

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



PENCERE FONKSİYONLARI KULLANARAK
YENİ SÜZGEÇ ÖBEKLERİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EDA GÜMÜŞSOY

BOLU, ARALIK - 2017

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM
DALI



PENCERE FONKSİYONLARI KULLANARAK
YENİ SÜZGEÇ ÖBEKLERİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EDA GÜMÜŞSOY

BOLU, ARALIK - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

EDA GÜMÜŞSOY tarafından hazırlanan “PENCERE FONKSİYONLARI KULLANARAK YENİ SÜZGEÇ ÖBEKLERİ TASARIMI” adlı tez çalışması Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 29/12/2017 tarihinde ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Üyeleri

Danışman
Yrd.Doç.Dr. Kemal AVCİ
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Doç.Dr. Kemal POLAT
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye
Yrd.Doç. Haydar ANKIŞKAN
Başkent Üniversitesi

İmza


.....

.....

.....

Mezuniyet tarihi:

Doç. Dr. Ömer ÖZYURT 
.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Aileme,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

EDA GÜMÜŞSOY


29.01.2018

ÖZET

**PENCERE FONKSİYONLARI KULLANARAK YENİ SÜZGEÇ
ÖBEKLERİ TASARIMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
EDA GÜMÜŞSOY
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. KEMAL AVCI)**

BOLU, ARALIK - 2017

Bu tez çalışması, M-kanallı kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinin tasarımı için yeni bir yöntem sunmaktadır. Önerilen bu yöntemde, süzgeç öbeklerinin prototip FIR (Sonlu Dürtü Yanıtlı) süzgeç tasarımı için iki bağımsız parametrelili üstel pencere fonksiyonu kullanılmıştır. Süzgeç öbeklerinin tasarımında oluşan genlik ve örtüşme hatalarını minimize etmek için, kesim frekansını optimize eden hızlı ve basit bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Önerilen sistemin performansı farklı kanal sayıları, minimum durdurma bandı zayıflatmaları ve süzgeç uzunlukları için tasarımlar yaparak analiz edilmiştir. Tasarım örneği olarak, ses kodlayıcılarında kullanılan süzgeç öbeğine yakın 32 kanallı ve 100 dB durdurma bandı zayıflatmasına sahip bir kosinüs modüleli süzgeç öbeği tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca, yöntemin performansını kıyaslamalı olarak test etmek için, önerilen yöntemle tasarlanmış süzgeç öbeği, Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanmış süzgeç öbeğiyle kıyaslanmıştır. Benzetim sonuçları, önerilen yöntemle oluşturulan süzgeç öbeğinin genlik ve örtüşme hataları cinsinden daha iyi tasarım performansına sahip olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte önerilen yöntem Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle genlik ve örtüşme hataları cinsinden farklı kanal sayıları, minimum durdurma bandı zayıflatmaları ve süzgeç uzunluklarında kıyaslanmış ve her iki yöntem farklı EKG sinyalleri için uygulanarak alt-bant işlemedeki performansları incelenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Çoklu oranlı sinyal işleme, Süzgeç bankası, Kosinüs modüleli süzgeç bankası, Lin optimizasyon algoritması, Üstel pencere, Kaiser penceresi

ABSTRACT

DESIGN OF NEW FILTERBANKS BY USING WINDOW FUNCTIONS
MSC THESIS
EDA GÜMÜŞSOY
ABANT IZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. KEMAL AVCI)

BOLU, DECEMBER 2017

This thesis study presents a new method for the design of M-channel cosine modulated filter banks. In this proposed method, the exponential window function having two independent parameters is used for the design of prototype FIR (Finite Impulse Response) filter of the filter banks. To minimize the amplitude and aliasing errors that occur in the design of the filter banks, a fast and simple cost function optimizing the cut-off frequency is used. The performance of the proposed system has been analyzed by making designs for different channel numbers, minimum stopband attenuations, and filter lengths. As a design example, a cosine modulated filter bank having 32-channel and a stopband attenuation with 100 dB is designed and analyzed. In addition, in order to test the performance of the method comparatively, the filterbank designed by the proposed method is compared with the one designed by the Kaiser window based Lin's method. The simulation results show that the filter bank designed by the proposed method has better design performance in terms of the amplitude and aliasing errors. Moreover, the proposed method is compared in terms of the amplitude and aliasing errors with the Kaiser window based Lin's method for different channel numbers, minimum stopband attenuations, and filter lengths and by applying both methods for ECG signals their subband processing performances are investigated.

KEYWORDS: Multirate signal processing, Filterbank, Cosine modulated filterbank, Lin optimization algoritması, Exponential window, Kaiser window

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|--|------------|
| ÖZET | v |
| ABSTRACT | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| ŞEKİL LİSTESİ | ix |
| ÇİZELGE LİSTESİ | xi |
| KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ | xii |
| TEŞEKKÜR | xiv |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Çoklu Oranlı Süzgeç Öbekleri | 1 |
| 1.2 Problem Tanımı | 7 |
| 1.3 Tez Çalışmasının Amacı | 7 |
| 1.4 Tezin Yapısı | 7 |
| 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI | 9 |
| 2.1 Süzgeç Öbekleri Tasarımı için Yapılan Çalışmalar | 9 |
| 2.2 Pencere Tabanlı Süzgeç Öbekleri Tasarımı için Yapılan Çalışmalar | 11 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 14 |
| 3.1 Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeği | 14 |
| 3.2 Üstel Penceresi Tabanlı Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeği Tasarımı | 16 |
| 3.3 EKG Verileri ve Performans Değerlendirme Parametreleri..... | 19 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA | 21 |
| 4.1 Önerilen Yöntemle Tasarlanmış Süzgeç Öbeği Örnekleri | 21 |
| 4.2 Önerilen Yöntemle Tasarlanmış Süzgeç Öbeklerinin Farklı Kanal Sayıları için Performans Analizi | 24 |
| 4.2.1 2-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular | 24 |
| 4.2.2 8-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular | 25 |
| 4.2.3 16-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular | 27 |
| 4.2.4 32-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular | 28 |
| 4.3 Kaiser Penceresi Tabanlı Lin Algoritması ile Tasarlanmış Süzgeç Öbekleriyle Kıyaslama | 29 |
| 4.3.1 Süzgeç Öbeği Örneği Kıyaslaması | 29 |
| 4.3.2 2-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları | 31 |
| 4.3.3 8-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları | 33 |
| 4.3.4 16-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları | 34 |
| 4.3.5 32-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları | 36 |
| 4.4 EKG Altbant İşleme için Süzgeç Öbekleri Uygulaması | 39 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER | 49 |
| 6. KAYNAKLAR..... | 51 |
| 7. ÖZGEÇMİŞ | 58 |



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Şekil 1.1. M oranlı örnek azaltıcı..... | 1 |
| Şekil 1.2. M = 2 oranlı örnek azaltıcı için giriş ve çıkış sinyalleri örneği. . | 2 |
| Şekil 1.3. L oranlı örnek arttırıcı..... | 2 |
| Şekil 1.4. L = 2 oranlı örnek arttırıcı için giriş ve çıkış sinyalleri örneği. ... | 3 |
| Şekil 1.5. M oranlı seyreltici..... | 3 |
| Şekil 1.6. L = 2 oranlı seyreltici için giriş ve çıkış sinyalleri örneği. | 4 |
| Şekil 1.7. L oranlı aradeğerleyici..... | 4 |
| Şekil 1.8. L = 2 oranlı aradeğerleyici için giriş ve çıkış sinyalleri örneği. . | 5 |
| Şekil 1.9. İki kanallı süzgeç öbeği. | 6 |
| Şekil 3.1. M kanallı maksimum örnek seyreltilmiş süzgeç öbeği..... | 14 |
| Şekil 3.2. Önerilen yöntem için işlem basamakları. | 19 |
| Şekil 4.1. M = 2, $A_s = 90$ dB ve N = 41 için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası..... | 22 |
| Şekil 4.2. M = 8, $A_s = 90$ dB ve N = 151 için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası..... | 22 |
| Şekil 4.3. M = 16, $A_s = 90$ dB ve N = 301 için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası..... | 23 |
| Şekil 4.4. M = 32, $A_s = 90$ dB ve N = 501 için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası..... | 23 |
| Şekil 4.5. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 25 |
| Şekil 4.6. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 25 |
| Şekil 4.7. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 26 |
| Şekil 4.8. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 26 |
| Şekil 4.9. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 27 |
| Şekil 4.10. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... | 28 |

- Şekil 4.11.** Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... 29
- Şekil 4.12.** Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için..... 29
- Şekil 4.13.** $M = 32, A_s = 100$ dB ve $N = 467$ için önerilen yöntemle elde edilen süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası..... 30
- Şekil 4.14** Farklı süzgeç uzunluklarında a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 32
- Şekil 4.15.** Farklı süzgeç uzunluklarında a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması. 32
- Şekil 4.16.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 33
- Şekil 4.17.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 34
- Şekil 4.18.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 35
- Şekil 4.19.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 36
- Şekil 4.20.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 37
- Şekil 4.21.** Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik..... 38
- Şekil 4.22.** MIT-BIH Arrhythmia veritabanındaki a) 106, b) 117, c) 217 ve d) 232 kayıt nolu EKG sinyalleri. 39
- Şekil 4.23.** a) $A_s = 60$ dB ve $N = 61$ için önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeğine uygulanan 117 kayıt nolu EKG giriş sinyali ve elde edilen çıkış sinyali b) Büyütülmüş grafik. 40

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

| | |
|---|----|
| Çizelge 3.1. Bu çalışmada kullanılacak EKG verileri..... | 19 |
| Çizelge 4.1. Farklı kanal sayılarında önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbekleri için performans analizi..... | 24 |
| Çizelge 4.2. $M = 32$, $A_s = 100$ dB ve $N = 467$ için önerilen yöntemle ve Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle oluşturulan süzgeç öbeklerinin performans kıyaslaması..... | 31 |
| Çizelge 4.3. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 41 |
| Çizelge 4.4. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 42 |
| Çizelge 4.5. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 43 |
| Çizelge 4.6. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 44 |
| Çizelge 4.7. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 45 |
| Çizelge 4.8. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 46 |
| Çizelge 4.9. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 47 |
| Çizelge 4.10. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi. | 48 |

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

| | |
|-------------------|--|
| \emptyset | : Amaç fonksiyonu |
| \emptyset_{Lin} | : Lin yöntemi amaç fonksiyonu |
| $\Delta\omega$ | : Geçiş bant genişliği |
| A_s | : Minimum durdurma bant zayıflatması |
| CMFB | : Cosine modulated filter bank (Kosinüs modüleli süzgeç öbeği) |
| D_f | : Normalize geçiş bant genişliği |
| E_a | : Aliasing error (Örtüşme hatası) |
| EKG | : Elektrokardiyogram |
| E_{pp} | : Peak to peak error (Tepeden tepeye genlik hatası) |
| $f_k(n)$ | : Sentez süzgeçlerinin dürtü yanıtı |
| $F_k(z)$ | : Sentez süzgeçlerinin transfer fonksiyonu |
| $G(e^{j\omega})$ | : Lin algoritması prototip süzgeç frekans yanıtı |
| $g(n)$ | : Lin algoritması prototip süzgeç dürtü yanıtı |
| $h_{id}(n)$ | : İdeal süzgecin dürtü yanıtı |
| $h_k(n)$ | : Analiz süzgeçlerinin dürtü yanıtı |
| $H_k(z)$ | : Analiz süzgeçlerinin transfer fonksiyonu |
| L | : Üst-örnekleme oranı |
| L_s | : Toplam örnek sayısı |
| M | : Kanal sayısı; Alt-örnekleme oranı |
| ME | : Maximum Error (Maksimum hata) |
| MSE | : Mean Square Error (Ortalama kare hatası) |
| n | : Ayırık zaman indeksi |
| N | : Süzgeç uzunluğu |
| NPR | : Near perfect reconstruction (Mükemmele yakın yeniden yapılandırma) |
| $P(e^{j\omega})$ | : Prototip süzgeç frekans yanıtı |
| $p(n)$ | : Prototip süzgeç dürtü yanıtı |
| PRD | : Percent root-mean-square difference (Yüzde ortalama karakök farkı) |
| PR | : Perfect reconstruction (Mükemmel yeniden yapılandırma) |
| QMF | : Quadrature mirror filter (Dördün ayna süzgeç) |

| | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| $T_0(z)$ | : Bozulma transfer fonksiyonu |
| $T_1(z)$ | : Örtüşme transfer fonksiyonu |
| $T_{alias}(e^{j\omega})$ | : Örtüşme fonksiyonu spektrumu |
| $w_e(n)$ | : Üstel pencere fonksiyonu |
| $x(n)$ | : Giriş sinyali |
| $y(n)$ | : Çıkış sinyali |
| α | : Ayarlanabilir biçim parametresi |
| ω_c | : Kesim frekansı |
| ω_s | : Örnekleme frekansı |
| ω_{st} | : Durdurma bandı kenar frekansı |



TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, pencere fonksiyonları kullanarak yeni süzgeç öbekleri tasarımı ele alınmıştır. Çalıőma konusunun belirlenmesi ve hazırlanması sürecinde kıymetli bilgi ve tecrübeleri ile beni yönlendiren değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Kemal AVCİ'ya en içten dileklerle teşekkür ederim. Eğitim-öğretim hayatım boyunca değerli bilgilerini benimle paylaşan değerli hocalarıma ve her zaman benden desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



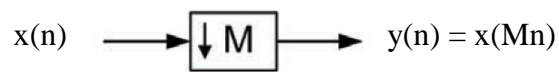
1. GİRİŞ

Bu bölümde çoklu oranlı süzgeç öbekleri ile ilgili temel bilgiler, tez çalışmasına ait problem tanımı, amaç ve tezin yapısı verilmektedir.

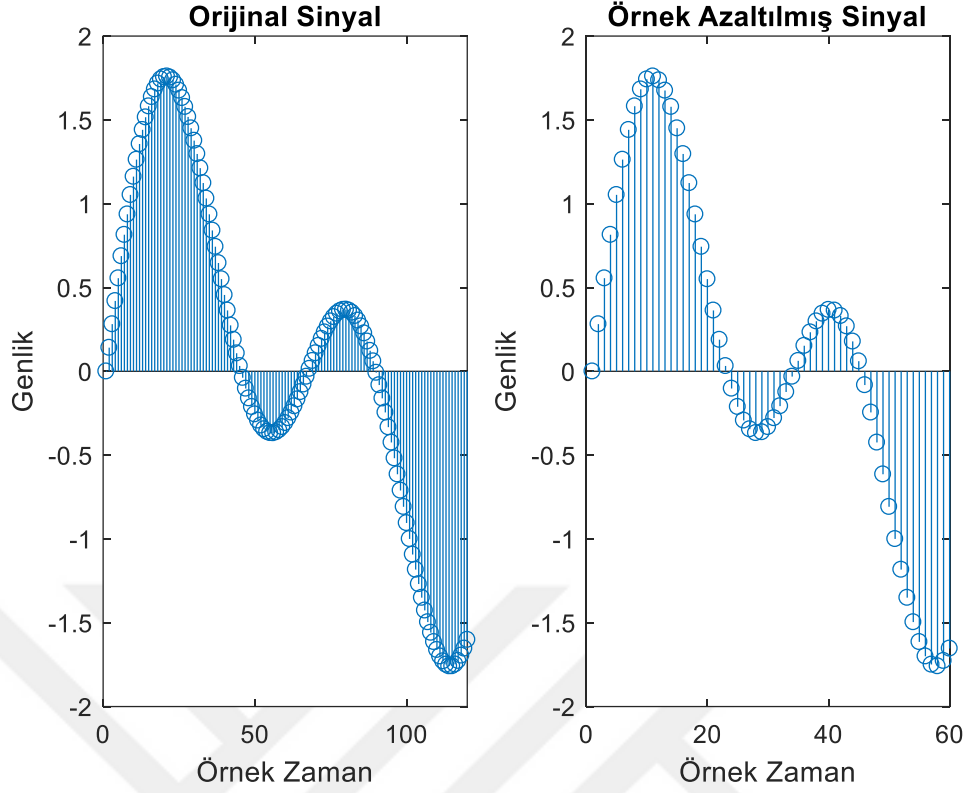
1.1 Çoklu Oranlı Süzgeç Öbekleri

Sayısal sinyal işleme, Elektronik mühendisliği disiplini içerisinde çok önemli bir dal olup; ses, görüntü, video, haberleşme ve biyomedikal gibi alanlarda kullanılan sinyallerin bilgisayar gibi sayısal ortamlarda analiz edilmesi ve ayrıca iyileştirilmeleri için uygun sistemlerin sentez edilmesi problemleriyle ilgilenmektedir (Avcı vd., 2016). Çoklu oranlı sayısal sinyal işleme ise belirli bir örnekleme hızına sahip bir sayısal sinyalin farklı örnekleme hızlarında işlenmesini konu alan sayısal sinyal işleme alanıdır. Çoklu oranlı sinyal işleme teknikleri; haberleşme, görüntü işleme, sayısal ses ve multimedya gibi modern mühendisliğin birçok alanında geniş bir ölçekte kullanılmaktadır. Çoklu oranlı bir sistemin kullanılmasının getirdiği en önemli avantaj, hesaplama verimliliğinin sağlanmasıdır (Milic, 2009). Bunun yanı sıra sinyallerin sayısal ortam içerisinde farklı örnekleme hızlarına dönüştürülmesine olanak sağlaması da çoklu oranlı sistemlerin kullanılmasının bir diğer önemli sebebidir.

Toplayıcı, çarpıcı ve birim geciktirme elemanlarına sahip tekli oranlı sistemlerden farklı olarak, çoklu oranlı sistemler de örnek azaltıcı ve örnek arttırıcı gibi iki temel yapı daha kullanılmaktadır. Şekil 1.1 M oranlı bir örnek azaltıcı yapısını, Şekil 1.2 ise M=2 için bu yapıya uygulanan örnek bir giriş sinyalini ve bu giriş karşılık elde edilen çıkış sinyalini göstermektedir. Şekil 1.2’de görüldüğü üzere çıkış sinyalindeki örnek sayısı giriş sinyaline göre yarı yarıya azalmıştır.



Şekil 1.1. M oranlı örnek azaltıcı.

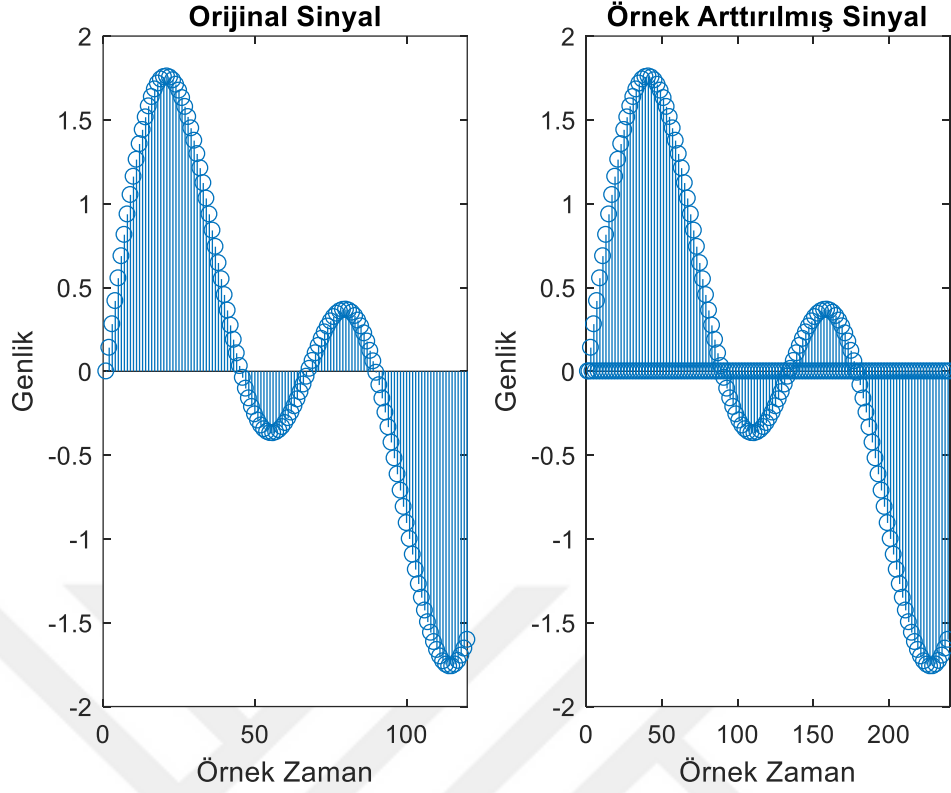


Şekil 1.2. $M = 2$ oranlı örnek azaltıcı için giriş ve çıkış sinyalleri örneği.

Şekil 1.3 L oranlı bir örnek arttırıcı yapısını, Şekil 1.4 ise $L=2$ için bu yapıya uygulanan örnek bir giriş sinyalini ve bu giriş karşılık elde edilen çıkış sinyalini göstermektedir. Şekil 1.4'te görüldüğü üzere çıkış sinyalindeki örnek sayısı giriş sinyaline göre iki kat artmıştır.



Şekil 1.3. L oranlı örnek arttırıcı.

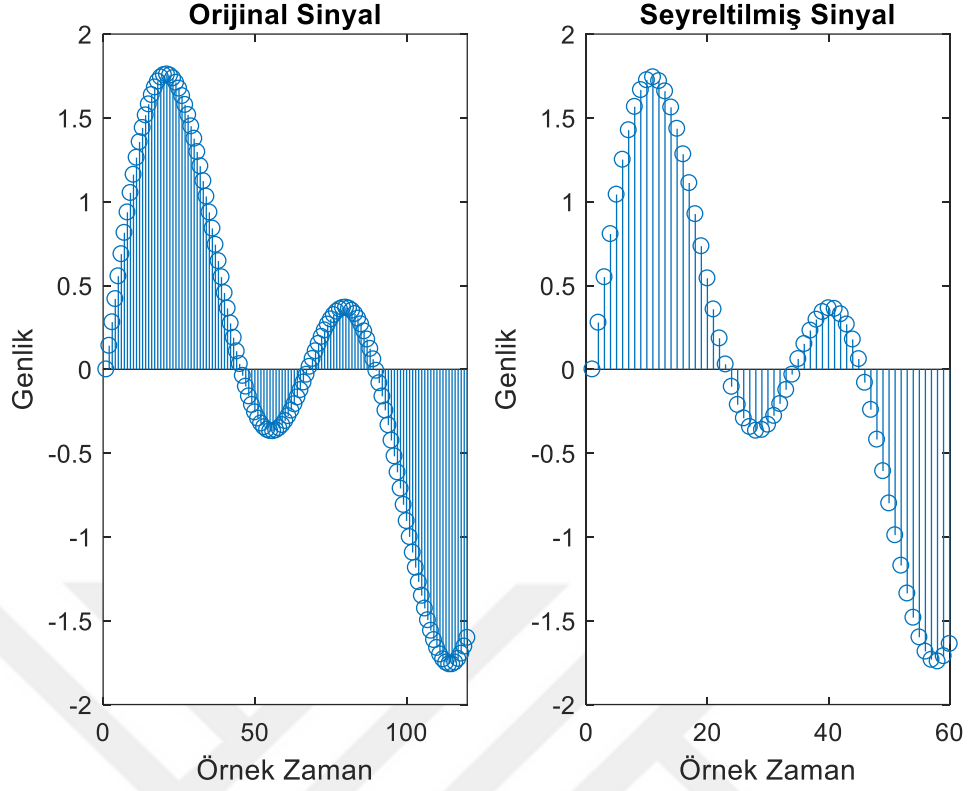


Şekil 1.4. $L = 2$ oranlı örnek artırıcı için giriş ve çıkış sinyalleri örneği.

Örnek azaltma işleminden kaynaklı oluşabilecek örtüşme probleminden kaçınmak için örnek azaltıcı yapısı bir alçak geçiren süzgeçle birlikte kullanılmaktadır. Şekil 1.5'te görüldüğü üzere önce örtüşme önleyici alçak geçiren süzgecin ve sonra örnek azaltıcının yer aldığı bu sistem, seyreltici olarak adlandırılmaktadır (Mitra, 1999). Şekil 1.6 ise $M=2$ için bu yapıya uygulanan örnek bir giriş sinyalini ve bu girişe karşılık elde edilen çıkış sinyalini göstermektedir.



Şekil 1.5. M oranlı seyreltici.

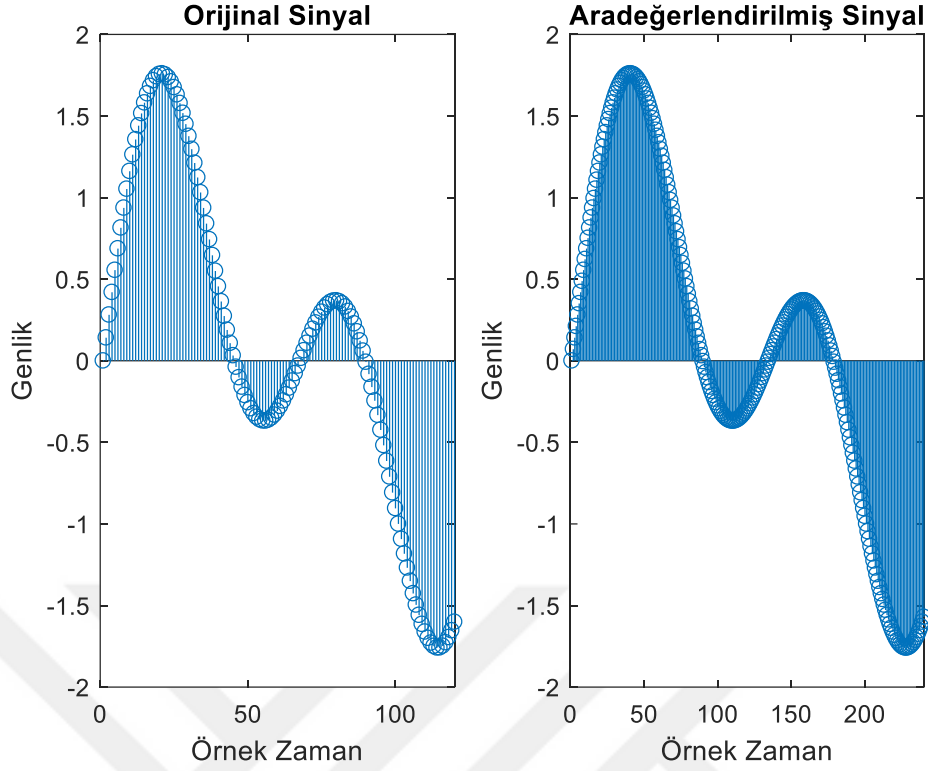


Şekil 1.6. $L = 2$ oranlı seyreltici için giriş ve çıkış sinyalleri örneği.

Bir sinyalin direkt olarak örnek arttırılması işleminden kaynaklı ayna görüntüler oluşmakta ve bu ayna görüntülerin de yok edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden örnek arttırıcı yapısı bir alçak geçiren süzgeçle birlikte kullanılmaktadır. Şekil 1.7'de görüldüğü üzere önce örnek arttırıcı ve sonra ayna görüntü önleyici alçak geçiren süzgecin yer aldığı bu sistem, aradeğerleyici olarak adlandırılmaktadır (Mitra, 1999). Şekil 1.8 ise $L=2$ için bu yapıya uygulanan örnek bir giriş sinyalini ve bu giriş karşılık elde edilen çıkış sinyalini göstermektedir. Şekil 1.4 ile kıyaslandığında örnek arttırıcı yapısı örnekler arasına sıfır değeri yerleştirerek örnek arttırırken, aradeğerleyici ise örnekler arasına sıfırdan farklı ve örneklerin değerleri arasında değerler yerleştirerek örnek arttırmaktadır.



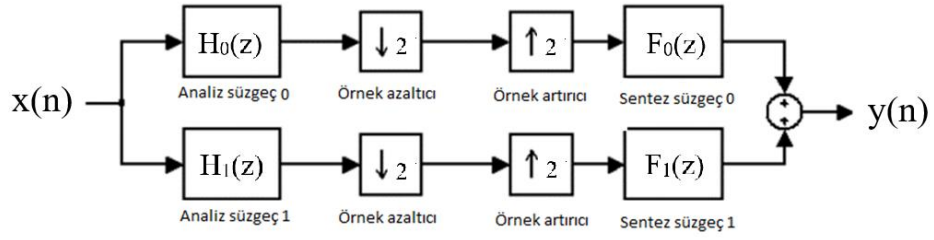
Şekil 1.7. L oranlı aradeğerleyici.



şekil 1.8. $L = 2$ oranlı aradeğerleyici için giriş ve çıkış sinyalleri örneği.

Süzgeç öbekleri, bir sinyalin frekans bantlarına ayrıştırılması ve daha sonra bu bantlardan sinyalin tekrar yapılandırılması amaçlı sinyal işleme uygulamalarında sıklıkla kullanılan çoklu-oranlı yapılardır (Johnston, 1980; Karaağaç, 2007). Bu yapılar; ses ve imge işaretlerinin alt-band kodlamasında, kablosuz haberleşme kanallarının denkleştirilmesinde, spektral analizde, gürültü arındırmada, uyarlanış işaret işlemede, konuşma şifrelemede ve EKG işaretlerinde kalp atım tespiti gibi haberleşme, biyomedikal ve görüntü işleme sistemlerinde yaygın kullanım alanı bulmuşlardır (Karaağaç, 2007; Vaidyanathan, 1993; Bergen ve Antoniou, 2007; Ogale ve Jain, 2010).

Tipik iki kanallı çoklu oranlı bir süzgeç öbeği yapısı şekil 1.9'da verilmiştir. Bu yapı iki kanallı dördün ayna süzgeci olarak ta isimlendirilir. Görüleceği üzere bu sistemde dört adet süzgeç, iki adet örnek azaltıcı ve iki adet örnek arttırıcı eleman kullanılmıştır. H_0 ve H_1 süzgeçleri analiz süzgeçler, F_0 ve F_1 süzgeçleri ise sentez süzgeçleri olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemde $F_0(z)$ ve F_0 alçak geçiren süzgeç, H_1 ve F_1 ise yüksek geçiren süzgeçtir. Dolayısıyla, üst kanalda düşük frekanslı sinyal bandı işlenirken alt kanalda yüksek frekanslı sinyal bandı işlenmektedir.



Şekil 1.9. İki kanallı süzgeç öbeği.

Kanal sayısı ikiden daha fazla olan süzgeç öbekleri de bulunmaktadır. M tane kanal sayısı olan bu yapılar M-kanallı süzgeç öbeği olarak isimlendirilir. İki kanallı süzgeç öbeğinde olduğu gibi her kanalda iki adet süzgeç, bir adet örnek azaltıcı ve bir adet örnek arttırıcı eleman kullanılmaktadır.

Süzgeç öbekleri, tekdüze ve tekdüze olmayan olarak iki sınıfta gruplandırılabilir. Tekdüze süzgeç öbeklerinde, tüm kanallardaki örnek azaltma oranı (M) ve örnek arttırma oranı (L) birbirine eşittir. Tekdüze olmayan süzgeç öbeklerinde ise kanallarda farklı oranlar kullanılmaktadır.

Bir süzgeç öbeğinde, eğer çıkış sinyali giriş sinyalinin sadece geciktirilmiş ve ölçeklenmiş durumuysa, süzgeç öbeği mükemmel yapılandırılmış olarak isimlendirilir. İki kanallı süzgeç öbeğinin mükemmel yapılandırılmış olması için aşağıdaki şartların sağlanması gerekmektedir:

$$\frac{1}{2} F_0(z)H_0(-z) + \frac{1}{2} F_1(z)H_1(-z) = 0 \quad (1.1)$$

$$\frac{1}{2} F_0(z)H_0(z) + \frac{1}{2} F_1(z)H_1(z) = z^{-k} \quad (1.2)$$

İki kanallı ve M-kanallı süzgeç öbeklerinin tasarlanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kosinüs modüleli süzgeç öbekleri, tasarım kolaylığı ve verimliliği sebebiyle süzgeç öbekleri alanında çok önemli yere sahiptir. Bu tür süzgeç öbeklerinde analiz ve sentez süzgeçleri, bir alçak geçiren prototip süzgecin kosinüs modüleli versiyonları olarak oluşturulur.

1.2 Problem Tanımı

Süzgeç öbeklerinin işlenecek sinyal üzerindeki bozucu etkisinin minimum olması, uygulamalar için istenilen en önemli özelliktir. Dolayısıyla, literatürde daha iyi performansa sahip süzgeç öbekleri tasarımı için çeşitli öneriler sunulmuştur. Birçok uygulamada önemli yer tutan kosinüs modüleli süzgeç öbekleri tasarımı için pencereleme yöntemi tabanlı farklı çalışmalar sunulmuştur. Bu tür çalışmalarda ya pencere fonksiyonunda ya da optimizasyon algoritmasında yapılan önermelerle daha iyi bir süzgeç öbeği performansı elde edilmeye çalışılmıştır. Fakat, önerilen çözüm yöntemlerinin pencerelemeden kaynaklı olarak en uygun çözüm olmaması nedeniyle, genlik ve örtüşme hatalarının daha küçük değerlere getirilerek optimal çözümlere yaklaşma çalışmaları önemli olup, bu çalışmada bu hataların azaltılması konusuna odaklanılmıştır.

1.3 Tez Çalışmasının Amacı

Bu tez çalışmasında, genlik hatası ve örtüşme hatası gibi çeşitli performans kriterlerine göre daha iyi kosinüs modüleli süzgeç öbekleri tasarlanmasına olanak sağlayacak yeni bir süzgeç öbeği tasarım yönteminin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Kaiser penceresi tabanlı optimizasyon yöntemi ile tasarlanan M-kanallı süzgeç öbeklerinin performans açısından iyi sonuçlar verdiği literatürde gösterilmiştir. Bu çalışmada, Lin optimizasyon yönteminin literatürdeki uygun bir pencereyle entegre edilerek oluşturulacak yeni tasarım algoritması ile mevcut Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemi ile tasarlanan süzgeç öbeklerine göre daha iyi performans sağlayabilecek yeni süzgeç öbekleri tasarlanmasına odaklanılacaktır.

1.4 Tezin Yapısı

Bu tez aşağıda açıklandığı gibi dört bölümden oluşmaktadır:

Bölüm-1. Giriş – Bu bölümde süzgeç öbekleri ile ilgili temel bilgiler, problem tanımı, tez çalışmasının amacı ve tezin yapısı verilmektedir.

Bölüm-2. Kaynak Araştırması – Bu bölümde süzgeç öbekleri ile ilgili yapılan literatürdeki çalışmalar hakkında bilgiler verilmektedir.

Bölüm-3. Materyal ve Yöntem – Bu bölümde, tez çalışmasında ele alınan kosinüs modüleli süzgeç öbek yapısı ve performans analizi için hata tanımlamaları, önerilen üstel pencere tabanlı tasarım yöntemi ile ilgili bilgiler ve son olarak dördüncü bölümde kullanılacak EKG verileri ile kıyaslama parametrelerine yer verilmektedir.

Bölüm-4. Bulgular ve Tartışma – Bu bölümde süzgeç öbekleri tasarımı ile ilgili elde edilen bulgular ve bu bulgulardan ortaya çıkan önemli hususlar verilmektedir. İlk kısımda önerilen yöntemle farklı kanal sayılarında tasarlanan süzgeç öbekleri örnekleri, ikinci kısımda önerilen yöntemle sırasıyla 2, 8, 16 ve 32 kanallı olarak tasarlanan süzgeç öbekleri için farklı süzgeç uzunlukları ve durdurma bandı zayıflatmalarında hata analizleri verilmiştir. Üçüncü kısımda ise önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbekleri ile Kaiser tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbekleri karşılaştırılmıştır. Bu bölümün son kısmında her iki yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin EKG sinyalleri üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir.

Bölüm-5. Sonuç ve Öneriler – Bu bölümde tez çalışmasından elde edilen sonuçlar özetlenmekte ve ileride konuyla ilgili yapılabilecek çalışmalar verilmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde öncelikle genel süzgeç öbekleri tasarımı için yapılan çalışmalar verilmekte, daha sonra ise bu tez çalışmasının odaklandığı konu olan pencereleme ile süzgeç öbeği tasarımı için literatürde yapılan çalışmalar sunulmaktadır.

2.1 Süzgeç Öbekleri Tasarımı için Yapılan Çalışmalar

Yaklaşık 40 yıllık bir literatür geçmişine sahip süzgeç öbeklerinin temellerini, Esteban (1977) atmıştır. Crochiere vd. (1976) ses tayfinin altbantlarda ayrıştırılmasını önermesinden sonra, Esteban ve Galand (1977) bir ses sinyalinin altbantlara ayrıştırılması sonrası örtüşme probleminde bağımsız yeniden yapılandırılması için sinyalin 2 banda seyreltilerek ayrıştırılması ve sonra yapılandırılma aşamasında tekrar 2 ile aradeğerlenmesi işlemini önermiştir. Bu sisteme dördün ayna süzgeçleri (QMF) ismini vermiştir. Daha sonra Johnson (1980) bu iki bantlı QMF bankalarının tasarımını optimize etmek için optimizasyon kriteri tanımlamış ve Hooke-Jeaves algoritması ile bu problemi çözmüştür. Jain ve Crochiere (1984) QMF süzgeçlerin tasarımını optimize etmek için zaman bölgesinde formüle ettikleri iteratif bir optimizasyon algoritması önermişlerdir. QMF yapıları örtüşme ve ayna görüntü problemlerinden arındırılmış olduklarından uygulama alanında önemli bir yer edindi, fakat böyle bir sistem için gerekli özelliklerin karmaşık olması sistemin önemli dezavantajıydı.

Nussbaumer (1981) adına sözde-QMF dediği yapı ile karmaşıklığı azaltacak bir yöntemi tanıtmış ve çok bantlı bir yapıyı önermiştir. Benzer bir yaklaşımı bağımsız olarak Rothweiler (1983) yapmış ve Esteban'ın iki bantlı QMF yapısını M bantlı olarak geliştirmiş, süzgeç bankasının gerçekleştirilmesi için gerekli hesaplama miktarını o zamanki mevcut yapılara göre %35 azaltmıştır. Nussbaumer ve Rothweiler'ın çalışmalarından daha ayrıntılı olarak Chu (1985) 2 kanallı sistemi M-kanallı olarak genelleştirmiş ve sistemin özelliklerini irdelemiştir. Bantlarda kullanılacak bant-geçiren süzgeçlerin alçak-geçiren süzgeçlerin dönüşümünden elde edilebileceğini, önerdiği yapıda süzgeç katsayılarının simetrik olması zorunluluğu getirmesinin getirdiği avantajlardan bahsetmiştir.

Mintzer (1985) ile Smith ve Barnell (1986) iki kanallı maksimum seyreltilmiş QMF yapıları için spektral ayrıştırma tabanlı tasarım yöntemi önermişlerdir. Bu yöntemde süzgeç bankının analiz kısmındaki alçak geçiren ve yüksek geçiren süzgeçler, güç tamamlayıcı özelliğini sağlamaktadırlar. İki kanallıdan daha yüksek sayıdaki kanala sahip güç tamamlayıcı süzgeç öbeklerinin tasarımı için Vaidyanathan (1987) ile Vaidyanathan ve Hoang (1988) doğrusal olmayan bir optimizasyon yöntemi önermişlerdir. Nyugen ve Vaidyanathan (1989) ile Nyugen ve Vaidyanathan (1990) doğrusal fazlı mükemmel yapılandırılmış süzgeç öbekleri için doğrusal olmayan bir optimizasyon yöntemi önermiş, bu yöntemle elde edilen süzgeçlerin kalitesi ise optimizasyon yönteminin başlangıç çözümüne bağlıdır. Kurosawa vd. (1994) ise doğrusal olmayan bir optimizasyon yöntemi kullanmadan basit bir yöntemle iki kanallı doğrusal fazlı mükemmel yapılandırılmış süzgeç öbekleri için bir tasarım yöntemi sunmuş ve elde edilen süzgeçler nispeten daha iyi kalitededir.

Tüm kanallardaki örnekleme oranları birbirine eşit olduğu tekdüze süzgeç öbekleri tasarımında, sonraki yıllarda Nyugen (1994), Saghizadeh ve Willson (1998), Lu vd. (1998), Goh ve Lim (1998), Heller vd. (1999) ile Bregovic ve Saramaki (2003) tarafından çeşitli yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlerden Nyugen (1994)'in kısıtlı optimizasyon tabanlı prototip süzgeç tasarımı çalışması, analiz ve sentez süzgeçlerin prototip süzgecin kosinüs modüleli versiyonları olarak elde edilmesini sağlaması nedeniyle literatürde önemli bir yer tutmaktadır. Nayebi vd. (1992) ise zaman bölgesinde süzgeç öbeğinin giriş ve çıkışı arasında kapalı bir form ilişkisi türetmiş, buradan ise tüm süzgeçleri aynı anda bir optimizasyon yöntemi ile elde etmişlerdir.

Hoang ve Vaidyanathan (1989) tüm kanallardaki örnekleme oranlarının aynı olmayacağı tekdüze olmayan süzgeç öbeklerini incelemiş ve örnekleme oranlarının bazı şartları sağlaması ile mükemmel yeniden yapılandırmanın elde edilebileceği gösterilmiştir. Daha sonra bu alanda Nayebi vd. (1993), Nayebi ve Barnwell (1993), Li vd. (1997), Chen vd. (1998), Akkarakaran ve Vaidyanathan (1999), Absar ve George (2001), Ho vd. (2005), Ho vd. (2006) ve Zhong vd. (2010) tarafından çalışmalar yapılmıştır. Ho vd. (2006) tarafından kısıtlı optimizasyon teknikleri kullanarak tasarımı daha hızlı yapan yarı-sonsuz programlama çözümü için etkili bir algoritma önermiştir.

Literatürde süzgeç öbekleri ile ilgili yapılan başka çalışmalar da bulunmaktadır (Xu vd., 1996; Xu vd., 1998; Tongwen vd., 1998; Ramakrishna ve Nigam, 2006; Sahu vd., 2006; Kok vd. 2008; Kumar vd., 2010; Anurag ve Kumar, 2012; Kumar vd., 2012b; Rafi vd., 2013; Kohli ve Mehra, 2014).

2.2 Pencere Tabanlı Süzgeç Öbekleri Tasarımı için Yapılan Çalışmalar

M-kanallı süzgeç öbeklerinin tasarlanmasındaki yöntemsel zorlukların aşılması ve daha iyi performans elde etmek amacıyla çeşitler yöntemler önerilmiş ve bu alandaki çalışmalar halen devam etmektedir. Tasarım kolaylığı ve verimliliği sebebiyle süzgeç öbekleri alanında çok önemli yere sahip kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinde; analiz ve sentez süzgeçleri, bir alçak geçiren prototip süzgecin kosinüs modüleli versiyonları olarak oluşturulur. Literatürde, bu tip süzgeç bankalarının tasarımı ile ilgili olarak doğrusal ve doğrusal olmayan optimizasyon tabanlı birçok yöntem önerilmiştir.

Creusere ve Mitra (1995), Parks-McClellan algoritması kullanarak sözde QMF (Quadrature Mirror Filter - Çeyrek Ayna Süzgeç) öbeklerindeki prototip süzgeçlerin tasarlanması için geçirme bandı kenar frekansının optimize edildiği bir doğrusal optimizasyon tabanlı yöntem önermişlerdir. Daha sonra, Lin ve Vaidyanathan (1998), daha basit bir amaç fonksiyonu ile geçirme bandı kenar frekansı yerine kesim frekansını optimize eden ve Kaiser penceresi tabanlı yöntemi önererek, daha iyi bir tasarım yöntemi geliştirmişlerdir.

Jain vd. (2006) Parzen-Cos6 pencere fonksiyonu tabanlı M-kanallı kosinüs modüleli sözde-QMF süzgeç bankası tasarımı yöntemini önermişlerdir. Performans kıyaslamasını Kaiser penceresi ile yapmış bu çalışmada, mükemmel yakın yeniden yapılandırma için yüksek dereceli süzgeçlerin kullanılması gerektiği sonucu çıkmıştır. Bergen ve Antoniou (2007), pencere fonksiyonu tabanlı kapalı formda bir algoritma ile M-kanallı süzgeç öbeği tasarım yöntemi sunmuş ve performans kıyaslaması için ultraspherical, Kaiser ve Saramaki pencerelerini kullanmıştır. Datar vd. (2009) Blackman penceresi tabanlı yöntemlerinde doğrusal bir iteratif optimizasyon algoritması kullanarak yeniden yapılandırma hatasını minimumda tutmaya çalışmışlardır. Tasarım yöntemlerini 32-kanallı bir süzgeç öbeğinde uygulamışlardır.

Ogale ve Alok (2010) cosh penceresi (Avcı ve Nacaroglu, 2009) tabanlı yöntemlerinde yerel arama optimizasyon algoritmasını kullanmış, ve önerdikleri tasarım yöntemini 8 ve 16 kanallı süzgeç öbeği tasarımında Kaiser penceresi ile kıyaslayarak uygulamışlardır. Datar vd. (2010), Kaiser penceresi tabanlı doğrusal arama optimizasyon algoritmasını kullanarak 32-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Soni vd. (2010) Parzen-Cos6 ve Papoulis-Cos4 pencere fonksiyonları kullanarak doğrusal bir optimizasyon algoritması ile 8, 16 ve 32-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Kumar vd. (2011a) yeni bir optimizasyon algoritması kullanarak Blackman, Chebyshev ve Kaiser gibi değişik pencereler ile 8, 16 ve 32-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Singh ve Saxena (2011), kendi önerdikleri yeni birleşimsel pencere ile iki kanallı süzgeç öbeği tasarlamışlardır. Ranjeet vd. (2012) basit bir doğrusal optimizasyon algoritması kullanarak Kaiser penceresi tabanlı dalgacık süzgeç öbekleri tasarlamış ve EKG sıkıştırmasında kullanmışlardır. Kumar ve Kuldeep (2012), modifiye üstel pencere tabanlı pencereyi kullanarak sözde M-kanallı kosinüs modüleli sözde-QMF süzgeç öbeklerini tasarlamışlardır. Singh ve Saxena (2012), gradyan tabanlı optimizasyon algoritması kullanarak yeni önerdikleri birleşimsel pencere ile 8, 16 ve 32-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Datar vd. (2013) gradyan tabanlı optimizasyon algoritması kullanarak dört pencereden oluşturulmuş süzgeç öbeklerini kıyaslamışlardır. Kumar vd. (2013) farklı pencereler kullanarak tekdüze olmayan süzgeç öbekleri tasarlamış ve bunları EKG altbant kodlamasında kullanmışlardır. Ogale ve Jain (2013) Kaiser penceresi tabanlı doğrusal bir optimizasyon algoritması kullanarak çarpansız süzgeç öbeği tasarımı yöntemi önermiş ve 8, 16 ve 32-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Soni vd. (2013) Kaiser, Chebyshev ve Parzen-Cos6 pencereleri kullanarak tekdüze olmayan 3 ve 4-kanallı süzgeç öbekleri tasarlamışlardır. Shakya ve Ogale (2014), 4-kanallı oktav-bant süzgeç öbeği tasarımını çeşitli pencereleri kullanarak yapmışlardır.

Literatürde ayrıca pencere fonksiyonları kullanarak yapılan başka çalışmalar da bulunmaktadır (Martin vd., 2004; Jain vd., 2005; Kumar, 2011; Kumar vd., 2011b; Anurag ve Kumar, 2012; Cruz-Roldan vd., 2009; Kumar ve Kuldeep, 2012; Kumar vd., 2012a; Kamışlıoğlu, 2014; Kamışlıoğlu ve Karaboğa, 2014a; Kamışlıoğlu ve Karaboğa, 2014b; Kamışlıoğlu ve Karaboğa, 2015; Karaboğa ve Kamışlıoğlu, 2015).

Bu tez çalışmasının danışmanı tarafından Kaiser penceresine (Kaiser, 1974) göre daha hızlı hesaplama avantajına sahip iki parametrelili üstel penceresi önerilmiş (Avcı ve Nacaroglu, 2013b) ve süzgeç tasarımında kullanılmıştır (Avcı ve Nacaroglu, 2013a). Üstel penceresinin önemli bir özelliği ise, tıpkı Kaiser penceresinde olduğu gibi süzgeç tasarım denklemlerine sahip olmasıdır. Bu çalışmada, kosinüs modüleli süzgeç bankası tasarımı için, Lin ve Vaidyanathan (1998) tarafından önerilmiş olan kesim frekansını optimize eden hızlı ve basit bir amaç fonksiyonu kullanarak üstel penceresine dayalı yeni bir yöntem önerilmektedir (Avcı ve Gümüşsoy, 2016).

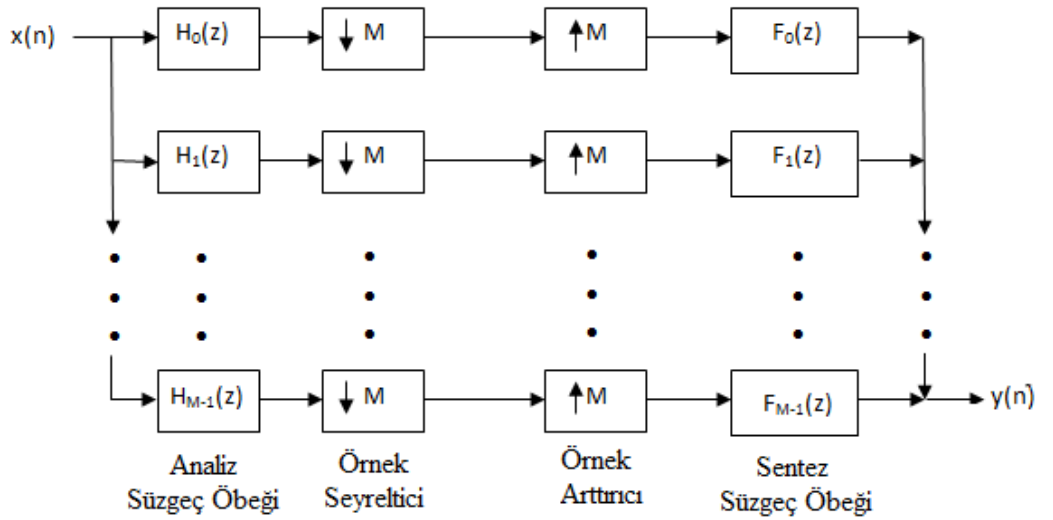


3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde öncelikle kosinüs modüleli süzgeç öbekleri ve ilgili hata parametreleri verilecek, daha sonra ise önerilen süzgeç öbeği tasarım yöntemi hakkında bilgiler verilecektir. Son olarak ise süzgeç öbeği uygulamasında kullanılacak EKG verileri ile uygulamada performans kriteri olarak kullanılacak parametreler sunulacaktır.

3.1 Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeği

M-kanallı maksimum örnek seyreltilmiş bir süzgeç öbeğinin genel yapısı Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. M kanallı maksimum örnek seyreltilmiş süzgeç öbeği.

Kosinüs modüleli süzgeç öbekleri, M kanallı süzgeç öbeklerinin özel bir alt sınıfıdır. Kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinde bulunan $H_k(z)$ analiz süzgeçleri ve $F_k(z)$ sentez süzgeçleri, bir prototip süzgecin katsayılarının modüle edilmesiyle elde edilebilirler. Prototip süzgecin dürtü yanıtı $p(n)$ olarak ifade edilirse, N süzgeç uzunluğu ve M kanal sayısı olmak üzere $0 \leq n \leq N-1$ ve $0 \leq k \leq M-1$ aralıkları için analiz ve sentez süzgeçlerinin dürtü yanıtları (3.1) ve (3.2) ile bulunabilir (Nguyen, 1994).

$$h_k(n) = 2p(n) \cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n - \frac{N-1}{2}\right) + (-1)^k \frac{\pi}{4}\right] \quad (3.1)$$

$$f_k(n) = 2p(n) \cos\left[(2k+1)\frac{\pi}{2M}\left(n - \frac{N-1}{2}\right) - (-1)^k \frac{\pi}{4}\right] \quad (3.2)$$

Kosinüs modüleli süzgeç öbekleri için Şekil-3.1'deki devrenin giriş ve çıkış işaretleri arasındaki ilişki, (3.3) ile tanımlanmaktadır.

$$Y(z) = T_0(z)X(z) + \sum_{I=1}^{M-1} T_I(z)X(zW_M^I) \quad (3.3)$$

Denklem (3.3)'de $W_M = e^{-j2\pi/M}$ olup, $T_0(z)$ ve $T_I(z)$ sırasıyla bozulma ve örtüşme transfer fonksiyonlarıdır ve bu fonksiyonlar (3.4) ve (3.5) ile tanımlanmaktadır.

$$T_0(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) H_k(z) \quad (3.4)$$

$$T_I(z) = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} F_k(z) H_k(zW_M^I) \quad 1 \leq I \leq M-1 \text{ için} \quad (3.5)$$

Sonlu uzunluklu süzgeçlerle, mükemmel yeniden yapılandırma kriterlerini sağlayacak bir sistem tasarlamak mümkün değildir; fakat, mükemmel yakın yeniden yapılandırma kriterlerini sağlayacak bir sistem tasarlamak mümkündür. Mükemmel yakın yeniden yapılandırma için, doğrusal fazlı alçak geçiren prototip süzgecin, $P(e^{j\omega})$, mümkün olduğunca (3.6) ve (3.7) ile tanımlanan iki şartı sağlaması gerekmektedir.

$$|P(e^{j\omega})| \approx 0 \quad |\omega| > \pi/M \quad \text{için} \quad (3.6)$$

$$|T_0(e^{j\omega})| \approx 1 \quad 0 < \omega < \pi/M \quad \text{için} \quad (3.7)$$

Bir süzgeç bankasında; faz, örtüşme ve genlik bozulması olarak üç çeşit hatayla karşılaşmaktadır. Faz bozulması, kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinde doğrusal fazlı süzgeçler kullanılarak yok edilebilir. Dolayısıyla, kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinde sadece örtüşme ve genlik bozulmalarından kaynaklı hatalarla karşılaşılır. Denklem (3.6)'nın doğruluğu, örtüşme hatasının bir ölçüsü olurken; (3.7)'nin doğruluğu genlik hatasının bir ölçüsüdür.

Örtüşme ve genlik hataları, tasarlanan süzgeç öbeğinin kalitesi hakkında kıyaslama yapmamızı sağlamaktadır. Süzgeç öbekleri tasarımlarında; maksimum hatanın, minimum düzeyde olması amaçlanmaktadır. Genlik hatasının ölçümü olarak,

süzgeç öbeğinin tepeden tepeye hatasını veren E_{pp} parametresi kullanılacaktır. Örtüşme hatasının ölçümü için ise, süzgeç öbeğinin toplam örtüşme bozulmasının maksimum değerini veren E_a parametresi kullanılacaktır. E_{pp} genlik hatası ve E_a örtüşme hatası, sırasıyla (3.8) ve (3.9) denklemleriyle tanımlanmışlardır.

$$E_{pp} = \max_{\omega \in [0, \pi]} \{|T_0(e^{j\omega})|\} - \min_{\omega \in [0, \pi]} \{|T_0(e^{j\omega})|\} \quad (3.8)$$

$$E_a = \max_{\omega \in [0, \pi]} \{|T_{alias}(e^{j\omega})|\} \quad (3.9)$$

Denklem (3.9)'da verilen $T_{alias}(e^{j\omega})$ fonksiyonu, $T_1(e^{j\omega})$ cinsinden (3.10)'de verilen denklem ile tanımlanmaktadır.

$$|T_{alias}(e^{j\omega})| = \sqrt{\sum_{l=1}^{M-1} |T_1(e^{j\omega})|^2} \quad (3.10)$$

3.2 Üstel Penceresi Tabanlı Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeği Tasarımı

Süzgeç bankasında kullanılmak üzere oluşturulacak prototip süzgeç, pencereleme kullanarak Fourier seri metodu ile tasarlanabilir. Bu yöntemde, $h_{id}(n)$ ile gösterilen sonsuz uzunluktaki ideal süzgecin dürtü yanıtı, $w(n)$ ile gösterilen N uzunluklu bir pencere fonksiyonu ile çarpılarak $p(n)$ ile gösterilen N sonlu uzunluklu FIR sayısal süzgecin dürtü yanıtı elde edilir. Matematiksel olarak, bu işlem (3.11) ile ifade edilir.

$$p(n) = w(n)h_{id}(n) \quad (3.11)$$

Denklem (3.11)'de verilen $h_{id}(n)$ fonksiyonu, alçak geçiren bir süzgeç için ω_c kesme frekansı cinsinden (3.12)'de verilen denklem ile tanımlanmaktadır.

$$h_{id}(n) = \frac{\sin(\omega_c(n-0.5N))}{\pi(n-0.5N)}, \quad -\infty < n < \infty \text{ için} \quad (3.12)$$

Bu çalışmada, N uzunluklu prototip süzgeç tasarımı için (3.13) ile tanımlanan üstel pencere fonksiyonu kullanılmıştır (Avcı ve Nacaroğlu, 2013b).

$$w_e(n) = \frac{e^{\alpha\sqrt{1-\left(\frac{2n}{N-1}\right)^2}}}{e^\alpha}, \quad -\frac{N-1}{2} \leq n \leq \frac{N-1}{2} \text{ için} \quad (3.13)$$

Burada α ayarlanabilir bağımsız parametreyi ifade etmektedir. Sabit bir N pencere uzunluğu için α parametresi ile çok sayıda pencere karakteristiği elde edilebilir. Bu pencerenin sayısal süzgeç tasarımındaki ayrıntılı performansı Avcı ve Nacaroğlu (2013a) tarafından işlenmiştir. Dolayısıyla N , α ve ω_c (kesim frekansı) parametreleri ile üstel penceresi kullanarak bir prototip süzgeç tasarlanabilir.

İstenilen minimum durdurma bandı zayıflatması (A_s) miktarına göre, üstel penceresi için α parametresi $20.8 \leq A_s \leq 120$ için (3.14)'de verilen denklem ile belirlenebilir (Avcı ve Nacaroğlu, 2013a).

$$\alpha \approx 4.053 \times 10^{-6} A_s^3 - 1.11 \times 10^{-3} A_s^2 + 0.2161 \times 10^{-3} A_s - 4.047 \quad (3.14)$$

Ayrıca, istenilen minimum durdurma bandı zayıflatması miktarına göre, üstel penceresi için N uzunluğu (veya $N-1$ derecesi) da bulunabilir (Avcı ve Nacaroğlu, 2013a). Bunun için (3.15) ile tanımlanmış D_f normalize geçiş bandı genişliği parametresi kullanılır (Avcı ve Nacaroğlu, 2013a).

$$D_f \approx \begin{cases} 9.738 \times 10^{-5} A_s^2 + 67.94 \times 10^{-3} A_s - 0.4784 & 20.8 \leq A_s \leq 50 \text{ için} \\ 72.91 \times 10^{-3} A_s - 0.4769 & 50 \leq A_s \leq 120 \text{ için} \end{cases} \quad (3.15)$$

Denklem (3.15) kullanılarak, verilen durdurma bandı zayıflatması (A_s) ve geçiş bandı genişliği ($\Delta\omega$) için minimum süzgeç derecesi (3.16) ile bulunabilir (Avcı ve Nacaroğlu, 2013a).

$$N - 1 \geq \frac{D_f \omega_s}{\Delta\omega} \quad (3.16)$$

Dolayısıyla, (3.15) ve (3.16) nolu denklemleri kullanarak $A_s \geq 50$ için üstel penceresi ile tasarlanacak süzgecin derecesi (3.17) nolu denklemle bulunabilir (Avcı ve Nacaroğlu, 2013a).

$$N - 1 \approx \frac{A_s - 6.54}{13.72 \Delta\omega / 2\pi} \quad (3.17)$$

Sonuç olarak, N ve α değerleri bilinen üstel penceresi ile prototip süzgeç tasarımı yapmak için sadece ω_c parametresini bilmek yeterli olacaktır. Bu tür bir problem için literatürde sıklıkla kullanılan ve (3.18) ile tanımlanmış amaç fonksiyonunun minimize edilmesiyle istenilen parametrenin optimum sonucu bulunabilir. $0 \leq \omega < \pi/M$ için

$$\emptyset = \max_{\omega} ||P(e^{j\omega})|^2 + |P(e^{j(\omega-\pi/M)})|^2 - 1| \quad (3.18)$$

Bu çalışmada ise (3.18)'da verilen amaç fonksiyonuna göre çok daha basit bir şekilde hesaplaması yapılabilen Lin ve Vaidyanathan (1998) tarafından önerilmiş bir amaç fonksiyonunun minimize edilmesi ile ω_c parametresi optimize edilmektedir. Bu amaç fonksiyonu (3.19)'da tanımlanmıştır.

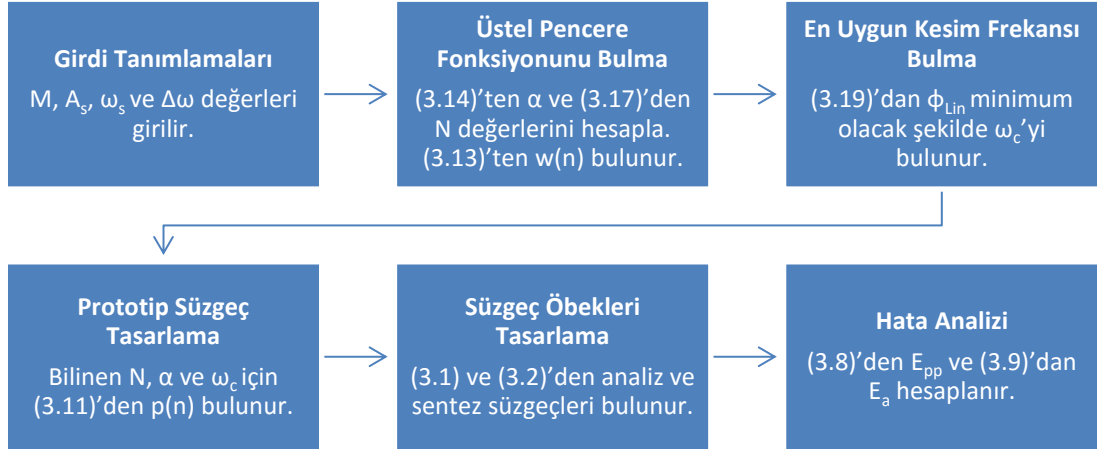
$$\emptyset_{Lin} = \max_n |g(2Mn)| \quad n \neq 0 \text{ için} \quad (3.19)$$

Denklem (3.19)'de verilen $g(n)$ fonksiyonu, (3.20)'de prototip süzgeç cinsinden tanımlanmış $G(e^{j\omega})$ süzgecin dürtü yanıtıdır (Lin ve Vaidyanathan,1998).

$$G(e^{j\omega}) = |P(e^{j\omega})|^2 \quad (3.20)$$

Dolayısıyla, en iyi prototip süzgeci bulmak için, ω_c kesim frekansını ayarlayarak minimum \emptyset_{Lin} amaç fonksiyonu elde edilir. Benzeşim sonuçları, \emptyset_{Lin} amaç fonksiyonun, ω_c 'nin bir konveks fonksiyonu olduğunu ve çok iyi tasarımların elde edilebileceğini göstermektedir (Lin ve Vaidyanathan,1998).

Şekil 3.2 bu çalışmada kosinüs modüleli süzgeç öbekleri tasarımı için önerilen yöntemin işlem basamaklarını göstermektedir.



Şekil 3.2. Önerilen yöntem için işlem basamakları.

3.3 EKG Verileri ve Performans Değerlendirme Parametreleri

Bu tez çalışmasında, tasarlanan süzgeç öbeklerin pratik sinyaller üzerindeki etkisini gözlemlemek için EKG verileri kullanılacaktır. Sinyal ayrıştırma ve yeniden yapılandırma işlemleri için kullanılacak EKG sinyalleri, MIT-BIH Arrhythmia veri tabanından alınmıştır. Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere iki erkek ve iki kadına ait dört adet EKG sinyali kullanılacak olup, bunların ikisi normal diğer ikisi ise anormal hastalara ait kayıtlardır.

Çizelge 3.1. Bu çalışmada kullanılacak EKG verileri.

| Veri tabanı | Kayıt | Cinsiyet | Yaş | Hasta durumu |
|-------------|-------|----------|-----|--------------|
| MIT-BIH | 106 | Kadın | 24 | Normal |
| MIT-BIH | 117 | Erkek | 69 | Normal |
| MIT-BIH | 217 | Erkek | 65 | Anormal |
| MIT-BIH | 232 | Kadın | 76 | Anormal |

Süzgeç öbeklerinin sinyaller üzerindeki performansını değerlendirmek için üç parametre kullanılacaktır. Bu üç parametre ve ilgili formülleri aşağıda verilmiştir (Jalaleddine vd., 1990; Bergen ve Antoniou, 2007).

Yüzde ortalama karakök farkı (PRD-Percent root-mean-square difference);

$$\text{PRD} = \left\{ \frac{\sum_n [x(n) - y(n)]^2}{\sum_n [x(n)]^2} \right\}^{1/2} \times 100\% \quad (3.21)$$

Ortalama kare hatası (MSE-Mean Square Error);

$$\text{MSE} = \frac{1}{L_S} \sum_n |x(n) - y(n)|^2 \quad (3.22)$$

Maksimum hata (ME-Maximum Error) ;

$$\text{ME} = \max |x(n) - y(n)| \quad (3.23)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

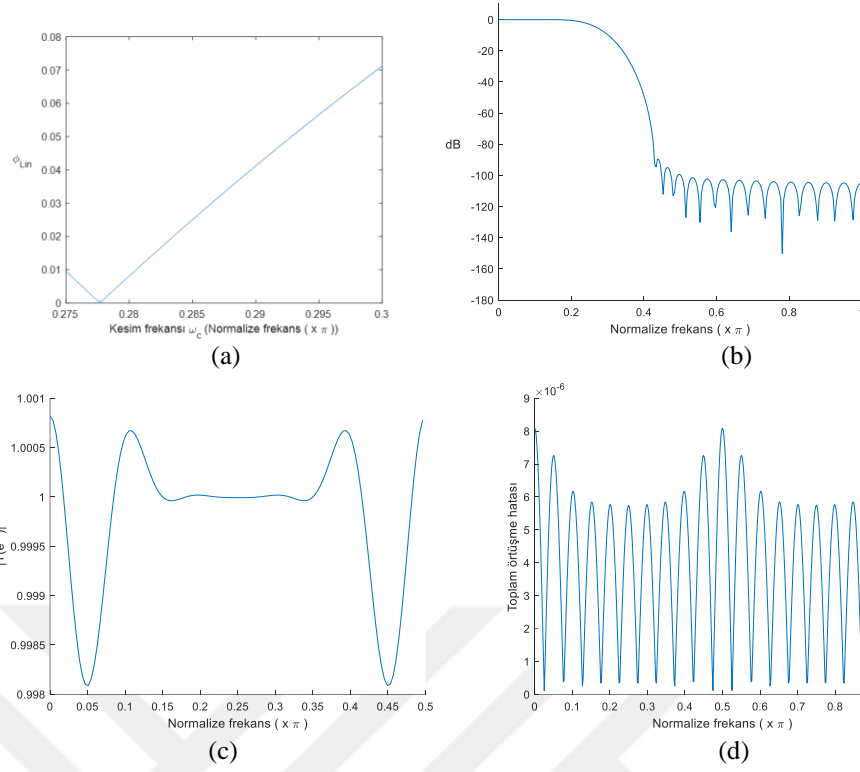
Bu bölümde öncelikle önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbekleri farklı kanal ve süzgeç uzunlukları için analiz edilecek, sonra daha geniş kapsamlı analizler yapılacaktır. Daha sonra Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbekleriyle yine farklı kanal ve süzgeç uzunluklarında kıyaslanarak performansı gözlemlenecektir. Son olarak hem önerilen hem de Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin EKG sinyalleri üzerindeki etkisi kıyaslanacaktır.

4.1 Önerilen Yöntemle Tasarlanmış Süzgeç Öbeği Örnekleri

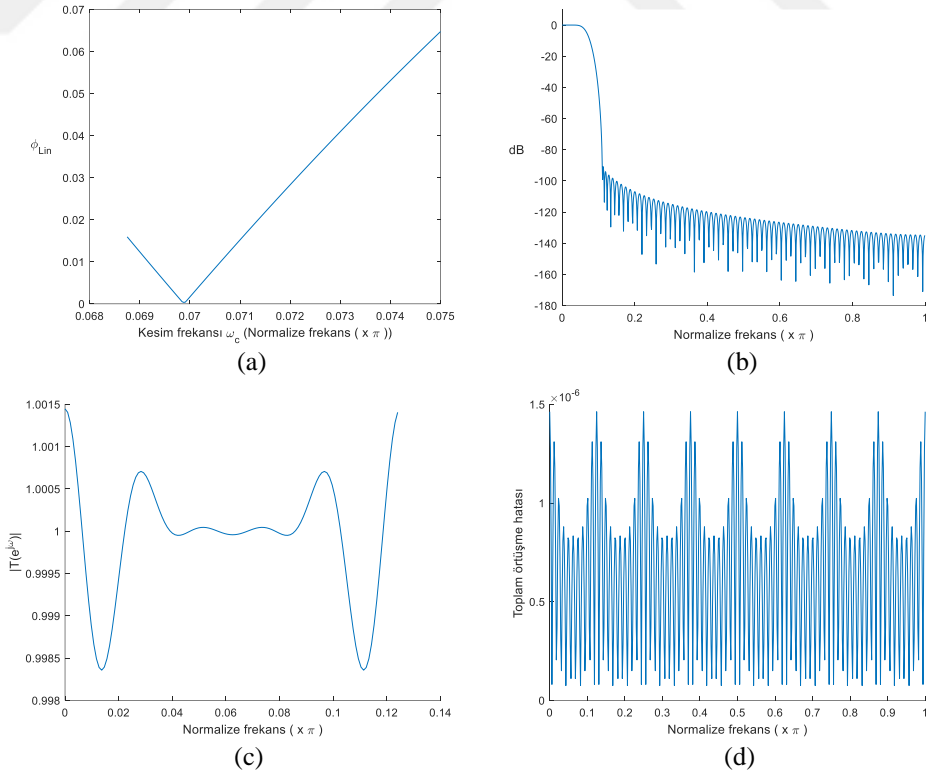
Bu kısımda, $A_s = 90$ dB minimum durdurma bandı zayıflatma miktarına sahip $M = 2, 8, 16$ ve 32 kanal sayılarındaki dört adet kosinüs modüleli süzgeç öbeğinin önerilen yöntem ile tasarlanması ve tasarım sonucu elde edilen bulgular sunulmaktadır.

Şekil 4.1’de $N = 41$ süzgeç uzunluğu ve $A_s = 90$ dB minimum durdurma bandı zayıflatma için tasarlanan 2-kanallı bir süzgeç öbeğinin kesim frekansına göre amaç fonksiyonu (a), prototip süzgeç genlik yanıtı (b), ortalama genlik hatası (c) ve toplam örtüşme hatası (d) karakteristikleri verilmiştir. Benzer karakteristikler $N = 151$ ve $A_s = 90$ dB için tasarlanan 8-kanallı bir süzgeç öbeği (Şekil 4.2), $N = 301$ ve $A_s = 90$ dB için tasarlanan 16-kanallı bir süzgeç öbeği (Şekil 4.3), $N = 501$ ve $A_s = 90$ dB için tasarlanan 32-kanallı bir süzgeç öbeği (Şekil 4.4) için de elde edilmiştir.

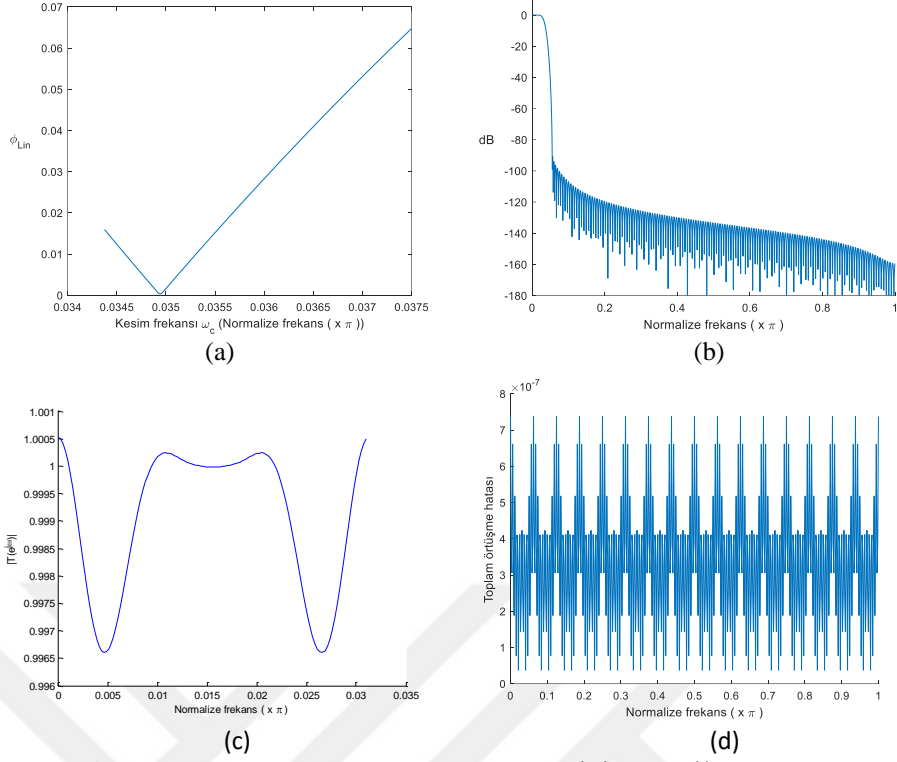
Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’ten elde edilen sayısal veriler, Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bölüm 4.2’de görüleceği üzere aynı A_s değeri için kanal sayısı arttığında daha yüksek uzunluklu süzgeç kullanımı gerekmekte, bu nedenle prototip süzgecin kesim frekansı küçülmektedir. E_a değeri kanal sayısı arttığında azalırken, E_{pp} değerinde böyle bir doğrudan ilişki bulunmamaktadır.



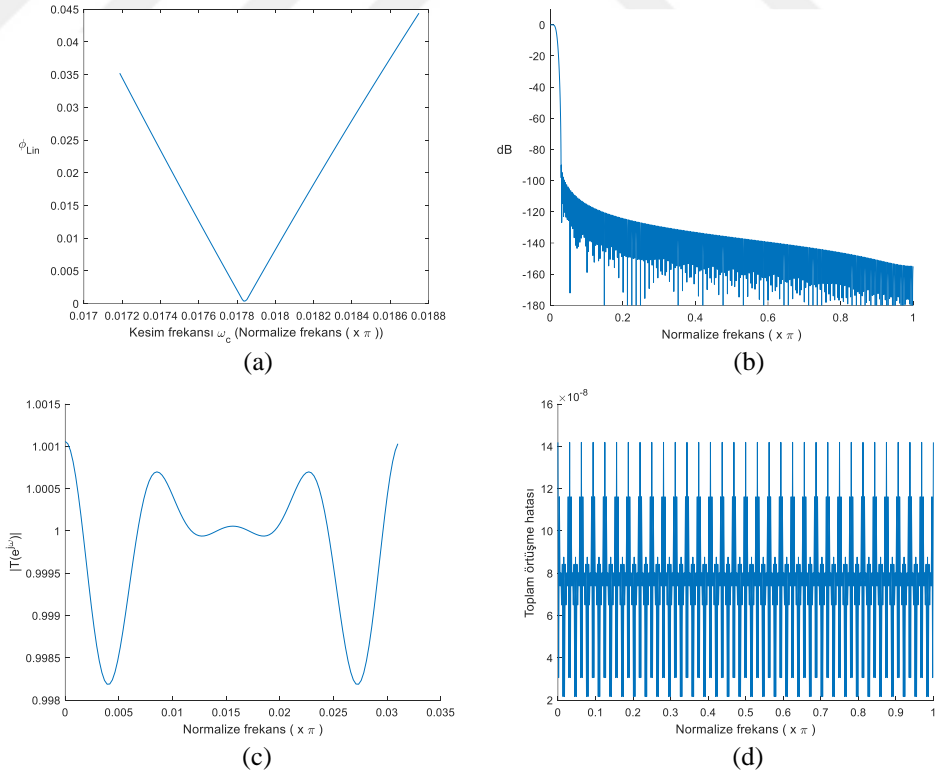
Şekil 4.1. $M = 2$, $A_s = 90$ dB ve $N = 41$ için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası.



Şekil 4.2. $M = 8$, $A_s = 90$ dB ve $N = 151$ için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası.



Şekil 4.3. $M = 16$, $A_s = 90$ dB ve $N = 301$ için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası.



Şekil 4.4. $M = 32$, $A_s = 90$ dB ve $N = 501$ için önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası.

Çizelge 4.1. Farklı kanal sayılarında önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbekleri için performans analizi.

| Kanal Sayısı | Süzgeç Parametreleri | | Kıyaslama Parametreleri | | | |
|--------------|----------------------|-----|----------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------|
| | As | N | \emptyset ($\times 10^{-4}$) | $\omega_c(x\pi)$ | $E_{pp}(\times 10^{-3})$ | $E_a(\times 10^{-7})$ |
| 2 | 90 dB | 41 | 2,958 | 0,2776 | 2,731 | 80,940 |
| 8 | 90 dB | 151 | 3,489 | 0,0699 | 3,089 | 14,624 |
| 16 | 90 dB | 301 | 3,489 | 0,0349 | 3,089 | 7,372 |
| 32 | 90 dB | 501 | 3,689 | 0,0178 | 2,870 | 1,419 |

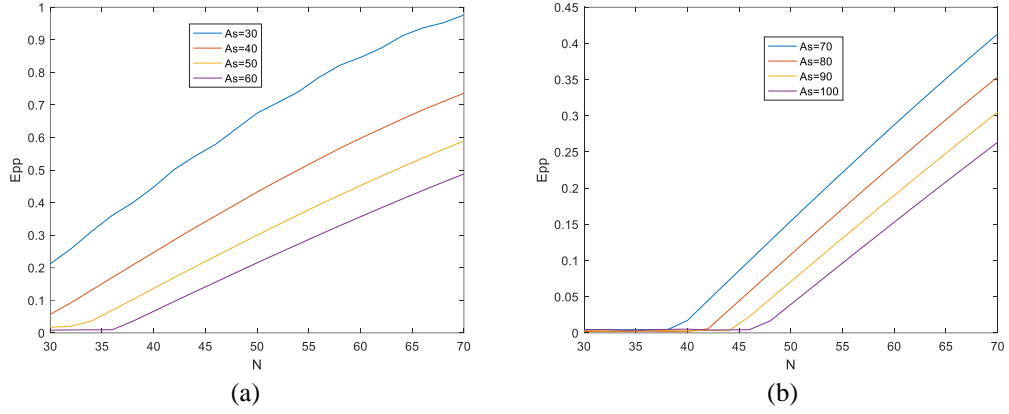
4.2 Önerilen Yöntemle Tasarlanmış Süzgeç Öbeklerinin Farklı Kanal Sayıları için Performans Analizi

4.2.1 2-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular

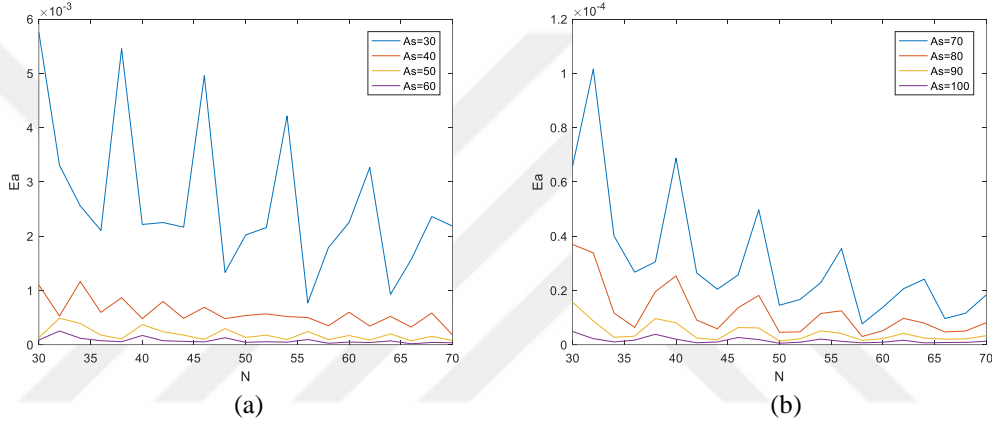
Bu kısımda önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı minimum durdurma bandı zayıflatma (A_s) ve süzgeç uzunluklarında (N) genlik (E_{pp}) ve örtüşme hatalarının (E_a) analiz sonuçları verilmiştir. Tüm analizler için $N = 31$ ve 71 arası süzgeç uzunluğu aralığı ile $A_s = 30$ dB ve 100 dB arası minimum durdurma bandı zayıflatma aralığı seçilmiştir.

Şekil 4.5’de farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analiz sonuçları verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri arttığında E_{pp} değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca sabit bir A_s değeri için N değeri arttığında E_{pp} değerinin arttığı görülmektedir. Bu yüzden, örneğin $A_s = 100$ dB için küçük E_{pp} değeri elde etmek için $N = 47$ ’den küçük süzgeç uzunluğunun kullanılması gerektiği görülmektedir.

Şekil 4.6’da ise farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri azaldığında, E_a örtüşme hatasının azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.5. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

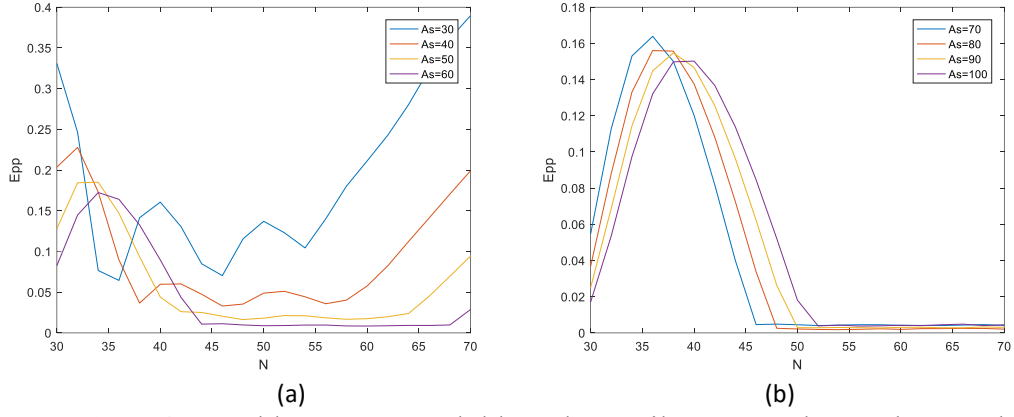


Şekil 4.6. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

4.2.2 8-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular

Bu kısımda önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı minimum durdurma bandı zayıflatma (A_s) ve süzgeç uzunluklarında (N) genlik (E_{pp}) ve örtüşme hatalarının (E_a) analiz sonuçları verilmiştir. Tüm analizler için $N = 31$ ve 71 arası süzgeç uzunluğu aralığı ile $A_s = 30$ dB ve 100 dB arası minimum durdurma bandı zayıflatma aralığı seçilmiştir.

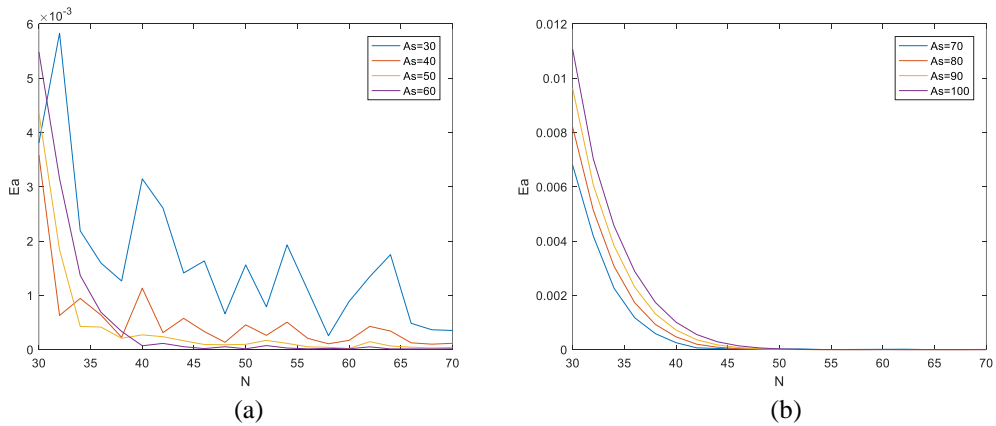
Şekil 4.7'de farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analiz sonuçları verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri arttığında E_{pp} değerinin azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

Şekil 4.7’de ayrıca sabit bir A_s değeri için N değeri arttığında E_{pp} değerinin arttığı görülmektedir. Bu yüzden, örneğin $A_s = 100$ dB için küçük E_{pp} değeri elde etmek için $N = 53$ ’den büyük süzgeç uzunluğunun kullanılması gerektiği görülmektedir.

Şekil 4.8’de ise farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri azaldığında, E_a örtüşme hatasının azaldığı görülmektedir.

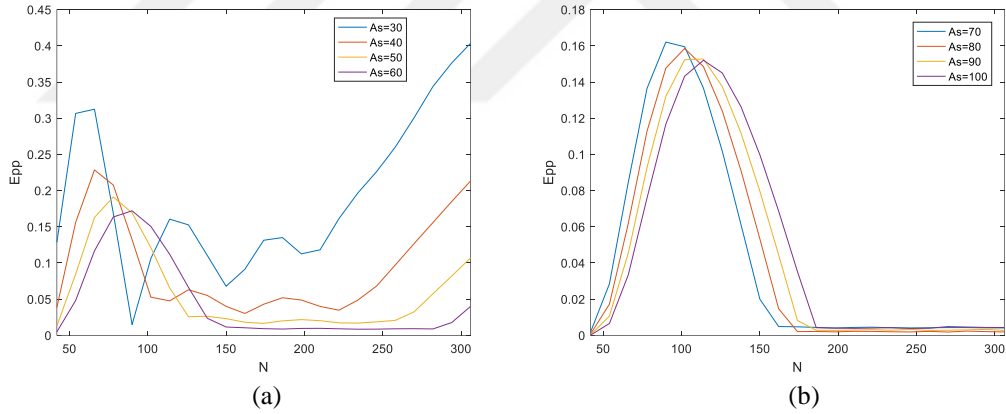


Şekil 4.8. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

4.2.3 16-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular

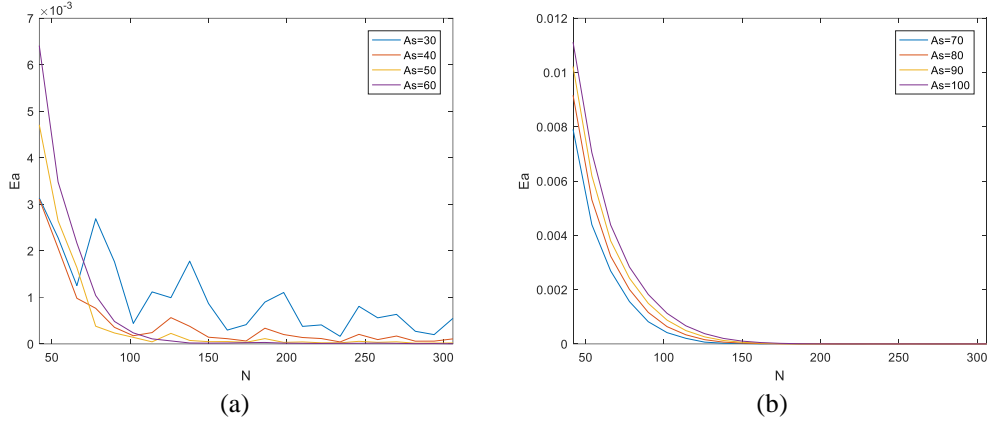
Bu kısımda önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı minimum durdurma bandı zayıflatma (A_s) ve süzgeç uzunluklarında (N) genlik (E_{pp}) ve örtüşme hatalarının (E_a) analiz sonuçları verilmiştir. Tüm analizler için $N = 51$ ve 301 arası süzgeç uzunluğu aralığı ile $A_s = 30$ dB ve 100 dB arası minimum durdurma bandı zayıflatma aralığı seçilmiştir.

Şekil 4.9'da farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analiz sonuçları verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri arttığında E_{pp} değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca sabit bir A_s değeri için N değeri arttığında E_{pp} değerinin arttığı görülmektedir. Bu yüzden, örneğin $A_s = 100$ dB için küçük E_{pp} değeri elde etmek için $N = 185$ 'den büyük süzgeç uzunluğunun kullanılması gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.9. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

Şekil 4.10'da ise farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri azaldığında, E_a örtüşme hatasının azaldığı görülmektedir.



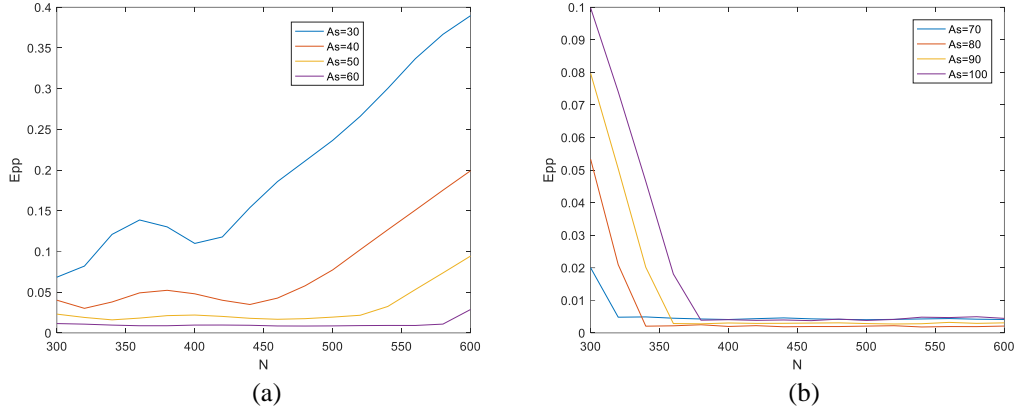
Şekil 4.10. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

4.2.4 32-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Bulgular

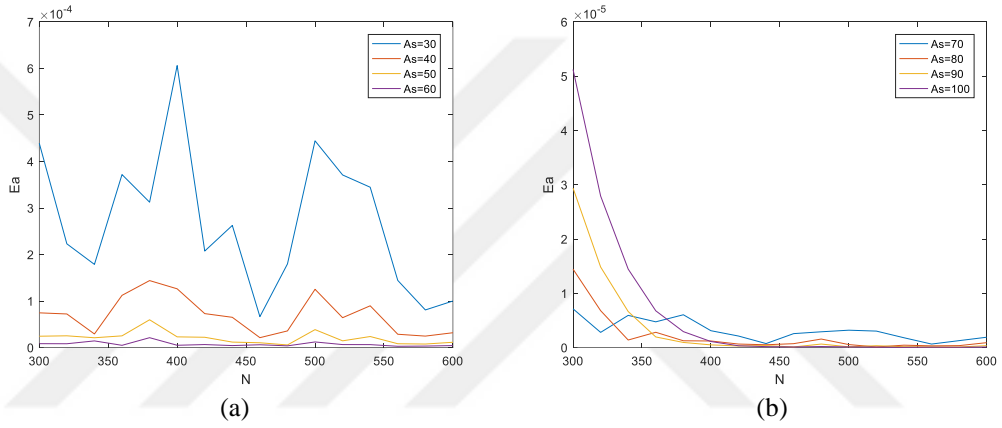
Bu kısımda önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı minimum durdurma bandı zayıflatma (A_s) ve süzgeç uzunluklarında (N) genlik (E_{pp}) ve örtüşme hatalarının (E_a) analiz sonuçları verilmiştir. Tüm analizler için $N = 301$ ve 601 arası süzgeç uzunluğu aralığı ile $A_s = 31$ dB ve 100 dB arası minimum durdurma bandı zayıflatma aralığı seçilmiştir.

Şekil 4.11’de farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analiz sonuçları verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri arttığında E_{pp} değerinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca sabit bir A_s değeri için N değeri arttığında E_{pp} değerinin arttığı görülmektedir. Bu yüzden, örneğin $A_s = 100$ dB için küçük E_{pp} değeri elde etmek için $N = 385$ ’den büyük süzgeç uzunluğunun kullanılması gerektiği görülmektedir.

Şekil 4.12’de ise farklı süzgeç uzunluklarında farklı A_s değerleri için önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi verilmiştir. Bu şekillerden görüleceği üzere sabit bir N değeri için A_s değeri azaldığında, E_a örtüşme hatasının azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.11. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.



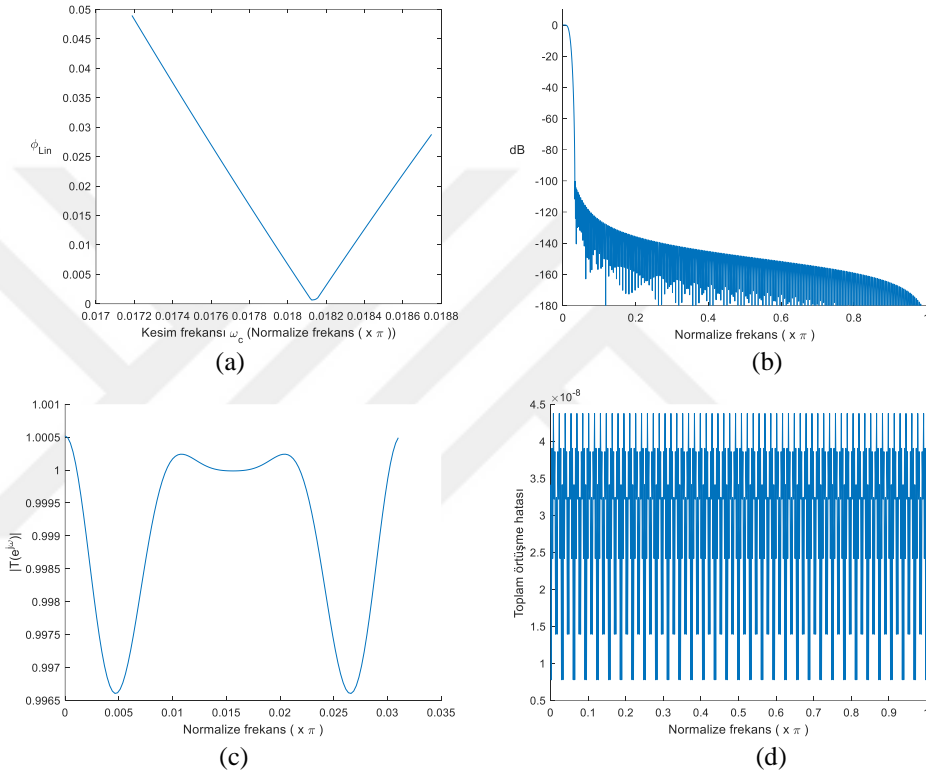
Şekil 4.12. Farklı süzgeç uzunluklarında önerilen yöntemle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası analizi a) $A_s = 30, 40, 50$ ve 60 dB için b) $A_s = 70, 80, 90$ ve 100 dB için.

4.3 Kaiser Penceresi Tabanlı Lin Algoritması ile Tasarlanmış Süzgeç Öbekleriyle Kıyaslama

4.3.1 Süzgeç Öbeği Örneği Kıyaslaması

Bu kısımda, önerilen yöntemle, MPEG ses kodlayıcısında bulunan bir süzgeç bankasının özelliklerine benzer bir kosinüs modüleli süzgeç öbeği tasarlanacaktır. Bu süzgeç öbeği $M = 32$ kanala sahip olup, yaklaşık olarak $A_s = 100$ dB durdurma bandı zayıflatma miktarına sahiptir (Lin ve Vaidyanathan, 1998). Dolayısıyla, örneğimizde $A_s = 100$ dB seçilmiştir. Geçiş bandı genişliği ise $\pi/2M$ 'den biraz küçük olarak 0.01406π olarak seçilmiştir. Prototip süzgecin derecesi ise 466 alınmıştır (Lin ve Vaidyanathan, 1998).

Benzeşim sonuçları Şekil 4.13'te verilmiştir. İlk olarak ϕ_{Lin} amaç fonksiyonun ω_c kesim frekansına göre grafiği verilmiş olup (a), burada amaç fonksiyonun kesim frekansının bir konveks fonksiyonu olduğu ve $\omega_c = 0.0181\pi$ olduğunda amaç fonksiyonun minimum değere sahip olduğu görülmektedir. Sonra optimize edilmiş prototip süzgecin dB cinsinden genlik yanıtı verilmektedir (b). Aynı şekilde doğrusal ölçekte $T(e^{jw})$ bozulma fonksiyonun genlik yanıtı (c) ve toplam örtüşme bozulması grafiği (d) verilmektedir.



Şekil 4.13. $M = 32$, $A_s = 100$ dB ve $N = 467$ için önerilen yöntemle elde edilen süzgeç öbeği karakteristikleri a) amaç fonksiyonu, b) prototip süzgeç genlik yanıtı, c) ortalama genlik hatası, d) toplam örtüşme hatası.

Karşılaştırma amaçlı olarak, çalışmada önerilen yöntem ile Kaiser tabanlı Lin yöntemi hata parametreleri cinsinden kıyaslanmıştır. Aynı kanal sayısı, süzgeç derecesi ve minimum durdurma bandı zayıflatma parametreleri için benzeşim sonuçları Çizelge 4.2'de sayısal değerler olarak verilmiştir. Sonuçlar, önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeğinin, Kaiser tabanlı yöntemle tasarlanan süzgeç öbeğinden genlik (Epp) ve örtüşme (Ea) hataları cinsinden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Çizelge 4.2. $M = 32$, $A_s = 100$ dB ve $N = 467$ için önerilen yöntemle ve Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle oluşturulan süzgeç öbeklerinin performans kıyaslaması.

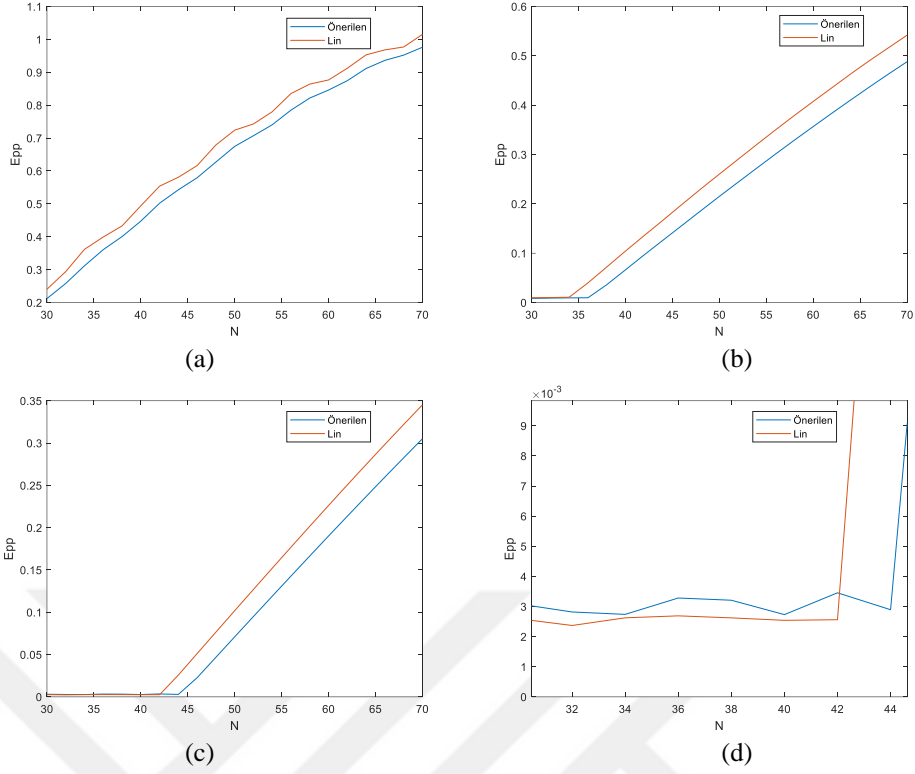
| Tasarım Metodu | Kıyaslama Parametreleri | | | |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | \emptyset ($\times 10^{-04}$) | w_c ($\times \pi$) | Epp ($\times 10^{-03}$) | Ea ($\times 10^{-7}$) |
| Önerilen | 6.328 | 0.0181 | 3.9137 | 0.4375 |
| Lin | 5.630 | 0.0180 | 3.9748 | 3.8647 |

4.3.2 2-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları

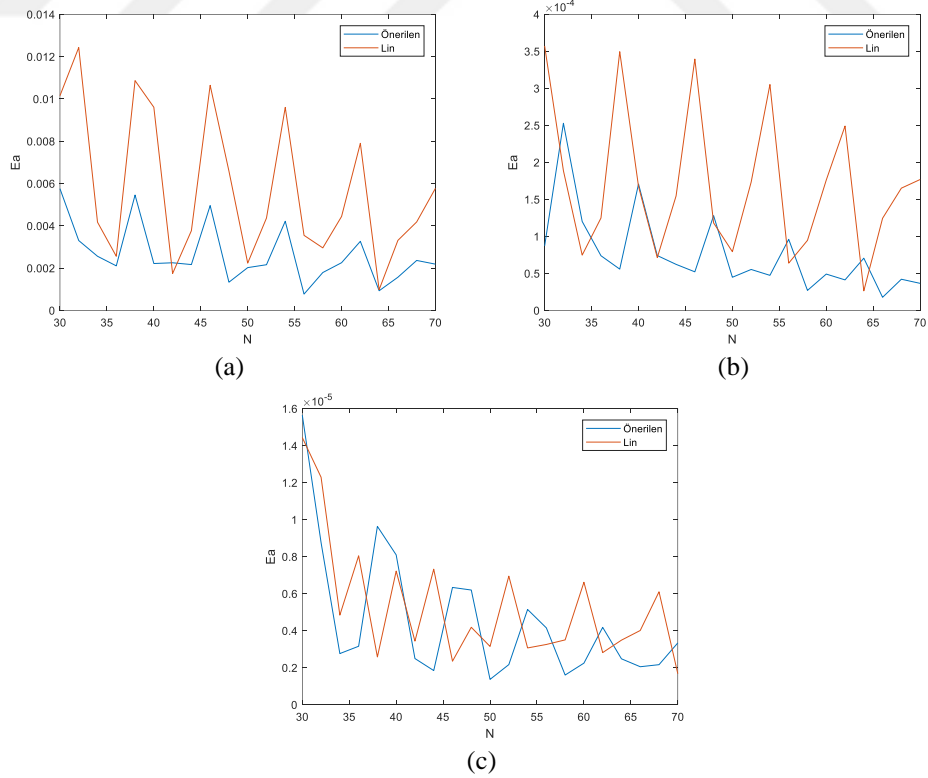
Bu kısımda önerilen yöntem ile Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı süzgeç uzunlukları ve minimum durdurma bandı zayıflatması için kıyaslaması yapılmıştır.

Şekil 4.14'te $N = 31$ ve 71 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen Epp değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük Epp değeri önerilen yöntem sunmakla birlikte, $A_s = 90$ dB için $N < 43$ uzunluklarında Lin yöntemi daha iyi sonuçlar sunmaktadır.

Şekil 4.15'te $N = 31$ ve 71 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen Ea değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük Ea değerini önerilen yöntem sunmaktadır.



Şekil 4.14 Farklı süzgeç uzunluklarında a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

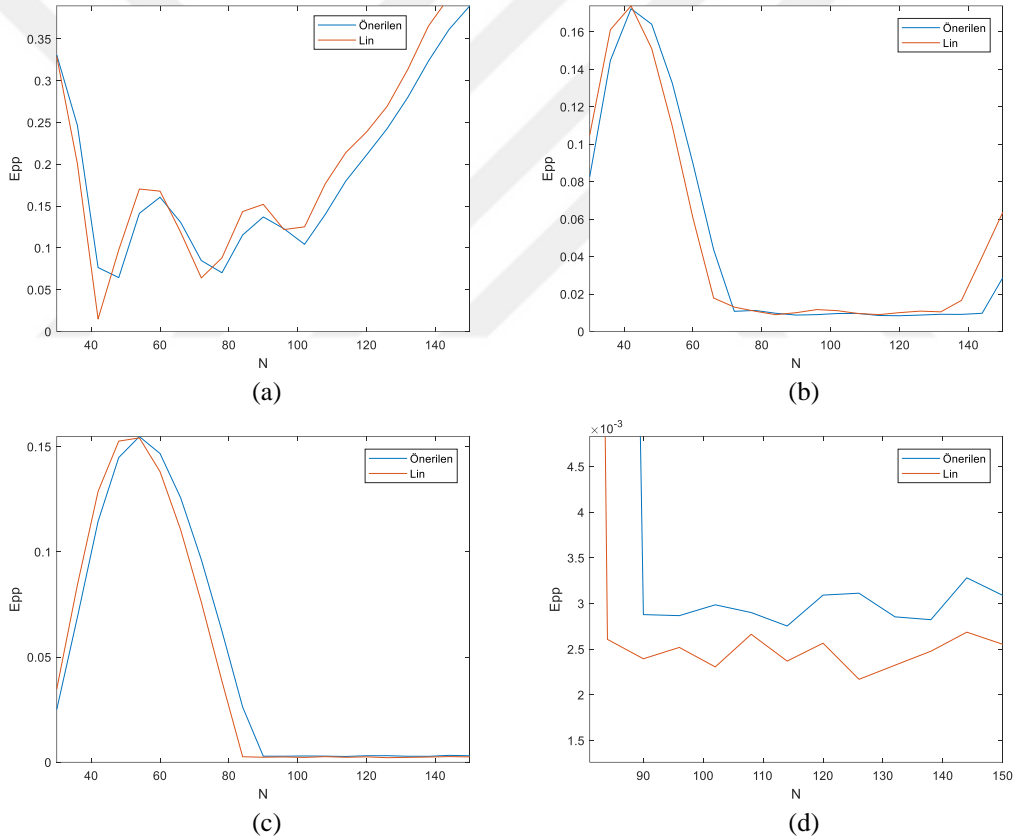


Şekil 4.15. Farklı süzgeç uzunluklarında a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması.

4.3.3 8-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları

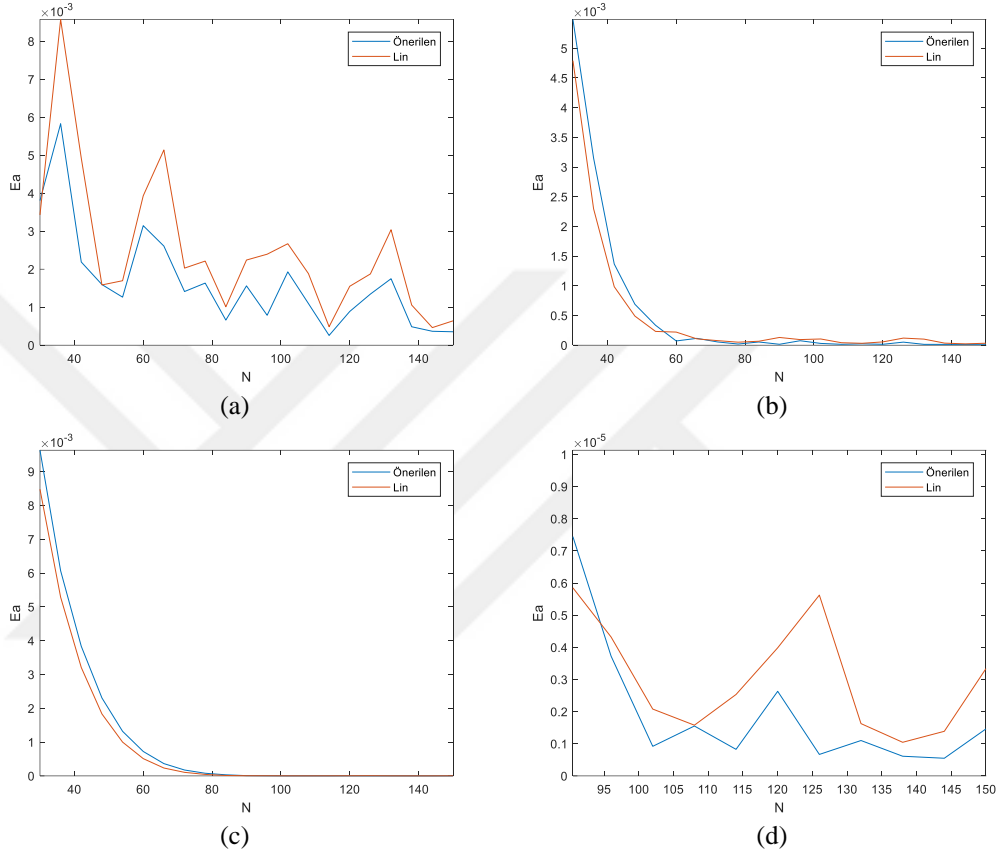
Bu kısımda önerilen yöntem ile Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı süzgeç uzunlukları ve minimum durdurma bandı zayıflatması için kıyaslaması yapılmıştır.

Şekil 4.16'da $N = 31$ ve 151 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen Epp değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük Epp değerini yer yer önerilen yer yer ise Lin yöntemi sunmaktadır. $A_s = 90$ dB için $N > 85$ uzunluklarında Lin yöntemi daha iyi sonuçlar sunmaktadır.



Şekil 4.16. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

Şekil 4.17’de $N = 31$ ve 151 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen E_a değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük E_a değerini genelde önerilen yöntem sunmaktadır. Tasarım için uygun küçük E_a değerlerinde $A_s = 90$ dB için $N > 95$ uzunluklarında önerilen yöntem daha iyi sonuçlar sunmaktadır.

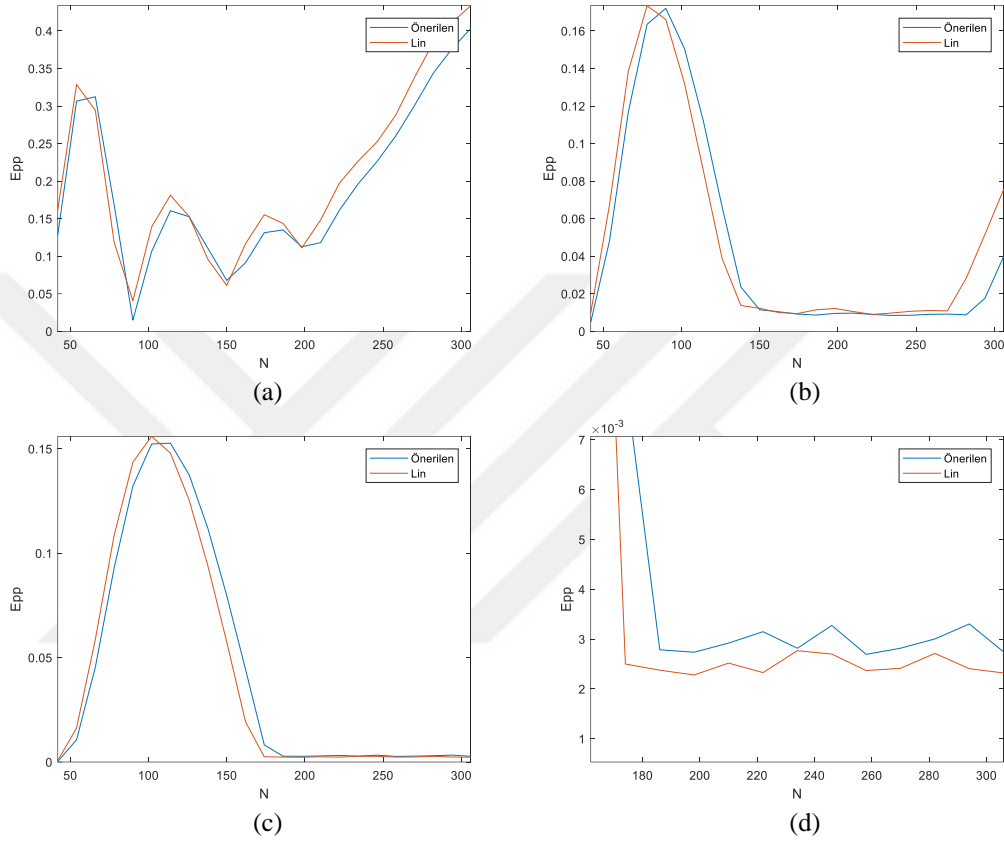


Şekil 4.17. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 8-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

4.3.4 16-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları

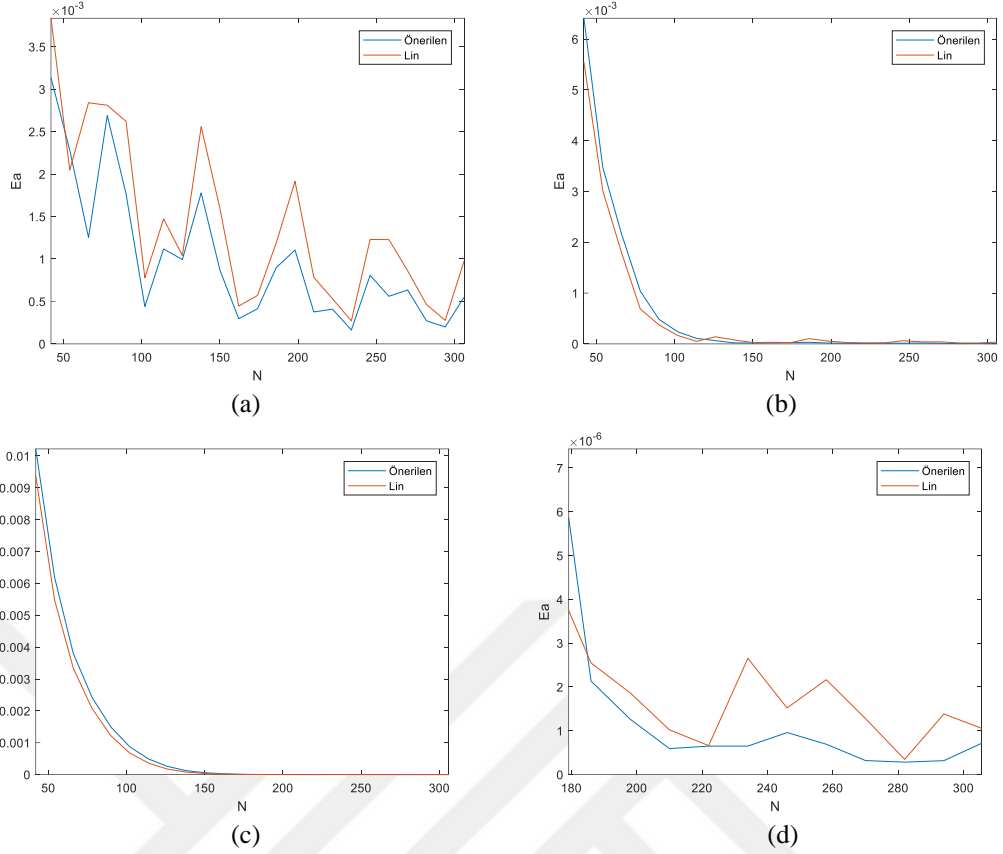
Bu kısımda önerilen yöntem ile Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı süzgeç uzunlukları ve minimum durdurma bandı zayıflatması için kıyaslaması yapılmıştır.

Şekil 4.18’de $N = 41$ ve 307 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen Epp değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük Epp değerini yer yer önerilen yer yer ise Lin yöntemi sunmaktadır. $A_s = 90$ dB için $N > 175$ uzunluklarında Lin yöntemi daha iyi sonuçlar sunmaktadır.



Şekil 4.18. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

Şekil 4.19’da $N = 41$ ve 307 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen E_a değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük E_a değerini genelde önerilen yöntem sunmaktadır. Tasarım için uygun küçük E_a değerlerinde $A_s = 90$ dB için $N > 185$ uzunluklarında önerilen yöntem daha iyi sonuçlar sunmaktadır.

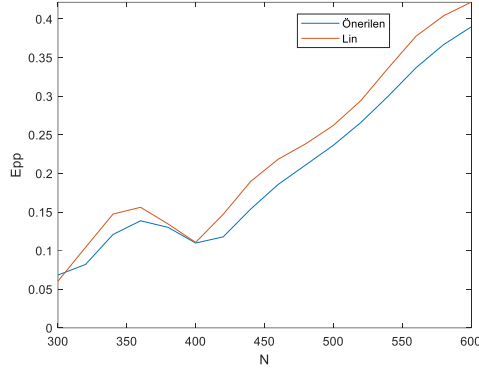


Şekil 4.19. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 16-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

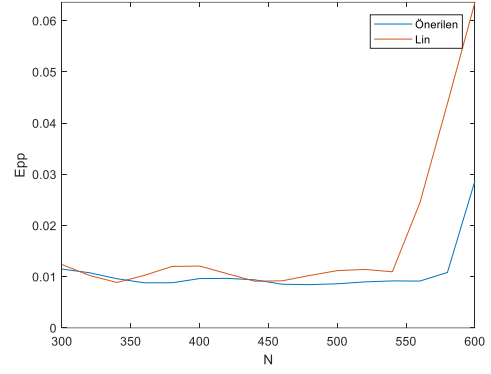
4.3.5 32-Kanallı Süzgeç Öbekleri için Karşılaştırma Sonuçları

Bu kısımda önerilen yöntem ile Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinin farklı süzgeç uzunlukları ve minimum durdurma bandı zayıflatması için kıyaslaması yapılmıştır.

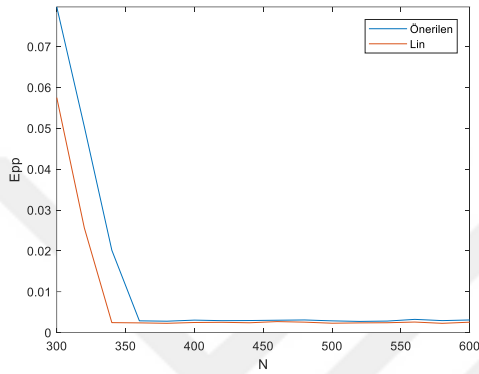
Şekil 4.20’de $N = 301$ ve 601 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen E_{pp} değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük E_{pp} değerini yer yer önerilen yer yer ise Lin yöntemi sunmaktadır. $A_s = 90$ dB için $N > 341$ uzunluklarında Lin yöntemi daha iyi sonuçlar sunmaktadır.



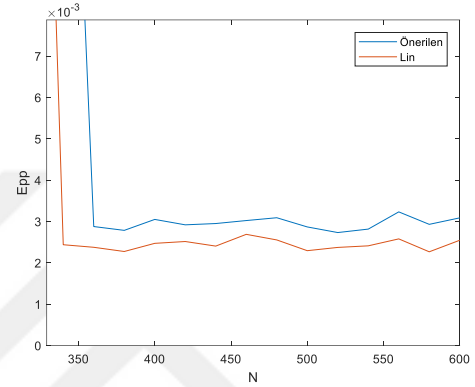
(a)



(b)



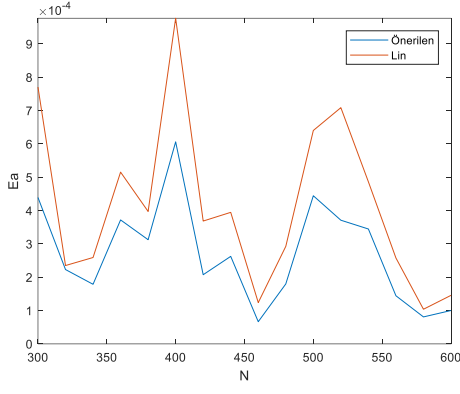
(c)



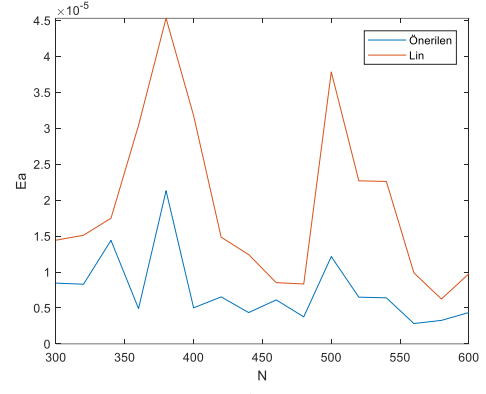
(d)

Şekil 4.20. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde genlik hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

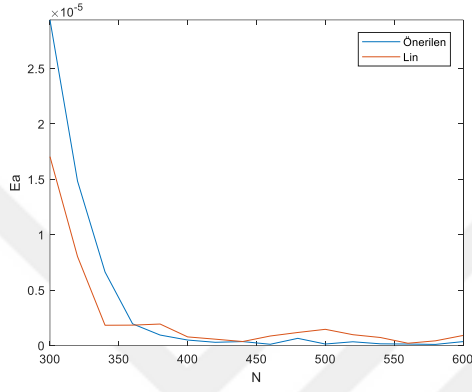
Şekil 4.21’de $N = 301$ ve 601 arası süzgeç uzunluklarında $A_s = 30, 60$ ve 90 dB için elde edilen E_a değerleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir. Bu şekillerde görüleceği üzere en düşük E_a değerini genelde önerilen yöntem sunmaktadır. Tasarım için uygun küçük E_a değerlerinde $A_s = 90$ dB için $N > 371$ uzunluklarında önerilen yöntem daha iyi sonuçlar sunmaktadır.



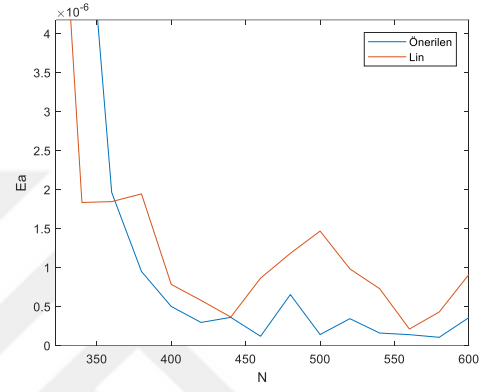
(a)



(b)



(c)

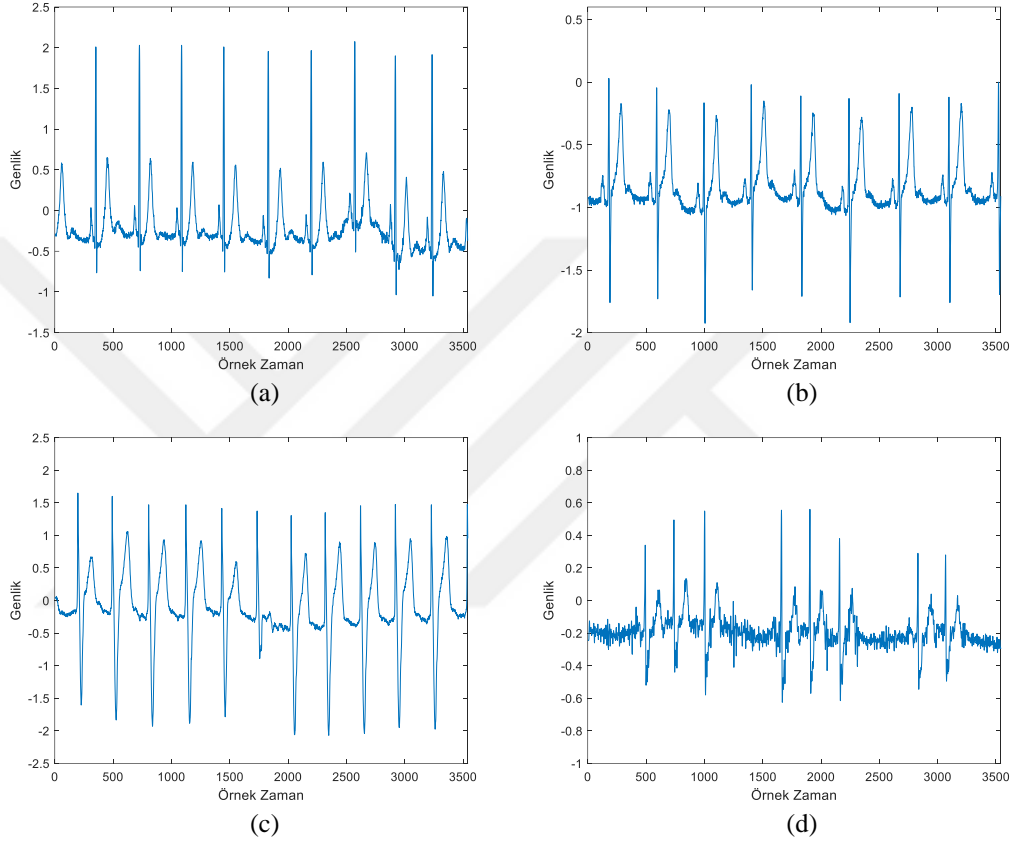


(d)

Şekil 4.21. Farklı süzgeç uzunluklarında sırasıyla a) $A_s = 30$ dB, b) $A_s = 60$ dB, c) $A_s = 90$ dB için önerilen yöntem ve Lin yöntemi ile tasarlanan 32-kanallı süzgeç öbeklerinde örtüşme hatası kıyaslaması d) $A_s = 90$ dB için büyütülmüş grafik.

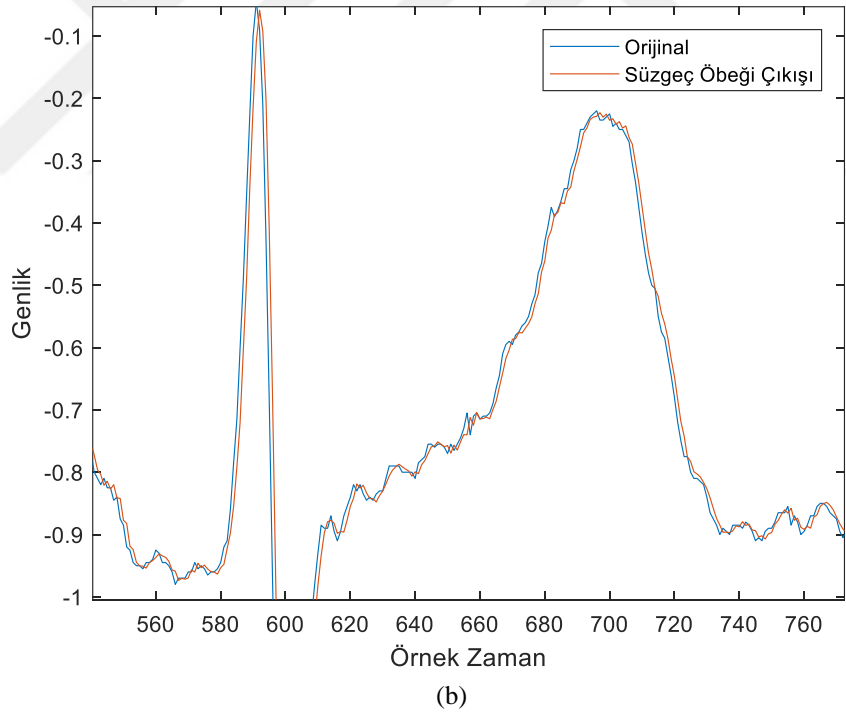
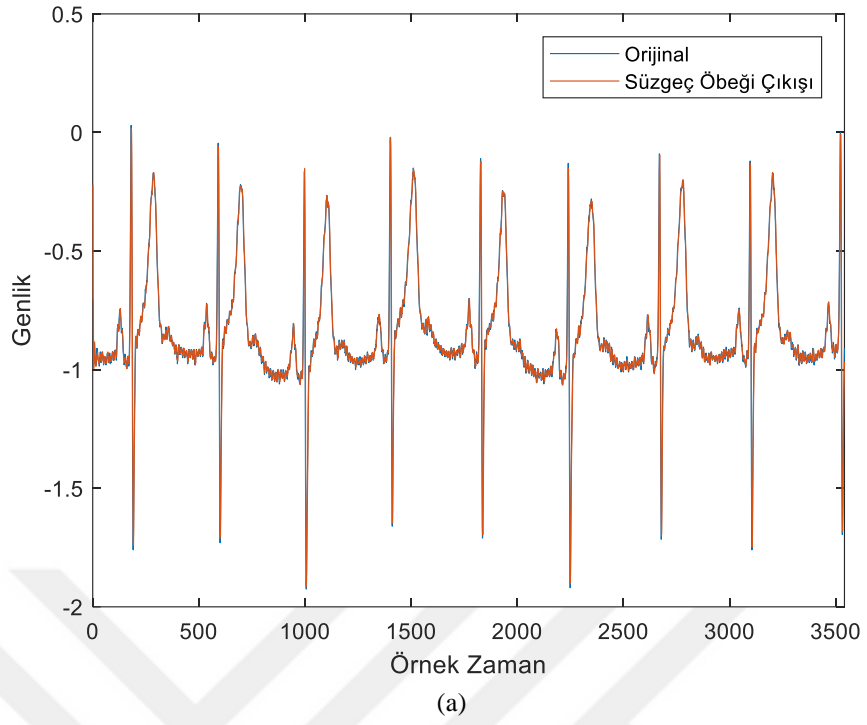
4.4 EKG Altbant İşleme için Süzgeç Öbekleri Uygulaması

Bu kısımda, farklı N ve A_s değerlerinde önerilen yöntemle ve Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeklerinin EKG sinyalleri işleme üzerindeki etkileri incelenecektir. Giriş sinyali olarak kullanılacak olan EKG sinyalleri Şekil 4.22’de verilmiştir.



Şekil 4.22. MIT-BIH Arrhythmia veritabanındaki a) 106, b) 117, c) 217 ve d) 232 kayıt nolu EKG sinyalleri.

Özel örnek olarak 117 kayıt nolu EKG sinyali, $N = 61$ süzgeç uzunluğu ve $A_s = 60$ dB minimum durdurma bandı zayıflatma miktarı için önerilen yöntemle tasarlanmış 2-kanallı kosinüs modüleli süzgeç öbeğine giriş sinyali olarak verilsin. Bu durumda elde edilecek çıkış sinyali ve girişe uygulanan orijinal sinyal Şekil 4.23’te verilmiştir. Görüldüğü gibi sistem sinyal üzerinde bir miktar bozunum yapmıştır.



Şekil 4.23. a) $A_s = 60$ dB ve $N = 61$ için önerilen yöntemle tasarlanan 2-kanallı süzgeç öbeğine uygulanan 117 kayıt nolu EKG giriş sinyali ve elde edilen çıkış sinyali b) Büyütülmüş grafik.

$A_s = 60, 80$ ve 100 dB ve $N = 31, 41, 51, 61, 71$ ve 81 için önerilen yöntemle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.3'te verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD, MSE ve ME değerlerinin ise arttığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.075), MSE (0.234×10^{-9}) ve ME (1.081×10^{-3}) değerleri $A_s = 100$ dB ve $N = 31$ için elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| A_s | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-------------------------|----------|----------------------------------|------------------------------|--------------|------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.130 | 0.280 | 0.082 | 0.280×10^{-9} | 1.085×10^{-3} |
| 60 | 41 | 0.097 | 0.272 | 0.087 | 0.310×10^{-9} | 1.088×10^{-3} |
| 60 | 51 | 0.078 | 0.268 | 0.090 | 0.331×10^{-9} | 1.089×10^{-3} |
| 60 | 61 | 0.065 | 0.265 | 0.091 | 0.342×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 60 | 71 | 0.056 | 0.262 | 0.093 | 0.352×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 60 | 81 | 0.049 | 0.261 | 0.094 | 0.360×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 80 | 31 | 0.179 | 0.284 | 0.079 | 0.255×10^{-9} | 1.083×10^{-3} |
| 80 | 41 | 0.134 | 0.276 | 0.084 | 0.291×10^{-9} | 1.086×10^{-3} |
| 80 | 51 | 0.107 | 0.271 | 0.088 | 0.315×10^{-9} | 1.088×10^{-3} |
| 80 | 61 | 0.089 | 0.268 | 0.090 | 0.330×10^{-9} | 1.089×10^{-3} |
| 80 | 71 | 0.077 | 0.265 | 0.091 | 0.342×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 80 | 81 | 0.067 | 0.263 | 0.092 | 0.350×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 100 | 31 | 0.227 | 0.289 | 0.075 | 0.234×10^{-9} | 1.081×10^{-3} |
| 100 | 41 | 0.170 | 0.279 | 0.082 | 0.276×10^{-9} | 1.085×10^{-3} |
| 100 | 51 | 0.136 | 0.274 | 0.086 | 0.302×10^{-9} | 1.087×10^{-3} |
| 100 | 61 | 0.114 | 0.269 | 0.089 | 0.322×10^{-9} | 1.089×10^{-3} |
| 100 | 71 | 0.097 | 0.267 | 0.090 | 0.334×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 100 | 81 | 0.085 | 0.265 | 0.091 | 0.343×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |

$A_s = 60, 80$ ve 100 dB ve $N = 31, 41, 51, 61, 71$ ve 81 için Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.4'te verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD, MSE ve ME değerlerinin ise arttığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.077), MSE (0.242×10^{-9}) ve ME (1.082×10^{-3}) değerleri $A_s = 100$ dB ve $N = 31$ için elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.3'teki değerlerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin daha az hata verdiği sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 4.4. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 106 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| A_s | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-------|-----|----------------|------------|-------|------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.121 | 0.278 | 0.084 | 0.289×10^{-9} | 1.086×10^{-3} |
| 60 | 41 | 0.091 | 0.271 | 0.088 | 0.314×10^{-9} | 1.088×10^{-3} |
| 60 | 51 | 0.072 | 0.267 | 0.090 | 0.334×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 60 | 61 | 0.060 | 0.264 | 0.092 | 0.346×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 60 | 71 | 0.052 | 0.261 | 0.093 | 0.355×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 60 | 81 | 0.045 | 0.261 | 0.094 | 0.360×10^{-9} | 1.092×10^{-3} |
| 80 | 31 | 0.167 | 0.282 | 0.080 | 0.264×10^{-9} | 1.084×10^{-3} |
| 80 | 41 | 0.125 | 0.275 | 0.085 | 0.298×10^{-9} | 1.087×10^{-3} |
| 80 | 51 | 0.100 | 0.269 | 0.089 | 0.322×10^{-9} | 1.089×10^{-3} |
| 80 | 61 | 0.084 | 0.267 | 0.090 | 0.334×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 80 | 71 | 0.072 | 0.264 | 0.092 | 0.345×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 80 | 81 | 0.063 | 0.262 | 0.093 | 0.353×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |
| 100 | 31 | 0.214 | 0.287 | 0.077 | 0.242×10^{-9} | 1.082×10^{-3} |
| 100 | 41 | 0.160 | 0.278 | 0.083 | 0.282×10^{-9} | 1.086×10^{-3} |
| 100 | 51 | 0.128 | 0.272 | 0.087 | 0.310×10^{-9} | 1.088×10^{-3} |
| 100 | 61 | 0.107 | 0.268 | 0.089 | 0.326×10^{-9} | 1.089×10^{-3} |
| 100 | 71 | 0.092 | 0.266 | 0.091 | 0.338×10^{-9} | 1.090×10^{-3} |
| 100 | 81 | 0.080 | 0.264 | 0.092 | 0.346×10^{-9} | 1.091×10^{-3} |

As = 60, 80 ve 100 dB ve N = 31, 41, 51, 61, 71 ve 81 için önerilen yöntemle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.5'te verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD, MSE ve ME değerlerinin ise yer yer değişmekle birlikte genelde arttığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.0099), MSE (0.749×10^{-10}) ve ME (2.306×10^{-4}) değerleri As = 60 dB ve N = 31 için elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| As | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-----|----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.130 | 0.280 | 0.099×10^{-1} | 0.749×10^{-10} | 2.306×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.097 | 0.272 | 0.100×10^{-1} | 0.768×10^{-10} | 2.310×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.078 | 0.268 | 0.101×10^{-1} | 0.781×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.065 | 0.265 | 0.101×10^{-1} | 0.787×10^{-10} | 2.316×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.056 | 0.262 | 0.102×10^{-1} | 0.797×10^{-10} | 2.322×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.049 | 0.261 | 0.102×10^{-1} | 0.804×10^{-10} | 2.328×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.179 | 0.284 | 0.099×10^{-1} | 0.761×10^{-10} | 2.314×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.134 | 0.276 | 0.099×10^{-1} | 0.756×10^{-10} | 2.309×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.107 | 0.271 | 0.100×10^{-1} | 0.768×10^{-10} | 2.313×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.089 | 0.268 | 0.100×10^{-1} | 0.779×10^{-10} | 2.315×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.077 | 0.265 | 0.101×10^{-1} | 0.786×10^{-10} | 2.318×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.067 | 0.263 | 0.101×10^{-1} | 0.792×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.227 | 0.289 | 0.101×10^{-1} | 0.781×10^{-10} | 2.316×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.170 | 0.279 | 0.099×10^{-1} | 0.758×10^{-10} | 2.315×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.136 | 0.274 | 0.099×10^{-1} | 0.762×10^{-10} | 2.312×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.114 | 0.269 | 0.100×10^{-1} | 0.775×10^{-10} | 2.318×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.097 | 0.267 | 0.101×10^{-1} | 0.781×10^{-10} | 2.318×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.085 | 0.265 | 0.101×10^{-1} | 0.785×10^{-10} | 2.317×10^{-4} |

$A_s = 60, 80$ ve 100 dB ve $N = 31, 41, 51, 61, 71$ ve 81 için Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.6'da verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD, MSE ve ME değerlerinin ise yer yer değişmekle birlikte genelde arttığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.0099), MSE (0.755×10^{-10}) ve ME (2.308×10^{-4}) değerleri farklı A_s ve N değerlerinde elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.5'teki değerlerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin daha az hata verdiği sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 4.6. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 117 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| A_s | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-------|-----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.121 | 0.278 | 0.099×10^{-1} | 0.758×10^{-10} | 2.308×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.091 | 0.271 | 0.100×10^{-1} | 0.772×10^{-10} | 2.308×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.072 | 0.267 | 0.101×10^{-1} | 0.781×10^{-10} | 2.315×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.060 | 0.264 | 0.101×10^{-1} | 0.794×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.052 | 0.261 | 0.102×10^{-1} | 0.804×10^{-10} | 2.323×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.045 | 0.261 | 0.102×10^{-1} | 0.803×10^{-10} | 2.321×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.167 | 0.282 | 0.099×10^{-1} | 0.757×10^{-10} | 2.313×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.125 | 0.275 | 0.099×10^{-1} | 0.760×10^{-10} | 2.312×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.100 | 0.269 | 0.100×10^{-1} | 0.775×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.084 | 0.267 | 0.101×10^{-1} | 0.781×10^{-10} | 2.315×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.072 | 0.264 | 0.101×10^{-1} | 0.790×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.063 | 0.262 | 0.102×10^{-1} | 0.795×10^{-10} | 2.321×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.214 | 0.287 | 0.100×10^{-1} | 0.771×10^{-10} | 2.315×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.160 | 0.278 | 0.099×10^{-1} | 0.755×10^{-10} | 2.311×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.128 | 0.272 | 0.100×10^{-1} | 0.768×10^{-10} | 2.318×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.107 | 0.268 | 0.100×10^{-1} | 0.777×10^{-10} | 2.318×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.092 | 0.266 | 0.101×10^{-1} | 0.784×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.080 | 0.264 | 0.101×10^{-1} | 0.789×10^{-10} | 2.319×10^{-4} |

As = 60, 80 ve 100 dB ve N = 31, 41, 51, 61, 71 ve 81 için önerilen yöntemle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.7’de verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD ve MSE değerlerinin genelde arttığı, ME değerinin ise genelde azaldığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.0407), MSE (5.928×10^{-10}) ve ME (2.157×10^{-4}) değerleri farklı As ve N değerlerinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| As | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-----|----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.130 | 0.280 | 0.411×10^{-1} | 6.055×10^{-10} | 2.216×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.097 | 0.272 | 0.425×10^{-1} | 6.321×10^{-10} | 2.196×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.078 | 0.268 | 0.431×10^{-1} | 6.480×10^{-10} | 2.170×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.065 | 0.265 | 0.433×10^{-1} | 6.551×10^{-10} | 2.159×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.056 | 0.262 | 0.432×10^{-1} | 6.482×10^{-10} | 2.167×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.049 | 0.261 | 0.434×10^{-1} | 6.561×10^{-10} | 2.162×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.179 | 0.284 | 0.409×10^{-1} | 6.004×10^{-10} | 2.276×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.134 | 0.276 | 0.419×10^{-1} | 6.158×10^{-10} | 2.205×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.107 | 0.271 | 0.426×10^{-1} | 6.337×10^{-10} | 2.180×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.089 | 0.268 | 0.430×10^{-1} | 6.450×10^{-10} | 2.169×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.077 | 0.265 | 0.427×10^{-1} | 6.353×10^{-10} | 2.164×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.067 | 0.263 | 0.429×10^{-1} | 6.415×10^{-10} | 2.157×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.227 | 0.289 | 0.407×10^{-1} | 5.928×10^{-10} | 2.320×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.170 | 0.279 | 0.418×10^{-1} | 6.121×10^{-10} | 2.238×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.136 | 0.274 | 0.423×10^{-1} | 6.251×10^{-10} | 2.194×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.114 | 0.269 | 0.428×10^{-1} | 6.410×10^{-10} | 2.187×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.097 | 0.267 | 0.425×10^{-1} | 6.290×10^{-10} | 2.173×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.085 | 0.265 | 0.426×10^{-1} | 6.337×10^{-10} | 2.160×10^{-4} |

$A_s = 60, 80$ ve 100 dB ve $N = 31, 41, 51, 61, 71$ ve 81 için Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.8’de verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD ve MSE değerlerinin genelde arttığı, ME değerinin ise genelde azaldığı görülmektedir. En düşük PRD (% 0.0408), MSE (5.950×10^{-10}) ve ME (2.145×10^{-4}) değerleri farklı A_s ve N değerlerinde elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.7’deki değerlerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin ME için hariç daha az hata verdiği sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 4.8. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 217 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| A_s | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-------|-----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.121 | 0.278 | 0.413×10^{-1} | 6.104×10^{-10} | 2.198×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.091 | 0.271 | 0.425×10^{-1} | 6.327×10^{-10} | 2.189×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.072 | 0.267 | 0.431×10^{-1} | 6.503×10^{-10} | 2.165×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.060 | 0.264 | 0.434×10^{-1} | 6.588×10^{-10} | 2.147×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.052 | 0.261 | 0.433×10^{-1} | 6.528×10^{-10} | 2.176×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.045 | 0.261 | 0.433×10^{-1} | 6.536×10^{-10} | 2.145×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.167 | 0.282 | 0.410×10^{-1} | 6.033×10^{-10} | 2.259×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.125 | 0.275 | 0.422×10^{-1} | 6.229×10^{-10} | 2.205×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.100 | 0.269 | 0.429×10^{-1} | 6.429×10^{-10} | 2.187×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.084 | 0.267 | 0.431×10^{-1} | 6.479×10^{-10} | 2.164×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.072 | 0.264 | 0.429×10^{-1} | 6.392×10^{-10} | 2.165×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.063 | 0.262 | 0.430×10^{-1} | 6.460×10^{-10} | 2.158×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.214 | 0.287 | 0.408×10^{-1} | 5.950×10^{-10} | 2.301×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.160 | 0.278 | 0.418×10^{-1} | 6.116×10^{-10} | 2.220×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.128 | 0.272 | 0.426×10^{-1} | 6.342×10^{-10} | 2.201×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.107 | 0.268 | 0.429×10^{-1} | 6.438×10^{-10} | 2.182×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.092 | 0.266 | 0.427×10^{-1} | 6.328×10^{-10} | 2.173×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.080 | 0.264 | 0.428×10^{-1} | 6.381×10^{-10} | 2.162×10^{-4} |

As = 60, 80 ve 100 dB ve N = 31, 41, 51, 61, 71 ve 81 için önerilen yöntemle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.9’da verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD ve MSE değerlerinin genelde arttığı, ME değerinin ise genelde azaldığı görülmektedir. En düşük PRD (0.392×10^{-1}), MSE (0.787×10^{-10}) ve ME (0.617×10^{-4}) değerleri farklı As ve N değerlerinde elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. 2-kanallı önerilen yöntemle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| As | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-----|----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.130 | 0.280 | 0.394×10^{-1} | 0.796×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.097 | 0.272 | 0.394×10^{-1} | 0.793×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.078 | 0.268 | 0.396×10^{-1} | 0.800×10^{-10} | 0.620×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.065 | 0.265 | 0.398×10^{-1} | 0.808×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.056 | 0.262 | 0.404×10^{-1} | 0.832×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.049 | 0.261 | 0.408×10^{-1} | 0.849×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.179 | 0.284 | 0.406×10^{-1} | 0.844×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.134 | 0.276 | 0.392×10^{-1} | 0.788×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.107 | 0.271 | 0.392×10^{-1} | 0.787×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.089 | 0.268 | 0.395×10^{-1} | 0.797×10^{-10} | 0.619×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.077 | 0.265 | 0.399×10^{-1} | 0.812×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.067 | 0.263 | 0.402×10^{-1} | 0.823×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.227 | 0.289 | 0.416×10^{-1} | 0.884×10^{-10} | 0.620×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.170 | 0.279 | 0.398×10^{-1} | 0.810×10^{-10} | 0.623×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.136 | 0.274 | 0.392×10^{-1} | 0.786×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.114 | 0.269 | 0.396×10^{-1} | 0.799×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.097 | 0.267 | 0.398×10^{-1} | 0.806×10^{-10} | 0.620×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.085 | 0.265 | 0.399×10^{-1} | 0.811×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |

$A_s = 60, 80$ ve 100 dB ve $N = 31, 41, 51, 61, 71$ ve 81 için Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan iki kanallı süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi, Çizelge 4.10'da verilmiştir. Sabit bir minimum durdurma bandı zayıflatmasında süzgeç uzunluğu arttığında normalize geçiş bant genişliğinin ve kesim frekansının azaldığı, bununla birlikte PRD ve MSE değerlerinin genelde arttığı, ME değerinin ise genelde azaldığı görülmektedir. En düşük PRD ($\% 0.392 \times 10^{-1}$), MSE (0.786×10^{-10}) ve ME (0.616×10^{-4}) değerleri farklı A_s ve N değerlerinde elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.9'daki değerlerle kıyaslandığında, önerilen yöntemin aynı A_s ve N değerleri için genel anlamda daha iyi sonuçlar verdiği, fakat en küçük hata değerlerinde Lin yönteminin MSE ve ME için çok az bir farkla daha iyi sonuç verdiği sonucu çıkmaktadır.

Çizelge 4.10. 2-kanallı Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanan süzgeç öbeklerinin 232 kayıt nolu EKG sinyali üzerindeki etkisi.

| A_s | N | $\Delta\omega$ | ω_c | PRD % | MSE | ME |
|-------|-----|----------------|------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| 60 | 31 | 0.121 | 0.278 | 0.393×10^{-1} | 0.791×10^{-10} | 0.623×10^{-4} |
| 60 | 41 | 0.091 | 0.271 | 0.392×10^{-1} | 0.786×10^{-10} | 0.619×10^{-4} |
| 60 | 51 | 0.072 | 0.267 | 0.396×10^{-1} | 0.801×10^{-10} | 0.619×10^{-4} |
| 60 | 61 | 0.060 | 0.264 | 0.399×10^{-1} | 0.813×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |
| 60 | 71 | 0.052 | 0.261 | 0.406×10^{-1} | 0.840×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |
| 60 | 81 | 0.045 | 0.261 | 0.407×10^{-1} | 0.842×10^{-10} | 0.616×10^{-4} |
| 80 | 31 | 0.167 | 0.282 | 0.402×10^{-1} | 0.828×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 80 | 41 | 0.125 | 0.275 | 0.393×10^{-1} | 0.792×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 80 | 51 | 0.100 | 0.269 | 0.396×10^{-1} | 0.800×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 80 | 61 | 0.084 | 0.267 | 0.396×10^{-1} | 0.799×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |
| 80 | 71 | 0.072 | 0.264 | 0.401×10^{-1} | 0.818×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |
| 80 | 81 | 0.063 | 0.262 | 0.404×10^{-1} | 0.830×10^{-10} | 0.617×10^{-4} |
| 100 | 31 | 0.214 | 0.287 | 0.411×10^{-1} | 0.865×10^{-10} | 0.620×10^{-4} |
| 100 | 41 | 0.160 | 0.278 | 0.394×10^{-1} | 0.796×10^{-10} | 0.622×10^{-4} |
| 100 | 51 | 0.128 | 0.272 | 0.395×10^{-1} | 0.798×10^{-10} | 0.623×10^{-4} |
| 100 | 61 | 0.107 | 0.268 | 0.396×10^{-1} | 0.800×10^{-10} | 0.621×10^{-4} |
| 100 | 71 | 0.092 | 0.266 | 0.399×10^{-1} | 0.811×10^{-10} | 0.620×10^{-4} |
| 100 | 81 | 0.080 | 0.264 | 0.401×10^{-1} | 0.818×10^{-10} | 0.618×10^{-4} |

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, mükemmel yeniden yapılandırmaya yakın M-kanallı kosinüs modüleli süzgeç öbeklerinin tasarımı için üstel penceresine dayalı yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu tür yöntemler sonucu tasarlanan süzgeç öbeklerinde kaçınılmaz olarak oluşacak genlik ve örtüşme hatalarını minimize etmek için, kesim frekansını optimize eden hızlı ve basit bir amaç fonksiyonu kullanılmıştır.

Önerilen yöntem kullanarak farklı kanal sayılarında farklı süzgeç uzunlukları ve minimum durdurma bandı zayıflatma miktarlarında tasarlanan süzgeç öbeklerinin örtüşme ve genlik hataları açısından analiz sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, daha az genlik ve örtüşme hataları için kanal sayısı arttığında daha yüksek süzgeç uzunluğunun ve daha yüksek minimum bant durdurma zayıflatmasının kullanılması gerektiğini göstermiştir.

Tasarım örneği olarak, ses kodlayıcılarında kullanılan süzgeç öbeğine yakın 32 kanallı ve 100 dB durdurma bandı zayıflatmasına sahip bir kosinüs modüleli süzgeç öbeği tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Ayrıca, yöntemin performansını kıyaslamalı olarak test etmek için, önerilen yöntemle tasarlanmış süzgeç öbeği, Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle tasarlanmış süzgeç öbeğiyle kıyaslanmıştır. Benzetim sonuçları, önerilen yöntemle oluşturulan süzgeç öbeğinin genlik ve örtüşme hataları cinsinden daha iyi tasarım performansına sahip olduğunu göstermiştir.

Bununla birlikte önerilen yöntem Kaiser penceresi tabanlı Lin yöntemiyle genlik ve örtüşme hataları cinsinden farklı farklı kanal sayıları, minimum durdurma bandı zayıflatmaları ve süzgeç uzunluklarında kıyaslanmış ve her iki yöntem farklı EKG sinyallerine uygulanarak alt-bant işlemedeki performansları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin daha iyi sonuçlar sağlayabileceğini göstermiştir.

Sonuç olarak, önerilen tasarım yöntemi haberleşme, biyomedikal ve imge işleme sistemlerinde kullanılan süzgeç öbeklerinin tasarımlarında Kaiser penceresi tabanlı Lin yönteminin yerine kullanılabilir.

Konuyla ilgili olarak ileride yapılabilir çalışmlar için Őu öneriler yapılmaktadır:

- Farklı pencere fonksiyonu tabanlı bir süzgeç öbeği tasarım yöntemi
- Farklı optimizasyon algoritmaları kullanan üstel pencere tabanlı süzgeç öbeği tasarım yöntemi
- Üstel penceresi tabanlı tekdüze olmayan süzgeç öbekleri tasarımı



6. KAYNAKLAR

- Absar MJ ve George S (2001) “On the Search for Compatible Numbers in the Design of Maximally Decimated Perfect Reconstruction Non-Uniform Filter Bank”, 2001 IEEE Workshop on Signal Processing Systems, 26-28 September 2001, Antwerp, Belgium.
- Akkarakaran S ve Vaidyanathan PP (1999) “New Results and Open Problems on Nonuniform Filter-Banks”, IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 16-19 March 1999, Phoenix, AZ, USA.
- Anurag S ve Kumar A (2012) “Non-Uniform Filter Bank Design Using Modified Window Functions”, 2nd National Conference on Computational Intelligence and Signal Processing, 2-3 March 2012, Assam, India.
- Avci K ve Nacaroglu A (2009) “Cosh Window Family and its Application to FIR Filter Design”, Int. Journal of Electronics and Communications (AEÜ), 63(11):907-916.
- Avci K ve Nacaroglu A (2013) “Design of Nonrecursive Digital Filters Using the Exponential Window”, Int. J. of Advanced Electrical & Electronics Engineering, 2(2):308-316.
- Avci K ve Nacaroglu A (2013) “Exponential Window Family”, Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ), 4:1-12.
- Avci K, Ece S ve Yıldız B (2015) “Sayısal Sinyal İşleme Destekli Bilgisayar Teknolojisi Yardımıyla Başlangıç Keman Eğitimindeki Öğrencilerin Doğru Ses Üretimi Konusundaki Performanslarının İncelenmesi”, 6. Uluslararası Hisarlı Ahmet Sempozyumu, 28-30 Mayıs 2015, Kütahya, Türkiye.
- Avci K ve Gümüşsoy E (2016) “Üstel Penceresi Tabanlı M-Kanallı Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeklerinin Tasarımı”, 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU 2016), 16-19 Mayıs 2016, Zonguldak, Türkiye.
- Bregovic R ve Saramaki T (2003) “A General-Purpose Optimization Approach for Designing Two-Channel FIR Filterbanks”, IEEE Transactions on Signal Processing, 51(7):1783-1791.
- Bergen SWA ve Antoniou A (2007) “An Efficient Closed-Form Design Method for Cosine Modulated Filter Banks Using Window Functions”, Signal Process, 87 (5):811–823.
- Chen CK ve Lee JH (1992) “Design of Quadrature Mirror Filters with Linear Phase in Frequency Domain”, IEEE Trans Circuits System, 39: 593–605.
- Chu PL (1985) “Quadrature Mirror Filter Design for an Arbitrary Number of Equal Bandwidth Channels”, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, ASSP-33(1):203-218.

- Creusere CD ve Mitra SK (1995) "A Simple Method for Designing High-Quality Prototype Filters for M-Band Pseudo QMF Banks", IEEE Trans. Signal Process. 43(4):1005-1007.
- Cruz-Roldan F, Martin P, Saez-Landete J, Blanco-Velasco M ve Saramaki T (2009) "A Fast Windowing-Based Technique Exploiting Spline Functions for Designing Modulated Filter Banks", IEEE Trans. Circuits Syst. I. Regul. Pap., 56(1):168-178.
- Datar A, Jain A ve Sharma PC (2009) "Performance of Blackman Window Family in M Channel Cosine Modulated Filter Bank for ECG Signals", International Multimedia, Signal Processing and Communication Technologies, 14-16 March 2009, Aligarh, India.
- Datar A, Jain A, Sharma PC (2010) "Design of Kaiser Window Based Optimized Prototype Filter for Cosine Modulated Filter Banks", Signal Process., 90(5):1742-1749.
- Datar A, Jain A ve Sharma PC (2013) "Design and Performance Analysis of Adjustable Window Functions Based Cosine Modulated Filter Banks", Digital Signal Processing, 23:412-417.
- Esteban D ve Galand C (1977) "Application of Quadrature Mirror Filters to Split Band Voice Coding Schemes", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, Hartford, CT, USA.
- Goh CK ve Lim YC (1998) "Novel Approach for the Design of Two Channel Perfect Reconstruction Linear Phase FIR Filter Banks", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, 45(8):1141-1146.
- Heller PN, Karp T ve Nguyen TQ (1999) "A General Formulation of Modulated Filter Banks", IEEE Transactions on Signal Processing, 47(4):986-1002.
- Ho CYF, Bingo WKL, Yan-Qun L, Tam PKS ve Kok LT (2005) "Optimal Design of Nonuniform FIR Transmultiplexer Using Semi-infinite Programming", IEEE Transactions on Signal Processing, 53(7):2598- 2603.
- Ho CYF, Bingo WKL, Yan-Qun L, Tam PKS ve Kok LT (2006) "Efficient Algorithm for Solving Semi-Infinite Programming Problems and Their Applications to Nonuniform Filter Bank Designs", IEEE Transactions on Signal Processing, 54(11):4223-4232.
- Hoang PQ ve Vaidyanathan PP (1989) "Non-Uniform Multirate Filter Banks: Theory and Design", IEEE International Symposium on Circuits and Systems, 8-11 May 1989, Portland, OR, USA.
- Jain VK ve Crochiere RE (1984) "Quadrature Mirror Filter in Time Domain", IEEE Transactions on Acoustics Speech Signal Processing, 32:353-361.

- Jain A, Saxena R ve Saxena SC (2005) "A Simple Alias Free QMF System with Near Perfect Reconstruction", J. Indian Institute of Science, 85:1-10.
- Jain A, Saxena R ve Saxena SC (2006) "An Improved and Simplified Design of Cosine Modulated Pseudo-QMF Filterbanks", Digital Signal Process, 16(3):225-232.
- Jalaleddine SMS, Hutchens CG, Strattan RD ve Coberly WA (1990) "ECG Data Compression Techniques - a Unified Approach", IEEE Trans. Biomed. Eng., 37(4):329-343.
- Johnston JD (1980) "A Filter Family Design for Use in Quadrature Mirror Filter Banks", IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, 9-11 April 1980, Denver, Colorado, USA.
- Kaiser JF (1974) "Nonrecursive Digital Filter Design Using I_0 -sinh Window Function", Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS'74), 20-23.
- Kamışlıoğlu B (2014) Yeni eyrek Ayna Süzgeç Bankası Tasarımı ve Uygulamaları, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Kamışlıoğlu B ve Karaboga N (2014) "Pencereleme Yöntemleriyle FIR QMF Bankası Tasarımı", IEEE 22. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 23-25 Nisan 2014, Trabzon, Türkiye.
- Kamışlıoğlu B ve Karaboga N (2014) "QMF Bank Design with Kaiser-Hamming Window Functions", International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 23-25 June 2014, Alberobello, Italy.
- Karaağaç ME (2007) Çoklu Hızlı İşaret İşleme Yöntemleriyle İşaretlerin Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karaboğa N ve Kamışlıoğlu B (2015) "eyrek Ayna Süzgeç Bankası Tasarımı için Yeni Bir Yöntem", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(2):297-307.
- Kohli M ve Mehra R (2014) "Design and Simulation of Two Channel QMF Filter Bank using Equiripple Technique", IOSR Journal of VLSI and Signal Processing (IOSR-JVSP), 23-28.
- Kok C, Siu W ve Law Y (2008) "Peak Constrained Least-Squares QMF Banks", Signal Processing, 88:2363-2371.
- Kumar A, Singh GK ve Anand RS (2010) "An Improved Method for Designing Quadrature Mirror Filter Banks Via Unconstrained Optimization", Springer Science, 9:99-111.
- Kumar A (2011) "A Comparative Study of Performance of Blackman Window Family for Designing Cosine-Modulated Filter Bank", International Conference on Circuits, System and Simulation, 28-29 May 2011, Singapore.

- Kumar A, Singh GK ve Anand RS (2011) “An Improved Closed Form Design Method for the Cosine Modulated Filter Banks Using Windowing Technique”, *Applied Soft Computing*, 11:3209-3217.
- Kumar A, Singh GK ve Kuldeep B (2011) “An Improved and Simplified Approach for Designing Cosine Modulated Filter Bank Using Window Technique”, *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 10(3):213-226.
- Kumar A, Rafi SM ve Singh GK (2012) “A Hybrid Method for Designing Linear-Phase Quadrature Mirror Filter Bank”, *Digital Signal Processing*, 22:453-462.
- Kumar A, Verma M ve Lamba VK (2012) “Analysis of Modified Cosh Window Function and Performance Evaluation of the FIR Filter Designed Using Windowing Techniques”, *International Journal of Computers and Technology*, 3(2):324-328.
- Kumar A ve Kuldeep B (2012) “Design of M-Channel Cosine Modulated Filter Bank Using Modified Exponential Window”, *Journal of the Franklin Institute*, 349:1304–1315.
- Kumar A, Singh GK ve Anurag S (2013) “An Optimized Cosine-Modulated Nonuniform Filter Bank Design for Subband Coding of ECG Signal”, *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 27(2):158-169.
- Kurosawa K, Yamamoto I ve Yamada (1994) “A Simple Design Method of Perfect Reconstruction QMF Banks”, *IEEE Trans. Circuits Syst. II*, 41:243-245.
- Li J, Nguyen TQ, Tantaratana S (1997) “A Simple Design Method for Near-Perfect-Reconstruction Nonuniform Filter Banks”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 45(8):2105-2109.
- Lin YP ve Vaidyanathan PP (1998) “A Kaiser Window Approach for the Design of Prototype Filters of Cosine Modulated Filter Banks”, *IEEE Signal Process. Lett.* 5(6):132-134.
- Lu Wu-Sheng, Xu H ve Antoniou A (1998) “A New Method for the Design of FIR Quadrature Mirror-Image Filter Banks”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing*, 45(7):922- 926.
- Martin P, Cruz-Roldan F ve Saramaki T (2004) “A New Window for the Design of Cosine-Modulated Multirate Systems”, *International Symp. on Circuits and Systems (ISCAS'04)*, 23-26 May 2004, Vancouver, BC, Canada.
- Milic L (2009) *Multirate Filtering for Digital Signal Processing: Matlab Applications*, First Edition, Information Science Reference, New York.
- Mintzer F (1985) “Filters for Distortion-Free Two-Band Multirate Filter Banks”, *IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc.*, 33:626-630.

- Mitra SK (1999) *Digital Signal Processing Laboratory Using MATLAB*, WCB/McGraw-Hill, Burr Ridge, IL.
- Nayebi K, Barnwell TP ve Smith MJT (1992) "Time-Domain Filter Bank Analysis: A New Design Theory", *IEEE Transactions on Signal Processing*, 40(6):1412-1429.
- Nayebi K, Barnwell TP ve Smith MJT (1993) "Nonuniform Filter Banks: A Reconstruction and Design Theory", *IEEE Transactions on Signal Processing*, 41(3):1114-1127.
- Nayebi K ve Barnwell TP (1993) "Reconstruction from Incompatible Nonuniform Band Filter Bank" *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, 3-6 May 1993, Chicago, IL, USA.
- Nguyen TQ ve Vaidyanathan PP (1989) "Two-Channel Perfect Reconstruction FIR QMF Structures Which Yield Linear-Phase Analysis and Synthesis Filters," *IEEE Trans. Acoust., Speech. Sig. Proc.*,37(5):676-690.
- Nguyen TQ ve Vaidyanathan PP (1990) "Structures for M-Channel Perfect-Reconstruction FIR QMF Banks Which Yield Linear-Phase Analysis Filters," *IEEE Trans. Acoust.. Speech, Sig. Proc.*, 38(3):433-446.
- Nguyen TQ (1994) "Near-Perfect-Reconstruction Pseudo-QMF Banks", *IEEE Transactions on Signal Processing*, 42(1):65-76.
- Nussbaumer H (1981) "Pseudo QMF Filter Bank", *IBM Tech. DiscL Bull.*, 24:3081-3087.
- Ogale J ve Jain A (2010) "Design of an M-Channel Cosine Modulated Filter Bank by New Cosh Window Based FIR Filters", *World Academy of Science*, 48:12-28.
- Ogale J ve Jain A (2013) "Design of Cosine Modulated Filter Bank using Computationally Efficient Multiplier-less FIR Filters", *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, 2(10):72-77.
- Rafi SM, Kumar A ve Singh GK (2013) "An Improved Particle Swarm Optimization Method for Multirate Filter Bank Design", *Journal of the Franklin Institute*, 350: 757-769.
- Ramakrishna A ve Nigam MJ (2006) "A Simple Method to Design FIR QMF Banks", *Fourth International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing (ICISIP)*, 15-18 December 2006, Bangalore, India.
- Ranjeet K, Kuamr A ve Pandey RK (2012) "ECG Signal Compression Using Optimum Wavelet Filter Bank based on Kaiser Window", *Procedia Engineering*, 38: 2889-2902.

- Rothweiler JH (1983) "Polyphase Quadrature Filters - A New Subband Coding Technique", IEEE International Conference on Acoustics Speech and Signal Processing, 14-16 April 1983, Boston, Massachusetts, USA.
- Saghizadeh P ve Willson AN (1998) "A New Approach to the Design of Critically Sampled M-Channel Uniform-Band Perfect-Reconstruction Linear-Phase FIR Filter Banks", IEEE Transactions on Signal Processing, 46(6):1544-1557.
- Sahu OP, Soni MK ve Talwar IM (2006) "Marquardt Optimization Method to Design Two-Channel Quadrature Mirror Filter Banks", Digital Signal Processing, 16:870-879.
- Shakya S ve Ogale JV (2014) "Design and Analysis of Optimized Octave-Band Filter Bank with Low Complexity", International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 4(7):723-729.
- Singh N ve Saxena R (2011) "Synthesis of QMF Bank Using a New Window Family", International Journal of Signal Processing, 4(4):39-50.
- Singh N ve Saxena R (2012) "Development of New Combinational Window Family with its Application in the Design of Cosine Modulated Filter Bank with Better Performance", International Journal of Electronics Communication and Computer Technology (IJECCCT), 2(4):1-8.
- Smith MJT ve Barnwell TP (1986) "Exact Reconstruction Techniques For Tree-Structured Subband Coders," IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc., 34:434-441.
- Soni RK, Jain A ve Saxena R (2010) "Design of NPR-Type Cosine Modulated Filterbank Using Combinational Window Functions", Int. J. Communications, Network and System Sciences, 3:934-942.
- Soni RK, Jain A ve Saxena R (2013) "An Optimized Design of Nonuniform Filter Bank Using Variable-Combinational Window Function", Int. J. Electron. Commun. (AEÜ), 67:595-601.
- Tongwen C, Li Q, Er-Wei B (1998) "General Multirate Building Structures with Application to Nonuniform Filter Banks", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal Processing, 45(8):948-958.
- Vaidyanathan PP (1987) "Theory And Design of M-Channel Maximally Decimated Quadrature Mirror Filters With Arbitrary M, Having the Perfect Reconstruction Property", IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc., 35(4):476-492.
- Vaidyanathan PP ve Hoang PQ (1988) "Lattice Structures for Optimal Design and Robust Implementation of Two-Channel Perfect Reconstruction QMF Banks", IEEE Trans. Acoust., Speech, Sig. Proc., 36(1):81-93.
- Vaidyanathan PP (1993) Multirate Systems and Filter Banks, Prentice Hall, First Edition, New Jersey.

Xu H, Lu W ve Antoniou A (1996) “Improved Iterative Methods for the Design of Quadrature Mirror-Image Filter Banks”, IEEE Signal Processing Letters, 43: 363-371.

Xu H, Lu WS ve Antoniou A (1998) “An Improved Method for the Design of FIR Quadrature Mirror-Image Filter Banks”, IEEE Signal Processing Letters, 46:1275-1281.

Zhong W, Shi G, Xie X, Chen X (2010) “Design of Linear-Phase Nonuniform Filter Banks With Partial Cosine Modulation”, IEEE Transactions on Signal Processing, 58(6):3390-3395.



7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Eda Gümüşsoy

Doğum Yeri ve Tarihi : Adana 1.10.1989

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : edagsoy@gmail.com

İletişim Adresi : İhsaniye Mh. Gürsoy Sitesi A blok
Merkez/BOLU

Yayın Listesi : Kemal Avcı, Eda Gümüşsoy (2016). “Üstel Penceresi Tabanlı M-Kanallı Kosinüs Modüleli Süzgeç Öbeklerinin Tasarımı”, 24. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU 2016), 845-848, 16-19 Mayıs, Zonguldak, Türkiye, DOI: 10.1109/SIU.2016.7495872