ arasındaki girişim senaryoları

Bu bölümde, “Aircraft Attenuation Measurements and Radio Interference Scenarios Between In-Cabin and Terrestrial Cellular Networks” adlı makale referans alınarak (Moraitis ve Panagopoulos, 2011) ve ilgili ITU Recommendation (R-REC-F.1336-3) takip edilerek (ITU, 2012), uçakta yer alan mobil hücresele sistem ile karasal hücresele sistem arasındaki girişim ele alınacaktır. Mümkün olan minimum değerde girişimin oluşmasını sağlamak amacıyla, Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Sürekli Genetik Algoritma yöntemleri uygulanarak optimum değerler elde edilmeye çalışılacaktır.

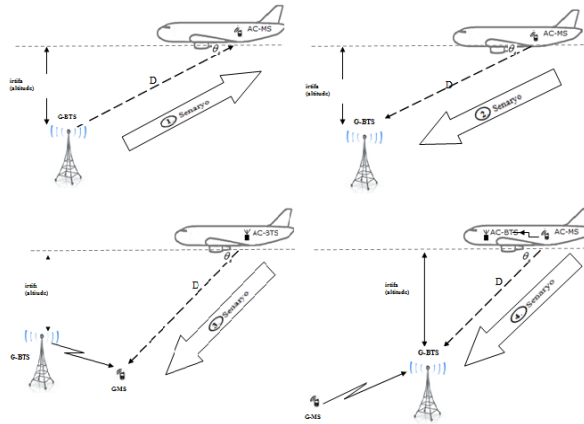
Şekil 3.14’de sunulan dört ayrı girişim senaryosu iki farklı frekans band aralığı için detaylı olarak incelenecektir.

Senaryo 1: Yer Baz İstasyonunun (G-BTS) uçaktaki Mobil İstasyona (AC-MS) yapmış olduğu girişim

Senaryo 2: Uçaktaki Mobil İstasyonun (AC-MS) Yer Baz İstasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim

Senaryo 3: Uçaktaki kablosuz ağ aktif iken, Uçaktaki Baz İstasyonun (AC-BTS) yerdeki Mobil İstasyona (G-MS) yapmış olduğu girişim

Senaryo 4: Uçaktaki kablosuz ağ aktif iken, Uçaktaki Mobil İstasyonun (AC-MS) Yer Baz İstasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim



Şekil 3.14: Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresele ağ arasındaki girişim senaryoları.

Senaryo 1, 2 ve 4'deki baz istasyonunun ışın pateni ve anten kazancı (G_{g-BTS}) R-REC-F.1336-3'de paylaşılan aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanacaktır. Ayrıca karasal antenin herhangi bir eğimi (tilt) olmadığı kabul edilerek ilerlenecektir. Baz istasyonunun anten kazancını elde edebilmek için ilk olarak, -90° ile 90° arasında değişebilen yükseklik açısı ve -180° to 180° arasında değişebilen azimut açısı için (3.37)'deki $G_{ref}(x)$ dönüşümü gerçekleştirilecektir.

$$G(\varphi, \theta) = G_{ref}(x) \quad (3.37)$$

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\tan \theta}{\sin \varphi}\right) \quad (3.38)$$

$$\Psi = \arccos(\cos \varphi \cos \theta) \quad 0^\circ \leq \Psi \leq 180^\circ \quad (3.39)$$

$$\theta_3 = \frac{31000x10^{-0.1G_0}}{\varphi_3} \quad (3.40)$$

$$\Psi_\alpha = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\cos \alpha}{\varphi_3}\right)^2 + \left(\frac{\sin \alpha}{\theta_3}\right)^2}} \quad (3.41)$$

$$x = \Psi / \Psi_\alpha \quad (3.42)$$

θ : yükseklik açısı

φ : azimut açısı

φ_3 : azimut düzlemde 3dB'lik bant genişliği derecesi (genel olarak sektörel bantgenişliğine eşit alınır, bu çalışmada da 120° olarak işlemlere dahil edilecektir)

Temsili x 'in değerine ulaşıldığında, x 'in bulunduğu aralığa göre (3.43) ile (3.45)'dan karşılık gelen denklem kullanılarak baz istasyonunun anten kazancı hesaplanır.

$$G_{ref}(x) = G_0 - 12x^2 \quad 0 \leq x < 1.152 \quad (3.43)$$

$$G_{ref}(x) = G_0 - 15 - 15\log(x) \quad 1.152 \leq x \quad (3.44)$$

Ölçümlerde ve parametrelerin değerlerini elde etmede ana kaynak olarak takip edilecek makaledeki gibi, Airbus A340-300 modelinde bir uçak kullanılarak, GSM servisleri için 1.8 GHz - UMTS servisleri için 2.1 GHz olmak üzere iki frekans bandında hesaplamalar yapılacaktır. Uçak içi konum göz önünde bulundurularak frekans aralıklarına göre karşılık gelen değerler Çizelge 3.17’de sunulmaktadır. Sinyal iletiminde kanatların etkisi dikkate alınarak atenuasyon güç yitimi için uçak içerisinde kanat bölümü ve harici alanlar olmak üzere iki ayrı lokasyon için ilgili değerler kullanılacaktır.

Çizelge 3.17: Uçak gövdesinin neden olduğu atenuasyon.

Frekans (MHz)	Konum	PL (dB)	FSL (dB)	L_{ac} (dB)
1800	Kanat Bölümü	70.6	55.1	15.5
	Kanat Harici	76.4	55.1	21.4
2100	Kanat Bölümü	73.6	56.4	17.2
	Kanat Harici	79.5	56.4	23.1

İfade edilmelidir ki, atenuasyon (L_{ac}), boyut, RF izolasyonu, yayılım karakteristiği, mevcut kurulu sistemler gibi uçağın sahip olduğu münferit özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Mevcut ağ sistemleri ile uyumlu olarak çalışabilmesi adına, uçaklar için oldukça önemli bir faktördür.

Her bir senaryoya ait girişim fonksiyonunda karşılaşılabilecek olan ortak parametreler için seçilecek frekans bandına göre, Çizelge 3.18’deki değerler alınarak uygulama başlatılacaktır. L_{ac} için de Çizelge 3.17’deki değerler kullanılacaktır.

Çizelge 3.18: Girişim formülünde kullanılacak olan parametrelere ait değerler.

Frekans (MHz)	P_{g-BTS} (dB/200kHz)	P_{ac-MS} (dB/200kHz)	P_{ac-BTS} (dB/200kHz)	G_{g-BTS} (dB)
1800	43	30	10	15.5
2100	33	21	10	18

Şekil 3.14’de paylaşılan her senaryo, takip eden bölümlerde detaylı olarak incelenecektir. Gerçeklenen senaryoya özgü olarak hassasiyet ve gürültü seviyesi (termal gürültü) kriter kabul edilerek, girişime maruz kalan sistemlerin sahip oldukları istenmeyen sinyale ait P_r denklemi, Parçacık Sürü Optimizasyonunun ve

Sürekli Genetik Algoritmanın uygulanacağı (3.45) ve (3.46) amaç fonksiyonunda marjin ve gürültü tabanı hesaplamasında yer alacaktır.

Senaryo 1 ve 2 için amaç fonksiyonu, hassasiyet (S_r) ile girişimin kıyaslanmasıyla elde edilerek, marjin parametresinden oluşacaktır. Değişkenlerin minimum değerlerine doğru algoritmanın yakınsamasını engellemek adına önceki uygulamalardaki benzer yaklaşım sürdürülecektir; ideal marjinden, hesaplamalar sonucu her iterasyonda elde edilen marjin çıkarılacaktır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu}_{1 \& 2} = | M_{\text{ideal}} - M | \quad (3.45)$$

Senaryo 3 ve 4 için amaç fonksiyonu, gürültü seviyesi (noise level) ile girişimin kıyaslanmasıyla elde edilen, gürültü tabanı parametresinden oluşacaktır. Değişkenlerin minimum değerlerine doğru algoritmanın yakınsamasını engellemek için ideal gürültü tabanı'dan hesaplamalar sonucu her iterasyonda elde edilen gürültü tabanı çıkarılacaktır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu}_{3 \& 4} = | NF_{\text{ideal}} - NF | \quad (3.46)$$

Mobil istasyon ile yerdeki baz istasyonu arasında 10 km ve üstü irtifada zararlı ölçüde istenmeyen sinyal iletimi yaşanmamaktadır. 10 km altındaki irtifada, ekstra güç yitimine ihtiyaç başlamaktadır. Bundan dolayı uygulamada irtifanın maksimum ve minimum sınır değeri 3 - 10 km olarak sınırlandırılacaktır. Belirlenen bu en düşük ve en yüksek irtifada, kabul edilen ideal marjin ve gürültü tabanı değerleri Çizelge 3.18 ve Çizelge 3.19'da paylaşılmaktadır.

Çizelge 3.19: Senaryo 1 ve 2 için girişimi önlemek adına ihtiyaç duyulan marjin değerleri.

		Marjin (margin) (dB)	
İrtifa		3 km	10 km
Senaryo 1	GSM1800	-11.5	-1.0
G-BTS → AC-MS	UMTS2100	-12.3	-1.9
Senaryo 2	GSM1800	-1.5	9.0
AC-MS → G-BTS	UMTS2100	-3.4	7.1

Bu çalışmada algoritma uyarlaması, ideal marjin ve ya gürültü tabanı değerine yakınsamayı hedefleyerek tasarlanmıştır. Bu amaçla, en az girişime neden olacak şekilde $3\text{km} < \text{irtifa} < 10\text{km}$ sınır aralığında algoritma uygulanarak, *uçacağın irtifası*

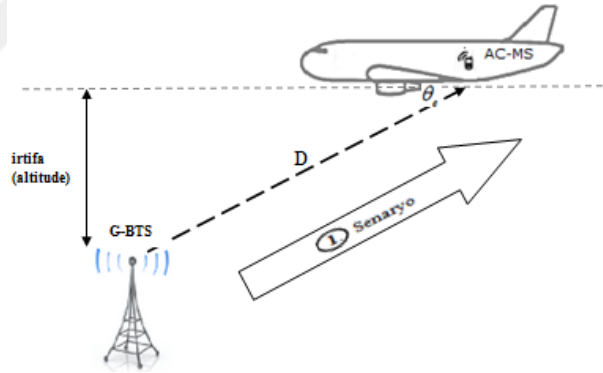
için en uygun değerler araştırılacaktır. Başlangıçta belirtilen iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma durdurulacaktır ve eniyilemenin gerçekleştirildiği parametre paylaşılacaktır.

Çizelge 3.20: Senaryo 3 ve 4 için irtifaya göre gürültü tabanı değerleri.

Gürültü tabanı (Noise floor) artışı (dB)			
İrtifa		3 km	10 km
Senaryo 3	GSM1800	3.8	0.5
AC-BTS → G-MS	UMTS2100	0.2	0.0
Senaryo 4	GSM1800	10.8	3.0
AC-MS → G-BTS	UMTS2100	0.2	0.0

3.4.1.1 Yer baz istasyonunun (G-BTS) uçaktaki mobil istasyona (AC-MS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 1)

Karasal sisteme ait baz istasyonu uçakta yer alan mobil istasyona doğru Şekil 3.15’de gösterildiği üzere girişime neden olmaktadır. Yer baz istasyonu tarafından AC-MS’in maruz kaldığı istenmeyen sinyal gücü ile Mobil istasyona ait hassasiyet değerinin kıyaslanması, bu senaryonun kriteri olarak ele alınacaktır.



Şekil 3.15: Senaryo 1 girişim modeli.

Senaryo 1’deki girişim modelinde karşılaşılan AC-MS’de oluşan istenmeyen sinyal gücünün değeri (3.47) denklemi kullanılarak elde edilecektir.

$$P_{r,ac-MS} = P_{g-BTS} + G_{g-BTS} - L_{fs} - L_{ac} + G_{ac-MS} \quad (3.47)$$

Denklemden yer alan değişkenler:

P_{g-BTS} : Yer Baz İstasyonu anten gücü (dB/200kHz)

G_{g-BTS} : Yer Baz istasyonu anten kazancı (dB)

L_{fs} : Serbest uzay kaybı (free space loss) (dB)

L_{ac} : Uçak güç yitimi (dB)

G_{ac-MS} : Uçak içerisindeki mobil istasyon kazancı (dB)

L_{fs} olarak ifade edilen serbest uzay yayılım modeli, uçak ile yer ağı arasındaki kaybı ifade etmektedir. Uçağın irtifası, yükseklik açısı θ_e ve frekans kullanılarak (3.48) denklemi ile bu kayıp hesaplanır.

$$L_{fs} = 92,4 + 20\log\left(\frac{\text{irtifa}}{\sin(\theta_e)}\right) + 20\log f \quad (3.48)$$

1800 MHz ve 2100 MHz için ayrı ayrı Çizelge 3.18 kullanılarak P_{g-BTS} , G_{g-BTS} sabitlerinin değerlerine ve Çizelge 3.17 kullanılarak da L_{ac} sabitinin karşılık gelen değerine ulaşılır. Uçak içerisindeki mobil istasyonun isotropik anten kullandığı kabul edilerek, anten kazanç G_{ac-MS} 0 dBi alınır.

(3.47) ve (3.48) formülleri ile girişimin elde edilmesinden sonra amaç fonksiyonunu oluşturacak M (marjin), AC-MS'in hassasiyeti (S_r) dikkate alınarak (3.49) denklemi ile bulunur.

$$M = S_r - P_{r,ac-ms} \quad (3.49)$$

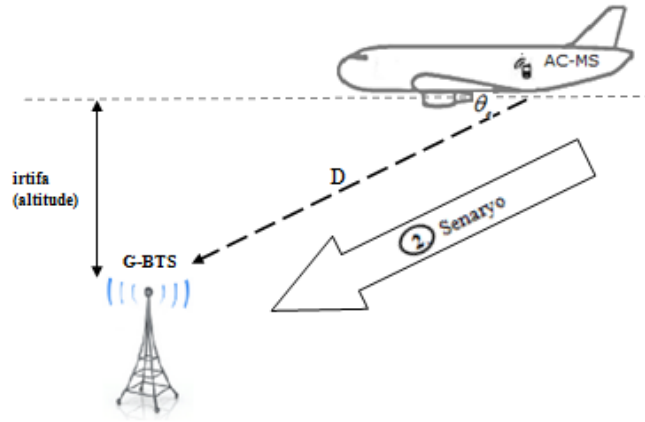
Hesaplama sonunda negatif bir marjin değerine ulaşırsa bu sonuç, onboard terminali karasal ağdan korumak için ek izolasyona ihtiyaç duyulduğunu gösterir. Marjin değerinin pozitif olması ise karasal ağ ile uçak içerisindeki haberleşmenin başarısız olduğunu ifade eder.

3-10km arasındaki irtifa dikkate alındığında, 2°'lik yaklaşma açısıyla en kötü senaryoda ihtiyaç duyulan marjin Çizelge 3.18 de paylaşıldığı gibi 3km yükseklikte -12.3 dB; 10km yükseklikte -1.9 dB'dir. Bu açıda uçak baz istasyonunun anten paterninden dolayı yaklaşık olarak ana ışına hüzmelerinin hizasında seyretmektedir. Sonuç olarak bu senaryoda uçak yerden 3 km ve üstü yükseklikte iken, mobil istasyon ile karasal ağ arasında istenmeyen iletişimin yaşanmaması için 12.3 dB üzerinde ilave atenuansa ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4.1.2 Uçaktaki mobil istasyonun (AC-MS) yer baz istasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 2)

Uçakta yer alan mobil istasyon, karasal sisteme ait baz istasyonuna doğru Şekil 3.16'de gösterildiği üzere girişime neden olmaktadır. Uçaktaki mobil istasyon

tarafından G-BTS'in maruz kaldığı istenmeyen sinyal gücü ile yer baz istasyonuna ait hassasiyet değerinin kıyaslanması bu senaryonun kriteri olarak ele alınacaktır.



Şekil 3.16: Senaryo 2 girişim modeli.

Senaryo 2'deki girişim modelinde karşılaşılan G-BTS'de oluşan istenmeyen sinyal güç değeri (3.50) denklemi kullanılarak elde edilmektedir.

$$P_{r,G-BTS} = P_{ac-MS} + G_{ac-MS} - L_{fs} - L_{ac} + G_{g-BTS} \quad (3.50)$$

Denkleminde yer alan G_{ac-MS} , isotropik anten kullandığı kabul edilerek 0 dBi alınır. L_{fs} serbest uzay kaybı, irtifa, yükseklik açısı θ_e ve frekans kullanılarak (3.48) denklemi ile hesaplanır.

1800 MHz ve 2100 MHz için ayrı ayrı Çizelge 3.17 kullanılarak P_{ac-MS} , G_{g-BTS} sabitlerinin değerlerine ve Çizelge 3.16 kullanılarak da L_{ac} sabitinin karşılık gelen değerine ulaşılır.

Optimizasyon adımında amaç fonksiyonunu oluşturacak M (marjin) değerine (3.51) denklemi ile erişilir.

$$M = S_r - P_{r,G-BTS} \quad (3.51)$$

Baz istasyonu hassasiyeti (S_r) için, ECC Report 93'e göre standard olarak kabul edilen GSM1800 için -104; UMTS2100 için -121 dBm/channel değerleri alınarak

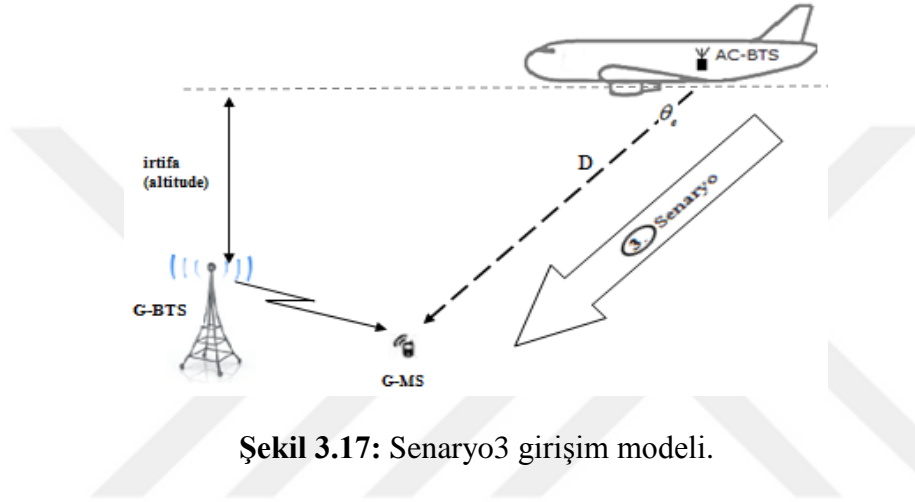
hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Girişim hesaplamasında ihtiyaç duyulan değerler Çizelge 3.17'de paylaşılmıştır.

Çizelge 3.18'de 2°lik yaklaşma açısıyla en kötü senaryoda 3 km ve 10 km irtifada ihtiyaç duyulan marjin değerleri paylaşılmıştır. Buna göre kötü senaryoda uçak 3km

irtifada iken mobil istasyonun yerdeki baz istasyona bağlanmasını engellemek adına UMTS2100 için 3.4dB'lik atenüansyona ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4.1.3 Uçaktaki baz istasyonunun (AC-BTS) yerdeki mobil istasyona (G-MS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 3)

Uçaktaki baz istasyonu yerde bulunan mobil istasyona doğru Şekil 3.17’de gösterildiği üzere istenmeyen sinyal iletimine neden olmaktadır. Yerdeki mobil istasyonun gürültü seviyesi ile uçaktaki baz istasyon tarafından G-MS’in maruz kaldığı istenmeyen sinyal gücünün kıyaslanması bu senaryonun kriteri olarak ele alınacaktır.



Şekil 3.17: Senaryo3 girişim modeli.

Gürültü seviyesi (termal gürültü) ile kıyaslanarak G-MS’deki gürültü tabanı değerindeki artış incelenecektir.

G-MS’de oluşan istenmeyen sinyale (3.52) denklemi kullanılarak ulaşılmaktadır.

$$P_{r,G-MS} = P_{ac-BTS} + G_{ac-BTS} - L_{fs} - L_{ac} + G_{g-MS} \quad (3.52)$$

Denklemden yer alan G_{g-MS} , isotropik anten kullandığı kabul edilerek 0 dBi alınır. L_{fs} serbest uzay kaybı, irtifa, yükseklik açısı θ_e ve frekans kullanılarak (3.48) denklemi ile bulunur.

1800 MHz ve 2100 MHz için ayrı ayrı Çizelge 3.18 kullanılarak P_{ac-BTS} , G_{ac-BTS} sabitlerinin değerlerine ve Çizelge 3.17 kullanılarak da L_{ac} sabitinin uçak içi seçilen lokasyona göre karşılık gelen değerine ulaşılır. Uçaktaki baz istasyonunun 10dBm iletimde bulunduğu kabul edilir.

dB cinsinden gürültü tabanı’daki artış (3.53) denklemi ile elde edilir.

$$\frac{\Delta N}{N} = 10 \log_{10} \left(\frac{N_{thermal,G-MS} + P_{r,G-MS}}{N_{thermal,G-MS}} \right) \quad (3.53)$$

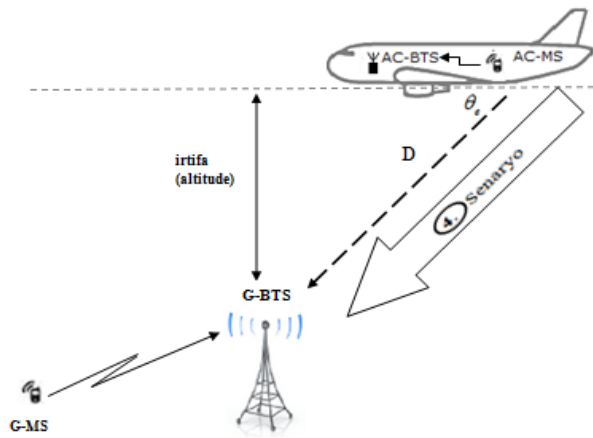
Yerdeki mobil istasyonunun gürültü seviyesi ($N_{thermal,G-MS}$) için, ECC Report 93'e göre standard olarak kabul edilen GSM1800 için -109; UMTS2100 için -99 dBm/channel değerleri alınarak hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Girişim hesaplamasında ihtiyaç duyulan değerler çizelge 3.17'de paylaşılmıştır.

Buradaki kabul, gürültü tabanı artışı'nın 1dB'i aşmamasıdır. Şayet artış 1 dB'nin fazla çıkarsa, karasal terminalin uçtaki networkden korunması için ek izolasyon gerekmektedir; 1 dB'nin altında çıkarsa, karasal mobil istasyonun maruz kaldığı girişimin kabul edilebilir seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

En kötü senaryo uçağın yerdeki mobil istasyonun tam üzerinden geçtiği esnada (yaklaşma açısı 90° olduğunda) yaşanmaktadır. Bu konumda, Çizelge 3.19'da paylaşıldığı gibi 3 km'lik irtifada gürültü tabanı artışı 3.8 dB olur, ancak 10 km'de karşılaşılan 0.5dB'lik artış kabul edilebilir seviyededir.

3.4.1.4 Uçtaki mobil istasyonun (AC-MS) yer baz istasyonuna (G-BTS) yapmış olduğu girişim (Senaryo 4)

Uçtaki mobil istasyon Şekil 3.18'de gösterildiği üzere yerdeki baz istasyonuna doğru istenmeyen sinyal iletimine neden olmaktadır. Yerdeki mobil istasyon tarafından alınan gücün karasal baz istasyonunun gürültü seviyesi ile kıyaslanması, bu senaryonun kriteri olarak ele alınacaktır.



Şekil 3.18: Senaryo 4 girişim modeli.

G-BTS'de oluşan istenmeyen sinyale (3.54) denklemi kullanılarak ulaşılmaktadır.

$$P_{r,G-BTS} = P_{ac-MS} + G_{ac-MS} - L_{fs} - L_{ac} + G_{g-BTS} \quad (3.54)$$

Denklemden yer alan G_{g-MS} , isotropik anten kullandığı kabul edilerek 0 dBi alınır. L_{fs} serbest uzay kaybı, irtifa, yükseklik açısı θ_e ve frekans kullanılarak (3.48) denklemi ile bulunur.

1800 MHz ve 2100 MHz için ayrı ayrı Çizelge 3.17 kullanılarak P_{ac-BTS} , G_{ac-BTS} sabitlerinin değerlerine ve Çizelge 3.17 kullanılarak da L_{ac} sabitinin uçak içi seçilen lokasyona göre karşılık gelen değerine ulaşılır. dB cinsinden gürültü tabanı'daki artış (3.55) denklemi ile elde edilir.

$$\frac{\Delta N}{N} = 10 \log_{10} \left(\frac{N_{thermal,G-BTS} + P_{r,G-BTS}}{N_{thermal,G-BTS}} \right) \quad (3.55)$$

Yerdeki mobil istasyonunun gürültü seviyesi ($N_{thermal,G-BTS}$) için, ECC Report 93'e göre standard olarak kabul edilen GSM1800 için -113; UMTS2100 için -103 dBm/channel değerleri alınarak hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Girişim hesaplamasında ihtiyaç duyulan değerler Çizelge 3.17'de paylaşılmıştır.

Daha önce Senaryo 3 için ifade edildiği gibi, bu senaryoda da benzer durum söz konusudur; 1 dB'den daha fazla olan gürültü tabanı artışı, karasal baz istasyonunu uçak içi mobil istasyonun emisyonundan koruyabilmek adına daha fazla izolasyon gerektiğini gösterir. 1 dB'nin altındaki gürültü tabanı artışı karşılaşılan girişimin tolere edilebilir olduğunu ifade eder.

Yükseklik açısı 2° olduğunda, Uçak İçi Mobil İstasyon ile Karasal BTS arasındaki mesafe -maksimum ve minimum irtifa değerine göre- 86 ve 286 km'dir. Bu açıda Mobil istasyon, karasal BTS'in ana ışına hüzmesi ile yaklaşık olarak aynı hizada bulunduğundan, en kötü senaryo ile karşılaşılmaktadır. Bu konumda, Çizelge 3.19'da servisin sağlandığı frekans bandlarına göre gürültü tabanı artış değerleri paylaşılmıştır.

3.4.2 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresel ağ arasındaki girişimin parçacık sürü optimizasyonu ile mininizasyonu

PSO uygulamasında amaç fonksiyonu her bir senaryoya özgü olarak değişmektedir; senaryo 1 ve senaryo 2 için marjın ile işlemler yapılırken, senaryo 3 ve senaryo 4 için

gürültü tabanı artışı değerlendirilmektedir. Bu nedenle, öncelikle kullanıcıdan hangi senaryoyu modelleyeceği GUI üzerinden öğrenilir ve o senaryoya ait girişim denklemi algoritmada kullanılır.

Senaryo Seçimi:

1. Karasal BTS-->Uçak İçi Mobil İstasyon
2. Uçak İçi Mobil İstasyon-->Karasal BTS
3. Uçak İçi BTS-->Karasal Mobil İstasyon (AC-BTS on)
4. Uçak İçi Mobil İstasyon-->Karasal BTS (AC-BTS on)

Kanatların etkisi göz önünde bulundurulduğunda atenüasyonun kanat bölgesi ve dışında farklı olmasından ötürü, uçak içi kullanıcının bulunduğu bölge için tercih edilen konuma göre hesaplamalar yapılır.

Ayrıca iletişimin gerçekleştiği GSM ve UMTS için farklı değerler alan parametreler nedeniyle kullanıcıdan işlem yapılmak istenen frekans bandının bilgisi alınarak algoritma başlatılır.

1. ve 2. senaryo için hasssasiyet (S_r) değerleri seçilen frekansa göre değişir; amaç foksiyonunda yer alan $M_{ideal} = 0$ kabul edilir. En kötü senaryo işletilerek öndeğer olarak yükseklik açısı 2° olacak şekilde giriş yapılır.

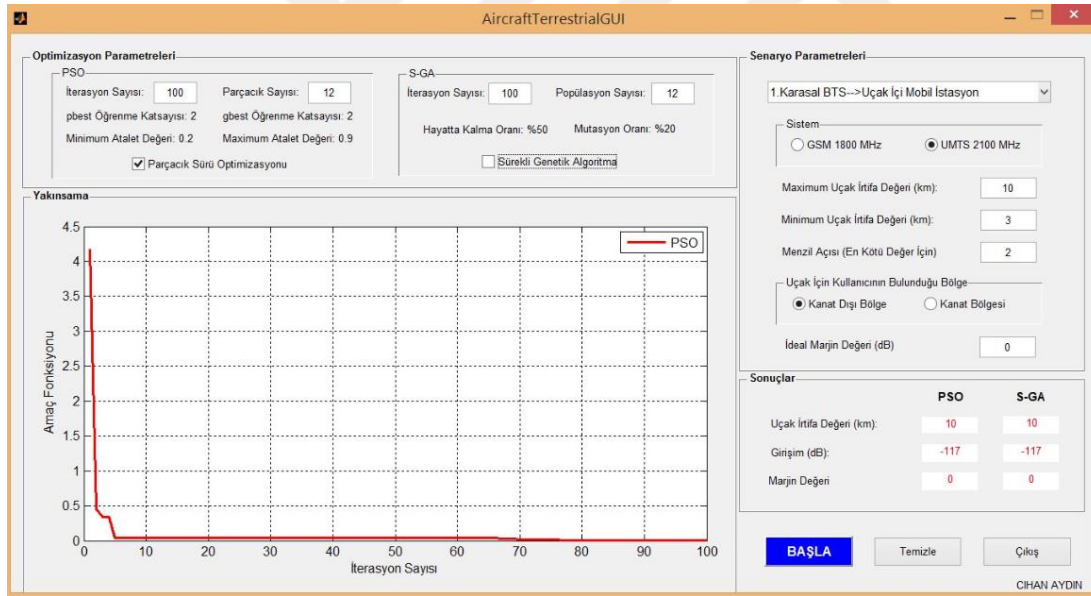
3. ve 4. senaryo için, gürültü tabanı artışı 1dB'nin altında olduğunda tolare edilebilir girişim değerine erişildiğinden, amaç foksiyonunda yer alan $NF_{ideal} = 1$ dB kabul edilir. 3.senaryo için 90° 'lik yaklaşma açısı ile 4. Senaryo için 2° 'lik yükseklik açısı, en kötü senaryoyu işletmek için öndeğer olarak kullanılır.

İrtifa parçacığının, Çizelge 3.21'de belirtilen maksimum ve minimum sınır değeri arasında sonuç vermesi şartıyla, her iterasyonda global en iyi (gbest) ve parçacık en iyi (pbest) değer ile karşılaştırılır ve sonlandırma kriteri olan toplam iterasyon sayısına ulaşıldığında algoritma durdurulur. Oluşturulan şartlar altında başarılı iletişim sürdürülebilmesi için optimum irtifa değerine erişilir.

Optimizasyon ait iterasyon ve parçacık sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Parçacıkların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalmak şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek uygun sonuçlara ulaştığı Şekil 3.19'da görülmüştür.

Çizelge 3.21: Uygulama-3.4.2’de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	iterasyon sayısı	100	
	Parçacık Sayısı	12	
	c_1, c_2	2	
	w	$0.4 < w < 0.9$	
	V_{max}	$0.8 * (x_{max} - x_{min}) * 0.5$	
	M_{ideal} (dB)	0	0
Girişim denklemine ait parametreler	$N_{thermal}$ (dB)	Frekans bandına göre değişir	
	S_r (dB)	Frekans bandına göre değişir	
	irtifa (km)	$3 < irtifa < 10$	10
	θ_e (derece)	2° ya da 90°	2



Şekil 3.19: Parçacık sürü optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen 3.4.2’deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

3.4.3 Uçak kabin içi ağ ile karasal hücresele ağ arasındaki girişimin sürekli genetik algoritma ile mininizasyonu

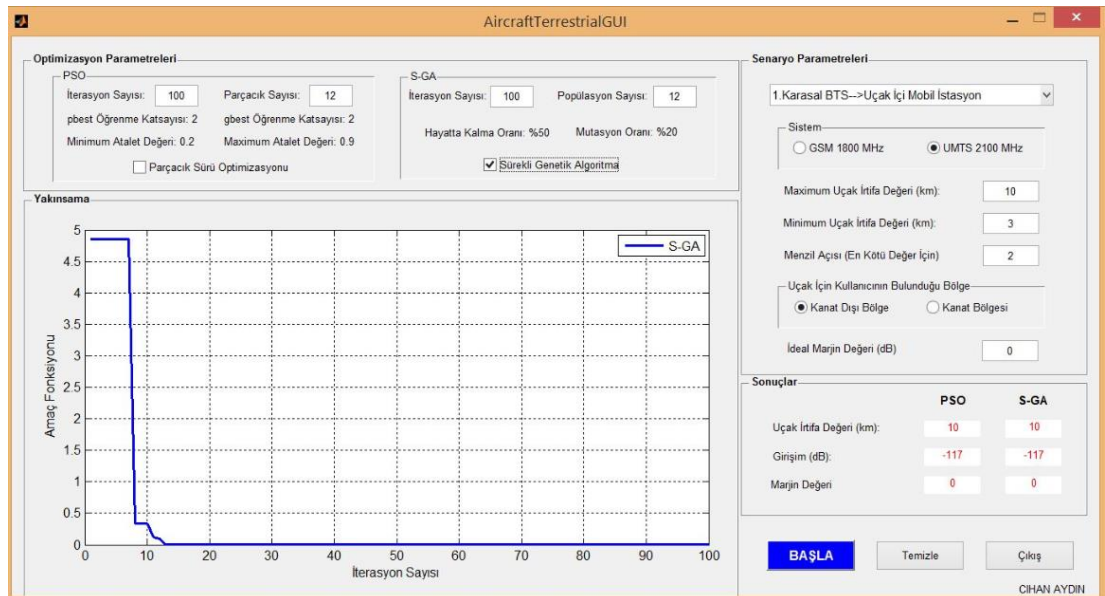
Girişim senaryolarının maliyet fonksiyonunda yer alan marjın ve gürültü tabanı artış hesaplamalarında girişim denkleminin yer almaktadır. Bu uygulamada, uçak kabin içi ağ ile karasal hücresele ağın sağlıklı olarak haberleşme servisini sürdürebilmesi için optimum irtifa değişkeni için eniyileme yapılır.

Maksimum ve minimum sınır değerleri ve sabitler tanımlandıktan sonra algoritma başlatılır. Çizelge 3.22’deki gibi parametre değerleri alınarak seçilen girişim senaryosu için SGA ile eniyileme gerçekleştirilir.

Çizelge 3.22: Uygulama-3.4.3’de kullanılan değişkenlere ait değerler ve elde edilen sonuçlar.

	Parametre	Parametrelerin Değer Aralıkları	Sonuç
Algoritmaya ait parametreler	İterasyon Sayısı	100	
	Başlangıç	12	
	Popülasyonu		
	Doğal Seçim oranı	%50	
	Eşleşecek kromozom sayısı	6	
	Mutasyon Oranı	%20	
Girişim denkleminde ait parametreler	M_{ideal} (dB)	0	0
	$N_{thermal}$ (dB)	Frekans bandına göre değişir	
	S_r (dB)	Frekans bandına göre değişir	
	irtifa (km)	$3 < irtifa < 10$	10
	Θ_e (derece)	2° ya da 90°	2

Kromozomların başlangıçta tanımlanan sınır değerleri arasında kalması şartıyla, ideal girişim değerine yakınsamayı hedefleyerek algoritmanın uygun sonuçlara ulaştığı Şekil 3.20’de görülmüştür.



Şekil 3.20: Sürekli genetik algoritma kullanılarak gerçekleştirilen 3.4.3’deki girişim senaryosunun iterasyona bağlı amaç fonksiyonunun değeri.

Başlangıç popülasyonu oluşturulduktan sonra her kromozom için maliyet değeri hesaplanarak Sürekli Genetik Algoritmanın tüm adımları (doğal seleksiyon, çaprazlama, mutasyon) gerçekleştirilmiştir. Algoritma sonlandırma kriteri olan maksimum iterasyon sayısına ulaştığında, ilgili şartlar altında en uygun irtifa bilgisine erişilmiştir. Optimizasyona ait iterasyon ve popülasyon sayısı ile girişim senaryosuna özel parametrelerin arayüz ile değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, kara, hava ve uzay tabanlı haberleşme sistemleri arasındaki girişimin minimizasyonu için sezgisel optimizasyon yöntemlerinden Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Sürekli Genetik Algoritma (SGA) çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır.

Öncelikle popülasyon temelli yöntemler olan PSO ve SGA ayrıntılı olarak anlatılmış, süreçleri tanıtılmış, avantajlarından ve dezavantajlarından bahsedilerek, bu iki eniyileme tekniği kıyaslanmıştır.

Doğadan esinlenerek geliştirilmiş PSO, daha az parametre içermektedir ve program yapısı daha kolaydır. PSO'nun yakınsama hızı ve performans açısından daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Her iki algoritma da yakınsama özelliğine sahiptir ve kesin çözümü garanti etmeyerek kesin çözümün yakınlarında bir çözümü garanti etmektedir. Çok boyutlu optimizasyon problemleri için makul sürede kesin çözüme yakın optimum çözümler sunmaları nedeniyle, bu algoritmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Global optimizasyon yöntemi olan PSO ve SGA'nın günümüzde elektromagnetik, işaret işleme, görüntüleme gibi geniş uygulama alanları bulunmaktadır. Bu tezde, haberleşme senaryolarında girişimin minimizasyonunda kullanılan bu algoritmaların çok boyutlu problemlerde hızlı ve yeterli sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tez çalışmasında, literatürden seçilen girişim senaryoları için MATLAB kullanılarak yazılan program ile girişimin istenilen değerlere yakınsaması sağlanmıştır. Programın kolay kullanılabilmesi için her girişim senaryosuna özgü iki algoritmayı da içeren bir arayüz tasarlanmıştır. Bu arayüzde optimizasyon parametreleri ile uygulanan senaryoya özgü parametreler için giriş yapılarak program başlatılmıştır. Sonlandırma kriteri olan iterasyon sayısına ulaştığında algoritma sonlandırılmıştır. Bu şekilde istenen girişim senaryosu için belirtilen tasarım kriterlerine bağlı olarak eniyilemenin gerçekleştirildiği değerlere erişilmiştir.

Seçilen algoritmaların istenilen ideal değerlere yakınsayarak başarılı sonuçlara ulaşılması neticesinde girişim senaryolarında eniyileme methodu olarak kullanılabilir oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, PSO ve SGA yöntemlerinin karşılaştırılması adına algoritmalar 100 defa aynı şartlar altında çalıştırılarak değerlendirilmiştir. Ekler bölümünde sunulan aynı iterasyon ve parçacık/kromozom sayısı için elde edilen PSO ve SGA uygulamalarının ortak grafik gösterimleri de incelendiğinde, PSO'nun işlem yükünün daha az olduğu, global çözüme kolayca ulaştığı; daha hızlı yakınsama yaptığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmanın devamı olarak ileriki çalışmalarda, farklı girişim senaryoları ele alınarak, benzer uygulamalar parçacık sürü optimizasyonu, sürekli genetik algoritma ve diğer eniyileme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir ve yöntemlerin başarımları kıyaslanabilir.

KAYNAKLAR

- Adewuya, A. A.**, (1996). New methods in genetic search with real-valued chromosomes, *Doktora tezi*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Alagöz, A., Kutlu, M.**, (2012). Parçacık sürü optimizasyonu yaklaşımı ile Emtia piyasasında portföy optimizasyonu, *Selçuk Üniversitesi İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 23, 35-49.
- Al-Samhi, S. H. A., Rajput, N. S.**, (2012). Interference environment between high altitude platform station and fixed wireless access stations, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 2, 1508-1513.
- Akyol, A., Alataş, B.**, (2012). Güncel sürü zekâsı optimizasyon algoritmaları, *Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 1, 36-50.
- Aşık, U., Erer, I., Günel, T.**, (2002). 2-B ARMA sistem tanımlama için genetik algoritma yaklaşımı, *URSI-TÜRKİYE'2002 1. Ulusal Kongresi Kitabı*, 202-205.
- Bağcı, M., Günel, T.**, (2011). Sürekli parametrelili genetik algoritma ile uydu link tasarımı, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 5, 2, 43-58.
- Bai, Q.**, (2010). Analysis of particle swarm optimization algorithm, *Computer and Information Science*, 3, 1.
- Bansal, J. C., Singh, P. K., Saraswat, M., Verma, A., Jadon, S. S., Abraham, A.**, (2011). Inertia weight strategies in particle swarm optimization, *Third World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing*, Salamaca, 633-640.
- Dalglish, D. I.**, (1989). An introduction to satellite communications, Institution of Engineers.
- Deb, K., Padhye, N.**, (2010). Improving a particle swarm optimization algorithm using an evolutionary algorithm framework, KanGAL. Report Number 2010003.
- Eshelman, L. J., Caruna, R. A., Schaffer, J. D.**, (1989). Biases in the crossover landscape. *Proceedings*, 3rd International conference on genetic algorithms. San Mateo, Morgan Kaufmann, 10-19.
- Eshelman, L. J., Shaffer, D. J.**, (1993). Real-coded genetic algorithms and interval-schemata, *Foundations of Genetic Algorithms*, San Mateo, Morgan Kaufman, 187-202.
- Gültekin, Ö., Erer, I., Günel, T.**, (2004). Radar görüntülemeye saçıcı merkezlerin kestirimi için genetik algoritma yaklaşımına dayalı karma bir yöntem, *IEEE 12. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı Kitabı*, 49-52.
- Haupt, R. L., Haupt, S. E.**, (2004). *Practical genetic algorithms*, 2. Baskı, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Holland, J.**, (1975). *Adaptation in natural and artificial systems*, University of Michigan Press, Ann Arbor.

- ITU**, (1992). Frequency sharing between systems in the fixed-satellite service and radio-relay systems in the same frequency bands, *Recommendation ITU-R SF.355-4*, Geneva.
- ITU**, (1993). Maximum equivalent isotropically radiated power of radio-relay system transmitters operating in the frequency bands shared with the fixed-satellite service, *Recommendation ITU-R SF.406-8*, Geneva.
- ITU**, (2000a). Frequency sharing between systems in the fixed service using high-altitude platform stations and satellite systems in the geostationary orbit in the fixed-satellite service in the bands 47.2-47.5 and 47.9-48.2 GHz, *Recommendation ITU-R SF.1481-1*, Geneva.
- ITU**, (2000b). Reference radiation patterns for line-of-sight radio-relay system antennas for use in coordination studies and interference assessment in the frequency range from 1 Ghz To About 70 Ghz, *Recommendation ITU-R F.699-5*, Geneva.
- ITU**, (2000c). Reference fixed satellite service earth station radiation patterns for use in interference assessment involving NGSO satellites in frequency bands between 10.7 GHz and 30 GHz, *Recommendation ITU-R S.1428*, Geneva.
- ITU**, (2006). A methodology for co-channel interference evaluation to determine separation distance from a system using high-altitude platform stations to a cellular system to provide IMT-2000 service, *Recommendation ITU-R M.1641-1*, Geneva.
- ITU**, (2012). Reference radiation patterns of omnidirectional, sectoral and other antennas in point-to-multipoint systems for use in sharing studies in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz, *Recommendation ITU-R F.1336-3*, Geneva.
- Kennedy, J., Eberhart, R.**, (1995). Particle swarm optimization, *IEEE International Conference on Neural Network*, **IV**, 1942-1948, Piscataway, NJ.
- Kennedy, J., Eberhart, R., Shi, Y.**, (2001). *Swarm Intelligence*, The Academic Press, Morgan Kaufmann.
- Köroglu, G., Günel, T.**, (2004). Sürekli parametrelili genetik algoritma yardımı ile geniş bantlı ve çok katmanlı radar soğurucu malzeme tasarımı, *URSI-TÜRKIYE'2004 İkinci Ulusal Kongresi Kitabı*, 109-111.
- Ku, B. J., Ahn, D., Kim, N.**, (2008). An Evaluation of interference mitigation schemes for HAPS systems, *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*.
- Leung, H., Lu, D.**, (2013). A PSO approach in optimal facts selection with harmonic distortion considerations, *An Update on Power Quality*, InTech Open Access Publishers, 61-78.
- Maini, A. K., Agrawal, V.**, (2007). *Satellite technology: Principles and applications*, Wiley.
- Michalewicz, Z.**, (1992). *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer, New York.

- Moraitis, N., Panagopoulos, A. D.,** (2011). Aircraft attenuation measurements and radio interference scenarios between in-cabin and terrestrial cellular networks, *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, **47**, 4, 3051-3061.
- Motozumi, Y., Hatsuda, T.,** (1998). Interference experiments between fixed-satellite and terrestrial radio-relay services, *IEEE Transactions On Aerospace And Electronic Systems*, **34**, 1.
- Ortakçı, Y., Güloğlu, C.,** (2012). Parçacık sürü optimizasyonu ile küme sayısının belirlenmesi, *XIV. Akademik Bilişim Konferansı*, 335-341.
- Onwunalu, J., Durllofsky, L.,** (2010). Application of a particle swarm optimization algorithm for determining optimum well location and type, 183–198.
- Özsağlam, M. Y., Çunkaş M.,** (2008). Optimizasyon problemlerinin çözümü için parçacık sürü optimizasyonu algoritması, *Politeknik Dergisi*, **11**, 4, 299-305.
- Pakkan, B., Ermiş, M.,** (2010). İnsansız hava araçlarının genetik algoritma yöntemiyle çoklu hedeflere planlanması, *Havacılık Ve Uzak Teknolojileri Dergisi*, **4**, 3, 77-84
- Park, J., Oh, D., Kim, Y., Ahn, D.,** (2003). Evaluation of interference effect into cellular system from high altitude platform station to provide IMT-2000 service, *Global Telecommunications Conference*, **1**, 420-424.
- Robinson, B. J.,** (1999). Frequency allocation: The first forty years, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, **37**, 1, 37-65.
- Syswerda, G.,** (1989). Uniform crossover in genetic algorithms, *Proceedings, 3rt international conference on genetic algorithms*. Los Altos, Morgan Kaufmann, 2-9.
- Url-1** <http://www.emirates.com/bh/English/flying/our_fleet/emirates_a380/news_and_events/emirates-offers-first-mobile-phone-service-onboard-a380-aircraft.aspx>, alındığı tarih 19.03.2014.
- Url-2** <<http://www.fcc.gov/guides/wireless-devices-airplanes>>, alındığı tarih 19.03.2014.
- Url-3** <<http://www.spectrumwiki.com/wp/allocations101.pdf>>, alındığı tarih 19.03.2014.
- Wright, A.,** (1991). Genetic algorithms for real parameter optimization, *Foundations of Genetic Algorithms*, San Mateo, Morgan Kaufmann, 205–218.
- Yanık, D.,** (2002). 3G Dünya tecrübeleri, UMTS ulusal koordinasyon kurulu alt çalışama grubu-1, *Telekomünikasyon Kurumu*.



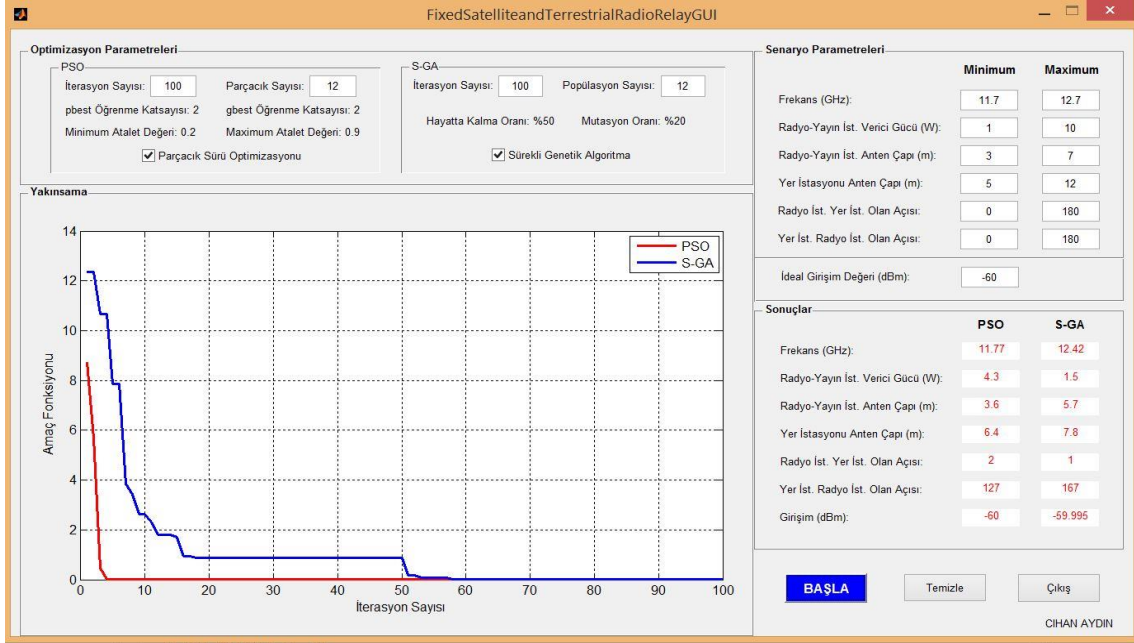
EKLER

EK A: Parçacık Sürü Optimizasyonu İle Sürekli Genetik Algoritma Uygulamalarının Birlikte Gösterimleri

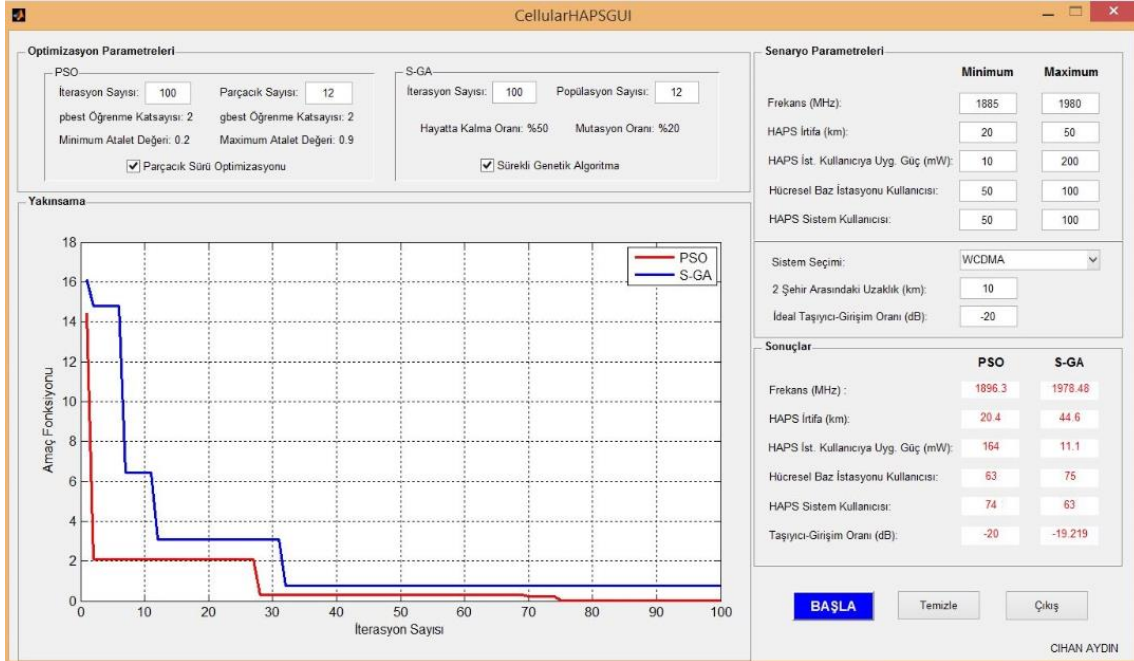
EK B: Bilgisayar Program CD'si



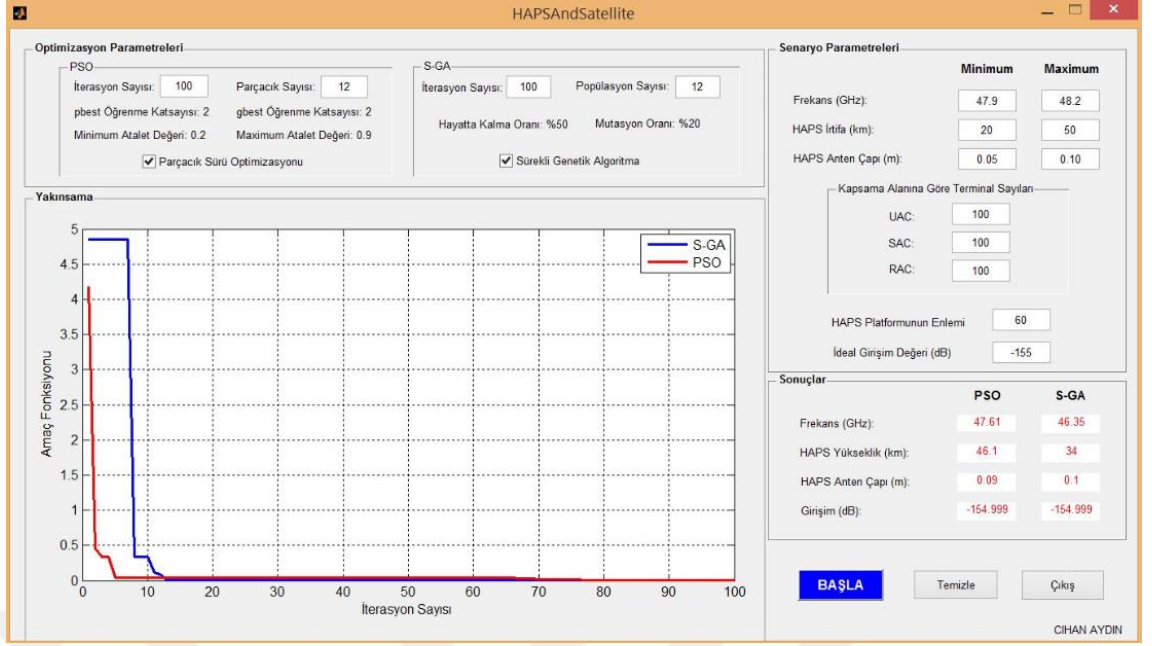
EK A



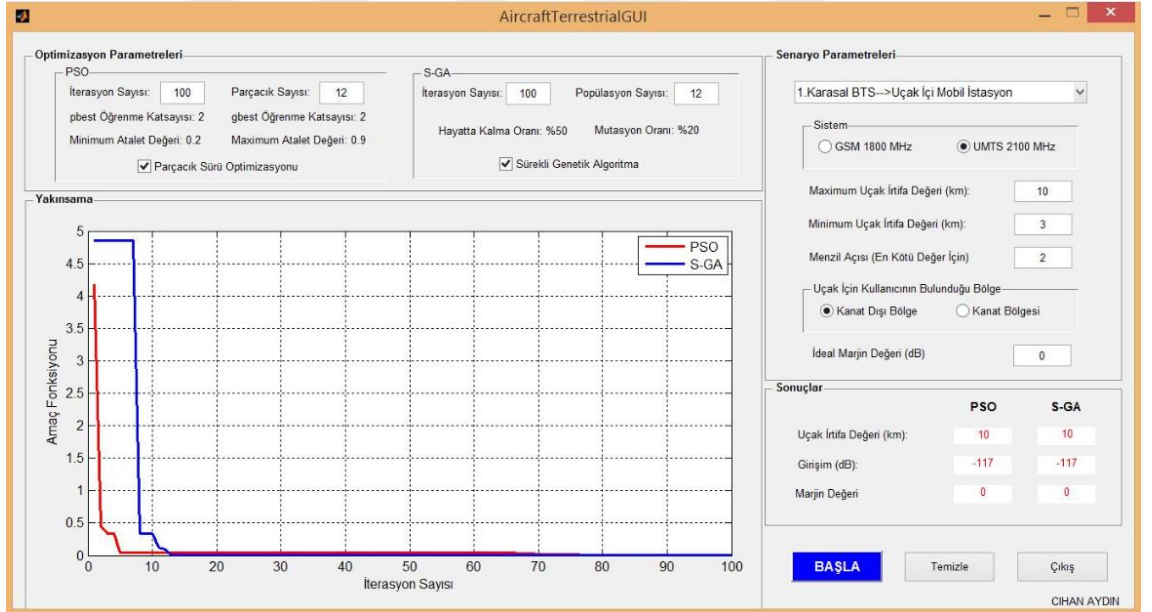
Şekil A.1: Uydu yer istasyonu ve karasal radyo yayın servisleri arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması.



Şekil A.2: Yüksek irtifa platformu ile hücresel sistemler arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması.



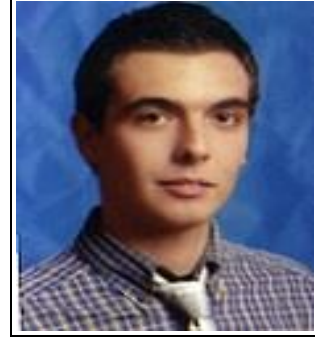
Şekil A.3: HAPS kullanıcı terminalleri (HUTs) ve uydu alıcısı arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması.



Şekil A.4: Uçak kabin içi ağ ile karasal hücreli ağ arasındaki girişim senaryosunun PSO (kırmızı) ve SGA (mavi) yöntemi kullanılarak tasarlanması.



ÖZGEÇMİŞ



- Ad Soyad** : Cihan Aydın
- Doğum Yeri ve Tarihi** : İzmir, 1986
- Adres** : Kadıköy İstanbul
- E-Posta** : cihan.aydin@hotmail.com.tr
- Lisans** : 2004-2010 Doğu Üniversitesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
- Mesleki Deneyim** : 2011- Vodafone Telekomünikasyon A.Ş.
Intelligent Network Uzmanı