

L Band EKFY'lerin Sıcaklığa Bağımlı Fiber Boyu ve Kazancının Bulanık Mantık Kullanılarak İncelenmesi

Murat Yücel, H. Haldun Göktaş

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, 06500, Ankara
muyucel@gazi.edu.tr, goktas@gazi.edu.tr

Özet: Bu çalışmada L band Erbiyum katkılı fiber yükseltece (EKFY) (1575 – 1610 nm) bulanık mantık (BM) uygulanarak, -20/+60 °C aralığındaki sıcaklıklara karşılık, maksimum sinyal kazancının elde edildiği erbiyum katkılı fiber (EKF) uzunluğu ve sinyal kazanç değeri bulunmuştur. Girişte sinyal dalga boyu ve sıcaklık parametrelerine karşılık çıkışta fiber boyu ve sinyal kazancı değerleri uzman verilere dayanılarak bulanık mantık kuralları oluşturulmuştur. Sonuç olarak, verilen giriş dalga boyu ve sıcaklık değerlerine karşılık sinyal kazancının maksimum olduğu fiber uzunluğu tahmin edilmiş ve elde edilen değerler uzman verilerle karşılaştırıldığında %94-%99 oranında doğruluk göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: EKFY, sıcaklık bağımlılığı, bulanık mantık.

The Analysis of Temperature Dependence of The Optimum Fiber Length and Signal Gain of L Band Edfas Using Fuzzy Logic

Abstract: In this study, the fuzzy logic approach is applied to a L band EDFA (1575-1610nm) to obtain optimum erbium doped fiber (EDF) length giving maximum signal gain and maximum signal gain for the temperatures of the range -20/+60 °C. The fuzzy rules are compiled using the input variables which are the signal wavelength and the temperature while the output parameters are the signal gain and the optimum fiber length providing the maximum signal gain. As a result, the suggested mechanism provides the estimations of the fiber length giving the maximum signal gain against the input signal wavelength, and the temperatures with the accuracy level of 94% - 99%.

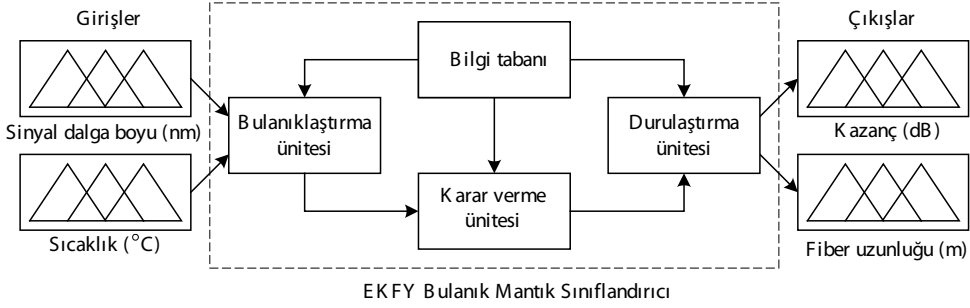
Keywords: EDFA, dependence temperature, fuzzy logic.

1. Giriş

EKFY'lerin sıcaklığa bağımlı karakteristikleri optik fiber yükselteçlerin pratik uygulamalarında özellikle dalga boyu bölmeli çoğullama (DBÇ) uygulamaları için önemli bir parametredir [1–3]. EKFY'lerin sıcaklığa bağımlılıklarının önceden tahmin edilmelerinin genel bir kuralı yoktur. Bazı yazarlar lineer extrapolasyon tekniklerini kullanarak EKFY'lerin sıcaklığa bağımlılıklarını modellemişlerdir. [2]. Ayrıca sıcaklık analizinde McCumber teorisi ile herhangi bir frekansta iki kesitin oranını veren uyarılmış enerjinin sıcaklığa bağımlılığı

kavramı kullanılabilir. Bu metot enerji seviyeleri hakkında bazı varsayımlar ile tahminde bulunabilir, ışınma ömrü ve soğurum kesitinden yayılım kesitine doğruluğu yüksektir. Bununla beraber önceki bir kesiti tahmin edemez.

Bu çalışmada bu tür tekniklerin yerine gene doğası tahmine dayalı olan bulanık mantık kullanılmıştır. Bu yöntemle sinyal dalga boyu ve sıcaklık parametrelerine karşılık maksimum kazancın elde edildiği en uygun boy parametresi elde edilmiştir. Bu yöntemde ihtiyaç duyulan uzman verilerine literatürdeki deneysel çalışmalardan [1, 3–5] ve yeterli deneysel veri



Şekil 1. EKFY Bulanık Mantık Sınıflandırıcısının Temel Yapısı

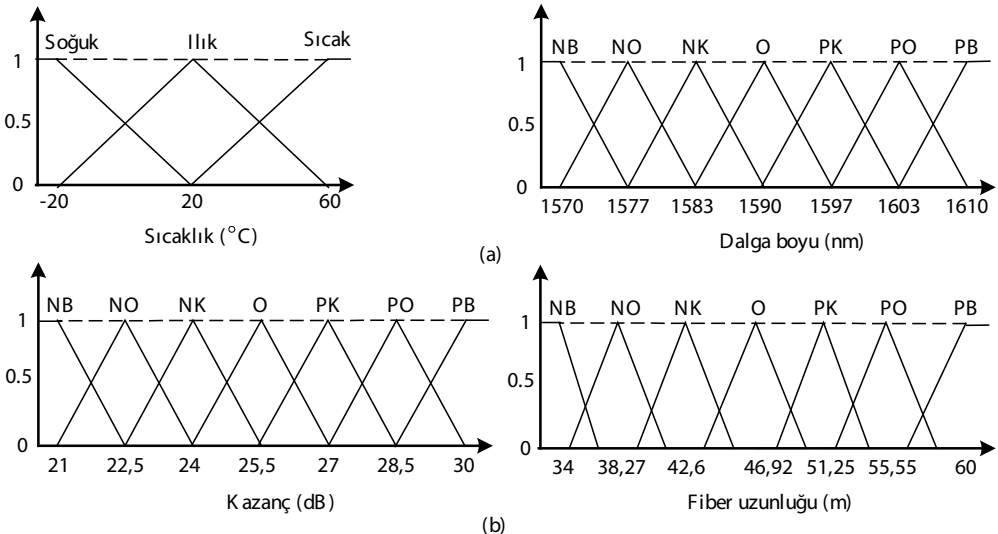
bulunmayan bölgelerde tahmin hassasiyetini artırmak için OptiAmp 4.0 [6] programı ile modellenen sistemin verilerinden faydalanılmıştır. Daha sonra bulanık mantık sisteme ara değerlerde çeşitli veriler uygulanarak bu değerler uzman değerler ile karşılaştırılmıştır.

2. Bulanık Mantık Sistemin Yapısı

Bulanık mantık, uzman bilgisinin kullanılması, esnek olması, bilinmeyen değerleri büyük bir doğrulukla tahmin etmesi, kolay anlaşılabilirliği, insan diline yakın olması, vb. özellikleri ile oldukça kullanışlıdır.

Bulanık küme kavramını klasik küme kavramından ayıran en önemli özellik sayısal değişkenlerin yerine sözel değişkenlerin kullanılmasıdır. Şekil 1’de EKFY bulanık mantık sınıflandırıcısının temel yapısı görülmektedir.

EKFY bulanık mantık sınıflandırıcısının bulanıklaştırma ünitesi, uygulanan dalga boyu ve sıcaklık giriş değişkenlerinin sayısal verileri üzerinde ölçek değişikliği yaparak bu değerleri bulanık veriler biçimine dönüştürmektedir. Bu ünite işlevini bulanık kümeleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bulanık kümeler ise üyelik fonksiyonları ile temsil edilmektedir. Sistemin üyelik fonksiyonları Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Üyelik fonksiyonları (a) Giriş değişkenlerinin üyelik fonksiyonları (Sıcaklık ve dalga boyu), (b) Çıkış değişkenlerinin üyelik fonksiyonları (Kazanç ve fiber uzunluğu)

Bilgi tabanı ünitesi, veri tabanı ve kural tabanı olmak üzere iki üniteden oluşmaktadır. Karar verme ünitesi karar verme işlemini gerçekleştirirken, bilgi tabanına giderek oradan üyelik fonksiyonları ile ilgili bilgileri ve değişik giriş değerleri için tespit edilmiş kontrol çıkış bilgisini almaktadır. Bu sebeple kontrol işlemi süresince veri tabanı ve çıkarım ünitesi sürekli olarak birbiri ile ilişkilidir. Bilgi tabanının kural tabanı ünitesi, giriş çıkış arasındaki bağıntıyı tanımlayan bir dizi bulanık kuralları içermektedir. Bu kurallar genellikle EĞER-O HALDE (IF-THEN) şart cümlelerinden oluşan bir bütünü temsil etmektedir. Sistemin kural tabanları Tablo 1-2'de görülmektedir.

| | | Sıcaklık (°C) | | |
|-----------------|-------------|----------------|------|-------|
| | | Soğuk | Ilık | Sıcak |
| Dalga boyu (nm) | Kazanç (dB) | | | |
| | NB | PB | PB | PB |
| | NO | O | O | O |
| | NK | O | NK | NO |
| | O | O | NK | NO |
| | PK | O | NK | NO |
| | PO | O | NK | NB |
| PB | O | NK | NO | |

Tablo 1. Kazanç çıkış değişkeni için kural tablosu

| | | Sıcaklık (°C) | | |
|-----------------|--------------------|----------------|------|-------|
| | | Soğuk | Ilık | Sıcak |
| Dalga boyu (nm) | Fiber Uzunluğu (m) | | | |
| | NB | NB | NB | NO |
| | NO | NK | O | O |
| | NK | O | PK | PO |
| | O | PK | PO | PO |
| | PK | PK | PO | PB |
| | PO | PK | PO | PB |
| PB | PK | PB | PB | |

Tablo 2. Fiber uzunluğu çıkış değişkeni için kural tablosu

Karar verme ünitesi, bulanıklaştırma ünitesinden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık muhakeme işlemini gerçekleştirmektedir. İlk olarak bulanıklaştırma ünitesinden gelen bulanık bil-

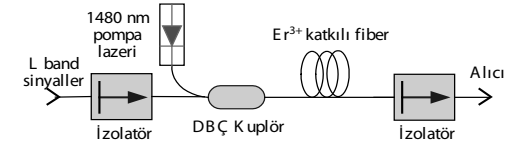
giler kural tabanında yerine konarak aktif kurallar tespit edilmektedir. Daha sonra bu kurallar bulanık muhakeme yöntemlerinden Max-Min yöntemi kullanılarak bileştirilmektedir.

Bu tablolarda kullanılan sözel değişkenlerden NB, NO ve NK sırasıyla, Negatif Büyük, Negatif Orta ve Negatif Küçük; O Orta ve son olarak PB, PO ve PK sırasıyla, Pozitif Büyük, Pozitif Orta ve Pozitif Küçük'dür.

3. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada sistemin bulanık mantık modeli Matlab programı kullanılarak oluşturulmuştur. Şekil 3'de yazılan kural tabanına göre giriş ve çıkış değişkenlerinin ilişkileri görülmektedir.

Kural tabanı oluşturulurken literatürdeki çalışmalardan alınan dataların yetersiz olduğu kısımlarda, bulanık mantık sistemin tahmin hassasiyetini artırmak için OptiAmp 4.0 programı kullanılarak Şekil 4'deki sistem modellenmiştir. Sistemde Tablo 3'deki EKF, pompa ve sinyal verilerinden yararlanılmıştır.

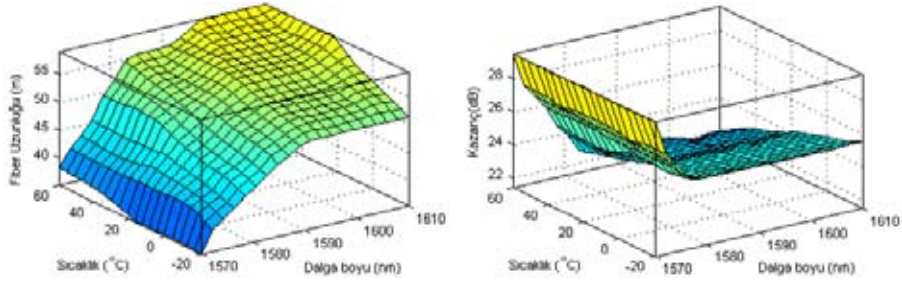


Şekil 4. Oluşturulan sistem modeli

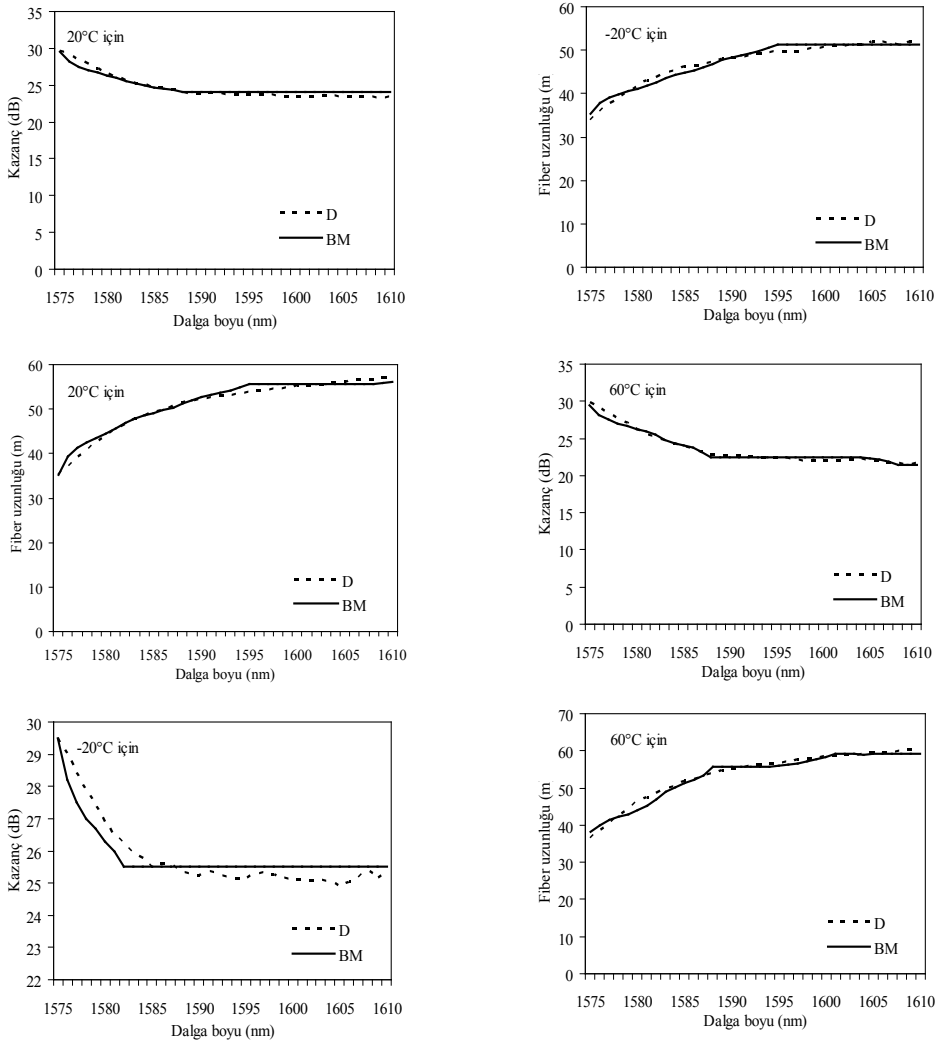
| Parametreler | Değerler |
|-------------------|--------------------------------------|
| Erbiyum yoğunluğu | $3,86 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$ |
| İyon ömrü | 10,8 ms |
| Pompa dalga boyu | 1480 nm |
| P _p | 30 mW |
| P _s | 10 μW |

Tablo 3. Sistemde kullanılan parametreler [9, 10]

Şekil 6'da sırasıyla L bandı boyunca -20 °C, +20 °C ve +60 °C için deneysel ve bulanık mantık sınıflandırıcının sonuçları görülmektedir.



Şekil 3. Bulanık mantık sistemin girişi ve çıkışları arasındaki ilişki



Şekil 6. -20 °C, +20 °C, +60 °C için D (DeneySEL) ve BM kazanç ve fiber uzunluk değerleri (Literatürdeki verilerin yetersiz olduğu durumlarda OptiAmplifier 4.0 programının verileri kullanılmıştır.)

Bu çalışmada kullanılan veriler incelendiğinde D ile BM arasında % 94–99 oranında doğruluk ilişkisi görülmektedir. Buda BM sınıflandırıcının EKFY parametreleri üzerindeki doğruluk başarısını göstermektedir. BM, pompa dalga boyu, gücü ve pompalama konfigürasyonları, giriş sinyal gücü, farklı fiber türleri, v.b. gibi EKFY'nin diğer parametrelerine de kolaylıkla uygulanabilir. Fakat kullanılan giriş ve çıkış değişkenlerine karşılık BM sistemin kural tabanının oluşturulması gerekir. BM sistem özellikle pratik uygulanabilirliği, karışık hesaplama işlemlerinin kullanılmaması ve daha kısa zamanda sonuç vermesinden dolayı avantajlar sağlar.

9. Kaynaklar

- [1] Yamada, M., Shimizu, M., Horiguchi, M., Okayasu, M., , “Temperature Dependence of Signal Gain in Er³⁺-Doped Optical Fiber Amplifiers”, IEEE J. Quantum Electron., Cilt:28, Sayı:3, 1992, 640-649.
- [2] Bolshtyansky, M., Wysocki, P., Conti, N., “Model of Temperature Dependence for Gain Shape of Erbium-Doped Fiber Amplifier”, IEEE J. Lightwave Tech., Cilt:18, Sayı:11, 2000, 1533-1540.
- [3] Kemtchou, J., Duhamel, M., Lecoy, P., “Gain Temperature Dependence of Erbium-Doped Silica and Fluoride Fiber Amplifiers in Multichannel Wavelength-Multiplexed Transmission Systems”, IEEE J. Lightwave Tech., Cilt:15, Sayı:11, 1997, 2083-2090.

[4] Kagi, N., Oyobe, A., Nakamura, K., “Temperature Dependence of the Gain in Erbium-Doped Fibers”, IEEE J. Lightwave Tech., Cilt:9, Sayı:2, 1991, 261-265.

[5] Flood, F.A., “Comparision of Temperature Dependence in C-Band and L-Band EDFAs”, IEEE J. Lightwave Tech., Cilt:19, Sayı:4, 2001, 527-535.

[6] OptiAmplifier Version 4.0; Optical Fiber Amplifier and Laser Design Software (Copyright © 2002 Optiwave Coporation, 2002).

[7] Lee, C.C., “Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I”, IEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Cilt:20, Sayı:2, 1990, 404-418.

[8] Lee, C.C., “Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller-Part I”, IEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Cilt:20, Sayı:2, 1990, 419-435.

[9] Berkdemir, C., Özsoy, S., “The Temperature dependent performance analysis of EDFAs pumped at 1480nm: A more accurate propagation equation”, Optics. Express, Cilt:13, Sayı:13, 2005, 5179–5185.

[10] Lin, M.C., Chi, S., “The Gain and Optimal Length in the Erbium-Doped Fiber Amplifiers with 1480nm Pumping”, IEEE Photon. Technol. Letters, Cilt:4, Sayı:4, 1992, 354.