

ICEPAC

Ionospheric Communications Enhanced Profile Analysis & Circuit Prediction Program

Hazırlayan:
Ali Osman YILDIZ
Hacettepe Üniversitesi Elk-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Öğrencisi
aoyildiz@hacettepe.edu.tr

Danışman:
Prof.Dr. Feza ARIKAN

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

1) GİRİŞ	2
2) KD RADYO HABERLEŞMESİNİN TARİHİ	3
3) ÖNGÖRÜLEBİLİR İYONOSFER PARAMETRELERİ	4
4) YOL GEOMETRİSİNDEN KD İYONOSFERİK HABERLEŞME DEVRESİNİN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI	8
5) ELEKTRON YOĞUNLUĞU PROFİLİ MODELİ	12
6) KULLANILABİLİR EN ÜST FREKANS (MUF) MODELİ	15
7) ICEPAC PAKET PROGRAMI	18
8) PROGRAMA VERİ GİRİŞİ	25
9) ÇIKIŞ SEÇENEKLERİ	38
10) SONUÇ	43
EK-1.....	44
EK-2.....	45
KAYNAKLAR	46

1. GİRİŞ

Bu raporda, geliştirilen en son Kısa Dalga (KD) öngörü programı olan, Ionospheric Communications Enhanced Profile Analysis and Circuit Prediction Program'ının (ICEPAC) çalışması ve kullanımı anlatılmıştır. Institute for Telecommunication Sciences (ITS) ve öncesindeki organizasyonlar tarafından geliştirilen Ionospheric Communication Analysis and Prediction Program (IONCAP), KD öngörüsünde daha çok kabul görmüş ve sıklıkla kullanılan bir model olmuştur. Bununla birlikte IONCAP kutup bölgelerinde zayıf bir performans sergilemekte ve daha eski bazı elektron yoğunluğu profili yapılarını kullanmaktadır. Bu problemleri düzeltmek için IONCAP programına Tascione tarafından 1987 yılında tanımlanan Ionospheric Conductivity and Electron Density Profile (ICED) modeli eklenerek ICEPAC'e dönüştürülmüştür (ICEPAC User Manual). ICED profil modeli kuzey yarımkürenin geniş ölçekli özelliklerinin istatistiksel bir modelidir. Model iyonosferin varolan değişik bölgeleri için farklı fiziksel işlemleri tanımaktadır. Model alt-ororal oluk, ororal bölge ve kutup kapağı için farklı algoritmaları içermektedir. Bu raporda tanımlanan ve bilgisayar programında kullanılan teknikler yöntemsel olarak önceki ITS programlarına (ITSA-I, ITS-78, HFMUFES, IONCAP vb.) benzemekle birlikte önemli değişiklikler içermektedir (ICEPAC User Manual).

Modelin temelinde iyonosferin bir yada daha fazla Chapman katmanı (Dudney, 1983) ile gösterilebileceği varsayılmaktadır. Chapman katmanları en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik, yarı-kalınlık ve elektron yoğunluğu hakkında bilgi vermektedir. Olası herhangi bir iletim yolunda ortalama elektron yoğunluğu dağılımının yükseklikle değişiminin öngörüsü için yeterince verinin elde olması gerekmektedir. Bu model ölçeklendirmek ve iyonosferik özellikleri öngörmek içindir. Modelde eşdeğer yol teoremi (Breit and Tuve, 1926; Martyn, 1935) ve onun iletim eğri çözümü korunmuştur (ICEPAC Technical Manual).

ICEPAC, KD yayın sistemlerinin beklenen performanslarını ve KD iletiminin çalışması ve planlanmasında çok kullanışlı olan dört mevsim, farklı güneş lekesi faaliyetleri, günün farklı saatleri ve farklı coğrafik bölgeleri için öngörmektedir. ICEPAC programı, iyonosferik parametreler, kullanılabilir en üst frekans, sistem performansı, anten örüntüleri olarak gruplandırılabilen dört temel analizi gerçekleştirmektedir. Program belirli bir devre için kullanılabilir en üst frekans (MUF), en uygun trafik frekansı (FOT), kullanılabilir en alt frekans (LUF) gibi uzun dönem çalışma parametrelerini başarılı iletim olasılığı açısından öngörür. İletimin başarı olasılığı, iletim frekansının F2 katmanının kritik frekansının altında olması olasılığına ve sinyal gürültü oranının belirtilen sinyal gürültü oranının seviyesinden küçük olma olasılığına bağlıdır.

Programda kullanıcı tarafında belirlenen 30 çıktı seçeneği mevcuttur. Bunlar dört gruba ayrılmaktadır; iyonosferik tanımlama, anten örüntüleri, kullanılabilir en üst frekans öngörülere, kullanılabilir en alt frekans öngörülere ve sistem performansı öngörülere. Bunların yanı sıra pek çok grafik çıktı seçeneği vardır. ICEPAC programı FORTRAN 77 kullanılarak IBM PS2 Model 80 bilgisayarında geliştirilmiştir. 1995 yılında DOS ortamındaki yazı ekranından Windows ortamındaki grafiksel kullanıcı arabirimine geçilmesine karar verilmiştir (ICEPAC User Manual).

Raporun ikinci kısmında KD haberleşme ve öngörüsüne kısaca değinilmiş, üçüncü bölümde iyonosferin katmanları ve öngörülebilir iyonosfer parametreleri, dördüncü

bölümde yol geometrisinden KD iyonosferik haberleşme devresinin parametrelerinin hesaplanması, beşinci bölümde elektron yoğunluğu profili modeli, altıncı bölümde MUF modeli anlatılmıştır. Raporun yedinci bölümünde ICEPAC paket programı, programın kurulumu ve nasıl temin edilebileceği anlatılmış, sekizinci bölümde veri girişinin nasıl yapılacağı ve veriler hakkında bilgi verilmiş ve son olarak dokuzuncu bölümde programdan alınabilecek çıktı seçenekleri anlatılmıştır.

2. KD RADYO HABERLEŞMESİNİN TARİHİ

KD tayfı pek çok haberleşme ve yayın organizasyonu tarafından uzak mesafe haberleşmesinde uzun süre kullanılmıştır. 1930'lu yılların sonunda, haberleşme sistemlerinin performansının önemli değişiklikler gösterdiği ve bu değişikliklerin birçoğunun doğrudan iyonosferdeki değişikliklerle ilgili olduğu anlaşılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğer ülkelerde iyonosfere ilişkin parametrelerin araştırılması ve bunların radyo dalgaları üzerindeki etkilerinin ve ilgili KD devresinin güvenilirliğinin belirlenmesi için büyük çaba sarf edilmiştir. İyonosferin parametrelerinden f_oE , f_oF_1 , f_oF_2 ve $h'F$ değerlerini ölçmek için dünyanın her tarafında dikey geliş sonda ağı kurulmuştur. Bütün dünyada gürültü ölçümleri kayıt altına alınmaya başlamış ve değişik KD yollarında gözlemlenen işaret değişimlerinin kayıt altına alınması için adım atılmıştır. Bu araştırmaların sonuçlarına göre, dünya yüzeyinin üzerinde yaklaşık 70 km ile 1000 km arasında kalan iyonlaşmış bölge KD bandında (2-30 MHz) elektromanyetik enerjinin iletimi için ortam sağladığı ve KD sisteminin performansındaki değişikliklerin çoğunun doğrudan iyonlaşmış bu katmanda meydana gelen değişikliklerle bağlantılı olduğu anlaşılmıştır (ICEPAC Technical Manual).

İyonlaşma dünyanın yüksek atmosferinin güneş ışınımı neticesinde karmaşık fotoiyonlaşması ile meydana gelir. İyonosfer içerisinde elektronların ve iyonların yeniden birleşmesi gaz yoğunluğunun az olması nedeniyle yavaştır. Bundan dolayı gece boyunca bile serbest elektronlar vardır. Pratikte iyonosferin alt limiti 50 km-70 km ve üst limiti için kesin bir sınır olmamakla birlikte birçok uygulamada 1000 km olarak alınmaktadır (ICEPAC Technical Manual).

İyonosferin dikey yapısı günden geceye, yılın mevsimlerine ve enlemlerine göre sürekli değişmektedir. Ayrıca iyonosfer güneş faaliyetlerinden kaynaklanan kısa dalga boylu güneş ışınımına duyarlıdır. Buna rağmen iyonosferin temel özellikleri şiddetli jeomanyetik karışıklık dönemleri dışında belirlenebilmektedir. U.S. Army Signal Corps'un radyo yayılım birimi 1945 yılında KD yayılım kavramına rehber olacak çok önemli bilgiler sağlamıştır. 1948 yılında, Central Radio Propagation Laboratory (CRPL) of The National Bureau of Standards tarafından iyonosferik radyo yayılımı tezi yayımlanmıştır. Bu doküman KD yayılımının ana hatlarını belirlemiştir. Belgeye dahil edilen yöntemler, kullanılabilir en üst frekansın (MUF) öngörüsü, MUF un teori ve işletimsel tecrübeler birleştirilerek herhangi bir zamanda, herhangi bir yolda mümkün olan modlar için belirlenmesi ve gök dalgası alan şiddetinin kestirilmesidir (ICEPAC Technical Manual).

1962 yılında U.S. Army Signal Radio Propagation Agency'den Laitinen ve Haydon güneş faaliyetlerinin etkilerini, günlük ve mevsimsel değişiklikleri göz önüne alarak ampirik iyonosferik soğurma eşitlikleri geliştirmişlerdir (Laitinen and Haydon, 1962). Bu eşitlikleri teorik yer kaybı, serbest uzay kaybı ve anten kazancı etkenleri ile birleştirip,

iyonosferin E ve F2 katmanlarından yansıyan radyo işaretlerinin beklenen alan şiddetlerinin kestirilebilmesini sağlayarak KD sistem performansı öngörüsü biliminin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır (ICEPAC Technical Manual).

İlk otomatik KD yol öngörü bilgisayar programı 1957 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde şu an U.S. Army Strategic Communications Command'ın bir bölümü olan Radio Propagation Agency tarafından U.S. Army Signal Corps için geliştirilmiştir. Bir sonraki versiyonu 1961 yılında Radio Corporation of America tarafından yayımlanmıştır. ESSA's Institute for Telecommunication Sciences and Aeronomy (ITSA) tarafından 1966 yılında parabolik katmanlar için eğik iletim denklemlerinin kullanıldığı ilk tam otomatik program geliştirilmiştir. Çalışmalar sonraları ilki haberleşme analizi ve öngörüsü, ikincisi Ufuk Ötesi (Over The Horizon, OTH) radar sistemlerinin analizi ve öngörüsü olmak üzere iki ayrı koldan sürdürülmüştür (ICEPAC Technical Manual).

Bu çalışmaların sonu, kısa yol öngörüsü için yukarıda tanımlanan gelişimi kullanan ve uzun yol öngörüsü için değişik yöntemler (Whale, 1969) kullanan IONCAP programıdır. Bu bölümde KD radyo haberleşmesinin tarihi kısaca özetlendi. Üçüncü bölümde iyonosferin katmanları ve öngörülebilir parametreleri hakkında bilgi verilmiştir.

3. ÖNGÖRÜLEBİLİR İYONOSFER PARAMETRELERİ

İyonosferde serbest elektronların olması KD radyo dalga yayılımı için önemli olan yansıtıcı bölgeleri oluşturmaktadır. İyonosferin önemli bir bölümü yaklaşık 75 km ile 500 km arasındadır ve elektronlar güneşten gelen iyonlaştırıcı etkiye sahip ultraviyole ışık ve hafif X-ışınları tarafından üretilmektedirler. Radyo dalgası yayılımı çalışmalarında kolaylık olması bakımından iyonosfer yükseklik ve iyon dağılımına göre D, E ve F katmanı olmak üzere 3 katmana ayrılmıştır. Ayrıca bu katmanlar kendi içinde D, E, Es, F1 ve F2 olmak üzere yükseklik ve iyon dağılımına göre alt katmanlara ayrılmaktadır. Bu katmanlar birbirlerinden belli sınırlar ile ayrılmış katmanlar değildir; üst üste geçmişlerdir ve kalınlıkları birkaç kilometre ile yüzlerce kilometre arasında değişim göstermektedir. Katmanların sayısı, yükseklikleri ve iyonlaşma (elektron) yoğunlukları hem zamanla hem de coğrafik olarak değişmektedir. KD bandında tüm katmanlar önemlidir ve radyo haberleşme devrelerinin çalışma parametreleri öngörülürken göz önünde bulundurulması gerekir (ICEPAC Technical Manual).

İyonosferin D, E, F ve Sporadik-E katmanı ve her bir katmana ilişkin öngörülebilir parametreler sırasıyla aşağıda anlatılmıştır. Bu bölümde yer alan bilgiler (ICEPAC Technical Manual) kaynağından derlenmiştir.

3.1 D Katmanı

D katmanı dünya yüzeyinden yaklaşık 75 km-90 km yükseklikte bulunan katmandır. Elektron yoğunluğu diğer katmanlara göre küçüktür fakat elektromanyetik dalganın varlığında uyarılan serbest elektronlar ile atmosferdeki moleküller arasındaki çarpışmalardan dolayı enerji kaybı meydana gelmektedir. Bu enerji kaybı elektromanyetik gürültü yada elektronların ısı enerjisinin dağılması şeklindedir ve soğurulma olarak isimlendirilir. D katmanındaki soğurulma saptırıcı olmayan soğurulma

diye adlandırılır çünkü yansıma seviyesinin altında meydana gelir ve kırılma indisinin gerçek kısmı yaklaşık 1 olduğu zaman ($n \sim 1$) baskın hale gelmektedir. Bir de E ve F katmanlarının yüksek kesimlerinde atmosferdeki moleküller ile elektronların çarpışması dalganın yansıma durumuna belirgin bir bükülme olduğunda etki eder. Bunun nedeni, dalga yansıma seviyesine yaklaştıkça yavaşlama ve geciktirme etkisi ortaya çıkar. Bu da soğurulmanın yer aldığı çarpışmalar için ek süreye neden olur. Bu tip soğurulma saptırıcı soğurma olarak adlandırılır.

D katmanı zayıf elektron yoğunluğu nedeniyle iletim için kullanışlı olan 1 MHz in üzerindeki frekansları yansıtmamaktadır. Bununla birlikte D katmanının soğurması tüm frekanslar için önemlidir çünkü iyonlaşması ultraviyole güneş ışınması ile gerçekleşmektedir ve bir gündüz olgusudur. Soğurulmanın derecesi soğurulma faktörü ile ifade edilmektedir ve çarpışma frekansı ile elektron yoğunluğunun çarpımı ile doğru, dalga frekansının karesi ile ters orantılıdır. Soğurulma faktörünün değişimi $\cos \chi$ ile gösterilir. Burada χ güneşin zirve açısıdır. Gün batımından sonra D katmanında iyonlaşma hızla düşer ve 2-3 saat sonra saptırıcı olmayan soğurulma ihmal edilebilir olur.

Özellikle alt frekanslarda gün boyunca KD gök dalgaların zayıflamasının temel nedeni saptırıcı olmayan D katmanı soğurulmasıdır. Programda bu analitik ve yarı ampirik ifadelerle hesaplanır. Saptırıcı soğurulma kayıpları önkestirilir ve kayıp hesaplamalarına bir belirsizlik faktörü olarak dahil edilir.

Yüksek D katmanı ve alt E katmanının diğer bir önemli özelliği yeryüzünün manyetik alanı tarafından üretilen olağan ve olağanüstü dalgalar arasındaki diferansiyel soğurulmadır. Bu programda yalnızca olağan dalga kritik frekansı ve soğurulması göz önüne alınmıştır.

3.2 E Katmanı

Haberleşme için E katmanının en önemli karakteristik özelliği, kritik frekansının zamanla ve coğrafik değişimidir. E katmanı ile ilgili diğer özelliklerin çoğu F2 katmanı ile karşılaştırıldığında öngörülebilirdir.

Büyük miktarda dikey geliş iyonosonda verisi üç güneş devrinde toplanmıştır ve bu nedenle E katmanının birçok özelliği iyi bilinmektedir. E katmanının en küçük sanal yüksekliği ve en büyük elektron yoğunluğu zamanın ve coğrafik konumun fonksiyonu olarak iyonogramlardan kolaylıkla elde edilebilmektedir. Sporadik E katmanı (E_s) kavramı araştırılmakla birlikte E_s 'in sınıflandırılması henüz çözülememiştir. Farklı E_s tiplerinin eğik geliş radyo yayılımı üzerindeki etkileri tesbit edilememiştir ve sonuç olarak öngörülerini şekillendirmek için anlamlı istatistiklerin derlenmesi zor olmaktadır.

Sistematik olarak dikey geliş iyonosonda kayıtlarından ölçeklendirilen E katmanı karakteristikleri şunları kapsamaktadır,

'foE' : E katmanının olağan ögesinin kritik frekansı. İşaret iyonosondadan bu frekansta gönderildiğinde E katmanını delmektedir.

'h'E' : E katmanının en küçük sanal yüksekliği.

'foEs' : Es katmanının olağan ögesinin gözlemlenen en büyük frekansı.

'h'Es' : Es katmanının en küçük sanal yüksekliği.

Düzenli E katmanı üç parametre kullanılarak öngörülmektedir, kritik frekansın aylık ortanca değeri foE, katmanın en fazla iyonlaşmanın olduğu yüksekliği hmE, hmE'nin yarı kalınlığa ymE oranı. Geçmişte E katmanının kritik frekansı, güneş lekesi sayısı ve güneşin zirve açısı ile ilgili yarı ampirik denklemler kullanılarak belirlenmiştir. Böyle bir ilişkinin foE nin kestirimi için gün doğumunda, gün batımında ve gece doğru olmadığı görülmüştür. Aylık ortanca foE'lerin tüm dünyadaki nümerik katsayıları enlem, boylam ve evrensel saat bakımından bilgisayar uygulamaları için mevcuttur. 1958-1964 yılları arasında yapılan ölçümlerden foE'yi temsil eden nümerik katsayılar (Leftin, 1976) türetilmiştir. Analiz için bu yılların seçiliş nedeni 1958'in güneş lekesi sayısı devrinin küçük evresine, 1964 yılının güneş lekesi sayısı devrinin yüksek evresine örnek olmasıdır. Güneş devrinin diğer tüm evreleri için foE kestirimlerini elde etmek amacıyla yüksek güneş lekesi sayısı SSN=150 ile küçük güneş lekesi sayısı SSN=10 arasında doğrusal ara değerlendirme kullanılmıştır.

foE'nin aylık ortanca değerinin istatistiksel dağılımıyla ilgilenmek bilgi verici olmaktadır. Gündüz vaktinde E katmanı, foE nin aylık ortanca değerinin yayılımını ihmal etmeye yetecek kadar düzenlidir. Gece verisi yetersizdir fakat benzer bir düzenliliğin olduğu doğrulanmış görünmektedir (Elling, 1961; Wakai, 1966; Wakai, 1967). Haberleşme için çok önemli olan E katmanının karakteristikleri var olan foE aylık ortanca nümerik katsayılarıyla uygun olarak temsil edilmektedir.

Düzenli E katmanının, gerçek yükseklik aralığı yaklaşık 90 km-130 km arasında tesbit edilmiştir. En fazla iyonlaşmanın 110 km de olduğu ve yarı kalınlığı 20 km olduğu farzedilmiştir (Knecht, 1963; Frihagen, 1965). Bu varsayımlarla birlikte yüksekliğin yarı kalınlığa oranının 5.5 varsayıldığı bulunur.

3.3 F Katmanı

KD radyo haberleşmesi için iyonosferin en önemli kısmı F katmanıdır. F katmanı düzenli değildir ve değişkenliği nedeniyle KD radyo sistemlerinin çalışma parametrelerinin öngörülerinin anlamlı olabilmesi için önemli F katmanı karakteristiklerinin kısa zaman ölçekli kestirimleri gerekmektedir.

Dünyanın çoğu yerindeki dikey geliş iyonosonda ağının uzun süreli ölçümleri F katmanı öngörülerine kaynak sağlamaktadır (Martyn, 1959). Aşağıdaki parametreler sistematik olarak dikey geliş iyonosonda kayıtlarından ölçeklenmiştir (Piggott and Rawer, 1961).

'foF2' : F2 katmanının olağan ögesinin kritik frekansı.

'M(3000)F2' : F2 katmanında dikey geliş kritik frekansı 3000 m yer mesafeli eğik geliş çevirmek için kullanılan etken.

'foF1' : F1 katmanının olağan ögesinin kritik frekansı.

'h'F2' : F2 katmanının en küçük sanal yüksekliği

'hpF2' : f frekansına göre F2 katmanının sanal yüksekliği. Burada $f = 0.834 \times f_oF2$. Bu F2 katmanının en fazla iyonlaşma yüksekliğinin yaklaşımını göz önüne alan parabolik iyonlaşma dağılımı varsayımına dayanır.

F katmanının KD radyo haberleşmesi için çok önemli olan birçok karakteristik özelliği vardır. Bu raporda sadece programla ilgili F katmanı karakteristikleri tanımlanmaktadır. F1 katmanı öngörülebilir karakteristik özellikleri bakımından F2 katmanı kadar iyi tanımlanamamıştır. F1 katmanı haberleşme açısından sadece gündüz saatlerinde ve iyonosferik fırtınalarda önemlidir (Kelso, 1964; Wright et al., 1960-63). F1 katmanının yükseklik aralığı yaklaşık 200 km ile 250 km arasındadır. F1 katmanı yazın ve yüksek güneş lekeli devirlerinde daha belirginleşmektedir.

F2 katmanı üç parametre ile tanımlanmaktadır, kritik frekansın aylık ortanca değeri (f_oF2), en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik ($hmF2$) ve $hmF2$ nin yarı kalınlığa ($ymF2$) oranı. f_oF2 nin aylık ortanca değeri ve $M(3000)F2$ değiştirilmiş manyetik-kutup, boylam ve evrensel zaman bakımından nümerik katsayı olarak iki güneş faaliyeti seviyesi için mevcuttur (CCIR, 1966). Ayrıca iyonosferin F2 katmanı için yeni bir model vardır. Bu model teorik ve gözlemlenen verinin birleştirilmesi esasına dayanır. Teorik veri, okyanus gibi gözlem verisinin olmadığı istikrarlı büyük bölgelerden sağlanmaktadır (CCIR, 1988). Bu F2 katmanı modeli, sonuçları gözlemlenen iyonosonda verisi ve uydu ölçüm sonuçları ile karşılaştırıldığında nüfusun olduğu bölgelerde küçük iyileştirmeler gösterirken nüfusun olmadığı ve deniz alanlarında önemli düzeltmeler göstermiştir. Bu raporda tanımlanan eski CCIR modelidir. Güneş faaliyeti bağımlılığı doğrusal aradeğerleme ile hesaplanmıştır. Model F2 katmanını dört ayrı bölgeye ayırmaktadır,

- 1) Normal alt enlem, orta enlem
- 2) Oluk
- 3) Ororal
- 4) Kutup kapağı

3.4 Sporadik E katmanı

Sporadik E katmanı (Smith and Matsushita, 1962; Bowhill, 1966; Whitehead, 1969), dikey ve yatay iyonogramlarda düzenli E katmanının en fazla iyonlaşmaya sahip olduğu yüksekliğin yakınında görülmüştür. Sporadik E katmanı çok yüksek frekanslara kadar (>75 MHz) tamamen yansıtılabilmektedir (örtme) yada kısmen yansıtılabilmektedir (yarısaydam). Bu etki radyo haberleşmesi için faydalı yada zararlı olabilir. Es katmanı kullanışlı frekans aralığını genişletebilir ve varlığı sistem tasarımı ve çalışmalarda verimli bir şekilde kullanılabilir.

Sporadik E katmanının iyonlaşmasının fiziksel yapısı tam olarak bilinmemektedir. Fakat ororal, ılımlı ve ekvator coğrafik bölgeleri için mekanizmanın farklı olabileceği geniş bir kabul görmektedir (Bowhill, 1966; Whitehead, 1969). Ororal bölgelerde enerjili parçacıkların sporadik E katmanının oluşumunda önemli rolü olduğu görülmektedir (Bailey, 1968). Ilıman bölgelerde Es tabakası en iyi yukarı atmosfer rüzgarları (Matsushita and Reddy, 1968) ve wind-shear teorisi (Axford and Cunnold, 1968) ile açıklanmaktadır.

Ekvator bölgesinde sporadik E katmanının oluşumu plazma kararsızlığı kavramı üzerine geliştirilen teorilerle açıklanır (Farley, 1963; Waldteufel, 1965).

Bu bölümde iyonosferin katmanları ve her bir katmana ilişkin öngörülebilir parametreler hakkında bilgi verilmiştir. Dördüncü bölümde yol geometrisinden KD iyonosferik haberleşme devresinin parametrelerinin nasıl hesaplandığı anlatılmaktadır.

4. YOL GEOMETRİSİNDEN KD İYONOSFERİK HABERLEŞME DEVRESİNİN PARAMETRELERİNİN HESAPLANMASI

Bir KD iyonosferik radyo haberleşme devresinin çalışma parametrelerini belirleyebilmek için, yol uzunluğu, yol kerterizi ve güneşin zirve açısı gibi yolun geometrisi ile ilgili parametrelerin hesaplanması gerekmektedir. Aşağıda bu parametrelerin nasıl hesaplandığı anlatılmaktadır. Bu bölümde yer alan bilgiler (ICEPAC Technical Manual) kaynağından derlenmiştir.

4.1 Yol Uzunluğu ve Kerterizlerin Hesaplanması

Verici ve alıcının coğrafik enlem ve boylam bilgileri kullanılarak verici ve alıcı arasındaki (büyük çember boyunca) en kısa mesafe hesaplanabilmektedir. Bu hesaplamanın nasıl yapıldığı aşağıda gösterilmiştir:

$$\cos d = \sin\theta_1 \sin\theta_2 + \cos\theta_1 \cos\theta_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (4.1)$$

Burada,

- θ_1 = Vericinin coğrafik enlemidir.
- φ_1 = Vericinin coğrafik boylamıdır.
- θ_2 = Alıcının coğrafik enlemidir.
- φ_2 = Alıcının coğrafik boylamıdır.
- d = Yol uzunluğu, birimi radyandır.

Yukarıdaki hesaplamalar yapılarak yol uzunluğu hesaplandıktan sonra, vericinin alıcıya göre ve alıcının vericiye göre büyük çember boyunca kerterizi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\cos b_1 = (\sin\theta_2 - \sin\theta_1 \cos d) / (\cos\theta_1 \sin d) \quad (4.2a)$$

$$\cos b_2 = (\sin\theta_1 - \sin\theta_2 \cos d) / (\cos\theta_2 \sin d) \quad (4.2b)$$

Burada,

- b_1 = Alıcının vericiye göre kerterizi, birimi radyandır.
- b_2 = Vericinin alıcıya göre kerterizi, birimi radyandır.

4.2 Yansıma Alanı Koordinatlarının Hesaplanması

Yol boyunca Elektron Yoğunluğu Profili geliştirilirken yolun uzunluğuna bağlı olarak, birden beşe kadar yansıma alanı için iyonosferik parametreler hesaplanır. Bu beş yansıma alanı şunlardır:

- Yolun orta noktasıdır.
- En az atlama sayılı kestirim için iyonosferin vericiye en yakın E katmanı yansıma alanıdır.
- En az atlama sayılı kestirim için iyonosferin alıcıya en yakın E katmanı yansıma alanıdır.
- En az atlama sayılı kestirim için iyonosferin vericiye en yakın F katmanı yansıma alanıdır.
- En az atlama sayılı kestirim için iyonosferin alıcıya en yakın F katmanı yansıma alanıdır.

Yol uzunluğuna göre en az E katmanı ve F katmanı atlama sayıları kestirimi aşağıdaki bağıntıya göre belirlenmektedir:

1E, 1F	→	0000 km ≤ yol uzunluğu < 2000 km.
2E, 1F	→	2000 km ≤ yol uzunluğu < 4000 km.
4E, 2F	→	4000 km ≤ yol uzunluğu < 8000 km.
6E, 3F	→	8000 km ≤ yol uzunluğu < 12,000 km.

Burada örnek olarak 2E gösterimi, E katmanındaki iki atlamayı göstermektedir. Yol uzunluğu 2000 km'den küçük mesafeler için yolun orta noktası göz önüne alınmaktadır. Bu nokta tüm yol için iyonosferik karakteristikleri belirlemektedir.

Sözü edilen bu beş yansıma alanının iyonosferik parametrelerinin hesaplanabilmesi için coğrafik koordinatları ve jeomanyetik enleminin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplama aşağıdaki formüller kullanılarak yapılmaktadır:

$$\theta_n = 90^\circ - \arccos(\cos d_n \sin \theta_1 + \sin d_n \cos \theta_1 \cos b_1) \quad (4.3a)$$

$$\varphi_n = \varphi_1 - \arccos((\cos d_n - \sin \theta_n \sin \theta_1) / (\cos \theta_n \cos \theta_1)) \quad (4.3b)$$

$$g_n = 90^\circ - \arccos(\sin 78.5^\circ \sin \theta_n + \cos 78.5^\circ \cos \theta_n \cos(\varphi_n - 69.0^\circ)) \quad (4.3c)$$

Burada,

d_n : Verici ile yansıma alanı arasındaki açısal mesafedir.

θ_n : Yansıma alanının coğrafik enlemidir.

φ_n : Yansıma alanının coğrafik boylamıdır.

g_n : Yansıma alanının jeomanyetik enlemidir.

İyonosferik parametrelerin hesaplanabilmesi için her bir kontrol noktasındaki düzenlenmiş manyetik kutup enleminin bilinmesi gerekmektedir. Manyetik kutup 1963 yılında yeryüzünün manyetik alanından Jensen ve Cain modeli (Jensen and Cain, 1963) ile hesaplanmıştır. Düzeltilmiş jeomanyetik enlem ve boylam kutup bölgesindeki iyonosferin yerini ve yapısını tanımlamak için önemlidir.

4.3 Güneş'in Zirve Açısının Hesaplanması

Sözü edilen ilk üç yansıma alanı için Güneş'in zirve açısı, günün her saatinde soğurulma etkeninin hesaplanmasında kullanılmak üzere aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\cos \chi = \sin\theta_n \sin s_\theta + \cos\theta_n \cos s_\theta \cos(s_\phi - \phi_n) \quad (4.4a)$$

$$s_\phi = 15 t_g - 180 \quad (4.4b)$$

Burada,

t_g : Evrensel saattir.

s_ϕ : Altgüneş boylamıdır.

s_θ : Ayın ortasındaki altgüneş enlemidir.

χ : Güneş'in zirve açısıdır.

4.4 İyonosferik Parametrelerin Hesaplanması

Yayılmı yolu coğrafik olarak konumlandırıldıktan sonra, yol üzerindeki yansıma noktalarına ilişkin iyonosfer parametrelerinin hesaplanmasına geçilmektedir. Bu parametreler, her bir iyonosfer katmanının kritik frekansı, en fazla elektron yoğunluğunun olduğu yüksekliği, alt yüksekliği ve yarı-kalınlığıdır. Burada anlatılan hesaplama yöntemleri alt ve orta enlem bölgeleri için geçerlidir.

E katmanının kritik frekansı (f_oE), dünya veri haritalarından (Leftin, 1976) elde edilir. Bu değer, bu parametrenin ortanca değeridir. E katmanının en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik parametresi (hmE), alt ve orta enlem bölgeler için sabit 110 km olarak belirlenmiştir. E katmanının yarı-kalınlığı sabit 20 km'dir ve aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$y_mE = \frac{hmE}{5.5} = \frac{110}{5.5} = 20.0 \text{ km} \quad (4.5)$$

F1 katmanının aylık ortanca kritik frekansının (f_oF1) hesaplanmasında, F1 katmanının oluşmasındaki Güneş'in en büyük zirve açısı χ_{max} , kesim olarak kullanılmıştır. F1 katmanı dikey geliş iyonogramlarında sadece gün ışığının olduğu saatlerde normal olarak gözlemlendiği için bu gereklidir. Güneş'in en büyük zirve açısı ve F1 katmanının kritik frekansının nasıl hesaplandığı (Rosich, 1973) aşağıda gösterilmiştir:

$$\chi_{max} = AC_1 + BC_1 * SSN + (AC_2 + BC_2 * SSN) * \cos(GMDIP) \quad (4.6)$$

Burada,

SSN : 12 aylık düzgün ortalama Güneş lekesi sayısıdır.

GMDIP : Rawer'in düzeltilmiş manyetik kutup enlemidir.

AC_1, BC_1, AC_2, BC_2 : Güneş lekesi sayısı ve Rawer'in düzeltilmiş manyetik kutup enlemi (Piggott and Rawer, 1961) kullanılarak Güneş'in

zirve açısının en yüksek değerinin iki boyutlu gösteriminden gelen katsayılarıdır. Her ay için bu katsayıların kümesi vardır.

Yayıma yolu boyunca, yansıma noktasındaki zirve açısı χ , en büyük zirve açısı χ_{\max} değerinden büyük olursa F1 katmanının kritik frekansı foF1 sabittir ve 0.2 MHz'dir. Yansıma noktasındaki zirve açısı χ , χ_{\max} değerinden küçük olursa, foF1 parametresi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$foF_1 = A_1 + B_1 * SSN + (A_2 + B_2 * SSN) \cos \chi + (A_3 + B_3 * SSN) \cos^2 \chi \quad (4-7)$$

Burada,

SSN : 12 aylık düzgün ortalama Güneş lekesi sayısıdır
 χ : Yansıma bölgesinde Güneş'in zirve açısıdır ($\chi \leq 90$).
 $A_1, B_1, A_2, B_2, A_3, B_3$: Nümerik gösterimden gelen katsayılarıdır (Rosich, 1973).

F₁ katmanında en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik hmF₁, en fazla 200 km olabilmektedir. Bu parametrenin nasıl hesaplandığı aşağıda gösterilmiştir:

$$hmF_1 = 165 + 0.6428 * \chi \quad (4.8)$$

F₁ katmanının yarı kalınlığı ymF₁, aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmaktadır:

$$ymF_1 = hmF_1 \frac{1}{4.0} \quad (4.9)$$

F₂ katmanının kritik frekansı foF₂, dünya veri haritalarından (Jones, 1966) elde edilmektedir. Bu değer, bu parametrenin ortanca değeridir. F₂ katmanında en fazla elektron yoğunluğunun bulunduğu yükseklik hmF₂, 2 aşamada hesaplanmaktadır. İlk olarak dünya veri haritalarından M(3000)F₂ etkeni elde edilmektedir. Daha sonra aşağıdaki eşitlikler (Dudney, 1983) kullanılarak hmF₂ parametresi hesaplanmaktadır,

$$XE = foF_2 / foE \quad (4.10a)$$

Eğer $XE < 1.7$ ise, $XE = 1.7$

$$\Delta m = \left(\frac{0.253}{XE - 1.215} \right) - 0.012 \quad (4.10b)$$

$$F = M(3000)F_2 \sqrt{\frac{0.0196 * M(3000)F_2^2 + 1}{1.2967M(3000)F_2^2 - 1}} \quad (4.10c)$$

$$hmF2 = \frac{1490F}{M(3000)F2 + \Delta M} - 176 \quad (4.10d)$$

F2 katmanının yarı kalınlığı $ymF2$, $hmF2$ parametresinin $ymF2$ parametresine oranını esas alan katsayılar kullanılarak hesaplanmaktadır (Lucas et al., 1966).

Bu bölümde yol geometrisinden KD iyonosferik haberleşme devresinin parametrelerinin nasıl hesaplandığı anlatılmıştır. Beşinci bölümde Elektron Yoğunluğu Profiline nasıl oluşturulduğu anlatılacaktır. Beşinci bölümde yer alan bilgiler (ICEPAC Technical Manual) kaynağından derlenmiştir.

5. ELEKTRON YOĞUNLUĞU PROFİLİ MODELİ

Dikey geliş iyonogramlarındaki frekans-sanal yükseklik çizimleri standart indirgeme programı kullanılarak elektron yoğunluğu profiline dönüştürülebilmektedir. Bu profiller 70 km ile F2 katmanının en yüksek kesimi arasında kalan bölge için coğrafik, günlük, mevsimsel ve güneş döngüsü değişimlerini kapsamaktadır. Elektron yoğunluğu aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$N_e = 1.24 \times 10^{10} f_N \quad (5.1)$$

Burada,

$$\begin{aligned} N_e & : \text{Elektron yoğunluğu, elektron/m}^3 \\ f_N & : \text{Plazma frekansı, MHz} \end{aligned}$$

E ve F2 katmanı için düzeltilmiş yansıma yüksekliği orijinal bilgisayar programında kullanılmıştır (Lucas and Haydon, 1961). Daha sonra E ve F2 katmanı için parabolik katman yapısı kullanılmıştır (Lucas and Haydon, 1966; Barghausen, 1969). Kesişen E ve F2 katmanlarının en büyüğü alınarak profile F1 katmanı eklenmiştir. Güncel profile parabolik katman yapısının yerini Chapman katmanı yapısı almıştır. Analitik olarak parabol katman yapısı kolay işlenir olmakla birlikte Chapman katman yapısı, elektromanyetik iyonlaşma ve kimyasal kayıpları iyi tanımlaması nedeniyle baskındır. İlaveten Chapman katmanı yükseklikle katmanın tepesinde üstel olarak küçülür. Bu şekilde iyonosferin durumu daha iyi tanımlanmaktadır (Dudney 1983).

Elektron yoğunluğu profilini oluşturmak için tek bir kritik frekans kümesi ve ilgili parametreler seçilmektedir. Yayılım yolunun uzunluğuna bağlı olarak, 5 kontrol noktası eleme işlemi gerçekleştirilerek haberleşme devresi için iyonosferi en iyi şekilde tanımlayacak 1-3 arasında kontrol noktasına indirilmektedir. Daha sonra iyonosfer parametreleri kullanılarak (foE , hmE , ymE , $foF1$, $hmF1$ gibi) kontrol noktalarında, Chapman katman yapısı tabanlı, kritik frekansta ve altında elektron yoğunluğu profili oluşturulmaktadır.

5.1 Kontrol Noktalarının Seçilmesi

Her bir KD haberleşme devresi için devre yolunun uzunluğuna bağlı olarak, yol boyunca 1-5 arasında coğrafik bölge hesaplanmaktadır. Bu coğrafik bölgelerden gene yol uzunluğuna bağlı olarak 1-3 arasında nokta için iyonosferik parametreler tanımlanmaktadır. İyonosferik profil gerçekleştirilirken katman parametreleri bu kontrol noktalarındaki değerlerden seçilmektedir. Sözü edilen kontrol noktalarının yol uzaklığına bağlı olarak nasıl seçildiği aşağıda gösterilmiştir,

Mesafe \leq 2000 km ise kontrol noktası,

Yolun orta noktasındaki foF2
Yolun orta noktasındaki foF1
Yolun orta noktasındaki foE

2000 km < Mesafe \leq 4000 km ise 2 kontrol noktası,

Kontrol noktası 1:

Yolun orta noktasındaki foF2
Vericiden 1000 km uzaklıktaki foF1
Vericiden 1000 km uzaklıktaki foE

Kontrol noktası 2:

Yolun orta noktasındaki foF2
Alıcıdan 1000 km uzaklıktaki foF1
Alıcıdan 1000 km uzaklıktaki foE

4000 km < Mesafe \leq 8000 km ise 3 kontrol noktası,

Kontrol noktası 1:

Vericiden 2000 km uzaklıktaki foF2
Vericiden 1000 km uzaklıktaki foF1
Vericiden 1000 km uzaklıktaki foE

Kontrol noktası 2:

Yolun orta noktasındaki foF2
Yolun orta noktasındaki foF1
Yolun orta noktasındaki foE

Kontrol noktası 3:

Alıcıdan 2000 km uzaklıktaki foF2

Alıcıdan 2000 km uzaklıktaki foF1
Alıcıdan 1000 km uzaklıktaki foF2

Yayın yolunun karakteristiğini tanımlayan devre parametreleri hesaplandıktan sonra profil en olumsuz (küçük) değerler kullanılarak oluşturulmaktadır.

5.2 Dikey Profilin Oluşturulması

Katman karakteristikleri seçildikten sonra profil tabanlı katman değerleri (FoF2, FoF1, FoFE gibi) hesaplanmaktadır. Profilin oluşturulmasında E-R modeli (Elkins and Rush, 1973) kullanılarak ($\chi \leq 105^\circ$ için) F2 ve F1 katmanlarının yarı kalınlıklarının hesaplanması başlangıç aşamasıdır. Yarı kalınlık hesaplandıktan sonra ampirik Wrobel fonksiyonu (Damon and Hartranft, 1970) kullanılarak nasıl normalize edildiği aşağıda gösterilmiştir,

$$ST(F2) = ST(E-R) * W(hmF2_{ICED}) / W(hmF2_{E-R}) \quad (5.2a)$$

$$ST(F1) = ST(E-R) * W(hmF1_{ICED}) / W(hmF2_{E-R}) \quad (5.2b)$$

$$W(h) = \ln(h) / 0.02186 - 203.447 \quad (5.2c)$$

Burada,

- W(h) : Wrobel ölçek yüksekliği.
h : En büyük yoğunluk değerinin yüksekliği.
ST(F1) : F1 katmanının yarı kalınlığı
ST(F2) : F2 katmanının yarı kalınlığı

Profil bundan sonra aşağıda anlatılan yöntem ile oluşturulmaktadır:

- 1) F2 katmanının tepe noktasında ve yukarısında, değiştirilmiş F katmanı yarı kalınlığı ve DMSP yerinde iyon-elektron ölçümleri (eğer varsa) kullanılarak değiştirilmiş üst-yan ölçek yüksekliği dışında, Elkins-Rush modeli takip edilmektedir.
- 2) E katmanının tepesinde ve altında, eğer E katmanının tepesindeki F1 katmanının katkısı, güneş ve parçacık iyonlaşmalarından hesaplanan E katmanının yoğunlundan fazla değilse ölçek yüksekliği 16 km olan Chapman katman modeli kullanılmaktadır. Bu durumda E katmanı değerlendirilmeye alınmamaktadır ve F1 katmanı aşağıya doğru genişletilmektedir.
- 3) F2 katmanının tepesi ile E katmanında en fazla iyonlaşmanın olduğu yükseklik arasında, modelleme F1 katmanının olup olmasına göre değişmektedir,

- a) F1 katmanı olduğu zaman, herhangi bir yükseklikteki elektron yoğunluğu, E ve F1 katmanlarından gelen katkının toplanmasıyla hesaplanmaktadır.
- b) F1 katmanı yüksekliğinde güneşin görülebildiği zaman, ara bölge E ve F2 katmanları için ayrı ayrı hesaplanan en fazla elektron yoğunluğundan E ve F2 katmanları yüksekliklerindeki F1 katmanının katkısı çıkarılmaktadır. Daha sonra azalan E ve F2 katmanlarının en fazla yoğunluğu her bir katmanı gösteren Chapman fonksiyonunda kullanılmaktadır. Son olarak, herhangi bir seviyedeki toplam elektron yoğunluğu F1 katmanı ve değiştirilmiş E ve F2 katmanları yoğunluklarının katkılarının toplamıdır. Bu yöntemde F1 katmanının, F2 katmanının tepesinden en az 2 (F2) ölçek mesafe altında olmasını sağlamak için gerekirse, F2 katmanının Chapman ölçü yüksekliği azaltılmaktadır. Anlatılan bu teknik, F2 ve E katmanlarının yoğunluklarının tepe yoğunluklarının tam olarak modellenmesine ve F1 katmanının yoğunluğunun % 5 hata ile hesaplanmasına imkan vermektedir.

Bu bölümde Elektron Yoğunluğu Profiline nasıl oluşturulduğu anlatılmıştır. Altıncı bölümde kullanılabilir en üst frekans modeli anlatılacaktır. Altıncı bölümde yer alan bilgiler (ICEPAC Technical Manual) kaynağından derlenmiştir.

6. KULLANILABİLİR EN ÜST FREKANS (MUF) MODELİ

İki nokta arasında haberleşmeyi sağlayan kullanılabilir en üst frekans (Maximum Usable Frequency, MUF) radyo haberleşme sistemi tasarımında ve çalışmasında önemli bir parametredir. İyonosferin stokastik doğası nedeniyle bu parametrenin belirlenmesi zor olmaktadır. Bu haberleşme analizi programı, iyonosferin aylık ortanca durumuna göre MUF değerini belirlemektedir. Bağlantı frekansı (Junction Frequency, JF), alıcıdaki işaret gücünün en büyük olma eğilimi gösterdiği frekanstır. Bu frekansta, işaret gücü alt ve üst açışınlarda aynı anda 3 dB güç artışı sağlamaktadır. Bağlantı frekansı ayın günlerinde ve günün saatlerinde değişim göstermektedir. Günlük MUF(3000)F2 dağılımı kullanılarak bir frekansın ayın günlerinin yüzde kaçında birleşme frekansının altında kalacağı kestirilebilmektedir. Burada MUF(3000)F2, F2 katmanının 3000 Km mesafeli MUF değeridir. Bir ayın günlerinin % 90'ında JF değerinin altında olan frekans en uygun trafik frekansı (Optimum Traffic Frequencies, FOT), % 10 altında olan frekans en olası frekans (Highest Probable Frequency, HPF) olarak adlandırılmaktadır. E ve F1 katmanlarının dağılımı standart sapması MUF'un % 10'u olan normal dağılımdır.

MUF'un değerini belirlemek için iyonosfer örneklenmektedir. Bu örneklemede kısa mesafeler için sadece büyük çemberin orta noktası örnek alınırken, uzun mesafeler için yolun sonunda iyonlaşmanın en az olduğu nokta örnek alınmaktadır. Bu modelde MUF'ta haberleşme başarısız olmamaktadır ancak günlük MUF'un üzerinde bir frekansta haberleşmede işaret seviyesi aniden düşmektedir.

Bu modelle hesaplanan MUF, iki radyo sistemi arasında gözlemlenen en üst frekansa (Maximum Observed Frequency, MOF) bazı sebeplerle karşılık gelmemektedir. Örnek olarak, foF2 ortanca değerinden çok farklı olabilir yada işaret sporadik-E modunda olabilir. Öngörülen MUF değeri JF'nin aldığı değere bağlıdır ve JF normal olarak ölçülmemektedir. MUF değeri hesaplanırken ne iyonosferik fırtınalar nede çalışma karakteristikleri hesaba

katılmamaktadır. Sonuç olarak, programın öngördüğü MUF değeri, yeryüzünde iki nokta arasında bir modun olduğu en üst frekans değildir.

6.1 MUF Geometrisi

MUF değerini hesaplamak için Lucas ve Haydon'un yöntemi (Lucas and Haydon, 1966) geliştirilerek yeni bir yöntem tasarlanmıştır. Yöntem birleşme frekans eğrisinin, iyonosferik mesafe ve frekansın bir fonksiyonu olarak bulunmasını sağlamaktadır. Hesaplamalarda temel parametre X_t teğet frekansı f_t 'nin, katmanın kritik frekansına oranıdır. Teğet frekansı kavramı, iletim eğrisi kullanılarak bir mesafe için dikey geliş iyonogramının, eğik geliş iyonogramına dönüştürülmesinden gelmektedir. JF eğrisi 3 adımda yaklaşık olarak bulunur. İlk olarak JF değerine karşılık gelen eşdeğer düşey ses frekansı F_1 'nin kestirimi, aşağıdaki eşitlik kullanılarak yapılmaktadır,

$$X_t = \left[1 + \frac{\alpha y_m}{h_m}\right]^{-1/2} \quad (6.1)$$

Burada,

- X_t : Teğet frekansı f_t 'nin katmanın kritik frekansına oranıdır.
- f_t : İyonogram da teğet noktasındaki frekanstır.
- y_m : Katmanın yarı kalınlığıdır.
- h_m : Katmanda en fazla iyonlaşmanın olduğu yüksekliktir.
- α : Ayarlama etkenidir ($\alpha = 0.5$).

Ayarlama etkeni $\alpha = 1$ olduğunda Eş. 6.1, yayılım için zaman gecikmesinin en az olduğu küresel yeryüzündeki yassı bir iyonosfere karşılık gelen, iyonogram üzerinde bir nokta eşitliğine dönüşmektedir. Düzeltilmiş Martyn kuramı (Martyn, 1959) kullanıldığında, X_t sıfır mesafe için aldığı yassı iyonosfer değerinden başlayıp, uzun mesafeler için JF değerine yaklaşmaktadır. Ayarlama etkeninin değeri programda 0.5 değerini almaktadır ve JF çizgisine daha iyi yaklaşmaktadır. F2 katmanı için X_t düzeltilmesi, MUF değerini mesafenin bir fonksiyonu olarak sıfır MUF'a yaklaştırmak için aşağıdaki eşitlikte görüldüğü gibi kullanılmıştır:

$$X_t = X_t (1 + A \exp(-BD/D_0)) \quad (6.2a)$$

$$A = -1 + 1/X_t \quad (6.2b)$$

Burada,

- X_t : Düzeltilmiş X_t
- B : 9.5
- D : Yer mesafesi
- D_0 : Temel mesafe (2000 km)

Eş. 6.2 ile verilen eğrinin inişi ve çıkışı gerçek eğriye göre daha keskindir ve bu MUF'un daha korunumlu kestirilmesini sağlamaktadır. Ayrıca Eş 6.2'de sıfır mesafede X_t , 1'e yaklaşırken, D_0 mesafesinde orijinal değerine yaklaşmaktadır.

MUF hesaplamalarında uzun yol ve kısa yol hesaplanırken farklılıklar vardır. Uzun yol için MUF hesaplanırken, yükseklik açısının sıfır yada en küçük olması istenmektedir. Uzun yol hesaplamasında öncelikle elektron yoğunluğu profili oluşturulmaktadır. Sonra her bir katman için X_t hesaplanmaktadır ve gerçek yüksekliği bulmak için taramalı tablo kullanılmaktadır. Son olarak sekant yasası kullanılarak MUF değeri bulunmektedir. Gerçek yükseklik için düzeltme etkeni kullanılmamaktadır. İlgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f_t = X_t f_c \quad (6.3)$$

Burada,

- f_t : Dikey teğet frekansı
- X_t : Teğet frekansı
- f_c : sıfır MUF, E katmanı için f_oE , F1 katmanı için f_oF1 , F2 katmanı için $f_oF2 + 1/2 f_H$ değerlerini almaktadır.
- f_H : Dönü frekansı

Kısa yol için mod yapısı belirlenmelidir. Martyn kuramı kullanılarak yükseklik açısı hesaplanmaktadır. Yükseklik açısının hesaplanması, elektron yoğunluğu profilinin integralinin alınmasını ve sanal yükseklik için döngüyü kapsamaktadır. E katmanı için Martyn kuramı düzeltmesi küçüktür ve ihmal edilebilmektedir. İlgili eşitlik aşağıda verilmiştir:

$$N = [D/((\pi/2 - \Delta - \phi')a)] + 1 \quad (6.4)$$

Burada,

- N : Atlama sayısıdır. Burada [] kesme işlemi yapılacağını göstermektedir.
- Δ : Ayrılma açısıdır.
- D : Yer mesafesidir.
- a : Yeryüzünün yarıçapıdır.
- ϕ' : Sanal yükseklikteki (h') açıdır.

E katmanı için, $y_mE=20$ km, $h_mE=110$ km parametre değerleri kullanılarak, X_t değeri $X_t=0.957$ MHz olarak elde edilmektedir. Elektron yoğunluğu profili tanımından,

$h_t = 104$ km , gerçek yükseklik

$h' = 130$ km , sanal yükseklik

değerleri hesaplanmaktadır.

F_1 ve F_2 katmanları için, Eş 6.3 ve Eş 6.4 kullanılarak ayrılma açısı ve sanal yüksekliğin başlangıç değerleri hesaplanmaktadır. Daha sonra düzeltilmiş Martyn teoremi kullanılarak düzeltilmiş sanal yükseklik değeri ve yeni ayrılma açısı Δ ve MUF bulunmaktadır. Bu düzeltme işlemi, MUF değerindeki değişim belirli bir değerden az olana kadar yada belirlenen iterasyon sayısına ulaşılan kadar devam etmektedir.

Sporadik-E katmanına ilişkin MUF değeri, öngörülen f_oE_s ve sekant etkeni kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamada sanal yüksekliğin gerçek yüksekliğe eşit olduğu ve 110 km olduğu varsayımı yapılmaktadır.

Bu bölümde kullanılabilir en üst frekans modeli anlatılmıştır. Yedinci bölümde ICEPAC paket programı, programın kurulumu ve nasıl temin edilebileceği anlatılacaktır.

7. ICEPAC PAKET PROGRAMI

ICEPAC paket programı modüler formda ve Fortran yazılım dili kullanılarak geliştirilmiştir. Modüler form programın herhangi bir alt bölümü değiştirildiğinde, programın diğer bölümlerinin bu değişiklikten etkilenmemesini sağlamaktadır. Program yazılırken mümkün olduğunca ANSI 77 Fortran standardına bağlı kalınmıştır. Programın ilk resmi Windows sürümü 15 Mayıs 1996'da yayımlanmıştır. Programın bu tarihten önceki sürümleri test versiyonlarıdır. ICEPAC paket programı sürekli güncellenmektedir. Aşağıdaki internet sitelerinden programın eski ve en son sürümleri ücretsiz olarak temin edilebilir,

The Institute for Telecommunication Sciences (Resmi Sitesi)

→ <http://www.its.bldrdoc.gov/elbert/hf.html>

VOACAP

→ <http://www.voacap.com>

Gregory R. Hand'in İnternet Sitesi

→ <http://www.greg-hand.com/hf.html>

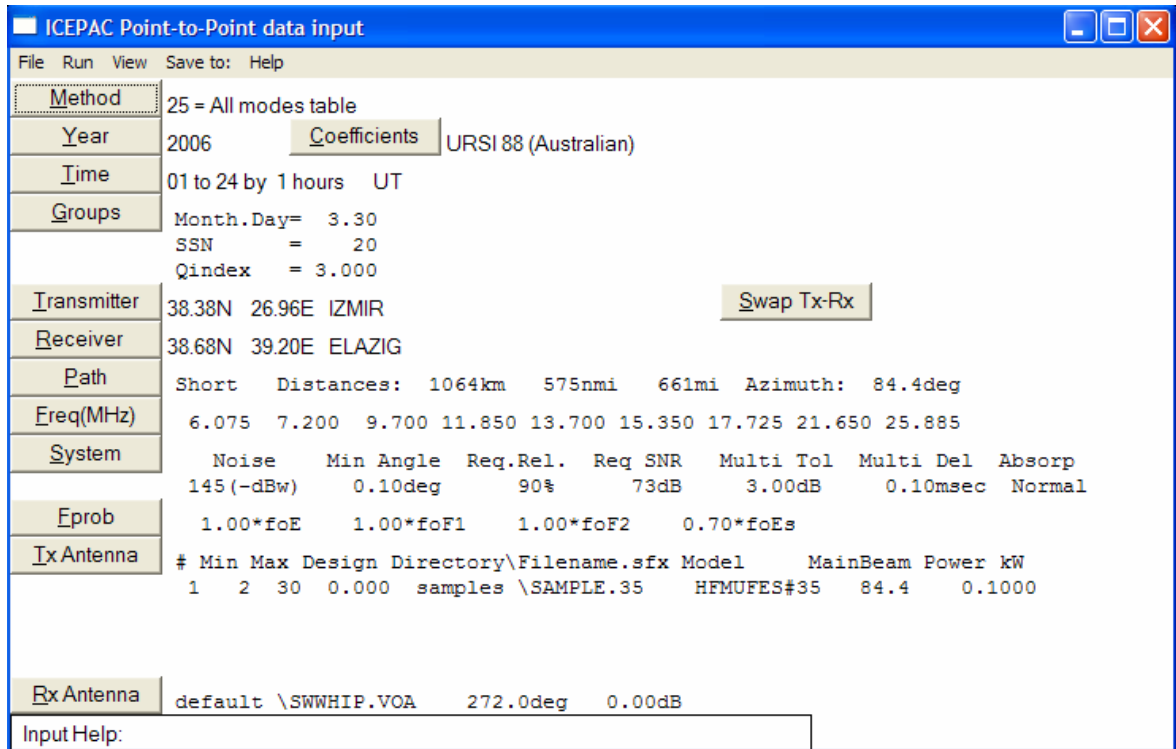
ICEPAC paket programının kurulum dosyasının boyutu yaklaşık 4.5 MB'tır. Programın kurulum dosyasının ismindeki sayılar programın güncellendiği tarihi gösterir. Örnek olarak 'itshfbc_060418.exe' ismi, programın 2006 yılında Nisan ayının 18'inde güncellenen sürümü olduğunu gösterir. Programın kurulumu basittir ve kurulum dosyası çalıştırılarak kolaylıkla yapılabilir. Program varsayılan olarak 'C:\itshfbc' konumuna kurulur ve bilgisayarın masaüstüne kurulan programların kısa yollarının bulunduğu klasörü

açan 'ITS HF Propagation' isimli kısayolu ekler. Bu kısayol açıldığında aşağıdaki programların kısayollarının olduğu klasör açılır,

- 1) 'ICEPAC'
- 2) 'ICEAREA'
- 3) 'ICEAREA INVERSE'
- 4) 'HFant'
- 5) 'News'
- 6) 'REC533'
- 7) 'RECAAREA'
- 8) 'S_I ICEPAC'
- 9) 'S_I VOACAP'
- 10) 'VOAAREA'
- 11) 'VOAAREA INVERSE'
- 12) 'VOACAP'
- 13) 'Uninstall ITS HF Propagation'

ICEPAC programı için tavsiye edilen ideal sistem konfigürasyonu: Pentium-4 2.8 GHz işlemci, MS Windows 2000 Service Pack-4 işletim sistemi, 1 GB RAM, 1280x1024 çözünürlüğünde 256 renk ekran 20" ekrandır. Programın düzgün çalışması için gereken en küçük sistemin özellikleri: Windows 95-98-NT-2000-XP işletim sistemi, 4 MB RAM, 20 MB sabitdisk, VGA ekran kartı, en az 486x33 MHz işlemcidir.

ICEPAC programını çalıştırmak için önce masaüstüne gelen 'ITS HF Propagation' kısayolu daha sonra 'ICEPAC' kısayolu çalıştırılır, açılan programın ana penceresidir. Ana pencere Şekil 7.1'de gösterilmiştir.



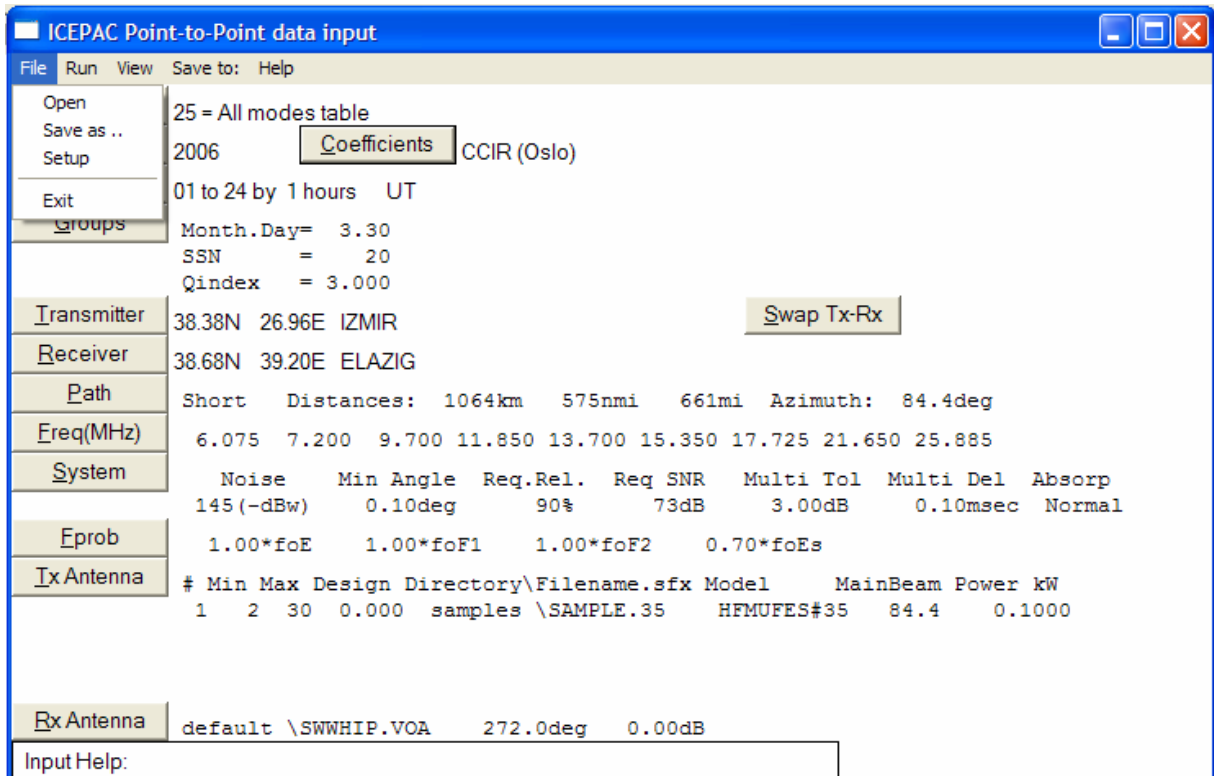
Şekil 7.1 ICEPAC Programının Ana Penceresi

Ana penceredeki menüler, 'File', 'Run', 'View', 'Save to', 'Help' aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır. Programa veri girişi için kullanılan 'Method', 'Year', 'Groups', 'Transmitter', 'Receiver', 'Path', 'Freq (MHz)', 'System', 'Fprob', 'TxAntenna', 'RxAntenna', 'Coefficients' butonları raporun beşinci bölümünde detaylı olarak anlatılmaktadır.

7.1 'File' Menüsü

Programın ana penceresinde en üstteki menüdür, Şekil 7.2’de gösterilmiştir. Bu menü seçildiğinde aşağıdaki seçenekler görülür:

- 'Open' : Kullanıcının daha önceden kaydedilmiş program dosyalarını açması için Windows’un standart diyalog penceresini açar.
- 'Save as' : Kullanıcının yürürlükteki veriyi farklı bir isimle kaydetmesi için Windows’un standart farklı kaydet penceresini açar.
- 'Setup' : Program ekranının arka plan rengini ve font büyüklüğünü değiştirmek için kullanılmaktadır. Varsayılan arka plan rengi beyazdır.
- 'Exit' : Programdan çıkmak için kullanılır. Yürürlükteki değerler bir sonraki program çalışmasında kullanılmak için 'model1W.BIN' dosyasına kaydedilmektedir.

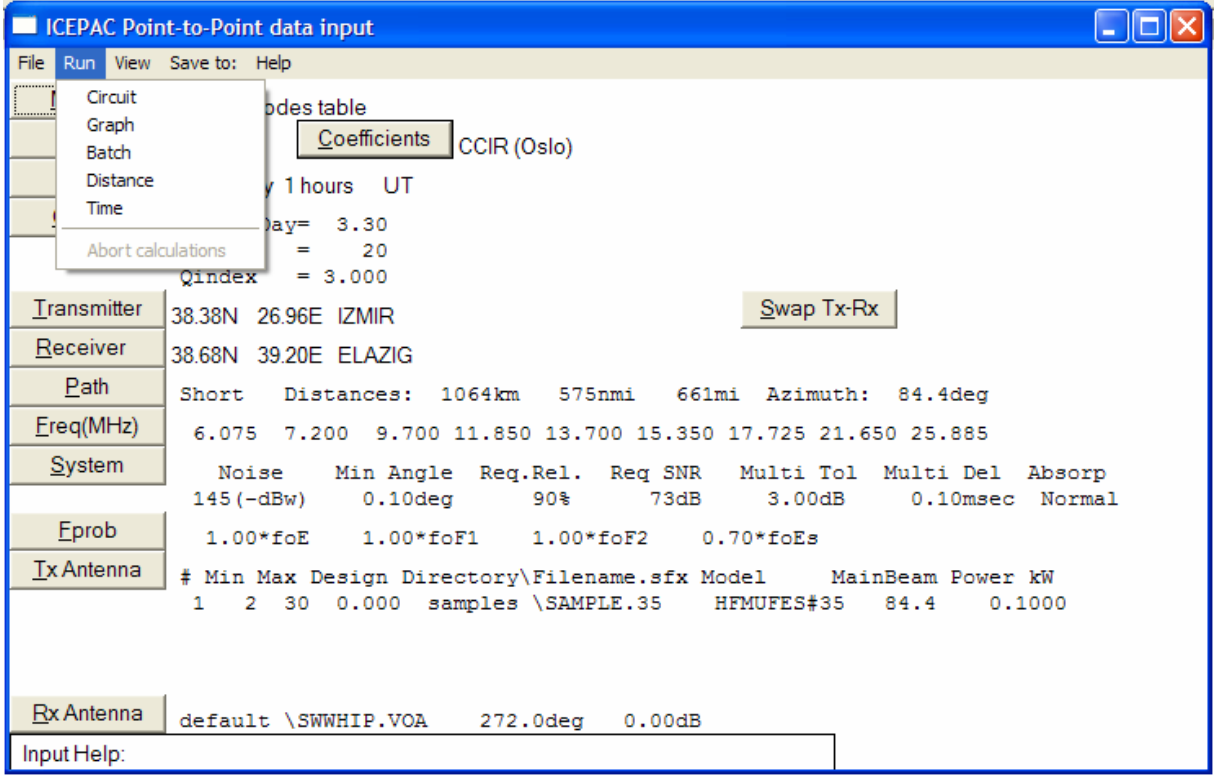


Şekil 7.2 'File' Menüsü

7.2 'Run' Menüsü

Programın ana penceresinde en üstteki menüdür, Şekil 7.3'te gösterilmiştir. Bu menü seçildiğinde aşağıdaki seçenekler görülür:

- 'Circuit' : Girilen veri değerleri için yayılım hesaplamalarını gerçekleştirmektedir. Sonuçlar 'modelX.OUT' dosyasına kaydedilir ve metin dosyası şeklinde kullanıcıya gösterilir. Yöntem-11 ve yöntem-28 grafik çıktıları üretir.
- 'Graph' : Hesaplamalar 1-24 saatleri için ve 2-30 MHz frekansları için gerçekleştirilir. Sonuçlar 'modelG.OUT' dosyasına kaydedilir ve hesaplamalarla birlikte kullanıcıya grafiksel olarak gösterilir..
- 'Batch' : 'Circuit'e benzer şekilde hesaplamalar yapar yalnız alıcı ve vericiye ilişkin bilgileri yürülmekteki 'CIRCUITS.???' dosyasından okur. Sonuçlar 'modelB.OUT' dosyasına kaydedilir.
- 'Distance' : Çıkış parametrelerinin mesafeye göre değişim grafiğini çizmek içindir. Verici ile alıcı arasındaki mesafe 51 parçaya bölünür. Her bir nokta için yayılım hesaplanır ve sonuçlara göre grafik çizilir. Sonuçlar belirtilen bütün frekans ve saatler için hesaplanır.
- 'Time' : Çıkış parametrelerinin evrensel saate göre değişim grafiğini çizmek içindir. Yayılım belirtilen frekans için tüm 24 saat boyunca hesaplanır.
- 'Abort batch processing' : Kullanıcıya başlatılmış olan 'Batch' işlemini sonlandırma imkanı verir.

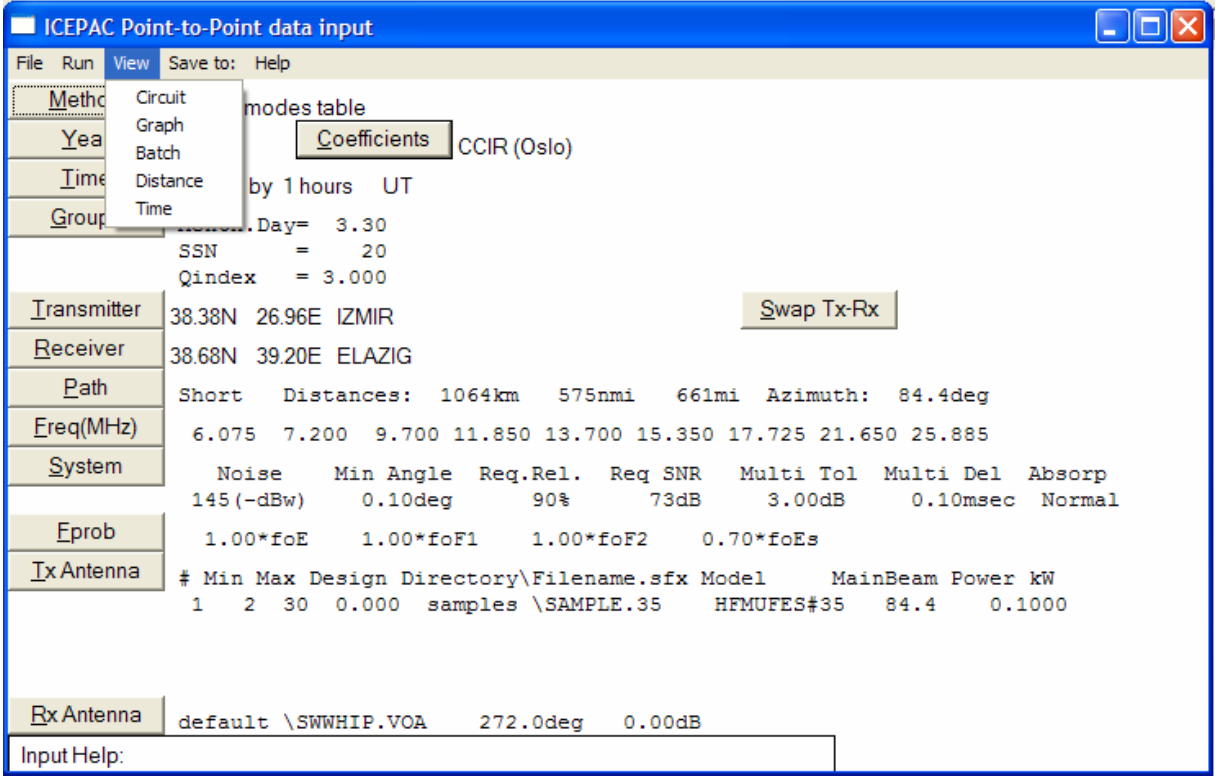


Şekil 7.3 'Run' Menüsü

7.3 'View' Menüsü

Programın ana penceresinde en üstteki menüdür, Şekil 7.4'te gösterilmiştir. Bu menü seçildiğinde aşağıdaki seçenekler görülür:

- 'Circuit' : En son hesaplanan 'Circuit' hesaplamalarını metin dosyası olarak gösterir. Son hesaplanan yöntem 11 yada 28 ise sonuçlar grafiksel olarak gösterilir.
- 'Graph' : En son hesaplanan 'Graph' hesaplamalarının sonucunu gösterir.
- 'Batch' : En son gerçekleştirilen 'Batch' hesaplamalarının sonucunu gösterir.
- 'Distance' : En son gerçekleştirilen 'Distance' hesaplamalarının sonucunu gösterir.
- 'Time' : En son gerçekleştirilen 'Time' hesaplamalarının sonucunu gösterir.

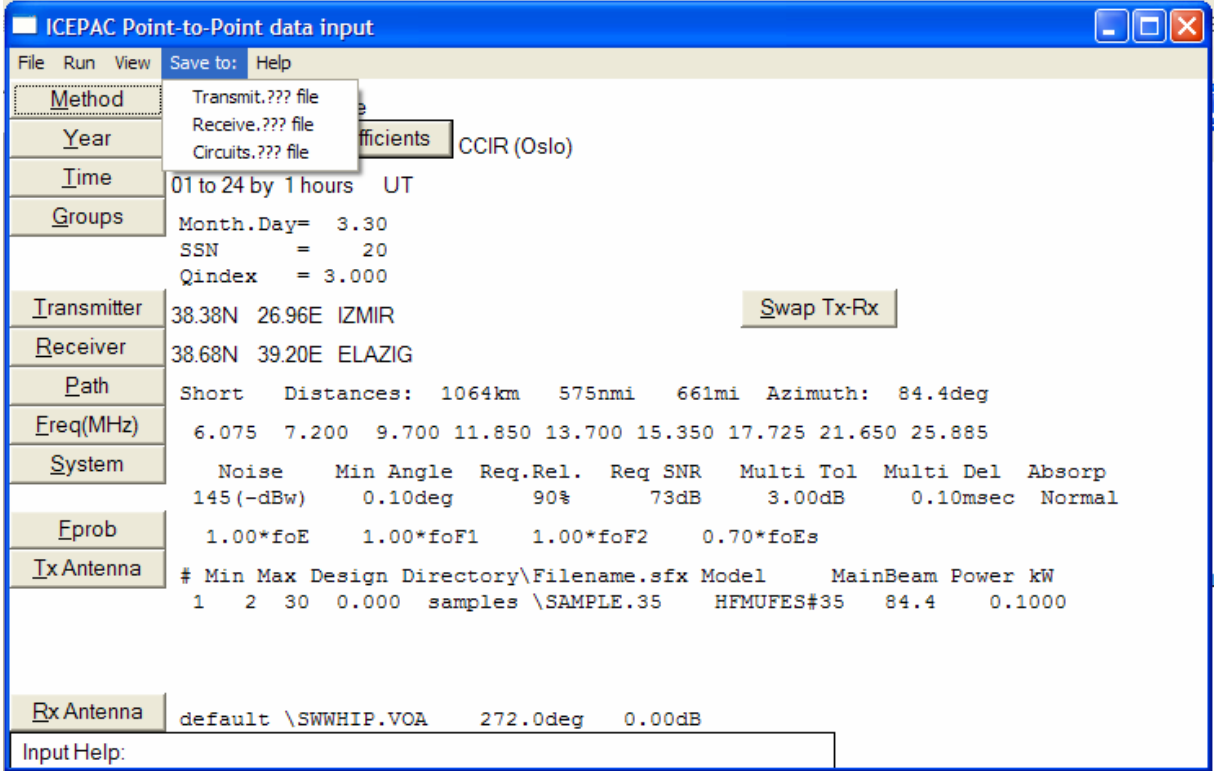


Şekil 7.4 View Menüsü

7.4 'Save to ' Menüsü

Programın ana penceresinde en üstteki menüdür, Şekil 7.5'te gösterilmiştir. Bu menü seçildiğinde aşağıdaki seçenekler görülür:

- 'Transmit.??? file' : Verici bilgilerini yürürlükteki aktif 'TRANSMIT.???' dosyasına kaydeder.
- 'Receive.??? file' : Alıcı bilgilerini yürürlükteki aktif 'RECEIVER.???' dosyasına kaydeder.
- 'Circuits.??? file' : Verici, verici anten, alıcı ve alıcı anten bilgilerini yürürlükteki 'CIRCUITS.???' dosyasına kaydeder.

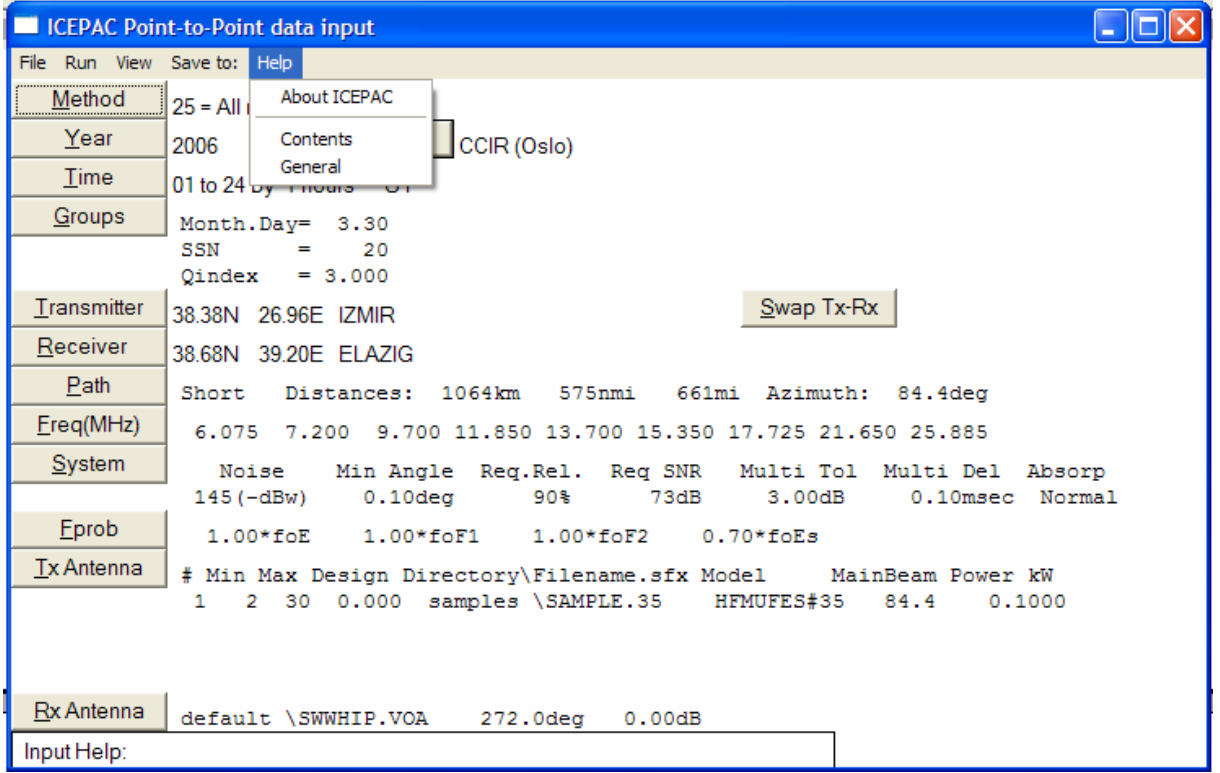


Şekil 7.5 'Save to' Menüsü

7.5 'Help' Menüsü

Programın ana penceresinde en üstteki menüdür, Şekil 4-6'da gösterilmiştir. Bu menü seçildiğinde aşağıdaki seçenekler görülür:

- 'About model' : Kullanılan yayılım modelini tanımlayan bir pencere gösterir. Bu pencere model ismi (ICEPAC), program versiyonu, sahibi, ekran görüntü boyu ve yazılımı geliştirenler hakkında bilgi verir.
- 'Contents' : Bakılan yardımın içeriği görüntülenir.
- 'General' : Yayılım modelleri (Tarihi, farklılıkları, nasıl elde edildikleri vb.) hakkında genel yardım bilgileri içerir.



Şekil 7.6 'Help' Menüsü

Bu bölümde ICEPAC paket programı, nasıl temin edilebileceği, kurulumu, sistem gereksinimleri ve arayüzünün kullanımı anlatılmıştır. Sekizinci bölümde programa nasıl veri girişi yapılacağı anlatılmıştır ve veriler hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde yer alan bilgiler ICEPAC programının yardım dosyalarından derlenmiştir.

8. PROGRAMA VERİ GİRİŞİ

Ana veri giriş penceresi, üzerinde parametre isimlerinin olduğu butonları ve yürürlükteki parametre değerlerini barındırmaktadır. İmleç parametre değerleri üzerinde hareket ettirilirse o parametreye ilişkin yardım penceresinin altında kırmızı yazılarla belirir. Herhangi bir parametreyi değiştirmek için butona tıklandığında o parametreye özgü veri giriş penceresi açılır ve uygun değerler girilir.

Her bir pencere aşağıdaki butonları barındırır:

'Accept' : Yapılan değişiklikler etkin hale gelir ve ana pencereye dönülür.

'Cancel' : Yapılan değişiklikler iptal edilir ve ana pencereye dönülür.

Bunlara ilaveten, parametreye bağlı olarak: varsayılan butonu, listeden seçmek için liste kutuları, sayı veya dizgi metin kutuları olabilir. Verileri girmek için yardım metinleri ve bilgileri yol göstericidir. Gerekli veri girişi yapıldıktan sonra program çalıştırılabilir yada girilen veri kaydedilebilir.

Hesaplamlarda kullanılan ve kullanıcı tarafından değiştirilebilen parametreler şunlardır:

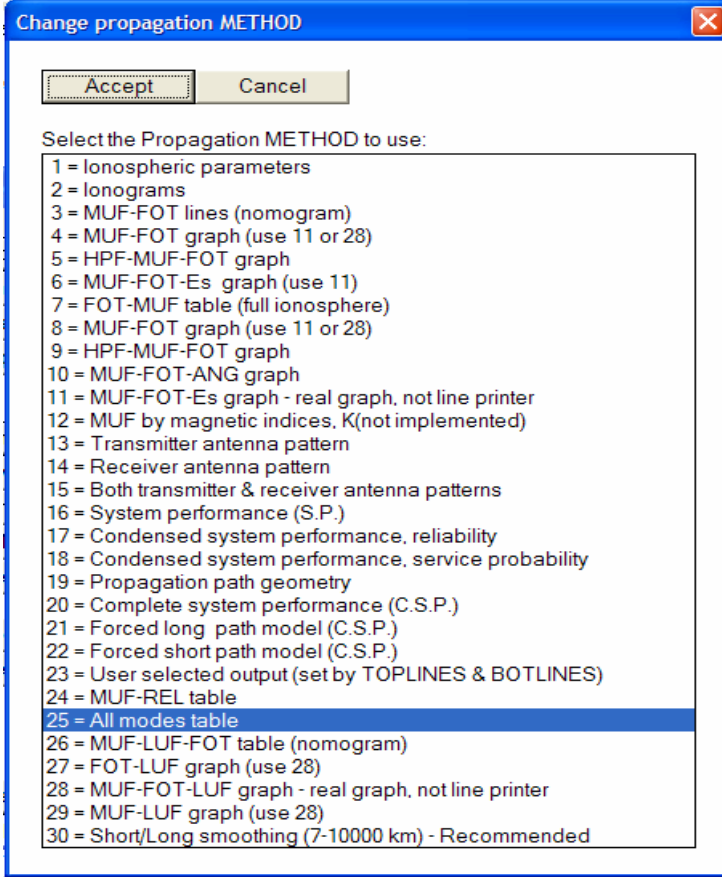
'Method'	:	Hesaplama yöntemi
'Year'	:	Sadece program çıktılarında başlıkta kullanılır.
'Coefficients'	:	İyonosferik katsayılar (CCIR veya URSI88).
'Time'	:	Başlangıç, bitiş, artış ve birim (UT or LMT).
'Groups'	:	Ay, Güneş lekesi sayısı, Q indeks değerleri.
'Transmitter'	:	Enlem, boylam, isim.
'Receiver'	:	Enlem, boylam, isim.
'Path'	:	Kısa veya uzun.
'Freq (MHz)'	:	Frekans değerleri, birimi MHz.
'System'	:	Gürültü, en küçük açı, gerekli güvenilirlik, gerekli sinyal-gürültü oranı.
'Fprob'	:	Katman çarpanları.
'Tx Antenna'	:	Verici anten özellikleri.
'Rx Antenna'	:	Alıcı anten özellikleri.

8.1 Hesaplama Yöntemi

Yöntem parametresi ICEPAC programı için yayılım modelinde hangi hesaplamaların yapılacağına ilişkin bir göstergedir. Liste kutusundan herhangi bir yöntem seçilebilir. Hesaplama yöntemi penceresinin görünümü Şekil 8.1'de verilmiştir. Kullanılabilir çıkış yöntemleri,

Method-1	'Ionospheric parameters'
Method-2	'Ionograms'
Method-3	'MUF - FOT lines (nomogram)'
Method-4	'MUF - FOT graph'
Method-5	'HPF - MUF - FOT graph'
Method-6	'MUF - FOT - Es graph'
Method-7	'FOT - MUF table (full ionosphere)'
Method-8	'MUF - FOT graph'
Method-9	'HPF - MUF - FOT graph'
Method-10	'MUF - FOT - ANG graph'
Method-11	'MUF - FOT - Es graph'
Method-12	'MUF by magnetic indices, K (not implemented)'
Method-13	'Transmitter antenna pattern'
Method-14	'Receiver antenna pattern'
Method-15	'Both transmitter and receiver antenna patterns'
Method-16	'System performance (S.P.)'
Method-17	'Condensed system performance, reliability'
Method-18	'Condensed system performance, service probability'
Method-19	'Propagation path geometry'
Method-20	'Complete system performance (C.S.P.)'
Method-21	'Forced long path model (C.S.P.)'
Method-22	'Forced short path model (C.S.P.)'
Method-23	'User selected output lines (set by TOPLINES and BOTLINES)'
Method-24	'MUF-REL table'

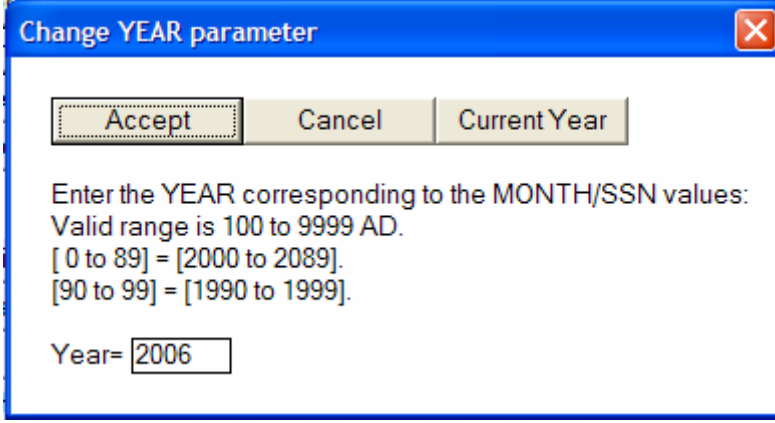
Method-25	'All modes table'
Method-26	'MUF - LUF - FOT table (nomogram)'
Method-27	'FOT - LUF graph'
Method-28	'MUF - FOT - LUF graph'
Method-29	'MUF - LUF graph'
Method-30	'Short/Long method smoothing (7-10000 km)'



Şekil 8.1 Yayılma yöntemleri penceresi

8.2 Yıl

Yıl parametresi programın çıktısında sadece başlık metni olarak kullanılmaktadır. Burada yıl uygun güneş lekesi sayısı ve ay çifti ile eşleşecek şekilde olmalıdır. Gerçekli yıl aralığı 1950-2100'dür. Yıl parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.2'de verilmiştir.



Şekil 8.2 Yıl parametresi penceresi

8.3 İyonosferik Katsayılar

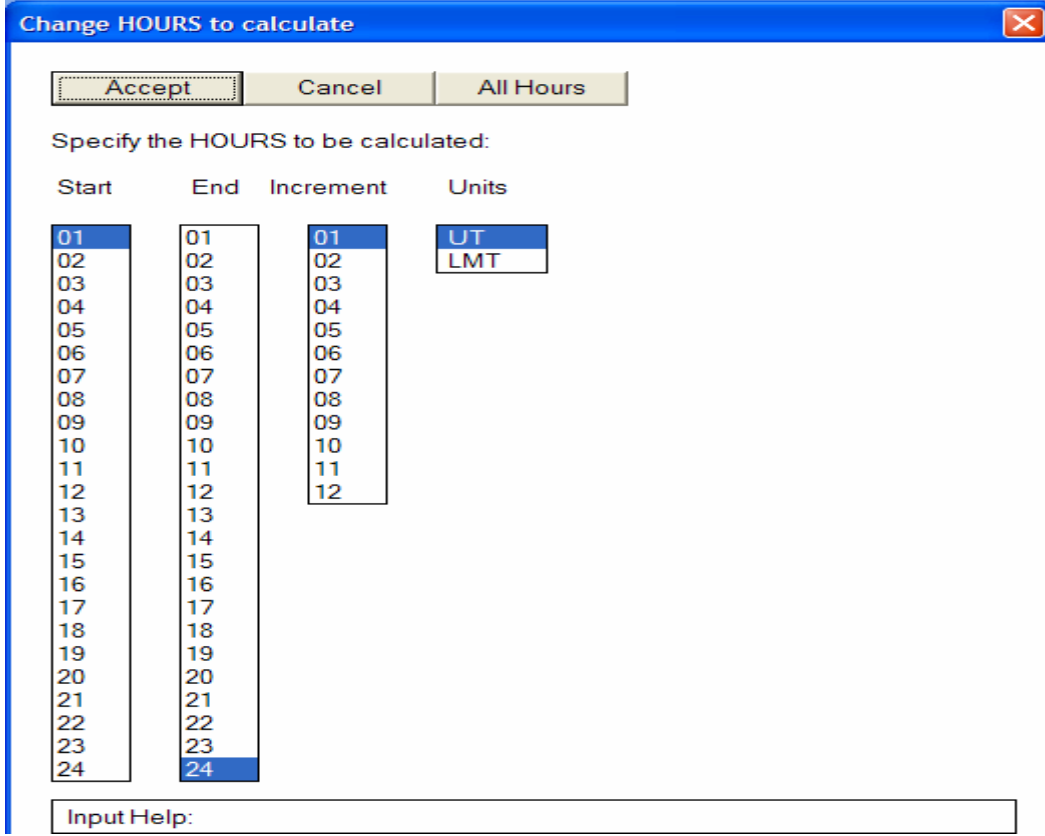
CCIR (Oslo) veya URSI 88 (Avustralya) değerlerinden birisi seçilir. Bu iki katsayı kümesi arasında yalnızca foF2 katsayıları arasında farklılıklar vardır. Ayrıca ICEPAC değerlerin günlük olarak belirtilmesine olanak sağlamaktadır.

8.4 Zaman Parametreleri

Zaman parametreleri hesaplamada kullanılacak saatleri göstermektedir. Saatler saat başı merkez olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnek olarak 01 saati, 0:30 ile 1:30 arasındaki zamanı temsil etmektedir. Programda başlangıç saati bitiş saatinden büyük olabilir. Örnek olarak başlangıç 22:00 UT, bitiş 4:00 UT olabilir. Zaman parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.3'te verilmiştir.

Dört zaman parametresi vardır:

- 'Start' : Vericideki başlangıç saati
- 'End' : Vericideki bitiş saati
- 'Increment' : Hesaplama yapılacak olan aralık
- 'Units' : 'UT', Vericideki evrensel saat,
'LMT', Vericideki yerel ortalama saat
- 'All Hours' : Bu buton tüm saatlerde hesaplama yapılması içindir.



Şekil 8.3 Zaman Parametreleri Penceresi

8.5 Grup Parametreleri

Grup parametreleri hesaplamada kullanılan ay, güneş lekesi sayısı ve Q indeks değerlerinin değiştirilmesini sağlar. Her bir grup verisi için belirtilen tüm frekans ve saatlerde hesaplama yapılmaktadır. Bununla birlikte sadece ilk grup verisi için grafik çizilir. Grup parametrelerine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.4'te verilmiştir.

Diğer butonlar:

- 'January' : Bu butona tıklandığında ilk grup verisi dışındaki veriler temizlenir ve ilk grubun ay değeri Ocak, 1 olarak belirlenir.
- 'Seasons' : Ayları Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim olarak belirler.
- 'All Months' : Ayları ilk 10 ay olarak belirler.
- 'Months' : Bu butona tıklandığında ay verisi sıfır olmayan tüm veriler, ilk gruptaki ay verisinin değerini alır.
- 'SSNs' : Sıfır olmayan tüm güneş lekesi sayılarını ilk satırdakinin verinin değeri olarak belirler.
- 'Set Qs' : Sıfır olmayan tüm Q indeks değerlerini ilk satırdaki verinin değeri olarak belirler.

Parametre tanımları,

- 'Month' : Ay hesaplamada kullanılmak içindir. Ay verisi 1-12 arasında değerler alabilir. Her bir ay kendisine ait güneş lekesi sayısı ve etkin Q

indeks değerine sahiptir. Ay verisinin 0 olarak ayarlanması halinde hesaplamada kullanılmaz. Hesaplama yapılabilmesi için en az bir ay verisinin 0 dan farklı ve 1-12 arasında değeri olması gerekmektedir.

'SSN' : 12 ay yuvarlanmış güneş lekeleri hesaplamalarda kullanılır. Bu veri 0 ile 300 arasında değerler alabilir. Güneş lekeleri sayısı tipik olarak az güneş faaliyeti için 10, yüksek güneş faaliyeti için 120 civarında değerler alır.

'Q-index' : Etkin Q indeksi hesaplamalarda kullanılır. Bu veri 0 ile 8 arasında değerler alır. Eğer manyetik Kp indeksi biliniyorsa Qe indeksi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Qe ve Kp indeksi arasındaki ilişki:

Qe : Etkin jeomanyetik faaliyet indeksi

Kp : Gezegenin manyetik indeksi

<u>Qe</u>	<u>Kp</u>	
0.0	0.0	Qe < 3 değerleri için, Kp = Qe/3.
1.0	0.33	
2.0	0.67	
3.0	1.0	Qe > 3 değerleri için, Kp = Qe - 2.
4.0	2.0	
5.0	3.0	
6.0	4.0	
7.0	5.0	
8.0	6.0	

Change MONTH.DAY/SSN/Qindex parameters

Accept Cancel January Seasons All MONTHs

	Months	SSNs	Set Qs	Eff SSN
1	3.30	20	3	
2	0.00	0	0	
3	0.00	0	0	
4	0.00	0	0	
5	0.00	0	0	
6	0.00	0	0	
7	0.00	0	0	
8	0.00	0	0	
9	0.00	0	0	
10	0.00	0	0	

Input Help: Enter SunSpot Number for associated month (0-300)

Şekil 8.4 Grup Parametreleri Penceresi

8.6 Verici Konumu

Bu pencere farklı şekillerde verici konumunun ve isminin değiştirilmesini sağlar.

- 1) Enlem, boylam ve verici konumunun ismi uygun veri yerlerine girilebilir. Enlem ve boylam onlu derece veya derece, dakika, saniye şeklinde girilebilir. Negatif değerler güneyi veya batıyı pozitif değerler kuzeyi veya doğuyu gösterecek biçimde giriş yapılabilir. Verici konumu parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.5'te verilmiştir.

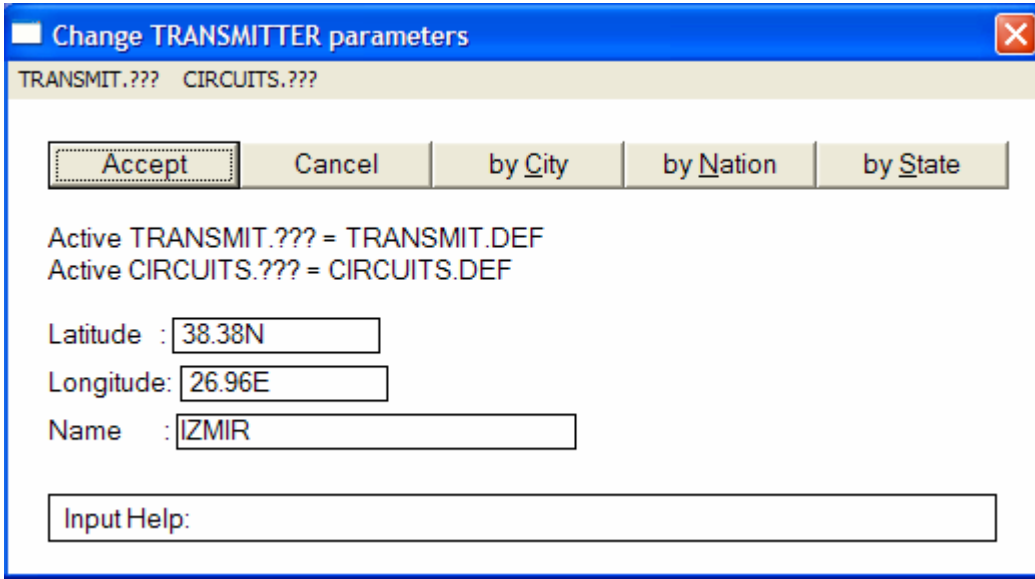
Vericinin enlem ve boylamı programa aşağıdaki örnekte olduğu gibi girilebilir.

'Latitude' : 35.5 = 35.5n = 35.5N = 35n30 = 35N30'0
 'Longitude' : -5.91 = 5.91w = 5.91W = 5w54'30 = 5W54'30

- 2) Verici konumu önceden tanımlanmış veri dosyalarından seçilebilir.

'by City' : Alfabetik sıralı kentler.
 'by Nation' : Alfabetik sıralı ülkeler.
 'by State' : Alfabetik sıralı eyaletler.

- 3) Kullanıcı kendisinin hazırladığı '.GEO' uzantılı veri dosyasından verici konumunu seçebilir.



Şekil 8.5 Verici Konumu Penceresi

8.7 Alıcı Konumu

Bu pencere farklı şekillerde alıcı konumunun ve isminin değiştirilmesini sağlar.

- 1) Enlem, boylam ve alıcı konumunun ismi uygun veri yerlerine girilebilir. Enlem ve boylam onlu derece veya derece, dakika, saniye şeklinde girilebilir. Negatif değerler güneyi veya batıyı pozitif değerler kuzeyi veya doğuyu gösterecek biçimde giriş yapılabilir. Alıcı konumu parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.6'da verilmiştir.

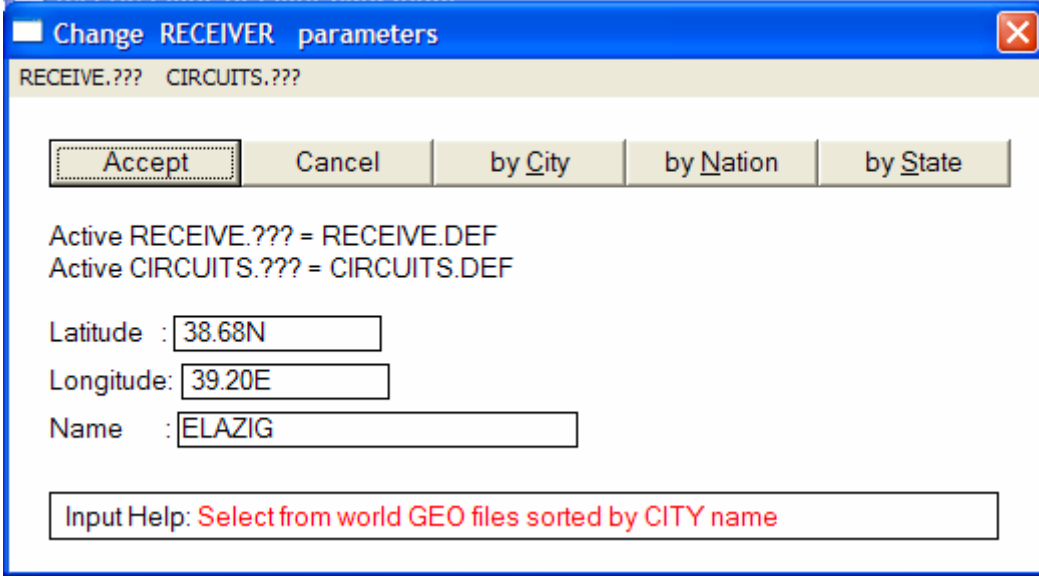
Alıcının enlem ve boylamı programa aşağıdaki örnekte olduğu gibi girilebilir.

'Latitude' : 35.5 = 35.5n = 35.5N = 35n30 = 35N30'0
'Longitude' : -5.91 = 5.91w = 5.91W = 5w54'30 = 5W54'30

- 2) Alıcı konumu önceden tanımlanmış veri dosyalarından seçilebilir.

'by City' : Alfabetik sıralı kentler.
'by Nation' : Alfabetik sıralı ülkeler.
'by State' : Alfabetik sıralı eyaletler.

- 3) Kullanıcı kendisinin hazırladığı '.GEO' uzantılı veri dosyasından alıcı konumunu seçebilir.



Şekil 8.6 Alıcı Konumu Penceresi

8.8 Yol Geometrisi

Yol geometrisi yayılımın büyük çemberin kısa olan mesafesi için yada uzun olan mesafesi için hesaplanacağını kontrol eder.

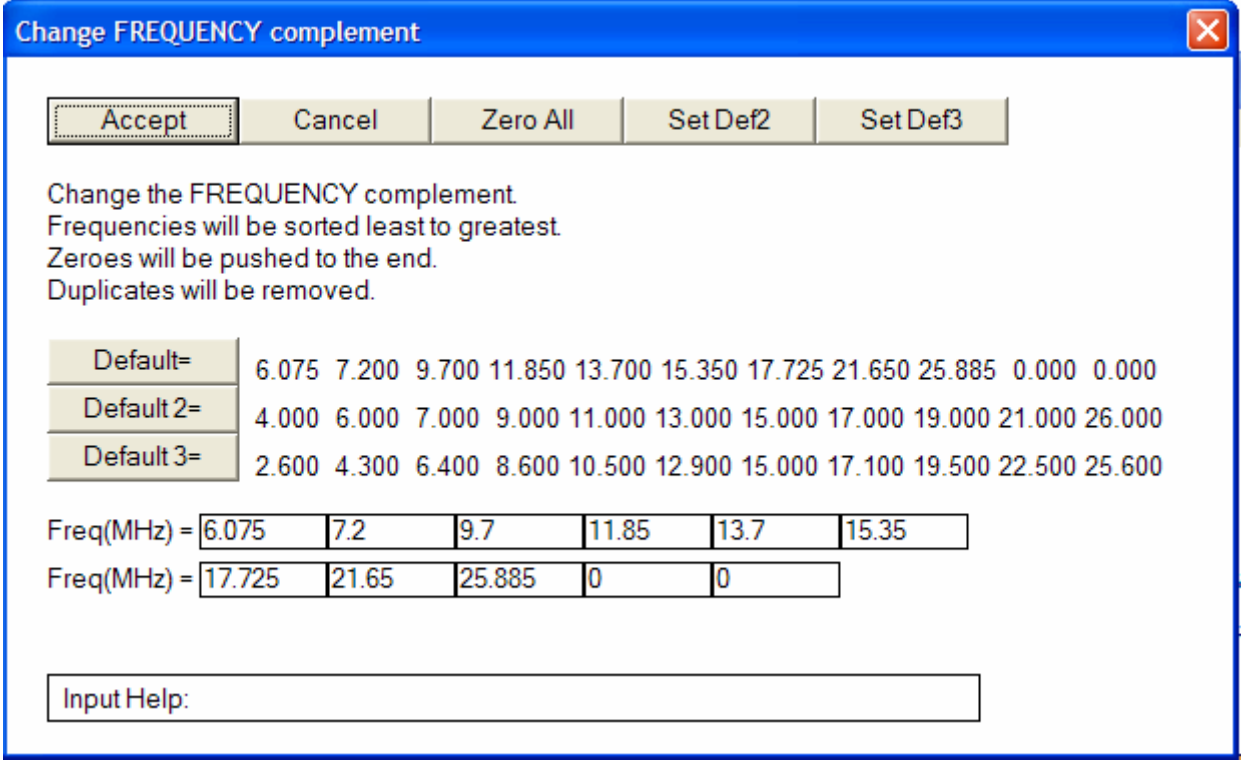
8.9 Frekans Tümüleyen

Frekans tümleyen yayılım hesaplamalarında hangi frekansların kullanılacağını kontrol eder. Frekans verisi 0-30 MHz arasında değerler almalıdır. Kullanıcının frekans tümleyen veri girişini kolaylıkla yapabilmesi için programın arayüzüne özel seçenekler eklenmiştir. İzin verilen üç frekans tümleyeni sırasıyla: varsayılan, varsayılan 2 ve varsayılan 3. Frekans tümleyen parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.7'de verilmiştir.

'Default' : KD yayın bandının merkez frekanslarından oluşur ve kullanıcı tarafından değiştirilemez.

'Default 2' : Kullanıcının tanımlayabildiği frekans kümesidir. Kullanıcı bu seçeneği kullanarak hesaplamalarda kullanılmasını istediği frekans kümesini oluşturabilir.

'Default 3' : Kullanıcının tanımlayabildiği frekans kümesidir. 'Default 2'de olduğu gibi, kullanıcı bu seçeneği kullanarak hesaplamalarda kullanılmasını istediği frekans kümesini oluşturabilir.



Şekil 8.7 Frekans Tümüleyen Penceresi

8.10 Sistem Parametreleri

Sistem parametreleri sistem yapılışını tanımlamak için gerekli değerleri kapsar. Sistem parametrelerine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.8'de verilmiştir.

'*ManMade Noise* ': Alıcıdaki insan kaynaklı gürültü seviyesinin 3 MHz frekansta 1 Hz band genişliğindeki dBW (1 watt altı dB) cinsinden değerini gösterir. Bu verinin değer aralığı 1, 2, 3,4 yada 100-200.

- 1 = 140.4 : Endüstriyel alan
- 2 = 144.7 : İkamet edilen alan
- 3 = 150.0 : Kırsal alan
- 4 = 163.6 : İnsansız alan

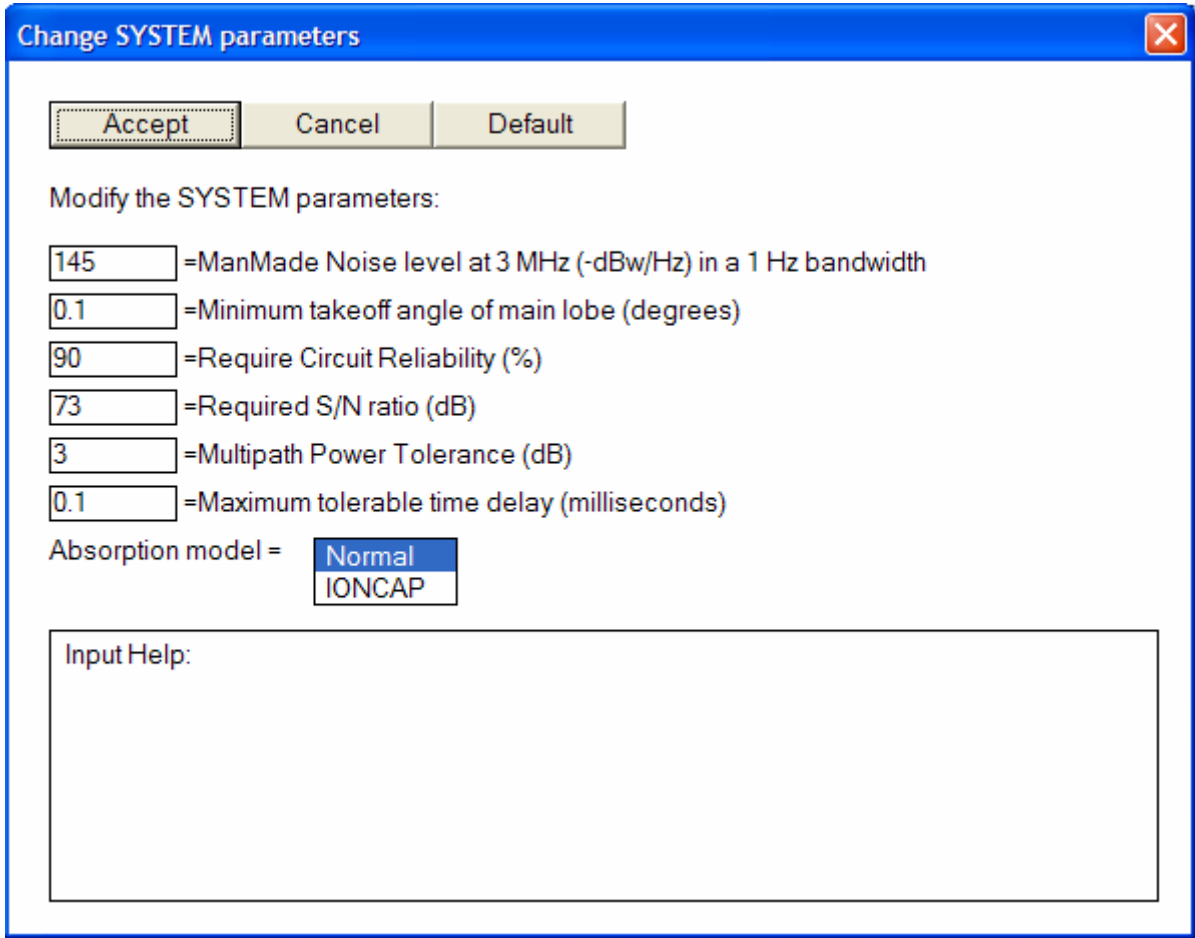
'*Minimum takeoff angle* ': Verici antenin ana hüzmelerinin derecesi. Bu değer normal olara çok küçüktür. Varsayılan değeri 0.10 derecedir. Bu verinin değer aralığı ise 0-40 arasındadır.

'*Req. Rel.* ': Gerekli devre güvenilirliğidir. Değeri % olarak ifade edilir. Aldığı değerler 1 ile 99 arasındadır ve varsayılan değeri 90 dır.

'*Req. SNR* ': Gerekli sinyal gürültü oranıdır. Değeri -30 dB ile 90 dB arasındadır. KD yayın için varsayılan değeri 73 dB.

'*Multi Tol* ': Çok yollu güç toleransıdır. Değeri 0 dB ile 40 dB arasındadır. Varsaylan değeri 3.0 dB dir.

'Multi Del' : Çok yollu zaman gecikmesidir. Değeri 0 ms ile 100 ms arasındadır. Varsayılan değeri 0.10 ms dir.

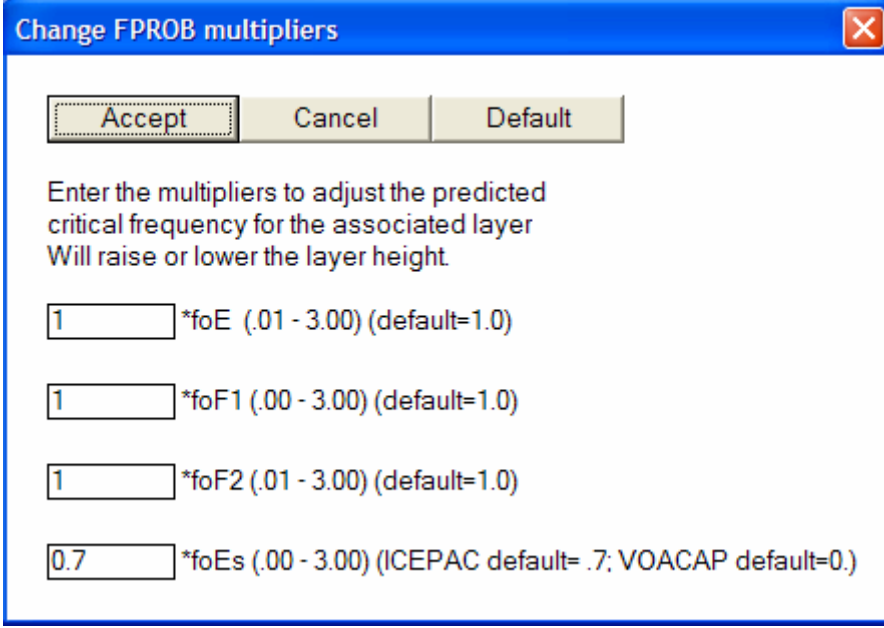


Şekil 8.8 Sistem Parametreleri Penceresi

8.11 'FPROB' Katman Çarpanları

'FPROB' değişkenleri kullanıcının iyonosferin katmanlarının E, F1, F2, and Es yükseklğini ayarlayabilmesini sağlar. Öngörülen kritik frekans ile 'FPROB' değişkenleri çarpılarak her bir iyonosfer katmanına ilişkin kritik frekans artırılır yada azaltılır. 'Fprob' katman çarpanları parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.9'da verilmiştir.

- 'foE' : foE katmanını ayarlamak için. Aralığı [.01 - 3.0].
- 'foF1' : foF1 katmanını ayarlamak için. Aralığı [0.0 - 3.0].
- 'foF2' : foF2 katmanını ayarlamak için. Aralığı [.01 - 3.0].
- 'foEs' : foEs katmanını ayarlamak için. Aralığı [0.0 - 3.0].



Şekil 8.9 'FPROB' Katman Çarpanları Penceresi

8.12 Verici Anten Parametreleri

Verici anten parametreleri kullanıcıya verici antenin özelliklerini değiştirme imkanı verir. IONCAP tabanlı modellerde her zaman farklı frekanslarda farklı anten tanımlama özelliği olmuştur. “Max” parametresi değiştirilerek 4 farklı frekans belirlenebilir ve eşzamanlı olarak her bir frekans için farklı bir anten kullanılabilir. Verici anten parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.10’da verilmiştir.

Verici anten giriş parametreleri,

- 'Max' : En üst frekans hangi antenin kullanılacağını belirler. Değer aralığı 3 Mhz-30 MHz dir.
- 'Design Freq' : Antenin tasarım frekansı (MHz). Eğer sıfır olursa tasarım frekansı, çalışma frekansına eşittir.
- 'MainBeam' : Antenin ana hüzmesinin yönünün kuzey ile saatin tersi yönünde yaptığı açıdır. Aralığı 0 ile 360 derece arasındadır. Verici anteni alıcı yönüne çevirmek için 'at RX' butonuna tıklamak yeterlidir.
- 'TxPower' : Verici antene verilen güçtür. Değer aralığı 0.001 ile 9999.99 kWatt arasındadır.
- 'TxAnt=' : Bu buton ile tanımlanmış antenlerin olduğu klasörden istenilen anten seçilebilir. Seçilen antenin ismi ve konumu hemen butonun yanında belirir.

Change TRANSMIT antenna parameters for ICEPAC

Accept Cancel

Min	Max	Design	MainBeam	TxPower
02	30	0	84.39108 deg	0.1 kW
		TxAnt=	samples\SAMPLE.35 (HFMUFES#35)	
Unused	N/A	0	0 deg	0 kW
		TxAnt=		
Unused	N/A	0	0 deg	0 kW
		TxAnt=		
Unused	N/A	0	0 deg	0 kW
		TxAnt=		

Input Help:

Şekil 8.10 Verici Anten Parametreleri

8.13 Alıcı Anten Parametreleri

Alıcı anten parametreleri kullanıcıya alıcı antenin özelliklerini değiştirme imkanı verir. 'Receive Antenna' butonu kullanıcının önceden tanımlanmış antenlerin olduğu klasörden alıcı anten seçmesini sağlar. KD yayını için 'DEFAULT\SWWHIP.VOA' anteninin kullanılması önerilir. Bu model yönsüz KD whip antendir. Eğer alıcı anten yönlüyse, anteni verici antene çevirmek için 'at TX' butonuna tıklamak yeterlidir. Alıcı anten parametresine ilişkin pencerenin görünümü Şekil 8.11'de verilmiştir.

Change RECEIVE antenna parameters

Accept Cancel

Receive Antenna= C:\ITSHFBC\ANTENNAS\default\SWWHIP.VOA

Receiver Bearing = 272.0334 (deg) at Tx

Gain = 0 (dBi)

Input Help:

Şekil 8.11 Alıcı Anten Parametreleri

Bu bölümde ICEPAC paket programına veri girişinin nasıl yapılacağı anlatılmıştır ve veriler hakkında bilgi verilmiştir. Dokuzuncu bölümde programdan alınabilecek çıkış seçenekleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu bölümde yer alan bilgiler (ICEPAC User Manual) kaynağından derlenmiştir.

9. ÇIKIŞ SEÇENEKLERİ

Programın çıkış seçeneklerinin hepsinde ilk satır yöntem numarasını, programın versiyonunu ve sayfa numarasını göstermektedir. ICEPAC paket programında kullanıcı tarafından belirlenebilen 30 çıkış seçeneği vardır. Bunlar dört alt bölüme ayrılır:

- a) İyonosferik tanımlamalar, yöntem '1 ve 2'
- b) MUF öngörülleri, yöntem '3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12'
- c) Anten örüntüleri, yöntem '13, 14 ,15'
- d) LUF ve sistem performans öngörülleri yöntem '16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 ,29'.

Çıkış yöntemlerinin hepsinde ilk satır yöntem numarasını, programın versiyonunu ve sayfa numarasını göstermektedir.

9.1 İyonosfer Parametreleri Çıkış Opsiyonu (Yöntem '1, 2')

Aşağıda iyonosfer çıkış opsiyonları olan Yöntem-1 ve Yöntem-2 detaylı olarak anlatılmıştır.

9.1.1 Yöntem-1

Yöntem 1 in çıkışı her bir saat için 21 sütundan oluşmaktadır. Toplam 80 sütundan oluşan sayfalarda çıkışı gösterebilmek için 21 sütundan oluşan çıkış ilk 11 sütunu birinci satırda kalan 10 sütun ise ikinci satırda olacak şekilde bölünmüştür.

Satır 1. Yöntem numarası, sayfa numarası ve program versiyonu.

Satır 2. Ay, gün, yıl ve güneş lekesi sayısı, etkin Q indeks değeri ve en küçük açı.

Satır 3. Üçüncü satırın ilk 40 karakterlik kısmı kullanıcı tarafından isimlendirilen verici ve alıcı konumlarının isimlerini göstermektedir.

Satır 4. Dördüncü satır verici ve alıcı konumlarının koordinat bilgilerini gösterir. Vericinin alıcı yönündeki ve alıcının verici yönündeki kuzeye göre açıları derece cinsinden ve iki konum arasındaki uzaklık metre ve deniz mili olarak verilmiştir.

Satır 5.

'YE' : E katmanının yarı kalınlığı, birimi km.

'HE' : En fazla iyonlaşmanın olduğu E katmanı yüksekliği, birimi km.

'HS' : Es tabakasının yansıma yüksekliği, birimi km.

'LAT' : Sütun 1 Örnek alanın enlemi.

'LONG' : Sütun 2 Örnek alanın boylamı.

'LMT' : Sütun 3 Örnek alandaki yerel saat.

'UT'	:	Sütun 4	Örnek alandaki evrensel saat.
'E'	:	Sütun 5	E katmanının kritik frekansının ortanca değeri, foE, birimi MHz.
'F1'	:	Sütun 6	F1 katmanının kritik frekansının ortanca değeri, foF1, birimi MHz.
'Y1'	:	Sütun 7	F1 katmanının yarı kalınlığı, ymF1, birimi km.
'H1'	:	Sütun 8	En fazla iyonlaşmanın olduğu F1 katmanının yüksekliği, hmF1, birimi km.
'FH/2'	:	Sütun 9	Gyro frekansının yarı değeri, fH, birimi MHz.
'F2Z'	:	Sütun 10	F2 katmanı sıfır MUF, (foF2 - 1/2 fH), birimi MHz
'Y2'	:	Sütun 11	F2 katmanının yarı kalınlığı, birimi km.
'H2'	:	Sütun 12	En fazla iyonlaşmanın olduğu F2 katmanının yüksekliği, hmF2, birimi km.
'PB', 'CEN', 'EB'	:	Sütun 13,14,15	Oral oluşun derece olarak kutup bölgesi, merkez, ve ekvator bölgesi sınırları.
'M3000'	:	Sütun 16	F2 katmanı M(3000) etkeni.
'TCGM'	:	Sütun 17	Yerel jeomanyetik zaman, TCGM, birimi saat.
'RAT'	:	Sütun 18	hmF2 değerinin ymF2 değerine oranı.
'ZEN'	:	Sütun 19	Zirve açısı, birimi derece.
'FLAG'	:	Sütun 20	Yansıma noktasını tanımlayan gösterge.
'MAGL'	:	Sütun 21	Jeomanyetik enlem.

Sütun-20 yansıma noktasını tanımlamakta kullanılan göstergedir. Gösterge 0 ile 9 arasında değerler almaktadır. Bu değerlerin anlamları,

'FLAG' = 0	Gece vakti orta veya alt enlem noktası.
'FLAG' = 1	Gece vakti orol bölge noktası.
'FLAG' = 2	Kullanılmaz.
'FLAG' = 3	Kullanılmaz.
'FLAG' = 4	Gün batımı veya gün doğarken orta veya alt enlem noktası.
'FLAG' = 5	Günbatımı veya gün doğarken Orol bölge noktası.
'FLAG' = 6	Gündüz vakti alt veya orta enlem noktası.
'FLAG' = 7	Gündüz vakti orol bölge noktası.
'FLAG' = 8	Kullanılmaz.
'FLAG' = 9	Her zaman kutup kapağı bölgesi noktası.

9.1.2 Yöntem-2

Yöntem 2 nin çıktısında devre yolu boyunca sayısı en fazla 5 olabilen örnek alandan, en fazla 3 iyonogram çizilir. İyonogramlar 2 ayrı sayfa halinde çizilir. Birinci sayfa iyonogramın sol tarafını gösterirken ikinci sayfa sağ tarafını göstermektedir.

- Satır 1. Yöntem numarası, sayfa numarası ve program versiyonu.
- Satır 2. Ay, gün, yıl ve güneş lekesi sayısı, etkin Q indeks değeri ve en küçük açı.
- Satır 3. Üçüncü satırın ilk 40 karakterlik kısmı kullanıcı tarafından isimlendirilen verici ve alıcı konumlarının isimlerini göstermektedir.
- Satır 4. Dördüncü satır verici ve alıcı konumlarının koordinat bilgilerini göstermektedir. Vericinin alıcı yönündeki ve alıcının verici yönündeki

kuzeye göre açılı dereceleri cinsinden ve iki konum arasındaki uzaklık metre ve deniz mili cinsinden verilmiştir.

Satır 5. Evrensel saat, 'GMT', örnek alandaki yerel saat, 'LMT', örnek alan bölgesinin enlemi ve boylamı, 'LAT', 'LONG', örnek alan ile verici arasındaki uzaklık, 'DIST'.

Yöntem 2'nin çıktısındaki grafikte yatay eksen, düşey ses frekansını (MHz) gösterirken, düşey eksen gerçek ve sanal yüksekliği (km) göstermektedir. Grafikte '.' gerçek yüksekliği gösterirken, 'x' sanal yüksekliği göstermektedir. 'U' karakteri foEs değerinin % 90'ın aştığı yerleri, 'M' karakteri % 50 sinin aştığı yerleri, 'L' karakteri ise % 10'unun aştığı yerleri göstermek için kullanılmıştır.

Her bir katman için parametreler sol üst köşede verilmiştir. Grafiğin sağ tarafındaki tablo düşey ses frekansını, gerçek yüksekliği ve sanal yüksekliği vermektedir.

'FVERT' : Düşey ses frekansını göstermektedir.
'HTRUE' : Gerçek yüksekliği göstermektedir.
'HPRIM' : Sanal yüksekliği göstermektedir.

9.2 MUF Çıkış Seçenekleri (Yöntem 3-12)

Kullanılabilir en üst frekans seçenekleri, her bir katman için tüm mod bilgilerini ve kullanılabilir en üst frekans dağılımlarını kapsamaktadır. Yöntem 3, 4, 5, ve 6; E, F1, F2 katmanlarının kullanılabilir en üst frekansı için eski nomogram yöntemini kullanmaktadır. Bu yöntem sanal yüksekliğin 300 km olduğunu varsaymaktadır. Bu modelin sonuçları 4000-10000 km arasındaki mesafelerde her zaman geçerli değildir. Diğer MUF çıkış yöntemleri tam elektron yoğunluğu profiline dayanmaktadır. Aşağıda MUF çıkış seçeneklerinden Yöntem-7 detaylı olarak anlatılmıştır.

9.2.1 Yöntem-7 'Full Ionosphere'

- Satır 1.* Yöntem numarası, sayfa numarası ve program versiyonu.
Satır 2. Ay, gün, yıl ve güneş lekeli sayısı, etkin Q indeks değeri ve en küçük açı.
Satır 3. Üçüncü satırın ilk 40 karakterlik kısmı kullanıcı tarafından isimlendirilen verici ve alıcı konumlarının isimlerini göstermektedir.
Satır 4. Dördüncü satır verici ve alıcı konumlarının koordinat bilgilerini göstermektedir. Vericinin alıcı yönündeki ve alıcının verici yönündeki kuzeye göre açılı dereceleri olarak ve iki konum arasındaki uzaklık metre ve deniz mili olarak verilmiştir.
Satır 5. MUF'un belirlenmesi için kullanılan en küçük ışınım açısını göstermektedir.

Program çıktısının gövdesi her bir saat için MUF bilgilerini içeren dört satırdan oluşur ve her bir katman için MUF bilgilerini içermektedir. Birinci satır E katmanına, ikinci satır F1 katmanına, üçüncü satır F2 katmanına ve dördüncü satır Es katmanına ilişkin bilgiler içermektedir. Sütun 1 evrensel saati ve sütun 2 vericideki yerel saati göstermektedir. Diğer 7 sütun ise sırasıyla en uygun çalışma frekansı (Optimum Traffic Frequency, FOT), kullanılabilir en üst frekans

(Maximum Usable Frequency, MUF), en yüksek olasılıklı frekans (Highest Probable Frequency, HPF), açı, sanal yükseklik, gerçek yükseklik, düşey frekansı göstermektedir.

'UT'	: Sütun 1	Evrensel saat.
'LT'	: Sütun 2	Vericideki yerel saat.
'FOT'	: Sütun 3	Bir ay boyunca günlerin % 90'ında kullanılabilir en üst frekansın, FOT değerinden yüksek olması beklenirken, günlerin % 10'unda kullanılabilir en üst frekansın FOT değerinden küçük olması beklenir, birimi MHz.
'MUF'	: Sütun 4	Bir ay boyunca günlerin % 50'sinde kullanılabilir en üst frekansın, MUF değerinden yüksek olması beklenirken, günlerin % 50'sinde kullanılabilir en üst frekansın MUF değerinden küçük olması beklenir. MUF un ortanca değeridir, birimi MHz.
'HPF'	: Sütun 5	Bir ay boyunca günlerin % 10'unda kullanılabilir en üst frekansın, HPF değerinden yüksek olması beklenirken, günlerin % 90'ında kullanılabilir en üst frekansın HPF değerinden küçük olması beklenir, birimi MHz.
'ANGLE'	: Sütun 6	Işınım açısı, birimi derece.
'VIRT'L'	: Sütun 7	Sanal yükseklik, birimi km.
'TRUE'	: Sütun 8	Gerçek Yükseklik, birimi km.
'FVERT'	: Sütun 9	Eşdeğer dikey frekans, birimi MHz.

9.3 Anten Çıkış Seçenekleri (Yöntem 13, 14, 15)

Eğer kullanıcı isterse sistem performansı öngörüsü için gereken anten kazanç örüntüsünü önceden hesaplabilmektedir. Örüntü önceden hesaplatılırsa her bir frekans (1-30 MHz) ve yükseltme açısı için anten kazancı hesaplanır. Eğer örüntü önceden hesaplatılmazsa, kazanç değeri sadece ihtiyaç duyulan frekanslar ve yükseltme açıları için hesaplanır.

Sayfadaki 80 sütun sınırlaması nedeniyle çıktıda anten örüntüleri iki ardışık sayfaya bölünerek verilmektedir. 2 MHz-11 MHz arasındaki frekanslar birinci sayfada verilirken, 12 MHz-30 MHz arasındaki frekanslar ikinci sayfada verilmektedir.

9.4 Sistem Performansı Çıkış Seçenekleri (Yöntem 16-29)

ICEPAC programında kapsamlı bir radyo sistem performansı öngörü parametreleri sağlanmıştır. Bu bir ay periyodu üzerinden istatistiksel bir performanstır. Kullanılabilir en alt frekansı (Lowest Usable Frequency, LUF) bulmak için bir araştırma sağlanmıştır.

Yeryüzündeki iki nokta arasında çalışan bir haberleşme sisteminin performansının öngörüsü ICEPAC programının ana çıktısıdır. İki temel çıktı şekli vardır; birincisi sayısı 22'ye kadar varan performans değişkeni tablosu, ikincisi kullanılabilir en alt frekansın grafiği yada çizelgesi. ICEPAC programı sistem performans parametrelerini belirleyebilecek şekilde yazılmıştır. Aşağıda sistem performansı seçeneklerinden Yöntem-16 detaylı olarak anlatılmıştır.

9.4.1 Yöntem-16

Yöntem 16 da başlık bilgilerini kullanıcı tarafından girilen giriş verileri oluşturmaktadır.

Satır 0. Bu satır bütün çıktı sayfalarında vardır ve yöntemi, program versiyonunu ve sayfa numarasını göstermektedir.

Kullanıcının seçtiği başlık satırları,

Satır 1. Ay, gün, yıl ve güneş lekesi sayısı.

Satır 2. İkinci satırın ilk 40 karakterlik kısmı kullanıcı tarafından isimlendirilen verici ve alıcı konumlarının isimlerini göstermektedir.

Satır 3. Üçüncü satır verici ve alıcı konumlarının koordinat bilgilerini göstermektedir. Vericinin alıcı yönündeki ve alıcının verici yönündeki kuzeye göre açıları derece cinsinden ve iki konum arasındaki uzaklık metre ve deniz mili cinsinden verilmiştir.

Satır 4. ICEPAC programında kullanılan anten modülü ve en küçük ışınma açısı, birimi derece.

Satır 5. Verici anten satırı, sayısı en fazla 3 olabilir. Bu satırdaki bilgiler kullanılan antenin türüne göre değişir. Genellikle frekans aralığı, anten tipi, dalga boyu cinsinden antenin yerden yüksekliği, aktif bölümün uzunluğu, derece cinsinden antenin yapısı ile ilgili açı değeri, ana demetin derece cinsinden yön açısı bilgileri olmaktadır.

Satır 6. Alıcı anten satırı, sayısı en fazla 3 olabilir. Verici anten satırındaki benzer veriler içermektedir.

Satır 7. Sistem satırı, verici gücü (kWatt), 3 MHz'deki insan kaynaklı gürültü seviyesi (dBW), gerekli güvenilirlik ve gerekli işaret gürültü oranı (dB).

Satır 8. Çokluyol satırı, gerekli güç toleransı (dB) ve gerekli gecikme zamanı toleransı (ms).

Sistem performansı satırı istenen her bir saat için sayfa doluncaya kadar tekrar edilmektedir. Sütunlardan, birinci sütun evrensel saat ve diğer sütunlar 12 ye kadar frekans değerleridir; birincisi kullanılabilir en üst frekans ve diğerleri frekans tümleyendir. İlk dört satır her zaman en güvenilir mod (Most Reliable Mode, MRM) olarak adlandırılmaktadır. Sistem performans parametresi genellikle tüm altı modun toplamından gelir. Eğer karar verilemezse MRM seçimi atlama sayısına ve sonra işaret gürültü oranına dayanır.

Satır 0. 'FREQ' : Her bir sütun ile ilgili zaman ve frekans satırı.

Satır 1. 'MODE' : Kısa yol modeli için atlama sayısı ve mod tipi. Uzun yol modelinde vericideki son mod ve alıcıdaki son mod verilmektedir. Kullanıcı yolun uzunluğuna bakmaksızın yöntem 21 i kullanarak uzun yol modelini kullanabilmektedir. (MRM)

Satır 2. 'ANGLE' : Derece cinsinden ışınım açısı; Uzun yollar içi 2 satır olur, birincisi verici sonundaki, ikincisi alıcı sonundakidir. (MRM)

Satır 3. 'DELAY' : Zaman gecikmesi, birimi ms. (MRM)

Satır 4. 'VHITE' : Sanal yükseklik, birimi km. (MRM)

Satır 5. 'F DAYS' : Çalışma frekansının öngörülen MUF'u aşması olasılığı.

Satır 6. 'LOSS' : En güvenilir mod için ortanca sistem kaybı, birimi dB.

Satır 7.	'DBU'	: Alıcıda elde edilmesi beklenen ortanca alan şiddeti, birimi dBu.
Satır 8.	'S DBW'	: Alıcının girişinde elde edilmesi beklenen ortanca işaret gücü, birimi 1 watt üstü dB.
Satır 9.	'N DBW'	: Alıcının girişinde elde edilmesi beklenen ortanca gürültü gücü, birimi 1 watt üstü dB.
Satır 10.	'SNR'	: Ortanca işaret gürültü oranı, birimi dB.
Satır 11.	'RPWRG'	: Gereken güvenilirliği elde etmek için gerekli anten kazancı ve verici gücü kombinasyonu, birimi dB.
Satır 12.	'REL'	: Güvenirlik, işaret gürültü oranının istenen işaret gürültü oranının aşması olasılığı.
Satır 13.	'MPROB'	: Çok-yol toleransı içinde ek mod olasılığı. Sadece kısa yollar içindir.
Satır 14.	'S PRB'	: Servis olasılığı, gereken güvenilirliğin sağlanması olasılığı.
Satır 15.	'SIG LW'	: Alt ondabirlik işaret gücü (alan şiddeti ve kayıp) artışı, dB.
Satır 16.	'SIG UP'	: Üst ondabirlik işaret gücü (alan şiddeti ve kayıp) artışı, dB.

Yöntem 23 kullanılarak benzer bir tablo istenilen herhangi bir değişken satırı seçilerek hazırlanabilir. Ancak frekans satırı her zaman çıktıda olacaktır. Eğer her bir mod için bilgi gerekli ise yöntem 25, yöntem 1'de olduğu gibi her bir saat için iyonosferik veri üretecektir. Kullanılabilir en alt frekansı (LUF) hesaplamak için yöntem 26, 27, 28, 29 kullanılabilir.

10. SONUÇ

Bu çalışmada geliştirilen en son KD öngörü programı olan ICEPAC'in çalışması ve kullanımı, iyonosfer katmanları ve herbir katmana ilişkin öngörülebilir parametreler anlatılmış, paket programın arayüzü ve girilen veriler detaylı olarak incelenmiştir.

ICEPAC programı KD radyo haberleşmesinde ve planlanmasında önemli olan MUF, LUF, FOT, SNR gibi parametrelerin öngörü değerlerini hesaplayabilmektedir. ICEPAC programı kullanılarak yapılacak bir frekans planlamasıyla Türkiye'de KD radyo haberleşmesinin yayın kalitesi artırılabilir.

ICEPAC programı iyonosferin parametrelerinden kritik frekans, yarı kalınlık, en fazla iyonlaşmanın olduğu yüksekliğin öngörüsünü iyonosferin her bir katmanı için yapabilmektedir. Programdan elde edilecek bu değerlerle Türkiye üzerindeki iyonosfer karakterize edilebilir.

EK-1

İNTERNET SİTELERİ

1) ICEPAC programının yeni ve eski sürümlerinin indirilebileceği siteler:

The Institute for Telecommunication Sciences (Resmi Sitesi)

→ <http://www.its.bldrdoc.gov/elbert/hf.html>

VOACAP

→ <http://www.voacap.com>

Gregory R. Hand'in İnternet Sitesi

→ <http://www.greg-hand.com/hf.html>

2) Kp indeks verilerine aşağıdaki siteden ulaşılabilir.

Space Environment Center

→ <http://www.sec.noaa.gov/ftplib/latest/>

3) Güneş lekeleri sayısı verisine aşağıdaki siteden ulaşılabilir.

National Geographic Data Center

→ ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/SUNSPOT_NUMBERS/

EK-2

Türkçe-İngilizce Sözlük

Absorption	: Soğurulma
Bağlantı Frekansı	: Junction frequency
Dikey geliş iyonosonda	: Vertical incidence ionosonde
Dönü sıklığı	: Gyro frequency
En uygun çalışma frekansı	: Optimum working frequency
Güneş lekesi sayısı	: Sunspot number
Kerteriz	: Bearing
Kısa dalga	: High frequency
Kullanılabilir en üst frekans	: Maximum usable frequency
Kullanılabilir en alt frekans	: Lowest usable frequency
Ondabirlik	: Decile
Ororal	: Auroral
Öngörü	: Prediction
Yerinde	: in-situ
Zirve açısı	: Zenith angle

KAYNAKLAR

- Axford, W.I. and D.M. Cunnold (1968), The wind-shear theory of temperate zone sporadic-E, *Radio Sci.* 1 (New Series), No. 2, 191-197.
- Bailey, D.K. (1968), Some quantitative aspects of electron precipitation in and near the auroral zone, *Rev. Geophys.* 6, No. 3, 289-346.
- Barghausen, A.F. (1966), Medium frequency sky wave propagation in middle and low latitudes, *IEEE Trans. Broadcasting* BC-12, 1-14.
- Bowhill, S.A. ed. (1966), Papers of the Estes Park seminar on sporadic-E, *Radio Sci.* 1 (New series), No. 2, 248-249.
- Breit, G. and M.A. Tuve (1926), A test of the existence of the conducting layer, *Phys. Rec.* 28, 554.
- CCIR (1966), Atlas of ionospheric characteristics, Rept. 340-1, Oslo, ITU, Geneva, Switzerland.
- CCIR (1988), Characteristics and Applications of Atmospheric Radio Noise Data, Rept. 322-3, International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland.
- Damon, T.D., and F.R. Hartranft, Ionospheric electron density profile model, Tech. memo. 70-3, Tech. Support Cent., Aerosp. Environ. Support Cent., Scott AFB, Ill., 1970.
- Dudney, J.R., (April 1983), The accuracy of simple methods for determining the height of the maximum electron concentrations of the F2-layer from scaled ionospheric characteristics. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, Vol 45, No. 8/9, 629-640.
- Elkins, T.J., and C.M. Rush, A statistical predictive model of the polar ionosphere, Rep. AFCRL TR-0331, Air Force Cambridge Res. Lab., Bedford, Mass., 1973.
- Elling, W., (1961), Scheinbare Reflexionshöhen und Reflexionsvermögen der Ionosphäre über Tsumeb, südwest Afrika, ermittelt mit Impulsen im Frequenzband von 350 bis 5,600 kHz, *Arch. Elekt. Über.* 15, 115-124
- Farley, D.T. (1963), A plasma instability resulting in field-aligned.
- Frihagen, Jon, ed. (1965), Electron density profiles in ionosphere and exosphere, Proc. NATO Advanced Study Inst. Finse, Norway, April 1965 (North Holland, John Wiley and Sons, New York, N.Y.)
- ICEPAC Technical Manual, by Frank G. Stewart, NTIA/ITS, Boulder.
- ICEPAC User's Manual, NTIA/ITS, Boulder.

- Jensen D. C. and Cain J. C., An Interim Geomagnetic Field, *J. Geophys. Res.* 67, 3568, 1962.
- Jones, W.B., R.P. Graham, and M. Leftin (1966), Advances in ionospheric mapping by numerical methods, NBS Tech. Note 337 (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402)
- Kelso, J.M., (1964), Radio Ray Propagation in the Ionosphere (McGraw-Hill, New York, N.Y.)
- Knecht, R.W., (1963), The distribution of electrons in the lower and middle ionosphere, Proc. XIV URSI Gen. Assembly, Tokyo, Japan
- Leftin, M., (1976), Numerical Representation of the monthly median critical frequencies of the regular E region (foE), OT Report 76 -88 (U.S. government printing office, Washington, D.C. 20402)
- Lucas, D. L., and G. W. Haydon (1961), MUF-FOT predictions by electronic computers, NBS Report 6789. U.S. Department of Commerce, Boulder, Colorado 80303
- Lucas, D.L., and G.W. Haydon (1966), Predicting statistical performance indexes for high frequency ionospheric telecommunications systems, ESSA Tech. Rept. IER 1-ITSA 1
- Martyn, D.D. (1935), The propagation of medium radio waves in the ionosphere, Proc. Phys. Soc. 47, 323.
- Martyn, D. F. (1959), The normal F region of the ionosphere, Proc. IRE 47, No.2, 147-155.
- Matushita, S., and C.A. Reddy (1968), The variations of neutral wind-shears in the E-region as deduced from blanketing E_s, *J. Atmosph. Terr. Phys.* 30, 747-762
- NTIA/IST, Ionospheric Communications Enhanced Profile Analysis & Circuit (ICEPAC) Prediction Program Help Files
- Piggott, W.R., and K. Rawer (1961), URSI Handbook of Ionogram Interpretation and Reduction (Elsevier, New York, N.Y.)
- Rosich, R.K., and Jones, W.B. The Numerical Representation of the Critical Frequency of the F1 Region of the Ionosphere. OT Report 73 - 22 (U.S. government Printing Office, Washington D.C. 20402).
- Smith, E.K. and S. Matsushita, eds. (1962), Ionospheric Sporadic-E (Pergamon Press, New York, N.Y.)
- Wakai, N. (1966), Mean variations of the nighttime ionospheric E layer, Proc. Conf. Ground-Based propagation Studies of the Lower Ionosphere, Defense Research Telecommunications Establishment, Ottawa, Canada

- Wakai, N. (1967), Quiet and disturbed structure and variations of the nighttime E region, *J. Geophys. Res.* 72, 4507-4517
- Waldteufel, P. (1965), Study of the instability associated with the equatorial sporadic-E layer, *Ann. Geophys.* 21, 579-604
- Whale, H.A. (1969), Effects of ionospheric scattering in very-long distance radio communications (Plenum Press, New York, New York).
- Whitehead, J.D. (1969), Report on the production and prediction of sporadic-E (to be published)
- Wright, J.W., L.R. Wescott, and D.J. Brown (1960-1963), Mean electron density variations of the quiet ionosphere, NBS Tech. Notes 40-1 through 40-13 (U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 20402)