

ÖZET

YENİ BİR METOT İLE SİNYAL ENERJİ HESABI VE BU METOTLA ELDE EDİLEN KONUŞMA SİNYALİ KODLAYICI

Buluş, sinyallerin kodlanması'nda yeni bir metot önerisi sinyallerin
5 kodlanması'nı, kodlanmış sinyaller ile enerji hesabı yapılması'nı ve bu
kodlanmış sinyalin enerji bölgeleri üzerinden konuşma sinyalindeki
konuşma aktivite bölgelerinin belirlenmesini sağlayan sinyal
kodlayıcı ve yöntemi ile ilgilidir. Buluş özellikle, gürültülü giriş
sinyallerinin önerilen metotla kodlanması'nı, kodlanmış sinyallerin
10 enerji bölgelerinin yeni bir metotla hesaplanması'nı, bu sayede yüksek
gürültülü koşullarda dahi bir enerji sinyali ortaya konulması ve
önerilen enerji hesaplaması kullanılarak bir giriş konuşma sinyalinin
konuşma aktivite bölgelerinin (KAB) tespiti işleminde, konuşma olan
ve sessiz bölgelerin ayrımı yapılması'nı sağlayan sinyal kodlayıcı ve
15 yöntemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Buluş, konuşma aktivite bölgelerinin belirlenmesi için kullanılan kodlayıcı olup, özelliği;

- 5 • Düzgün dağılımlı enerji hesabında sadece genlik karelerin toplam değeri kullanarak alınan konuşma sinyalinin (100) analiz pencerelerine bölünmesini sağlayan **pencere bölümleyici (101)**,
- 10 • Başlangıçta seçilen sessiz bölge analiz pencerelerinin başlangıç değerlerinin belirlemesini sağlayan **değer belirleyici (102)**,
- Başlangıçta seçilen sessiz sinyal pencere aralığında enerji ortalama değerlerinin hesaplamasını sağlayan **Enerji ortalama değer hesaplayıcı (103)**,
- 15 • Enerji ortalama değer hesaplayıcı (103), kullandığı denklemler ile alınan konuşma sinyalinin (100) hesaplanmasını başlatılmasını sağlayan **döngü başlatıcı (104)**,
- 20 • Dönüştürülmüş konuşma sinyalleri (100) değerlerinin kareleri toplamı olarak enerji değerlerini hesaplamasını sağlayan **analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105)**,
- Hesaplanan enerji değeri ile başlangıçta belirlenen enerji eşik değerini kıyaslayarak sesli bölge ve sessiz bölgelerin belirlenmesini ve ayrımını yapılımasını sağlayan **eşitlik inceleyici (106)**,
- 25 • Hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin üstündeyse konuşma sinyalinin başlangıç noktasını bulunmasını ve bu noktayı etiketlemesini sağlayan **sesli bölge belirleyici (107)**,
- Hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin altındaysa konuşma sinyalinin bitiş noktasını bulunmasını ve bu noktayı etiketlemesini sağlayan **sessiz bölge belirleyici (108)**,
- 30

- İşaretlemelerden ve hesaplamalardan sonra bu işaretlemeleri bölge çiziciye iletmesini ve hesaplama işleminin devam etmesini sağlayan **döngü devam ettirici (109)**,
- Eşitlik inceleyicinin (106) belirlediği, sesli bölge belirleyici (107) ve sessiz bölge belirleyicinin (108) etiketlediği noktaları kullanarak konuşma aktivite bölgelerinin tespit edilmesini ve belirlenmesini sağlayan **bölge çizici (110)**,

içermesi ile karakterize edilmesidir.

10 **2. Buluş, konuşma aktivite bölgelerinin belirlenmesi için kullanılan kodlayıcıları, konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi olup, özelliği;**

- Konuşma sinyalinin (100) kodlayıcı tarafından alınması,
- Konuşma sinyali pencere bölümleyici (101) tarafından analiz pencerelerine bölünmesi,
- Başlangıç değeri belirleyicinin (102), başlangıç değerleri olan E_{min} , μ ve threshold değerlerini belirlemesi,
- Enerji ortalama değeri hesaplayıcı (103), sessiz sinyal pencere aralığında enerji ortalama değerlerini hesaplaması,
- Döngü başlatıcı (104), analiz pencereleri için döngüyü başlatması,
- Analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105), dönüştürülmüş konuşma sinyalleri (100) değerlerinin kareleri toplamı olarak enerji değerlerini hesaplaması,
- Eşitlik inceleyicinin (106), hesaplanan enerji değeri ile başlangıçta belirlenen enerji eşik değerini karşılaştırarak sesli/sessiz bölgelerin ayrılması yapması,
- Eşitlik inceleyicinin (106) enerji değeri eşik değerinin üstündeyse konuşma başlangıç noktasını belirlemesi,
- Eşitlik inceleyicinin (106) enerji değeri eşik değerinin altındaysa konuşma bitiş noktasını belirlemesi,

- Sesli bölge belirleyicinin (107), hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin üstündeyse konuşma sinyalinin başlangıç noktasının bulması ve etiketlemesi,
- Eşik değeri üzerindeki bölgelerin konuşma aktif bölgeler olarak kaydedilmesi,
- Sessiz bölge belirleyicinin (108), hesaplanan enerji değeri eşik değeri altına geldiğinde, konuşma sinyalinin bitiş noktasının belirlenmesi ve etiketlemesi,
- İşaretlemelerden sonra döngü devam ettiricinin (109) işaretlemeleri bölge çiziciye (110) iletmesi ve döngüyü devam ettirmesi,
- Bölge çizicinin (110), eşitlik inceleyicinin (106) belirlediği, sesli bölge belirleyici (107) ve sessiz bölge belirleyicinin (108) etiketlediği noktalar kullanarak tüm giriş sinyali için konuşma aktivite bölgelerinin tespit etmesi

işlem basamakları içermesi ile karakterize edilmesidir.

3. İstem- 1 veya istem-2'ye uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi olup, özelliği; Analiz penceresi enerji hesaplayıcısının (105), enerji değerlerini hesaplaması işleminde;

- hesaplanan ortalama sinyal gürültü genlik değeri (avgx), sıkıştırma parametresi (μ), analiz penceresi içindeki normalize edilmiş giriş ses sinyali dizisi ($x(n)$) ve ortalama enerji sinyali eşik değeri (E_{min}) belirlenmesi (201),
- b_1 , b_2 ve keşik değerinin belirlenmesi (202),
- a değerinin hesaplanması (203),
- k katsayısının hesaplanması (204),
- k katsayısının keşik değeri ile eşitlik kuyaslamasının yapılması (205),
- Hesaplama sonucu k katsayısı keşik değerinden küçükse k katsayısı keşik değerine eşitlenmesi (206),

- Hesaplama sonucu k katsayısı keşik değerinden büyükse dönüştürülmüş giriş sinyali olan $Fw(x(n))$ hesaplanmasl (207),
- Eşitlemeler ve hesaplamalar sonucunda $EwS(n)$ enerji değerlerinin hesaplaması (208),

işlem basamaklarınl içermesidir.

4. İstem- 2 veya istem-3'e uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; analiz penceresi enerji hesaplayıcın (105), dönüştürülmüş konuşma sinyalleri (100) değerlerinin kareleri toplamı olarak $ews(n)$ enerji değerlerini hesaplaması işlem adımlında; $ews(n)$ değerinin

$$EwS(m) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} Fw(x(n))^2$$

denklemleri kullanılarak analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105) tarafından elde edilmesidir.

5. İstem- 2 veya istem-3'e uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; analiz penceresi enerji hesaplayıcın (105), dönüştürülmüş konuşma sinyalleri (100) değerlerinin kareleri toplamı olarak $ews(n)$ enerji değerlerini hesaplaması işlem adımlında; enerji değerinin

$$Fw(x(n)) = \text{sgn}(x) \cdot \ln(1 + \mu \cdot |x(n)|) / \ln(1 + k \cdot \mu), \quad -1 \leq x(n) \leq 1,$$

denklemleri kullanılarak analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105) ile hesaplanmaktadır.

6. İstem- 2'ye uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; Enerji ortalama değer hesaplayıcın (103), sessiz sinyal pencere aralığında enerji ortalama hesaplaması işlem adımlında; kullanılan enerji ortalama değerlerinin ortalama

sinyal gürültü genlik değeri (Avgx), enerji eşik değeri (Thre) ve Esikdgr olmasındır.

7. İstem- 2 veya istem-3'e uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; ortalama sinyal gürültü genlik değerinin (Avgx)

$$a = \left(\frac{1}{N} \sum_{n=i.N}^{i.N+N-1} |x(n)| - avgx \right),$$

$$avgx = \frac{1}{f.N} \sum_{n=1}^{f.N-1} |x(n)| ,$$

denklemleri kullanılarak enerji ortalama değer hesaplayıcısı (103) ile hesaplanmaktadır.

8. İstem- 2 veya istem-6'ya uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; enerji eşik değerinin (Thre)

$$Thre = \max(E_i), \quad i = 1, \dots, f$$

denklemini kullanılarak enerji ortalama değer hesaplayıcısı (103) ile hesaplanmaktadır.

9. İstem- 2 veya istem-6'ya uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; Esikdgr değerinin

$$Esikdgr = \begin{cases} (1 + e^{-c*avgx}) * Thre & \text{eger } 0.01 < avgx < .99 \\ 4 * Thre & \text{eger } avgx < 0.01 \end{cases}$$

denklemini kullanılarak enerji ortalama değer hesaplayıcısı (103) ile hesaplanmaktadır.

10. İstem- 2 veya istem-3'e uygun konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi **olup, özelliği**; k değerinin

$$k = e^{-(b1.\sqrt{a}+b2).Emin}, \quad b1:[1 - 100], \quad b2:[0 - 1],$$

denklemini kullanılarak analiz penceresi enerji hesaplayıcısı (105) tarafından hesaplanmaktadır.

TARİFNAME

YENİ BİR METOT İLE SİNYAL ENERJİ HESABI VE BU METOTLA ELDE EDİLEN KONUŞMA SİNYALİ KODLAYICI

Buluşun ilgili olduğu teknik alan:

- 5 Buluş, sinyallerin kodlanmasıda yeni bir metot önerisi ile sinyallerin kodlanması, kodlanmış sinyaller ile enerji hesabı yapılması ve bu kodlanmış sinyalin enerji bölgeleri üzerinden konuşma sinyalindeki konuşma aktivite bölgelerinin belirlenmesini sağlayan sinyal kodlayıcı ve yöntemi ile ilgilidir.
- 10 Buluş özellikle, gürültülü giriş sinyallerinin önerilen metotla kodlanması, yeni önerilen metotla kodlanmış sinyallerin enerji bölgelerinin hesaplanması, bu sayede yüksek gürültülü koşullarda dahi bir enerji sinyali ortaya konulması ve önerilen enerji hesaplaması kullanılarak bir giriş konuşma sinyalinin konuşma aktivite
- 15 bölgelerinin (KAB) tespiti işleminde, konuşma olan ve sessiz bölgelerin ayrımı yapılması sağlayan sinyal kodlayıcı ve yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin bilinen durumu:

- 20 Analog yapıya sahip seslerin sayısal sinyal işleme metotlarıyla işlenebilmesi için öncelikle analog yapıdan sayısal yapıya dönüştürülmesi gerekmektedir. analog sesleri dijitale dönüştürmek için farklı kodlama metotları bulunmaktadır.

- 25 Sinyal kodlama metotlarına ek olarak ses kodlaması ve kod çözümü için kullanılan kodlayıcılar da bulunmaktadır. Bu kodlayıcılar farklı amaçlar için kullanılabilmekte ve özellikle yüksek kaliteli sesin daha etkin saklanması ve depolanması, kaliteli sesin daha düşük boyutlarda saklanması, internet üzerinden ses yayını yapılması ve telefon hatlarının ağlarında ses iletişimini sağlamaktadır. Kullanılan aktif metotlardan bazıları μ -law ve A-law metotlarıdır.

µ-law metodu, telekomünikasyon sistemlerinde 8-bit PCM (pulse code modulation) sinyallerinin kodlanmasında kullanılan ve standard belirlenmiş uzun yollarına dayanan bir metottur. Söz konusu metot, konuşma sinyalini kodlayarak, konuşma sinyalinin dinamik değişim aralığı azaltmada etkin bir metottur. Sayısal sistemlerde kullanıldığında sinyal nicemlemede sinyalin (quantization) gürültüsüne oranı (SNR - sinyal/gürültü oranı) değerinin arttığı görülmüştür. Bu basit kodlama/sıkıştırma metodu ile bir 13bit konuşma sinyalinin iletişim kanalı üzerinde 8bit sinyal olarak sıkıştırılması mümkündür. Ancak Bu metot da beraberinde bazı sorunları getirmekte bazı spesifik problemleri ise çözememektedir.

Tekniğin bilinen durumu hakkında yapılan ön araştırma sonucunda "2018/11073" numaralı patent dosyası incelenmiştir. Başvuruya konu edilen buluşun özet kısmında "bir periyodikliğe dayalı kodlama metodu ve bir periyodikliğe dayalı olmayan kodlama metodu arasından daha az miktarda kod üretmesi beklenen bir kodlama metodunda, bir tamsayı değeri dizisinin kod miktarı veya kod miktarının tahmini bir değeri, kazancı ayarlanması sırasında elde edilir. Diğer kodlama metodunda, bu proste elde edilen bir tamsayı değeri dizisi çarparak tamsayı değeri dizisinin kod miktarı veya kod miktarının bir tahmini değeri elde edilir. Elde edilen kod miktarları veya tahmin edilen değerler kodlama metotlarından birinin seçilmesi amacıyla karşılaştırılır ve tamsayı değeri dizisi, seçilen kodlama metodu kullanılarak kodlanır ve böylece bir tamsayı sinyal kodu elde edilir ve oluşturulur" bilgileri yer almaktadır.

Tekniğin bilinen durumu hakkında yapılan ön araştırma sonucunda "US20170133041" numaralı patent dosyası incelenmiştir. Başvuruya konu edilen buluşta, bir ses aktivite detektöründen bahsedilmektedir. Bu buluş konusu konuşma aktiviteleri bölgesi metodu, konuşma sinyalindeki 1. ve 2. Formant frekansları temel almaktadır. Frekans düzleminde gerçekleştirilen bir analiz metodudur. Bu bakımdan sistem hesaplama karmaşası fazladır. Ayrıca buluş konusu detektör, iki kanaldan gelen ses sinyalini kullanarak işlem yapmaktadır.

Tekniğin bilinen durumu hakkında yapılan ön araştırma sonucunda **"US20120173234A1"** numaralı patent dosyası incelenmiştir. Başvuruya konu edilen buluşta, bir ses aktivitesi tespit aparatının işlem verimliliği ve tahmin doğruluğu arttırılan akustik sinyal analizöründen bahsedilmektedir. Bu buluşta kullanılan metod, alınan konuşma sinyalinden ve kanal gürültü sinyalinden GMM (Gaussian Mixture Method) olasılık parametrelerinin hesaplanması, her iki GMM olasılık yoğunluk fonksiyonlarının hesaplanması ve akabinde karşılaştırılması metodudur. Konuşma sinyalinden GMM parametrelerinin hesaplanması, oldukça karmaşasıl yüksek bir metottur ve her ses penceresinde ilgili analizin hem konuşma sinyali hem gürültü sinyali için yapılması karmaşayı daha da arttırmaktadır. Ayrıca bu buluşta enerji hesaba dayanan ve zaman düzlemi analize dayanan bir hesaplama söz konusu değildir

Tekniğin bilinen durumu hakkında yapılan ön araştırma sonucunda **"US5867574A"** numaralı patent dosyası incelenmiştir. Başvuruya konu edilen buluşta, ses aktivitesi algılama sistemi ve yönteminden bahsedilmektedir. Bu buluşta, ses sinyalinin türevinin mutlak değerine dayanan bir enerji hesap metodu kullanılmaktadır. Giriş sinyalinin genlik farklarının toplamı ile konuşma aktivite bölgeleri tahmini yapılmaktadır.

Tekniğin bilinen durumu hakkında yapılan ön araştırma sonucunda **"US20010016811A1"** numaralı patent dosyası incelenmiştir. Başvuruya konu edilen buluşta, bir kodlayıcı ve bir kod çözücüye sahip olan çok hızlı konuşma kodeklerini içeren konuşma kodlama sisteminden bahsedilmektedir. Bu buluşta, konuşma sinyalinin kanal üzerinden kodlanmasıyla konuşma olmayan bölgelerin tespiti için, kanal kodlama algoritması içine konuşma aktivite bölgesi metodu yerleştirmeyi önermektedir. Bu buluş, kanal kodlama yapısı içine önerilen konuşma aktivite bölgesi bloğu ile konuşma olmayan bölgelerin tespiti ve bu sayede kanalın efektif kullanıma ve kanal üzerinden gönderilen bit sayısının bu sayede azaltılmasına yönelik bir yöntemdir.

Bir giriş sinyalinin enerji genlik değerinin hesaplanması için, tekniğin bilinen durumunda gürültüsüz ses sinyalleri için zaman düzlemi analizine dayanan Rms metodu ile dönüştürülen konuşma sinyalinin enerji hesabı yapıldığında veya Genlikkare metodu ile dönüştürülen konuşma sinyalinin enerji hesabı yapıldığında, enerji genlik değerleri iyi sonuç vermektedir. Ancak gürültülü ses sinyalleri için Rms metodu veya Genlikkare metodu ile dönüştürülen sinyallerin enerji hesabı yapıldığında, enerji genlik değerleri hızla düşmektedir. Bu da konuşma aktivite bölgelerinin tespitini zorlaştırmaktadır.

- 10 Yine gürültüsüz ses sinyalleri için μ -law ile dönüştürülen konuşma sinyali ile enerji hesabı yapıldığında, enerji genlik değeri iyi sonuç vermektedir. Gürültülü ses sinyalleri için μ -law ile dönüştürülen sinyalin enerji hesabı yapıldığında ise, enerji genlik değeri hesaplanan enerji genlik değerlerine göre daha iyi sonuç üretmekte ancak gürültü miktarı arttıkça hızla düşmektedir. Bu da yüksek gürültülü sinyaller için söz konusu tekniğe dayalı olarak enerji genlik değerlerinin alınarak konuşma aktivite bölgelerinin yüksek doğrulukta tespiti işlemini güçleştirmektedir.

- 20 Tekniğin bilinen durumunda kullanılan çeşitli metotlar ile, konuşma aktivite bölgeleri tespiti İÇİN zaman düzleminde veya frekans düzleminde çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu yöntemler taban gürültüsü olduğunda, gürültü ve sinyali birbirinden ayırt etmekte zorlanmakta ve tespit için ileri ve geri analiz pencerelerinde inceleme yapılarak karar verilmektedir. Bu metotlarda enerjiye dayalı analiz yapabilmek için ya sinyalin maksimum enerji hesabına ya da her yeni analiz penceresinde sesli / sessiz pencere ayrımındaki eşik değerin güncellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüm bunlar, enerji hesabına dayalı gerçek zamanlı analiz imkânını güçleştirmektedir.

- 30 Sonuç olarak yukarıda anlatılan olumsuzluklardan dolayı ve mevcut çözümlerin konu hakkındaki yetersizliği nedeniyle ilgili teknik alanda bir geliştirme yapılması gerekli kılınmıştır.

Buluşun amacı:

Buluşun en önemli amacı, sinyal enerji hesabında önerilen bir 'k' çarpanı ile, gürültülü giriş sinyalleri için ortalama sinyal enerji genlik seviyelerinin korunmaya çalışılması ve bu sayede konuşma aktivite (sesli/sessiz) bölgelerinin tespit doğruluk oranının yükselmesidir.

Buluşun bir diğer amacı, kullanılan konuşma aktivite bölgeleri (KAB) algoritması ile konuşma sinyalinin sesli/sessiz bölgelerinin ayrılmasında doğrusal olmayan bir enerji hesabı gerçekleştirmesidir. Bu sayede gürültüsüz sesler için düşük genlikli sinyallerin enerjisi yükseltilerek hesaplanırken, daha yüksek genlikli sinyallerin enerjisi bastırılmakta ve tüm konuşma sinyallerinin enerji bölgeleri yüksek doğrulukta tespit edilmektedir. Diğer yandan, gürültülü giriş konuşma sinyalleri için, taban gürültü seviyesine yakın sinyallerin enerjisi bastırılmakta, yüksek genlikli sinyallerin enerjisi ise yükseltilmektedir. Enerjinin gürültüye göre bastırılıp yükseltilmesi işlemi, taban gürültü seviyesi hesaba katılarak yapılmaktadır.

Buluşun amaçlarından bir diğeri ise sadece analiz penceresi içerisindeki sinyal ile enerji hesabı yapılabilmesidir. Böylece sadece enerji değeri belirlenerek, gerçek zamanlı olarak sinyalin sesli / sessiz bölgeleri ayrıştır edilebilmektedir.

Buluşun amaçlarından bir diğeri, gürültülü sinyallere karşı yüksek performansla sebebiyle, sayısal sinyal işlemedeki birçok farklı gürültü türleri içeren sinyallerin enerji bölgelerinin ortaya konmasında kullanılabilmesidir.

Buluşun bir başka amacı, enerji hesabına ve zaman düzlemi analizine dayanan bir metod kullanmasıdır. Bu sayede karmaşık hesaplama gerektiren frekans düzlemi analiz metodları veya gerçek zamanlı olmayan analiz metodları yerine, zaman düzleminde her analiz

penceresindeki konuşma sinyalinin hesaplanan yeni bir enerji metodu ile yapılan gerçek zamanlı bir analize dayanmaktadır.

5 Buluşun diğer bir amacı, gürültüye dayanıklılık için sinyal filtreleme kullanılmamasıdır. Bu sayede sinyal filtreleme kullanılmamasına rağmen giriş sinyalinin yüksek gürültü içerdiği koşullarda bile giriş sinyalinin sesli/sessiz bölgelerinin ve buna bağlı olarak konuşma aktivite bölgelerinin tespiti yüksek oranda doğrulukta yapılabilir.

10 Buluşun bir diğer amacı, gürültülü ses sinyallerinde enerji kazanç değerini yükseltmek için gürültü EŞİK sinyalinin taban gürültüsü oranında belirlenmeye çalışılmasıdır. Bunun için temiz giriş sinyali üzerine Gaussian gürültü sinyali kademeli olarak eklenerek, enerji genlik seviyelerinin korunabildiği bir değeri araştırılmıştır.

15 Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen şekiller ve bu şekillere atıf yapılmak suretiyle yazılan detaylı açıklamalarla daha net olarak anlaşılacaktır. Bu nedenle değerlendirmenin de bu şekiller ve detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

Şekillerin açıklaması:

20 **ŞEKİL -1;** Buluş konusu kodlayıcının konuşma sinyali kodlanması blok diyagram görüntüsünü veren çizimdir.

ŞEKİL -2; Buluş konusu kodlayıcının analiz penceresindeki konuşma sinyali için enerji hesaplama (Denklemler-12) blok diyagramının görüntüsünü veren çizimdir.

25 **ŞEKİL -3;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda $k=1$ seçilerek, değişik μ değerleri için kodlayıcı fonksiyonu değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir

ŞEKİL -4; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu =1$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

5 **ŞEKİL -5;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=10$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -6; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=50$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

10 **ŞEKİL -7;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=100$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

15 **ŞEKİL -8;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=150$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -9; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=200$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

20 **ŞEKİL -10;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=250$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -11; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=500$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

25 **ŞEKİL -12;** Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik k değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=1000$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -13; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik μ değeri için ($\mu=10000$) kodlayıcı fonksiyonu değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -14; Buluş konusu kodlayıcı ile yapılan deney sonucunda değişik μ değerleri ve seçilen μ değeri için ($\mu=100000$) değişim aralığı grafiklerini veren çizimdir.

ŞEKİL -15; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit durumu)

ŞEKİL -16; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit durumu)

ŞEKİL -17; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit durumu)

ŞEKİL -18; Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit durumu)

ŞEKİL -19; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -20; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -21; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji

grafiklerini veren çizimdir. (SNR~16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -22; Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -23; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -24; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -25; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -26; Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -27; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -28; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -29; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

5 **ŞEKİL -30;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -31; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

15 **ŞEKİL -32;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -33; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

20 **ŞEKİL -34;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -35; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -36; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji

grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -37; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -38; Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda Temiz ses sinyali ve gürültülü ses sinyali için enerji grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

10 **ŞEKİL -39;** Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit)

15 **ŞEKİL -40;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit)

20 **ŞEKİL -41;** Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit)

25 **ŞEKİL -42;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (temiz ve gürültülü ses eşit)

ŞEKİL -43; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -44; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

5 **ŞEKİL -45;** Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

10 **ŞEKİL -46;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 16dB seviyesindeki gürültülü ses için)

15 **ŞEKİL -47;** Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

20 **ŞEKİL -48;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -49; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

25 **ŞEKİL -50;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 6dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -51; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 0dB seviyesindeki gürültülü ses için)

5 **ŞEKİL -52;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 0dB seviyesindeki gürültülü ses için)

10 **ŞEKİL -53;** Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 0dB seviyesindeki gürültülü ses için)

15 **ŞEKİL -54;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ 0dB seviyesindeki gürültülü ses için)

20 **ŞEKİL -55;** Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -56; Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

25 **ŞEKİL -57;** Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -58; Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -4dB seviyesindeki gürültülü ses için)

5 **ŞEKİL -59;** Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

10 **ŞEKİL -60;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

15 **ŞEKİL -61;** Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

20 **ŞEKİL -62;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -9dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -63; Mulaw enerji hesabı (Denklem-11) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

25 **ŞEKİL -64;** Buluş konusu kodlayıcı (Denklem-12) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

ŞEKİL -65; Genlikkare enerji hesabı (Denklem-10) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

5 **ŞEKİL -66;** Rms enerji hesabı (Denklem-8) ile yapılan deney sonucunda temiz ve gürültülü konuşma sinyalleri için Sesli/Sessiz (KAB) (Voiced/Unvoiced - VUV) karar bölgelerinin grafiklerini veren çizimdir. (SNR~ -14dB seviyesindeki gürültülü ses için)

10 **Referans numaraları:**

100. Konuşma Sinyali

101. Pencere bölümleyici

102. Değer belirleyici

103. Enerji ortalama değer hesaplayıcı

15 104. Döngü başlatıcı

105. Analiz penceresi enerji hesaplayıcı

106. Eşitlik İnceleyici

107. Sesli bölge belirleyici

108. Sessiz bölge belirleyici

20 109. Döngü devam ettirici

110. Bölge çizici

201. Avgx, μ , x(n) ve Emin değerlerinin belirlenmesi

202. b1, b2 ve $k_{eşik}$ değerlerinin belirlenmesi

203. a değerinin hesaplanması

204. k katsayısının hesaplanması

205. k katsayısının keşik değeri ile eşitlik kılması yapılması

5 206. k katsayısı keşik değerinden küçükse k katsayısı keşik değerine eşitlenmesi

207. k katsayısı keşik değerinden büyükse $F_w(x(n))$ değerinin hesaplanması

208. $E_wS(n)$ enerji değerinin hesaplanması

10 **Buluşun açıklaması:**

Buluş konusu kodlayıcı, sinyallerin kodlanmasında yeni bir metot önerisi ile sinyal enerji hesabı yapılmasını sağlamaktadır. Söz konusu enerji hesabı ile konuşma sinyalinin konuşma aktivite bölgelerinin tespitinin yapıldığı bir algoritma elde edilmektedir. Sinyallerin kodlanması için kullanılan bu metotta tekniğin bilinen durumunda kullanılan μ -law metodu (Denklem-1) temel alınarak yeni bir denklem geliştirilmiştir (Denklem-2) ve bu denkleme göre kodlayıcıda hesaplama yapılmaktadır. Denklem 1’de, μ değeri sıkıştırma parametresi olarak kullanılmakta ve (μ : 0-255) arasında seçilmektedir. Burada $x(n)$,
15
20 normalize edilmiş giriş ses sinyali dizisini temsil etmektedir.

μ -law sinyal kodlanması formülü:

$$F(x(n)) = \text{sgn}(x(n)).\ln(1 + \mu \cdot |x(n)|) / \ln(1 + \mu), \quad -1 \leq x(n) \leq 1, \quad (1)$$

Buluş konusu kodlayıcıdan sinyal kodlanması formülü:

$$F_w(x(n)) = \text{sgn}(x).\ln(1 + \mu \cdot |x(n)|) / \ln(1 + k \cdot \mu), \quad -1 \leq x(n) \leq 1, \quad (2)$$

Buluş konusu kodlayıcıda kullanılan Denklem-2 (k çarpanı) ile enerji genlik seviyesi korunmaktadır. Sonuç olarak, bir konuşma sinyali için enerji bölgelerinin korunmasına bağlı olarak konuşma aktivite bölgeleri (KAB) belirleme yüzdelik oranı yükselmektedir. Yapılan işlem

5 gürültülü ses sinyallerinde enerji kazanç değerini yükseltmek için gürültülü sinyalin taban gürültüsü oranında yükseltilmeye çalışılmaktadır. Bunun için temiz giriş sinyali üzerine Gaussian gürültü sinyali kademeli olarak eklenerek, enerji genlik seviyelerinin korunabildiği k değeri bulunmaya çalışılmıştır. Buluş konusu yöntem

10 ile k formülü geliştirilmiştir. Buluş bu farklar sayesinde tekniğin bilinen durumundaki çözümlerden farklılaşmaktadır.

Buluş konusu kodlayıcı ve yöntemde kullanılan metot ile gerçek zamanlı konuşma işlemede kaliteli sonuçlar elde edilebilecektir. Yöntemin işlem adımları genel hatlarıyla adımları aşağıdaki gibidir.

15 Seçilen analiz pencerelerinden enerji eşik değeri belirlenmektedir.

Konuşma sinyallerinin her bir konuşma analiz pencerelerindeki sinyaller kodlayıcı ile yeni bir sinyale dönüştürülmektedir.

Dönüştürülen sinyallerin enerji hesabı yapılmaktadır.

Hesaplanan enerji değeri ile başlangıçta belirlenen enerji eşik değeri

20 karşılaştırılarak sesli/sessiz bölgelerin ayrımı yapılmaktadır.

Enerji değeri, eşik değerinin üstündeyse; konuşma başlangıç noktası belirlenmektedir.

Enerji değeri, eşik değerinin altındaysa; konuşma bitiş noktası belirlenmektedir.

25 Buluş konusu kodlayıcı ile bir konuşma sinyalinin (100) konuşma aktivite bölgeleri tespit işlemi, konuşma olan ve sessiz bölgelerin ayrımı amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan testlerde, buluş konusu kodlayıcı ve yöntem ile yapılan enerji hesabının yüksek gürültülü sinyallerde dahi oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Buluş

konusu kodlayıcıda kullanılan metot kapsamında tasarlanan konuşma aktivite bölgeleri (KAB) algoritması, konuşma sinyalinin (100) sesli/sessiz bölgelerinin ayrılmasında doğrusal olmayan bir enerji hesabı gerçekleştirmektedir. Bu sayede gürültüsüz sesler için düşük genlikli sinyallerin enerjisi yükseltilerek hesaplanırken, daha yüksek genlikli sinyallerin enerjisi bastırılmakta ve tüm konuşma sinyallerinin enerji bölgelerinin tespit edilmesine çalışılmaktadır. Diğer yandan, gürültülü giriş konuşma sinyalleri için, taban gürültü seviyesine yakın sinyallerin enerjisi bastırılmakta, yüksek genlikli sinyallerin enerjisi ise yükseltilmektedir. Enerjinin gürültüye göre bastırılıp yükseltilmesi işlemi, taban gürültü seviyesi hesaba katılarak yapılmaktadır.

Buluş konusu kodlayıcı ile konuşma sinyalinin (100) konuşma aktivite bölgeleri tespit işleminde bazı unsurlar yapılan işlemin temelini oluşturmaktadır. Bu unsurlar, pencere bölümleyici (101), değer belirleyici (102), enerji ortalama değer hesaplayıcı (103), döngü başlatıcı (104), analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105), eşitlik inceleyici (106), sesli bölge belirleyici (107), sessiz bölge belirleyici (108), döngü devam ettirici (109) ve bölge çizici (110) olarak sıralanabilir.

Pencere bölümleyici (101), düzgün dağılımlı enerji hesabında sadece genlik karelerin toplam değeri kullanarak alınan konuşma sinyalinin (100) analiz pencerelerine bölünmesini sağlamaktadır.

Değer belirleyici (102), başlangıçta seçilen sessiz bölge analiz pencerelerinin başlangıç değerlerini belirlemektedir.

Enerji ortalama değer hesaplayıcı (103), başlangıçta seçilen sessiz sinyal pencere aralığında enerji ortalama değerlerini hesaplamaktadır. Bu ortalama değerler E_{min} , ortalama sinyal gürültü genlik değeri ($Avgx$), sessiz bölge maksimum enerji eşik değeri ($Thre$) ve giriş sinyali enerji eşik değeri ($Esikdgr$) değerleri olup, enerji ortalama değer hesaplayıcı (103) tarafından buluş konusu yöntemine ait

denklemler kullanılarak hesaplamaktadır. E_{min} Denklem-6, ortalama sinyal gürültü genlik değeri (Avgx) Denklem-4 ve Denklem-5, enerji eşik değeri (Thre) Denklem-7 ve (Esikdgr) Denklem-13 kullanılarak hesaplanmaktadır. (Denklem-13'te deneysel çalışmalar $c=10$ seçilerek yaplmıştır).

Döngü başlatıcı (104), enerji ortalama değer hesaplayıcı (103), kullandığı denklemler ile alınan konuşma sinyalinin (100) hesaplanmasın başlatmaktadır.

Analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105), konuşma sinyallerinin (100) dönüştürülmüş değerlerinin (Denklem-2) kareleri toplamı olarak $EwS(n)$ enerji değerlerini hesaplamasını sağlamaktadır. $EwS(n)$ Hesaplamasında Denklem-12 kullanılmaktadır.

Eşitlik inceleyici (106), hesaplanan enerji değeri ile başlangıçta belirlenen enerji eşik değerini karşılaştırarak sesli bölge ve sessiz bölgelerin belirlenmesini ve ayrılmasını sağlamaktadır.

Sesli bölge belirleyici (107), hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin üstündeyse konuşma sinyalinin başlangıç noktasının bulunmasını ve bu noktayı K1 olarak etiketlemesini sağlamaktadır.

Sessiz bölge belirleyici (108), hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin altındaysa konuşma sinyalinin bitiş noktasının bulunmasını ve bu noktayı K2 olarak etiketlemesini sağlamaktadır.

Döngü devam ettirici (109), işaretlemelerden ve hesaplamalardan sonra bu işaretlemeleri bölge çiziciye iletmekte ve hesaplama işleminin devam etmesini sağlamaktadır.

Bölge çizici (110), eşitlik inceleyicinin (106) belirlediği, sesli bölge belirleyici (107) ve sessiz bölge belirleyicinin (108) etiketlediği noktaları kullanarak konuşma aktivite bölgelerinin tespit edilmesini sağlamaktadır.

Buluş konusu kodlayıcılar, konuşma aktivite bölgeleri tespit yöntemi ise aşağıdaki işlem basamakları içermektedir.

Öncelikle konuşma sinyali (100) kodlayıcı tarafından alınmaktadır. Konuşma sinyali pencere bölümleyici (101) tarafından analiz pencerelerine bölünmektedir. Başlangıç değeri belirleyici (102), başlangıç değerleri olan E_{min} , μ ve $threoffset$ değerlerini belirlemektedir. $Threoffset$ değeri, sesli/sessiz kararında eşik değeri üzerinde bir miktar ofset oluşturulmak için belirlenmekte ve $[0-0.1]$ aralığında istenilen bir değere ayarlanabilmektedir. Enerji ortalama değeri hesaplayıcı (103), sessiz sinyal pencere aralığında enerji ortalama değerleri olan E_{min} , $Avgx$, $Thre$ ve $Esikdgr$ 'i hesaplamaktadır. Döngü başlatıcı (104), analiz pencereleri için döngüyü başlatmaktadır. Analiz penceresi enerji hesaplayıcı (105), Denklem-2 kullanılarak dönüştürülmüş konuşma sinyalleri (100) değerlerinin kareleri toplamı olarak $E_{ws}(n)$ enerji değerlerini (Denklem-12) hesaplamaktadır. Eşitlik inceleyici (106), hesaplanan enerji değeri ile başlangıçta belirlenen enerji eşik değerini karşılaştırılarak sesli/sessiz bölgelerin ayrımını yapmaktadır. Eşitlik inceleyici (106) enerji değeri eşik değerinin üstündeyse konuşma başlangıç noktasını belirlemektedir. Eşitlik inceleyici (106) enerji değeri eşik değerinin altındaysa konuşma bitiş noktasını belirlemektedir. Sesli bölge belirleyici (107), hesaplanan enerji değeri, eşik değerinin üstündeyse konuşma sinyalinin başlangıç noktasını $K1$ olarak bulmakta ve etiketlemektedir. Eşik değeri üzerindeki bölgeler 'konuşma aktif' bölgeler olarak kaydedilmektedir. Sessiz bölge belirleyici (108), hesaplanan enerji değeri eşik değeri altına geldiğinde, konuşma sinyalinin bitiş noktasını $K2$ olarak belirlemekte ve etiketlemektedir. Hesaplamalardan ve işaretlemelerden sonra döngü devam ettirici (109) işaretlemeleri iletmekte ve döngüyü devam ettirmektedir. Son olarak bölge çizici (110), eşitlik inceleyicinin (106) belirlediği, sesli bölge belirleyici (107) ve sessiz bölge belirleyicinin (108) etiketlediği noktalar kullanarak tüm giriş sinyali için konuşma aktivite bölgelerini tespit etmektedir.

Analiz penceresi enerji hesaplayıcısı (105), enerji hesaplama yöntemi aşağıdaki işlem basamakları içermektedir. Öncelikle hesaplanan ortalama sinyal gürültü genlik değeri ($avgx$), sıklık parametresi (μ), i 'inci analiz penceresi içindeki normalize edilmiş giriş ses sinyali dizisi ($x_i(n)$) ve ortalama enerji sinyali eşik değeri (E_{min}) giriş değeri olarak alınmaktadır (201). Daha sonra $b1$, $b2$ ve $k_{eşik}$ değerleri başlangıç değeri olarak belirlenmektedir (202). a değeri hesaplanmaktadır (203). a değeri, i 'inci analiz penceresindeki sinyal genliklerinin ortalama değerinin ($mean(x_i(n))$), başlangıçtaki sessiz bölgedeki konuşma sinyallerinin ortalama sinyal gürültü genlik değerine ($Avgx$) farkı ($a = mean(x_i(n)) - Avgx$) olarak hesaplanmaktadır. k katsayısı hesaplanmaktadır (204). Bu katsayı Denklem-3 kullanılarak hesaplanmaktadır. k katsayısı $k_{eşik}$ değeri ile eşitlik kuyaslaması yapılmaktadır (205). Hesaplama sonucu k katsayısı $k_{eşik}$ değerinden küçükse k katsayısı $k_{eşik}$ değerine eşitlenmektedir (206). Hesaplama sonucu k katsayısı $k_{eşik}$ değerinden büyükse analiz penceresi içindeki dönüştürülmüş giriş sinyali olan $x_i(n)$ için $Fw(x_i(n))$ hesaplanmaktadır (207). i 'inci analiz penceresi dönüştürülmüş giriş sinyali $x_i(n)$ Denklem-2 kullanılarak hesaplanmaktadır ($Fw(x_i(n))$). Eşitlemeler ve hesaplamalar sonucunda $EwS(n)$ enerji değerleri hesaplanmaktadır (208). $EwS(n)$ enerji değerleri Denklem-12 kullanılarak hesaplanmaktadır. Tüm bu işlem adımları analiz penceresi enerji hesaplayıcısı (105) tarafından yapılmaktadır. $EwS(n)$ değeri kodlayıcıya, i 'inci analiz penceresi içindeki kodlayıcı enerji değeri olarak gönderilmektedir.

Çok yüksek gürültü içeren, SNR seviyesi çok düşük giriş sinyallerinin konuşma aktivite bölgelerinin (KAB) belirlenmesi sırasında, konuşma olmayan (sessiz) bölgelerdeki genliklerde dahi anlamlı değişim miktarı çok artmakta ve artan anlamlı değişim miktarıyla birlikte enerji miktarı da anlamlı olarak yüksek/düşük hesaplanacağından hatalı sesli/sessiz kararlarına yol açabilmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek ve daha yüksek doğrulukta sesli/sessiz bölge kararları verebilmek için buluş konusu kodlayıcı kullanılarak önerilen alternatif metot şu şekildedir;

Çok yüksek gürültülü ve anlamlı genlik değişimleri çok fazla giriş sinyalleri için, her bir analiz penceresi içerisindeki sinyalin enerjisine bakarak sesli/sessiz bölge kararları yerine, birkaç analiz penceresi boyunca sinyal enerjileri izlenerek sesli/sessiz karar doğruluğu artırılabilir. Bu durumda, Şekil 1-2 numaralı şekillerde blok diyagramı verilen kodlayıcı enerji miktarları birkaç analiz penceresi boyunca hesaplanarak, bu bölgelerdeki ortalama enerji değerinin Esikdgr (Denklem-13) altında olup olmadığına bakılabilir. Ortalama enerji değeri Esikdgr altında çökersa, tüm bölgeye ilişkin sesli/sessiz kararlar 'sessiz' bölge olarak belirlenir ve bu sayede konuşma olmayan sessiz bölgelerdeki anlamlı verilebilecek 'sesli' bölge kararları önlenabilir. Böylece sesli/sessiz kararlarındaki doğruluk oranı artırılabilir. Ancak bu durumda seçilen analiz pencereleri kadar sistemde gecikme olacağından gerçek zamanlı uygulama için bir miktar zaman gecikmesi ortaya çıkacaktır. Giriş sinyali gürültü seviyesi çok yüksek değilse alt analiz pencerelerine gerek duyulmamaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda kullanılan μ -law sıkıştırma/kodlama metodu, konuşma sinyalinin iletişim hatlarından gönderilmesi sırasında sıkıştırılması amacıyla kullanılmaktadır. Normalize edilmiş bir ses sinyali $(x(n))$ giriş dizisi için, giriş sinyali ve sıkıştırma oranı arasında bağlantı, Denklem-1 ile verilmektedir.

Buluş konusu kodlayıcı ile giriş sinyallerinin kodlanması için kullanılan metod ise Denklem-2 de verilmektedir.

Bu denklem (Denklem 2), özellikle gürültülü sinyallerin enerjilerinin hesaplamaları amacıyla, μ -law metoduna dayanarak geliştirilmiştir. Gürültüsüz, temiz ses sinyalleri için, denklem-1'deki μ -law tekniği ile dönüştürülen $F(x(n))$ sinyallerinin, denklem-11'deki enerji hesabı yapıldığında, enerji genlik değerleri iyi sonuçlar vermektedir. Ancak μ -law metodu ile hesaplanan $F(x(n))$ gürültülü ses sinyallerinin enerji genlik değerleri hızla düşmektedir. Bu nedenle, μ -law sıkıştırma metodu, Denklem 2'deki gibi yeniden tanımlanarak, akabinde konuşma

sinyalinin enerji hesabında ve konuşma aktivite bölgelerinin (KAB) tespiti için kullanılmaktadır.

$$Fw(x(n)) = \text{sgn}(x) \cdot \ln(1 + \mu \cdot |x(n)|) / \ln(1 + k \cdot \mu), \quad -1 \leq x(n) \leq 1, \quad (2)$$

$$k = e^{-(b1 \cdot \sqrt{a} + b2) \cdot Emin}, \quad b1: [1 - 100], \quad b2: [0 - 1], \quad (3)$$

$$a = \left(\frac{1}{N} \sum_{n=i.N}^{i.N+N-1} |x(n)| - avgx \right), \quad i: \text{analiz penceresi numarası} \quad (4)$$

$$avgx = \frac{1}{f \cdot N} \sum_{n=1}^{f \cdot N-1} |x(n)|, \quad f = \text{başlangıçtaki sessiz analiz pencere sayısı} \quad (5)$$

$N: \text{analiz penceresindeki } x(n) \text{ sinyali için eleman sayısı}$

$$E_{min} = \frac{1}{f} \sum_{i=1}^f E_i \quad (6)$$

$$Thre = \max(E_i), \quad i = 1, \dots, f \quad (7)$$

Bu kapsamda $x(n)$ giriş sinyalinin genlikleri, μ değeri oranında yeniden düzenlenerek elde edilen Denklem-2'deki $Fw(x(n))$ sinyalinin enerji seviyeleri Denklem-12 kullanılarak hesaplanmış, bu enerji seviyelerinin gürültüye karşı direncinde ve bu enerji seviyelerine göre yapılan konuşma bölgelerinin tespitinde başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Burada E_{min} değeri, başlangıçta seçilen sessiz bölge analiz pencerelerinin ortalama enerji değeridir (Denklem-6). E_{min} hesaplaması için, öncelikle $E_{min}=0$ alınarak başlanmıştır. Konuşma sinyali başlangıçta, f adet analiz penceresi seçilerek (seçilen analiz pencere uzunluğuna bağlı olarak, f (isteğe bağlı olarak (1 ile 10) arasından seçilebilir), bu f adet analiz penceresinde konuşma olmadığında varsayılarak, Denklem-2 ile dönüştürülen $Fw(x(n))$ sinyalinin sessiz bölgelerdeki ortalama gürültü enerjisi değeri (E_{min}) hesaplanmıştır. Ayrıca, seçilen f adet analiz penceresinin ortalama sinyal gürültü genlik değeri ($avgx$) (Denklem-5) hesaplanmıştır. Buluş konusu kodlayıcı ile enerji genlik değerleri özellikle yüksek gürültülü sinyallerde çok yükseldiğinden kararlı bir minimum E_{min} değeri ve $Thre$

değeri için, hesaplanan E_{min} değeri kullanılarak f adet analiz penceresi aralığında sessiz bölgelerdeki gürültü enerji değerleri iki kez yeniden hesaplanmıştır, bu enerji değerlerinden E_{min} değeri ve $Thre$ değeri hesaplanmıştır. Sinyaldeki ufak değişimlerin, sesli/sessiz kararına etkisini en aza indirebilmek için ve özellikle gürültülü sinyallerde enerji hesabındaki küçük değişimlerin sesli/sessiz kararını etkilememesi için, Denklem-6'daki başlangıçtaki sessiz analiz pencerelerindeki maksimum enerji değeri, enerji hesabındaki k değerinin seçiminde kullanılmak üzere, enerji eşik değeri ($Thre$) olarak kaydedilmiştir (Denklem-7) (E_{min} yerine bu değer seçilmesi, gürültülü giriş sinyallerinin anlamlı enerji değişimlerinin etkisini en aza indirmek içindir).

Gürültülü ses sinyallerinde Denklem-1'deki μ -law tekniği kullanılarak Denklem-11'de hesaplanan $F(x(n))$ sinyallerinin enerji genlik değerleri hızla düşmektedir. Diğer yandan Denklem-1'deki payda değeri küçültüldüğünde, gürültülü sinyallerin enerji değerleri yükselmektedir. Bu bakımdan, enerji değerleri için, μ -law tekniğine Denklem-2'deki gibi bir ' k ' çarpanı eklenerek gürültülü sinyallerde dahi enerji genlik seviyesinin azalmadan sabit kalabilmesine çalışılmıştır ve uygun ' k ' çarpan değeri araştırılmıştır. Öncelikle, k değeri $[1 - 0.005]$ aralığında değiştirilerek Denklem-2'ye olan etkisi araştırılmıştır. Diğer yandan seçilen μ değerinin de formül üzerinde etkisi olduğundan $\mu: [1, 10, 50, 100, 150, 200, 250]$ değerleri seçildiğinde değişik k değerleri için Denklem-2'ye olan etkisi test edilmiştir. Test sonuçları şekil 3-14 numaralı grafiklerde gösterilmektedir. Bu sonuçlardan görülmektedir ki, giriş değeri $x: [-1:1]$ aralığında değişirken, küçük μ değerleri için k değerinin $[1 - 0.005]$ aralığında değişimi ile $Fw(x(n))$ sonucu oldukça yüksek oranda etkilenmekte iken (örneğin $\mu=1$ için, $Fw(x(n))$: $[0-80dB]$ aralığında değişmektedir), μ değeri büyüdükçe, değişen k değerlerine karşı $Fw(x(n))$ değişim aralığı küçülmektedir. (örneğin $\mu=200$ için, değişik k değerlerinin $Fw(x(n))$ sonucuna etkisi $[0-5dB]$ arasındadır). $\mu=100$ değerinden sonra $Fw(x(n))$ sonucuna etkisi yavaşlamaktadır. Ancak k değeri 0.005 altına

indiğinde, giriş sinyali ($x(n)$) değerine göre $F_w(x(n))$ değişim aralığı çok yükseldiğinden, k değişim aralığı $[1 - 0.005]$ aralığında sınırlanmıştır. Bu çalışmanın ana amacı, gürültülü giriş sinyalleri için, giriş sinyallerinin enerji kazanç değerlerini yükseltebilecek bir formül arayışı olduğundan, $F_w(x(n))$ eşitliği için, $[-1:1]$ aralığındaki gürültülü giriş x sinyal değerlerinin kazanç, taban gürültüsü oranında yükseltebilecek bir formül üretilmeye çalışılmıştır. Giriş sinyali üzerine binen gürültü sinyal enerjisi eşik değeri ile k değeri arasında bir ilişki araştırılmıştır. Bu kapsamda, normalize edilmiş temiz giriş konuşma sinyali üzerine, $[50$ dB - 0 dB] (desibel) aralığında kademeli olarak değiştirilen oranlarda Gaussian gürültü sinyali eklenerek, enerji genlik seviyelerinin korunabildiği k çarpan değeri araştırılmıştır. Testler sonucunda, sözkonusu k değerinin, giriş sinyal enerjisi eşik değeri ile üstel orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir.

Buluş konusu kodlayıcı ile enerji hesabında, zaman düzlemindeki giriş konuşma sinyali ($x(n)$), pencereleme (windowing) metodu ile, N elemanlı ve toplam M adet analiz pencerelerine ayrılmakta, söz konusu analiz penceresindeki konuşma sinyali ($x(n)$), buluş konusu yöntem uygulanarak Denklem-2 ile zaman düzleminde yeni bir sinyale ($F_w(x(n))$) dönüştürülmektedir. $F_w(x(n))$ sinyalinden Denklem-12'deki enerji hesabı formülüyle, her bir analiz penceresindeki konuşma sinyali enerjisi hesaplanmaktadır. Denklem-12'de, m , herhangi bir andaki analiz penceresi numarasıdır. Denklem-12'deki enerji metodunun çeşitli konuşma sinyalleri üzerindeki etkinliği, Denklem-8 ve Denklem-10'daki, direk olarak giriş sinyalinden hesaplanan geleneksel enerji metodları ile karşılaştırılmış ve oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Test sonuçları şekil 15-38 numaralı grafiklerde görülebilir. (Buluş konusu kodlayıcı ile eşik değeri üzerindeki genliklerin belirgin şekilde ortaya konulması için, şekillerde eşik değeri altında kalan sessiz KAB bölgelerindeki enerji genlik değerleri $k=1$ seçilerek çizdirilmiştir. Ayrıca temiz ve gürültülü giriş sinyallerinin enerji farklarını gösterebilmek için, aynı grafik

ekranında gürültülü sinyal enerjileri yatay ekseninde bir birim yukarı kaydırılarak çizilmiştir.)

$$Erms(m) = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} x(n)^2} , \quad m = 1, \dots, M$$

(8)

$$Ewrms(m) = \sqrt{\left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} Fw(x(n))^2} , \quad m = 1, \dots, M$$

(9)

$$E(m) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} x(n)^2 , \quad m = 1, \dots, M$$

(10)

$$Ewmu(m) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} F(x(n))^2 , \quad m = 1, \dots, M$$

(11)

$$EwS(m) = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{n=m.N}^{m.N+N-1} Fw(x(n))^2 , \quad m = 1, \dots, M$$

(12)

Buluş konusu kodlayıcı kullanılarak Enerji hesaplarında, öncelikle Denklem-8'den (Erms) yola çıkılarak bu çalışma kapsamında oluşturulan Denklem-9 kullanılmış ve giriş sinyallerinin (x(n)) Denklem-2 kullanılarak dönüştürülmüş değerlerinin (Fw(x(n)) kareleri toplamının karekökünü alarak hesap yapan Ewrms değerleri hesaplanmıştır. Gerçekleştirilen testlerde görülmüştür ki, normalize edilmiş genliklerin RMS (root mean square) enerji hesaplarında küçük genlikli sinyallerin enerjisi, yüksek genlikli sinyallerin enerjisine göre göreceli olarak yüksek çıkmaktadır. Bu ise düşük genlikli sinyallerdeki varyansı büyütmektedir. Enerji hesaplarında kullanılan sinyal genliklerin değişimi, giriş sinyaline göre logaritmik olarak değiştirildiğinden, enerji hesaplarında Denklem-9'daki Ewrms enerji hesapı kullanıldığında, düşük genlikli sinyallerin varyansı artmakta ve bunun sonucunda eşik değerden sapma ihtimali artmaktadır. Bu sebeple, Kodlayıcı enerji hesapı için Denklem-10'dan yola çıkılarak bu çalışma kapsamında oluşturulan Denklem-12 kullanılmış ve giriş sinyallerinin (x(n)) Denklem-2 kullanılarak dönüştürülmüş değerlerinin (Fw(x(n)) kareleri toplamı alınarak hesap yapan EwS(n) değerleri hesaplanmıştır. Denklem-12 ile yapılan enerji hesaplarına

göre gerçekleştirilmiş KAB tespitlerinin de daha güvenilir sonuçlar verdiği görülmüştür (Şekil 39-66). Şekil 15-38 numaralı grafiklerdeki giriş sinyali enerji ölçümü test sonuçları sırasıyla aşağıdaki enerji ölçüm metodları için gerçekleştirilmiştir ve değişik SNR seviyelerindeki gürültü sinyalleri için denenmiştir. Metodun performans, temiz konuşma kayıtlarının KAB sonuçları dikkate alınarak hesaplanan doğru tespit oranlarına bakılarak yapılmıştır.

- μ -law (mulaw) enerji hesap metodu (Denklem-11)
- Kodlayıcı enerji hesap metodu (Denklem-12)
- Genlikkare enerji hesap metodu (Denklem-10)
- Rms enerji hesap metodu (Denklem-8)

Şekil 39-66 numaralı grafiklerde yer alan sonuçlar ise, şekil 3-14 numaralı grafiklerdeki enerji hesaplarına göre enerjisi hesaplanmış giriş sinyalinin KAB bölgeleri tespiti sonuçlarıdır. Buradaki sonuçlardan görülmektedir ki kodlayıcı enerji hesabına dayanan KAB analizleri, her gürültü seviyesinde diğer 3 metoda göre oldukça başarılı sonuçlar vermekte, ayrıca SNR gürültü seviyesi -14dB miktarına artsa dahi KAB bölgeleri tespiti yapılabilmekte, ayrıca hatalı KAB tespit miktarı minimumda kalmaktadır.

Sayısal konuşma işleme uygulamalarında, konuşma sinyalinin konuşma aktif bölgelerinin belirlenmesi oldukça önemli bir husustur. Konuşma aktivite belirleme (KAB) (voice activity detection - VAD) metodları; konuşma tanıma, yankı iptali, VoIP (Voice Over Internet Protocol) gibi sayısal konuşma sinyali işlemenin neredeyse bütün alanlarında kullanılmaktadır. Konuşma sinyalinin içerisindeki konuşma aktif bölgelerin sessiz bölgelerden doğru bir şekilde ayrılması, konuşma işleme metodlarının analiz sürelerini minimize edeceğinden oldukça önemlidir. Özellikle konuşma tanıma metodlarında, konuşma aktif bölgelerin yanlış belirlenmesi, sonuçtaki sinyalde önemli bozulmalara yol açmaktadır. Yüksek performanslı KAB metodları, VoIP uygulamalarında bant genişliği performansını artırarak daha çok kullanıcının aynı bantı kullanabilmesini sağlamaktadır. KAB belirleme hususunda bugüne kadar yapılan çalışmalar, zaman düzleminde ya da

frekans düzleminde yürütülmektedir. Zaman düzlemindeki metotlar genellikle enerji hesabı ve sıfır geçiş oranı (Zero crossing rate - ZCR) metotlarına dayalıdır. Frekans düzlemi metotlar ise, spektrum bilgisini kullanırlar. Zaman düzlemi metotlar, frekans düzlemi metotlara göre hesapsal olarak basittir ve KAB metotlarında hesapsal basitlik ve etkinlik parametreleri çok önemlidir. Bu sayede, KAB metodunun konuşma işleme metotlarında zaman gecikmesine yol açmayacak şekilde uygulanabilmesi mümkün olacaktır. Zaman düzlemi analizde, analiz penceresi içerisindeki konuşma sinyalinin genliği konuşma aktif ve sessiz bölgeleri ayırmada önemli bir parametredir. Eğer giriş sinyalinin SNR değeri yüksekse, sesli ve sessiz bölgeler için, arka plan gürültüsü dikkate alınarak hesaplanan bir eşik değerinin üzerindeki en küçük ses seviyesi bir enerji hesabı ile tespit edilebilmektedir. Ancak gerçek zamanlı pratik uygulamalarda SNR seviyesi çok yüksek ses kayıtlı koşullarda oluşturulamamaktadır. Konuşma aktif bölgelerde konuşma sinyali sesli/sessiz olarak iki kısma ayrılmaktadır. Sesli sinyallerin sessiz sinyallerden ayrılması da sinyal genliği önemli bir göstergedir. Sesli konuşma sinyallerinin tepe genlikleri, sessiz konuşma sinyallerin tepe genliklerinden yaklaşık olarak beş kat büyüktür ve sesli sinyallerin enerji hesabı metodu ile ayrıştırılması mümkündür, ancak düşük genlikleri sebebiyle sessiz sinyallerin gürültüden ayrıştırılması güçtür. Bugüne kadar uygulanan Enerji hesabı metodu, ya analiz penceresi içindeki sinyal genliklerinin karelerinin toplamı (Denklem-10) ya da genliklerin karelerinin toplamının karekökü şeklinde etkin değer enerji hesabı (Denklem-8) olarak yapılmaktadır. Daha sonra ise, belirlenen bir eşik değere göre sesli/sessiz (KAB) bölgelerin ayrımı yapılmaktadır. Her iki metotta da sinyal enerjisi, analiz edilen sinyal içerisinde taban gürültüsü olduğunda, gürültü ve sinyali birbirinden ayırmak güçleşmekte ve sesli/sessiz karar metotlarında, ileri ve geri analiz pencerelerinde inceleme yapılarak karar iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer bir zaman düzlemi analiz metodu ZCR, sesli ve sessiz sinyallerdeki bir analiz penceresi içerisindeki oransal değerlerin birbirinden farklı olmasına dayanmaktadır. Analiz penceresi içerisinde sessiz konuşma sinyali

varsa, ZCR değeri sesli konuşma sinyaline göre yüksek olmaktadır. Diğer yandan, konuşma sinyali içerisinde taban gürültüsü var ise, ZCR değerini hem sesli hem sessiz sinyaller için önemli oranda etkilemekte, sinyal varyans değeri artmakta ve sesli ve sessiz sinyalleri ayırmak için bir eşik değeri belirlemek oldukça güçleşmektedir. Buda KAB metotlarında konuşma sınırlar noktalarının bulunması zorlaştırmaktadır.

Bir konuşma işleme sistemi, genliği sesli konuşma sinyallerine göre oldukça düşük olan sessiz konuşma seslerin, konuşma olmayan bölgelerden ayrımında da etkin bir performans sağlamalıdır. Arkaplan (background) gürültü sinyalinin olduğu konuşma seslerinde ise, sessiz konuşma sinyallerinin arkaplan gürültüsünden ayrılması oldukça güçtür. Bu buluş kapsamında önerilen metot ise, arkaplan gürültü sinyallerinin oldukça yüksek olduğu durumlarda dahi konuşma sinyallerinin tespit edilebilmesini ve arkaplan gürültüden ayrıştırılabilmesini sağlamakta ve normal enerji hesabına göre yapılan ayrılma göre oldukça iyi bir performans sunmaktadır. Ayrıca, analiz penceresi içindeki sinyallerin genlik karelerin toplamına dayalı enerji hesabı metodu (Denklem-10), özellikle arka plan gürültü sinyalinden sessiz konuşma sinyallerinin ayrılmasında, eşik değere yakın enerji değerlerinden dolayı yetersiz bir performans sunmaktadır. İlave olarak, toplam enerjinin analiz penceresindeki sinyal sayısına bölünmesiyle enerji değeri oldukça küçülmekte, bu ise sinyal enerjisine dayalı KAB tespitini güçleştirmektedir. Buluş konusu kodlayıcıda yapılan enerji değeri, konuşma sinyalinin zaman düzlemi genlikleri ile oldukça uyumlu bir değişim izlemektedir. Bu sebeple, sadece enerji değeri analiz edilerek, gerçek zamanlı olarak, sinyalin sesli ve sessiz bölgelerinin ayrımı mümkün olabilmektedir.

İnsan işitme sisteminin logaritmik işlem yaptığına inanılmaktadır. Yüksek genlikli sesler, düşük genlikli sesler kadar çözünürlük gerektirmez. Yani, düşük genlikli seslerin doğru belirlenmesi, konuşma sinyalinin doğru anlaşılmasında oldukça önemlidir. Sonuç olarak, literatürdeki enerji hesabına dayalı pek çok KAB metodu, konuşma

sinyalinin tam olarak başladığı ve bittiği noktaları bulabilmek için ileri/geri analiz pencerelerinde araştırma yapmaya ihtiyaç duyarlar. Söz konusu ileri/geri konuşma pencerelerinde analiz ihtiyacı, gerçek zamanlı konuşma işleme metodları için uygun değildir. Buluş konusu

5 kodlayıcıda, düzgün dağılımlı enerji hesabı yerine, sinyal genliklerinin logaritmik olarak değişimini dikkate alan, logaritmik enerji hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu sayede küçük genlikli konuşma sinyallerinin enerji değerleri göreceli olarak artırılarak, tespit edilmeleri ihtimali güçlendirilmiştir. Uygulanan logaritmik skala

10 ölçeği, seçilen μ değerine göre artırılıp azaltılabilmektedir. Önerilen tekniğe uygun olarak hesaplanan logaritmik genlikli sinyallerin enerji hesapları sonucunda, analiz başındaki sessiz analiz pencereleri dikkate alınarak belirlenen eşik değerine göre, sesli ve sessiz konuşma pencereleri hesaplanan enerji değerlerinden

15 bulunabilmektedir. Hesaplama ve analiz yöntemi oldukça basit olmasına karşın, KAB bölgelerinin belirlenmesinde çok yüksek taban gürültülü konuşma sinyallerinde dahi oldukça etkin olduğu görülmektedir. Buluş konusu kodlayıcıda, konuşma sinyal işlemenin önemli bir problemi olan, bir konuşma sinyalindeki konuşma aktif bölgelerin gerçek

20 sınırların belirlenmesi problemini (endpoint location problem) çözmesi hedeflenmiştir.

Buluş konusu kodlayıcı ile enerji hesabı için (Denklem-2 ve Denklem-12), k değeri için gürültü sinyal seviyesi arttıkça enerji sinyal seviyelerinin korunabildiği ve gürültü sinyal seviyesine bağlı olarak

25 değişen bir denklem bulunmaya çalışılmıştır. Yapılan deneysel çalışma koşullarında belirlenen k katsayı değeri, değişen giriş gürültü seviyeleri için istenen enerji seviyelerinin korunurken taban gürültü seviyesine yakın enerji değerlerinin daha az, yüksek genliklerin enerjisinin daha çok artışı hususu dikkate alınarak test edilmiş, k

30 katsayıları giriş sinyal genliklerine ve giriş sinyali minimum enerjisine üssel bağlı bir değişken şeklinde, (Denklem-3) olarak tanımlanmıştır. Burada ' a ' değeri, analiz penceresindeki sinyal genliklerinin ortalama değerinin ($\text{mean}(x(n))$), başlangıçtaki sessiz

bölgedeki konuşma sinyallerinin ortalama sinyal gürültü genlik değerine (avgx) fark olarak belirlenmiştir (Denklem-4 ve Denklem-5). Yine burada Emin değeri, konuşma sinyalinin başında yer alan sessiz pencerelerden hesaplanan, ortalama Enerji sinyali eşik değeridir (Denklem-6). b1 ve b2 değerleri sabit değerli değişkenlerdir. (-1:1) aralığında normalize edilmiş herhangi bir giriş sinyali (x(n)) için, b1:[1-100] ve b2: [0-1] aralığında değiştirilerek, değişik gürültü seviyelerindeki giriş sinyali için en iyi performans verecek b1 ve b2 değerleri araştırılmıştır. Görülmüştür ki, b2 değeri büyüdükçe, gürültü seviyesine yakın küçük genlikli sinyallerin değeri büyümektedir. (b2 1'den büyük seçildiğinde ise enerji hesabı üzerinde offset yarattığından, b2 maksimum 1 değeri olarak seçilmiştir). b1=1 seçilip, b2 değeri için uygun bir değer araştırılmıştır. b2 değeri büyüdükçe, yüksek genlikli sinyallerin enerjilerinin çok arttığı gözlenmiştir. SNR (sinyal-gürültü oranı) seviyesi [SNR: -15 dB] değerine kadar giriş gürültü sinyalleri için VAD bölgelerinin tespitinin yapılabilmesi için uygun b1 ve b2 değerleri deneysel olarak araştırılmıştır. Seçilen değerler arasında en optimum sonucu verdiği değerlendirilerek, b1=50, b2=.1, seçilmiş ve $(k = e^{-(50\sqrt{a}+1).Emin})$ için testler gerçekleştirilmiştir. Tüm test sonuçları şekil 3-66 numaralı grafiklerde görülebilir. Burada seçilen k formülü ile yapılan deneysel çalışmalarında, buluş konusu kodlayıcı enerji hesaplanmasındaki etkisi temiz ve gürültülü ses sinyalleri üzerinde denenmiş ve her ikisinde de oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. μ -law ve buluş konusu kodlayıcı metodları ile enerji hesaplaması düşük gürültülü sesler için benzer sonuçlar üretmektedir. Buna karşın, kodlayıcı metodu özellikle gürültülü sinyallerde sinyal enerji değerlerinin hesaplanmasında etkilidir. Diğer yandan, kodlayıcı metodunda, yükselen gürültü seviyesi ile birlikte küçülen 'k' değeri, gürültü seviyesine yakın düşük enerjili sinyalleri de çok yükselttiğinden, çok yüksek gürültü içeren seslerde konuşma olmayan sessiz bölgeleri, k değeri korunarak kodlayıcı metodu ile hesaplandığında enerji genliklerindeki varyans miktarı artmaktadır. Konuşma içermeyen sessiz bölgelerdeki enerji genliklerinde artan varyans, yukarıda açıklandığı şekilde analiz

pencere sayıları arttırılarak ve enerji eşik değeri altındaki bölgelerde k=1 seçilerek yeniden hesaplanan enerji genlik değerleri ile azaltılabilir.

$$Esikdgr = \begin{cases} (1 + e^{-c*avgx}) * Thre & \text{eger } 0.01 < avgx < .99 \\ 4 * Thre & \text{eger } avgx < 0.01 \end{cases}, \quad c : \text{sabit sayı} \quad (13)$$

5 Buluş konusu kodlayıcıların değerlendirilebilmesi için, temiz konuşma sinyali üzerine eklenen değişik SNR seviyelerinde gürültü sinyalleri ile testler yapılmıştır. Söz konusu test sonuçları Şekil 3-14 numaralı grafiklerde görülebilir. Sinyal/gürültü oranları azaldıkça, Denklem-8 ve Denklem-10 geleneksel enerji hesaplarıyla yapılan enerjilerin büyük oranda gürültü eşik seviyesi altında kaldığı, kodlayıcı enerji metodu ise (Denklem-12) gürültü eşik seviyesi üzerinde kalan değerleriyle, oldukça iyi bir performans göstermektedir. Denklem-8 ve Denklem-10 da yer alan enerji metotları, konuşma sinyali üzerine gürültü sinyali bindirildiğinde, sinyal enerji değeri büyük oranda gürültü sinyalinin eşik değeri altında kalmakta, enerji hesabına dayanarak orijinal sinyali gürültüden ayırmakta oldukça güçlük çekilmektedir.

Buluş konusu kodlayıcı ve yöntemin ana amacı, değişik giriş gürültü sinyal seviyeleri için, artan varyans miktarından en az şekilde etkilenen ve maksimum ortalama enerji seviyelerinin korunduğu bir enerji hesaplaması elde edilmesi ve bu sayede KAB metodunda iyi sonuçlar üretebilecek bir enerji hesabı olduğundan, k katsayısı değeri için yukarıda önerilen metot seçildiğinde istenen başarılı sonuçların elde edilebildiği gözlemlenmiş ve 'k' katsayısı değeri için daha hassas ölçümlerle en yüksek enerji seviyesinin korunabildiği bir b1 ve b2 değeri bulunulmasına çalışılmıştır. İstenildiğinde daha hassas ölçümlerle, en iyi enerji seviyesinin korunabildiği bir b1, b2 sabit sayı değerleri araştırılabilir.

Şekil-1 ve Şekil-2'de yer alan akış diyagramı, buluş konusu kodlayıcı enerji hesabı ile KAB metodunun akış diyagramını göstermektedir. Geliştirilen metodun etkinliğini ölçmek için, giriş konuşma sinyaline

değişik SNR seviyelerinde rastgele gürültü sinyalleri eklenerek gürültülü giriş sinyalleri oluşturulmuş, geliştirilen metodun söz konusu gürültülü sinyaller karşısındaki etkinliği denenmiştir. Geliştirilen metodun gürültülü sinyallerde dahi etkinliğini oldukça yüksek oranda sürdürdüğü görülmüştür.

Buluş konusu kodlayıcı KAB metodu kısaca şöyledir; Denklem 6 ve Denklem-7'de yer alan eşik değerler, daha sonra sesli/sessiz konuşma pencerelerinin (KAB) ayrımında kullanılmıştır. Seçilen analiz pencerelerinden bir enerji eşik değeri belirlenmekte ve sesli/sessiz konuşma analizi gerçekleştirebilmek için saklanmaktadır. İkinci aşamada ise, konuşma sinyallerinin her bir analiz penceresindeki konuşma sinyali, yine kodlayıcı yöntemi uygulanarak yeni bir sinyale dönüştürülmekte, dönüştürülen sinyalin enerji hesabı gerçekleştirilmektedir. Hesaplanan enerji değeri, başlangıçta hesaplanan eşik değeriyle kıyaslanmakta ve sesli/sessiz bölgelerin ayrımı gerçekleştirilmektedir. Önerilen metodun, Denklem-8 ve Denklem-10'daki enerji hesap metotları kullanılarak geliştirilen KAB algoritmalarına göre etkinliği, yine Denklem-1'deki μ -law metoduna göre etkinliği, gürültüsüz ve değişik SNR değerlerindeki gürültülü konuşma sinyalleri için denenmiş, oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, önerilen metodun sesli/sessiz konuşma bölgelerinin tespitindeki etkinliği, özellikle yüksek gürültülü sinyallerde, diğer enerji metotlarına dayalı KAB algoritmalarına göre oldukça yüksektir.

Buluş konusu yöntemle yapılan analizlerde, analiz penceresindeki enerji değeri belirlenen eşik değeri üzerine çıkarsa, konuşma sinyalinin başlangıç noktası K1 olarak bulunur ve etiketlenir. Eşik değeri üzerindeki bölgeler 'konuşma aktif' bölgeler olarak tanımlanır. Hesaplanan enerji değeri tekrar eşik değeri altına geldiğinde ise, konuşma sinyalinin bitiş noktası K2 olarak belirlenir ve etiketlenir. Kullanılan yöntem, orjinal giriş konuşma sinyalinin $x(n)$ işaretlerini değiştirmedikinden, istenildiğinde KAB analizi için ZCR metodunun da analize dahil edilmesine imkan vermektedir.

Kodlayıcı enerji metodunun diğer bir başarısı, orjinal giriş sinyalinin ($x(n)$) işaretinin, $Fw(x(n))$ sinyalinde aynen korunmasıdır. Bu sayede, konuşma bölge tespiti için, $Fw(x(n))$ sinyali üzerinde istenildiğinde enerji ve sıfır geçiş oranı (ZCR-Zero Crossing Rate) analizi birlikte yapılabilir.

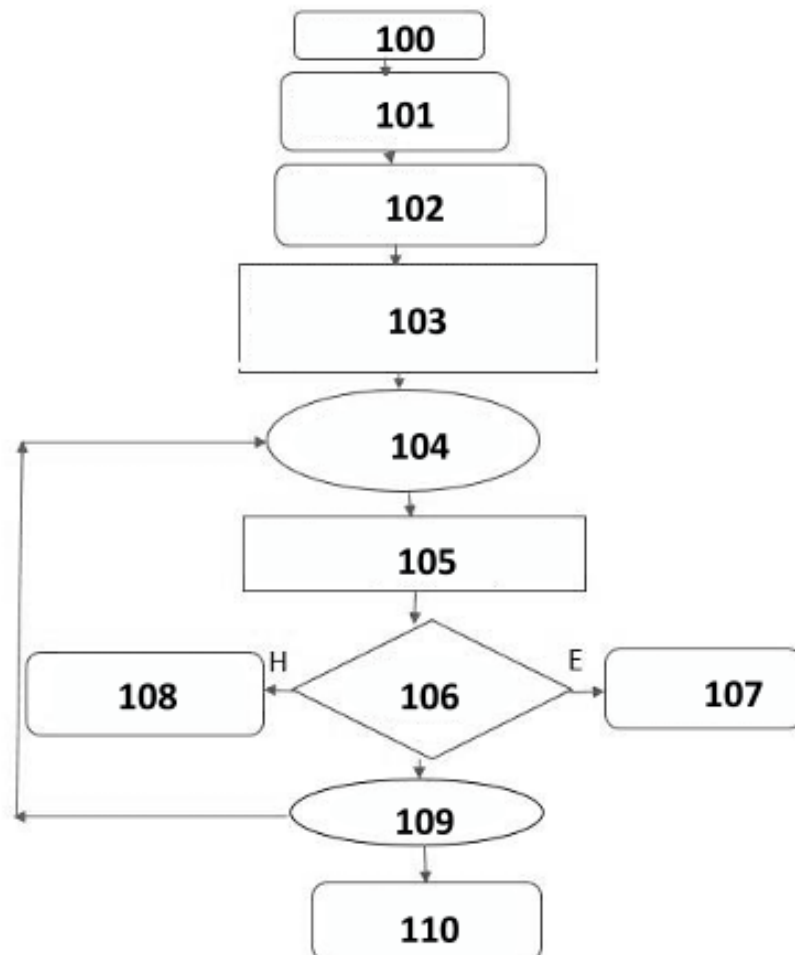
Testler sırasında, Şekil- 3-14 numaralı analiz sonuçlarındaki performansına bakılarak, $\mu=200$ olarak seçilmiştir. Bu değerin seçilme sebebi, küçük genliklerin yükseltme oranı ile yüksek genliklerin dinamik değişim aralığı arasında optimum bir performans sağladığı değerlendirildiğinden ve k değeri (0.005-1] arasında değişirken, sinyal genlik değerlerinin çok yükselmemesi sebebiyledir. Şekil 15-38 numaralı grafiklerdeki test sonuçlarından görüleceği üzere, özellikle yüksek gürültülü giriş konuşma sinyalleri için enerji seviyesi tespiti, SNR seviyesi -14dB civarında dahi gerçekleştirilebilmektedir.

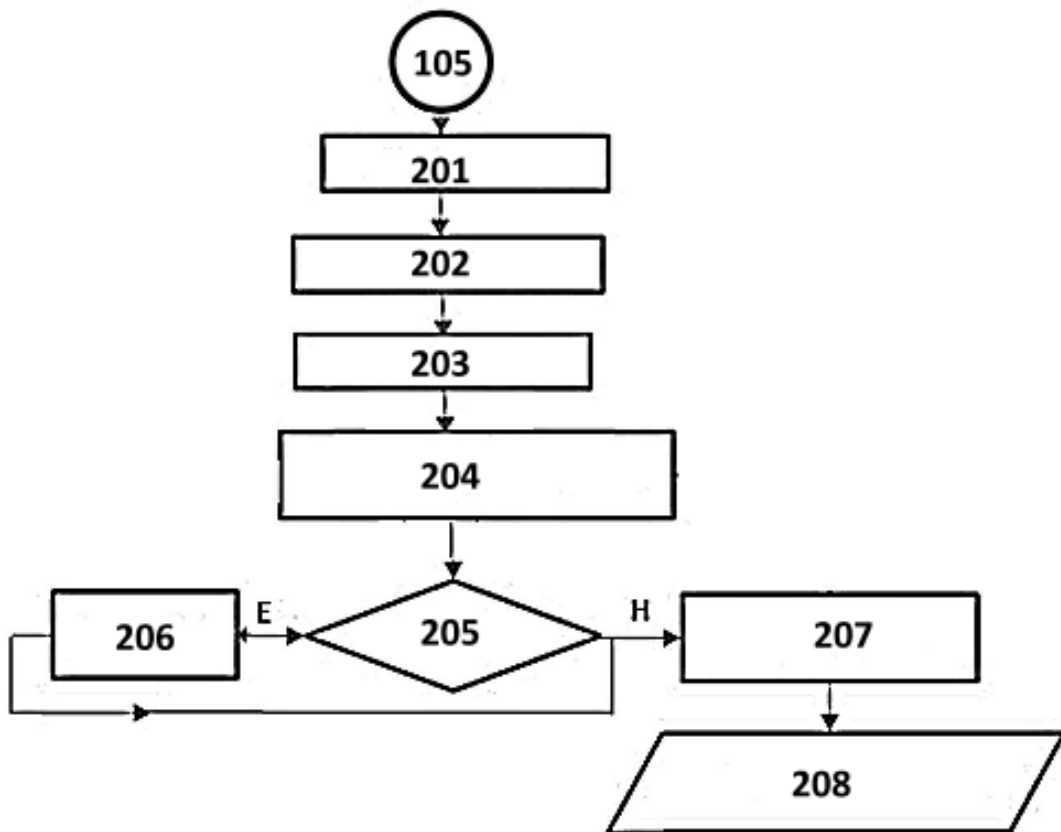
Şekil 39-66 numaralı grafiklerde yer alan KAB bölgeleri tespiti test sonuçları şöyle özetlenebilir; KAB bölgeleri tespiti için Denklem-8, Denklem-10, Denklem-12 ve Denklem-11'de yer alan tüm enerji hesaplama formülleri test edilmiştir. Bu maksatla sırasıyla,

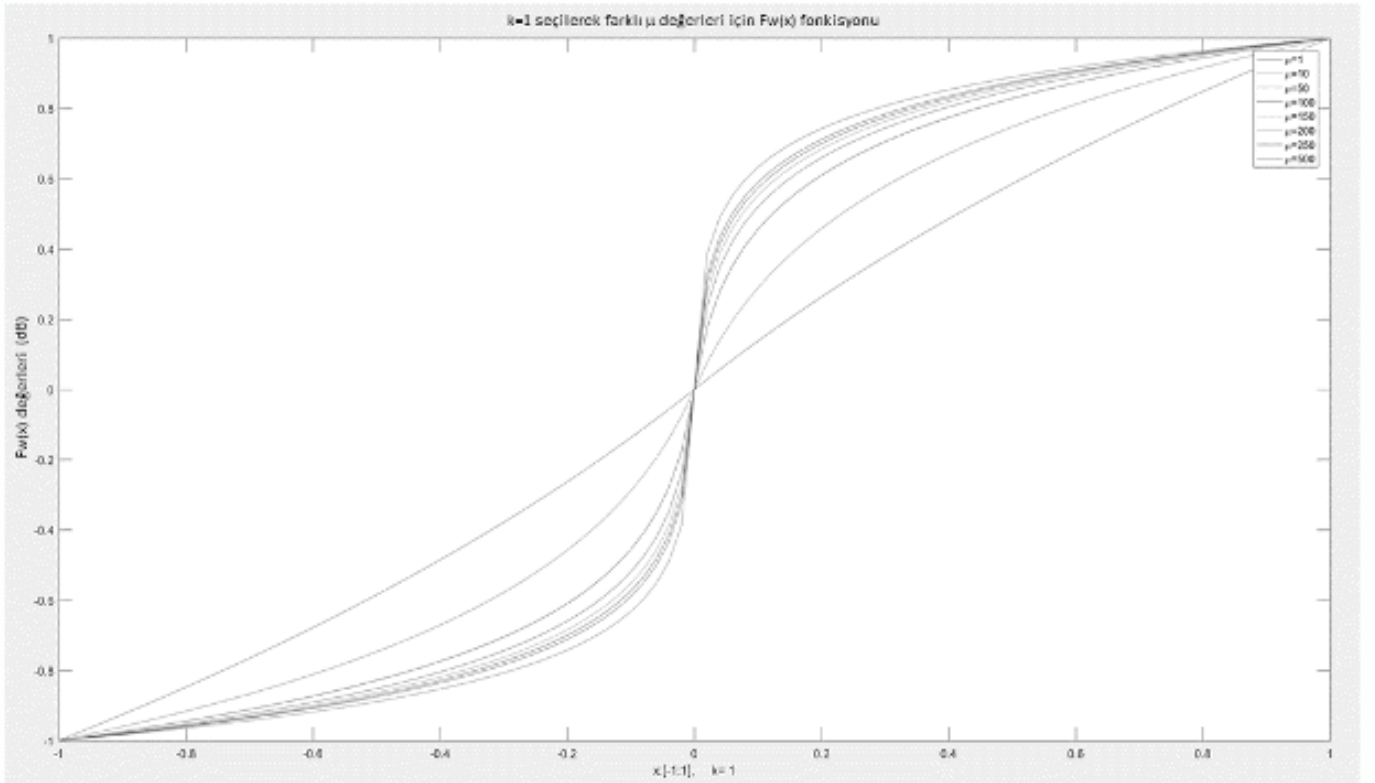
- Rms enerji metodu (Denklem-8)
- Genlikkare enerji metodu (Denklem-10)
- μ -law (mulaw) enerji metodu (Denklem-11)
- Kodlayıcı enerji metodu (Denklem-12) dikkate alınmıştır.

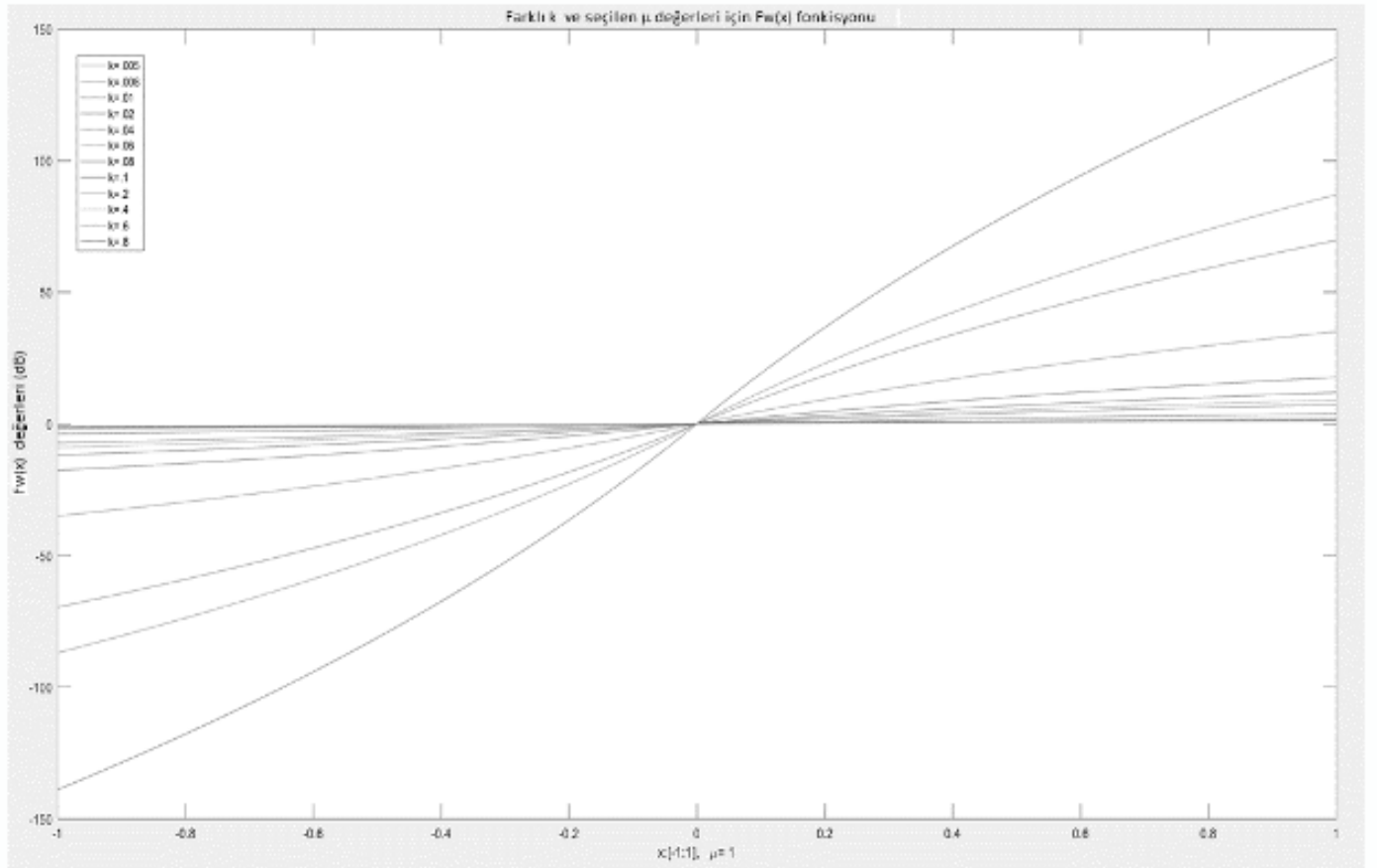
Tüm grafiklerde, ilgili metotlar için gürültülü ve temiz sinyal KAB bölgeleri ile gürültülü ve temiz sinyal enerji seviyeleri, ayrıca hesaplanan ortalama sinyal gürültü genlik değeri ($avgx$) üst üste çizdirilmiştir. Öncelikle Madde 1'de görüldüğü üzere, temiz (gürültüsüz ses sinyali için KAB bölgeleri ve enerji seviyeleri çizdirilmiştir. Görüldüğü üzere, temiz ses sinyali için, tüm metotların KAB bölgeleri kararları aşağı yukarı eşittir. Ayrıca madde 2'de görüleceği gibi, gürültülü giriş sinyalinin SNR değeri 15dB civarında da her bir metodun KAB bölgeleri birbirine yakındır. Madde

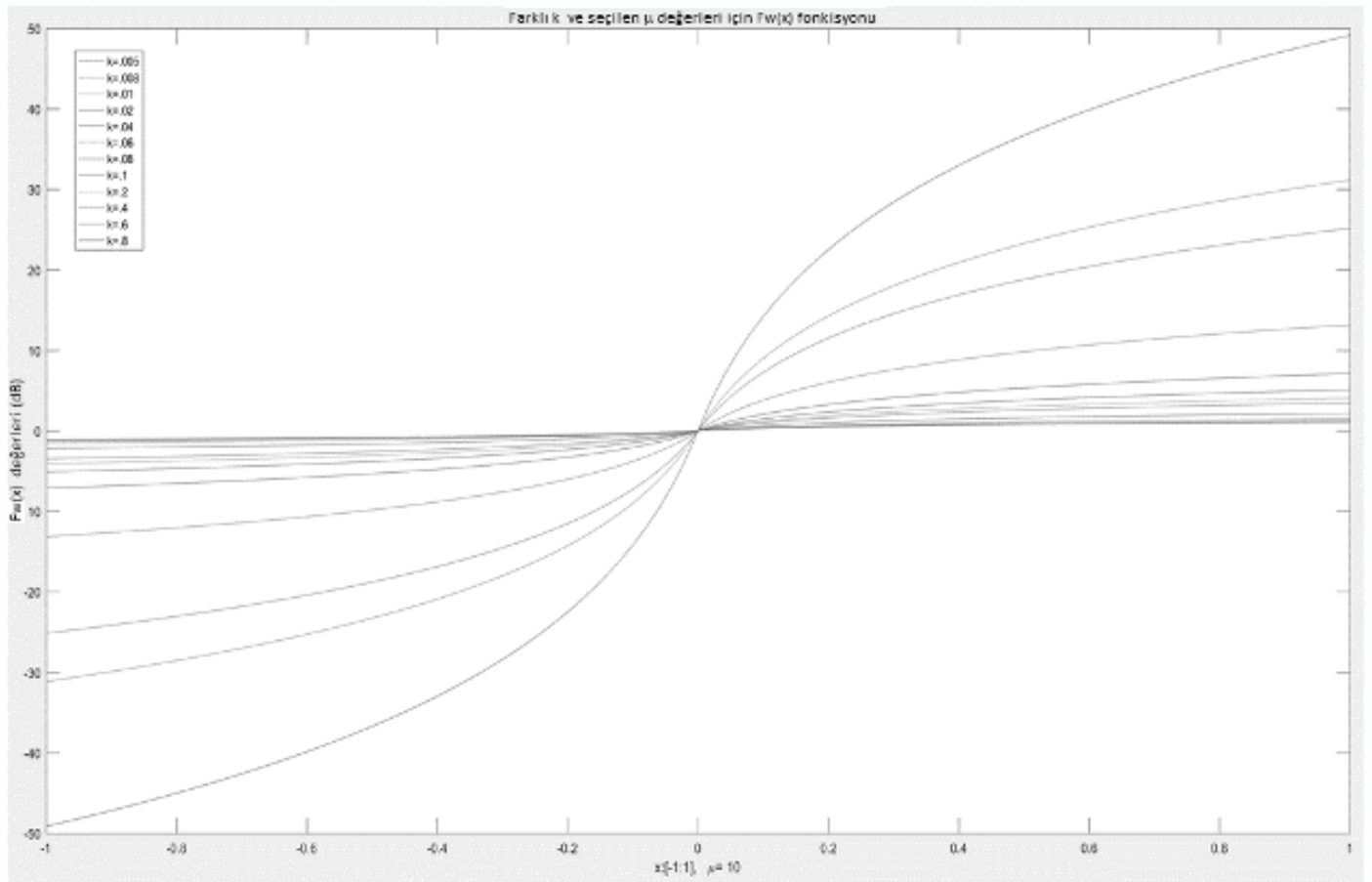
4'de görüleceği üzere ise, SNR seviyesi 0 dB civarına indiğinde, μ -law enerji hesabı, gürültülü sinyal için hızla düşmüştür ve paralelinde KAB bölgeleri hızla daralmıştır. Diğer yandan buluş konusu kodlayıcı ile KAB bölgeleri geniş bir aralıkta tespit edilmeye devam etmektedir. Yine kodlayıcı enerji bölgeleri yüksek genliğini muhafaza etmektedir. Gürültülü giriş sinyalinin SNR değeri 0dB civarlarında ve daha altında iken Denklem-8 ve Denklem-10'a göre yapılan KAB analizleri, tespit yeteneğini yitirmektedir. Denklem-11'deki μ -law metodu tespit yeteneğini devam ettiriyor görünmekle birlikte SNR 0dB altında hızla küçülen enerji bölgeleri ve artan varyans miktarı sebebiyle güvenilir sonuçlar sunmamaktadır. Diğer yandan kodlayıcı enerji metodu, SNR -14dB civarında dahi, genlik değerleri gürültü sinyali üzerinde kalan sinyallerin enerji bölgelerini tespit etmeye devam etmektedir.

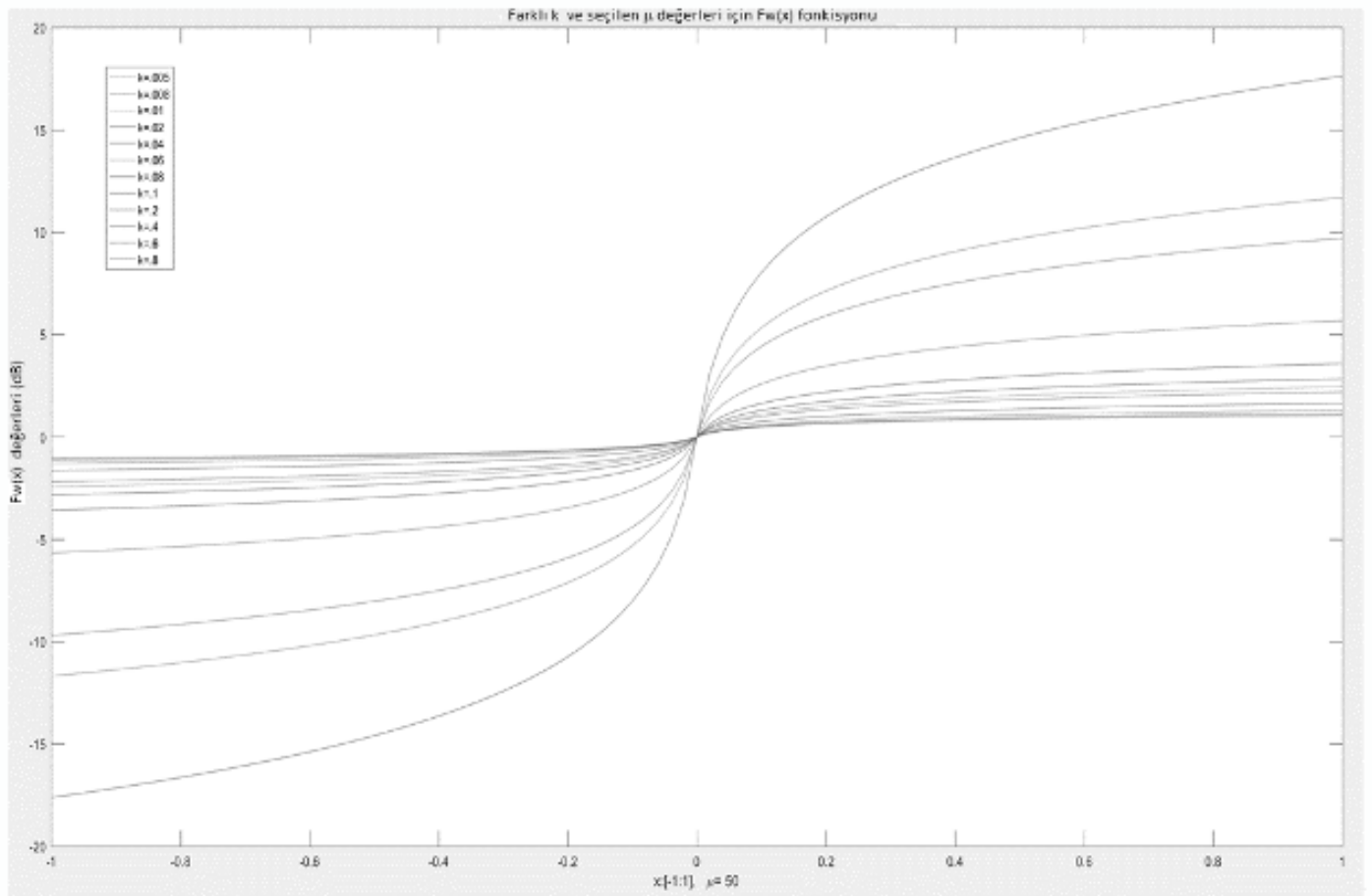


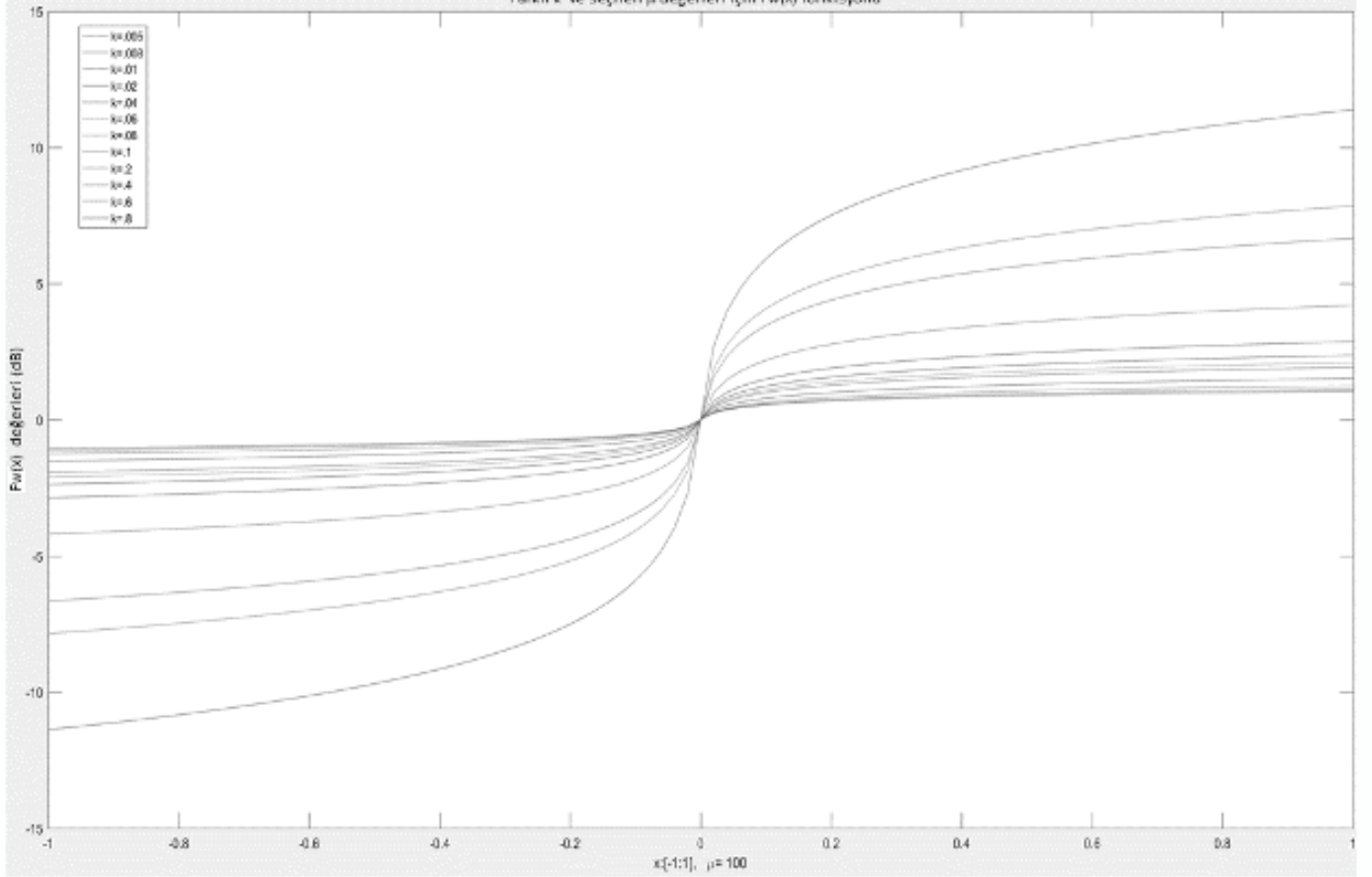


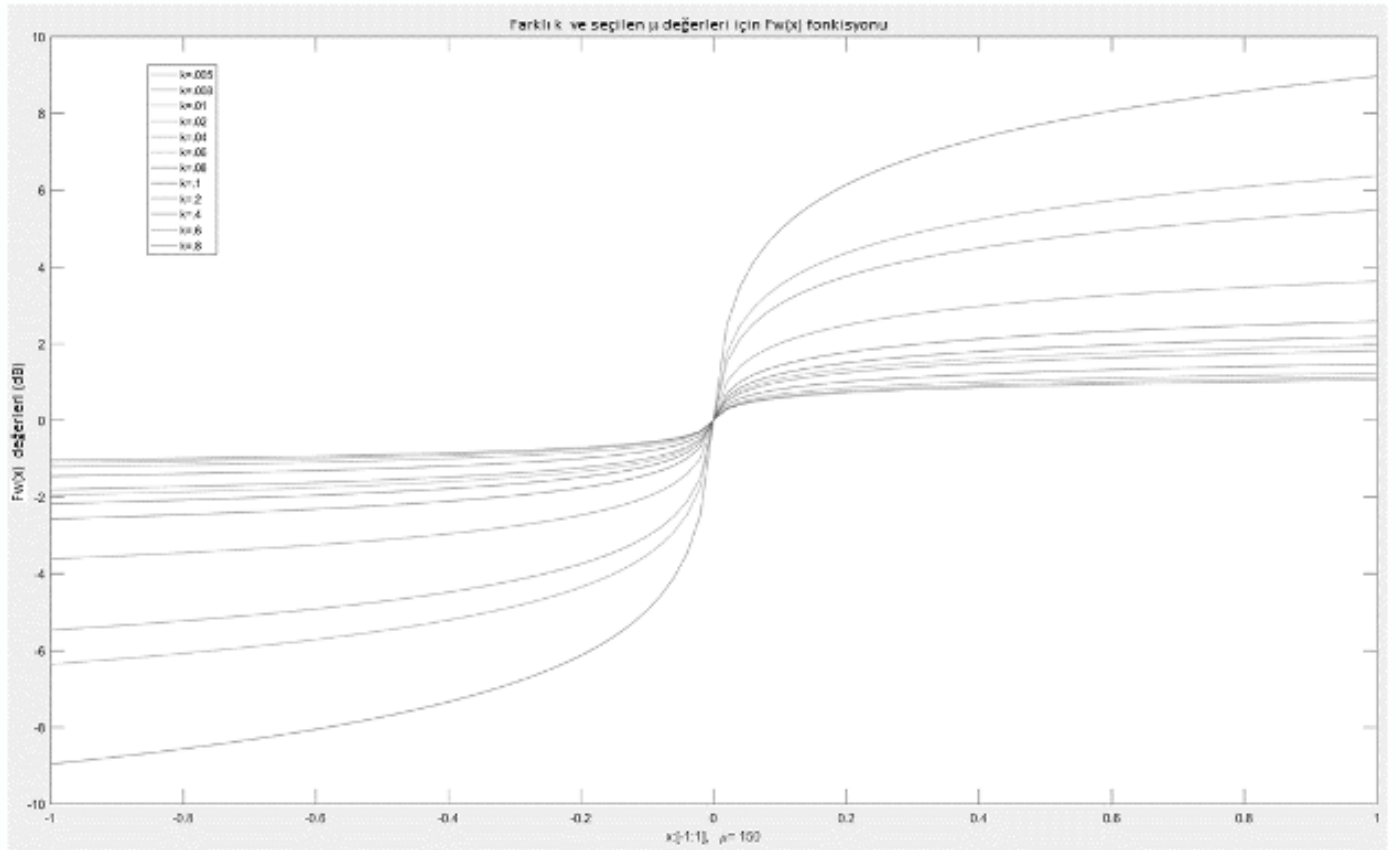


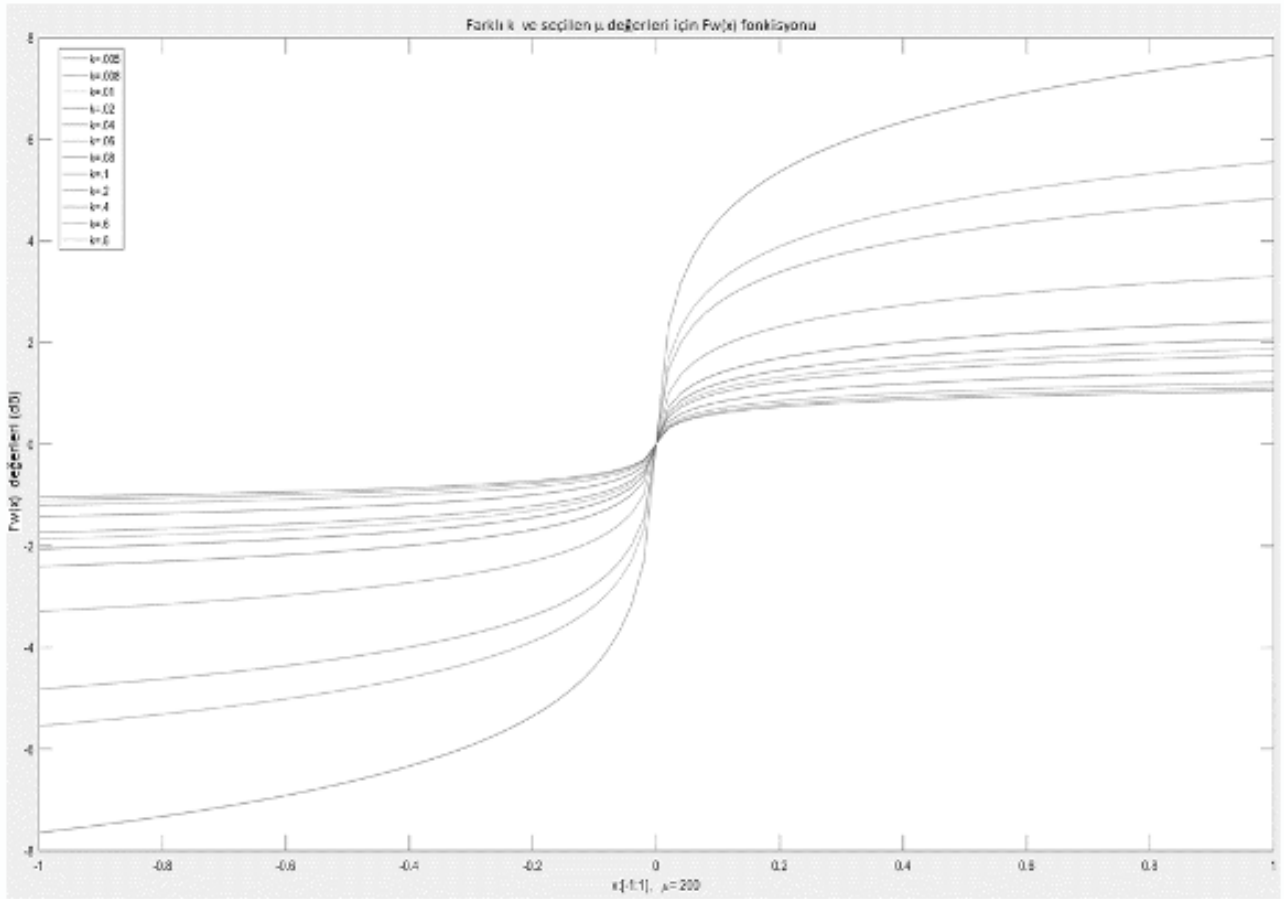


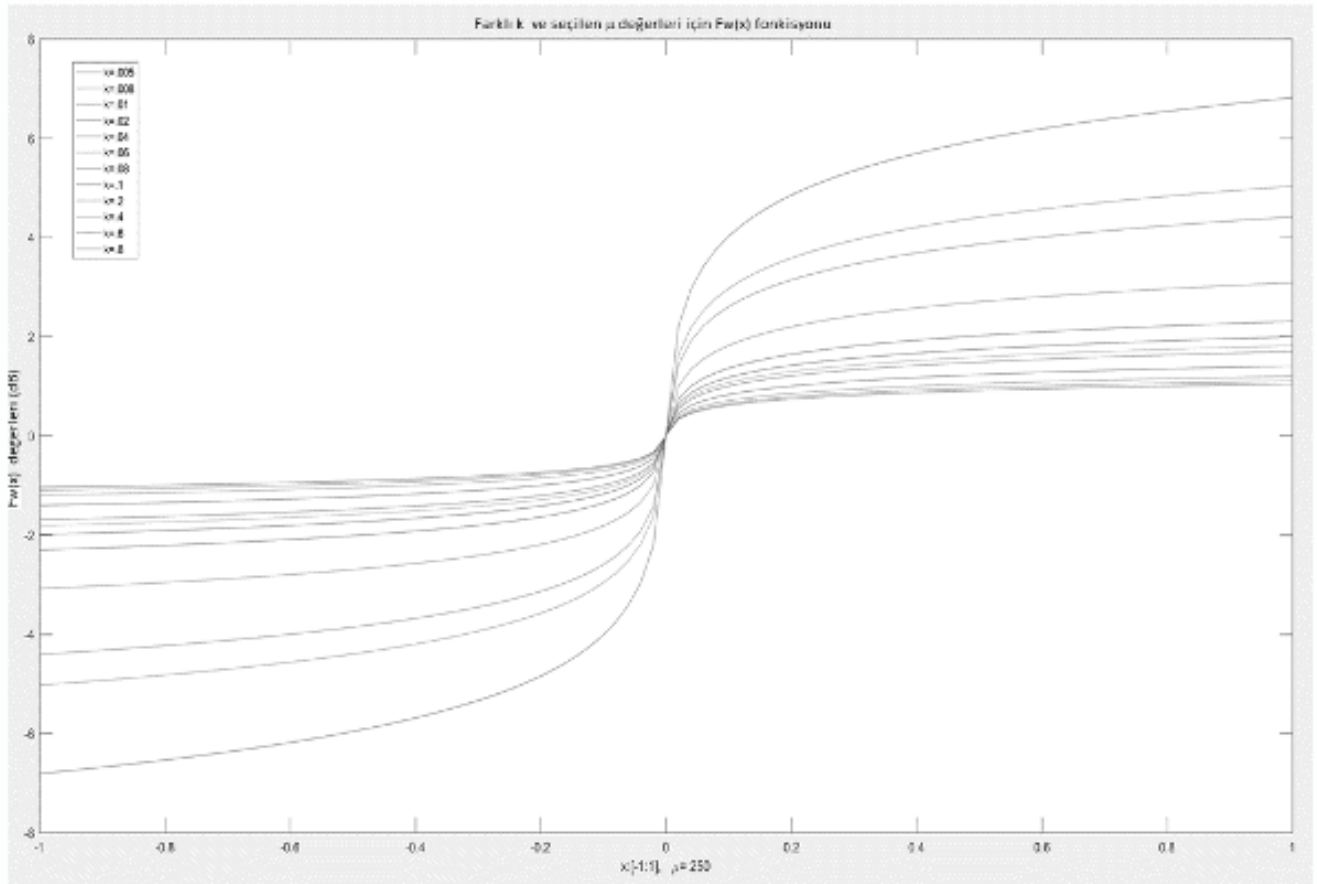


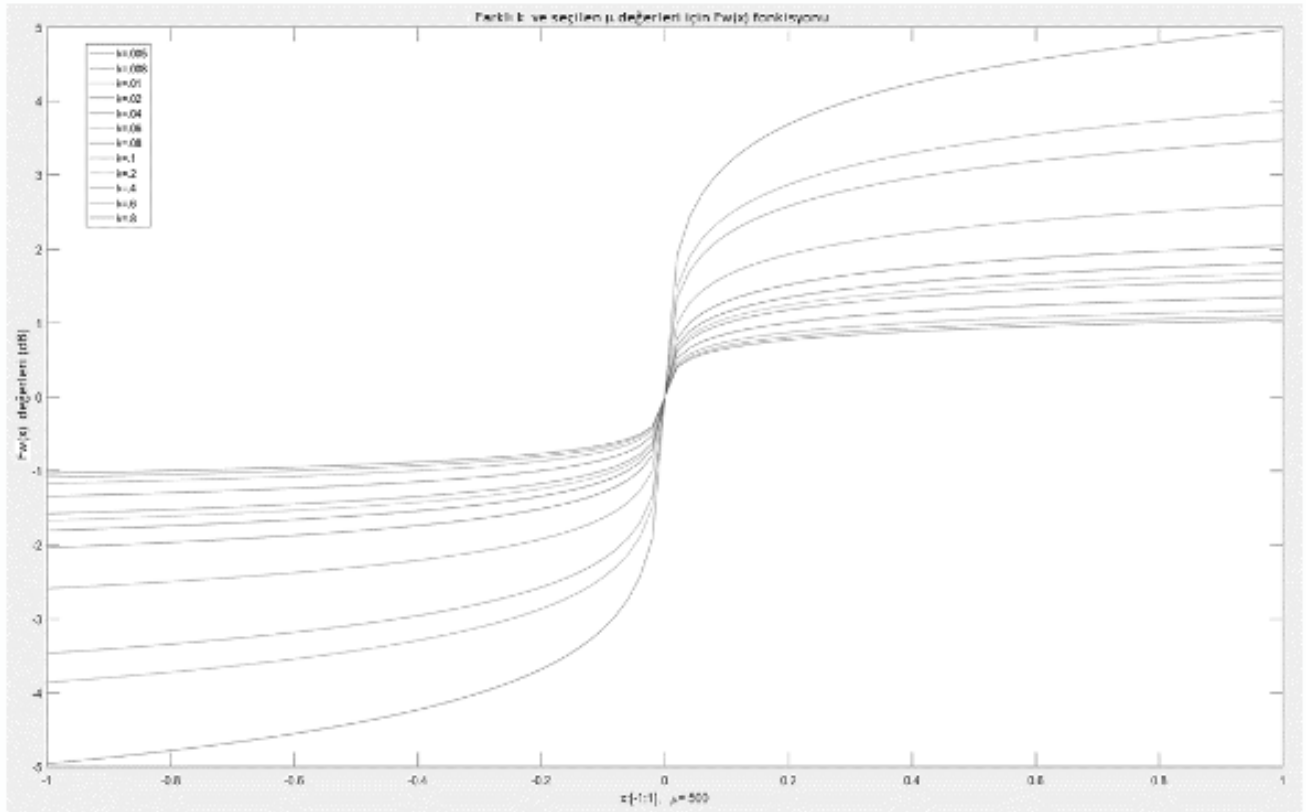


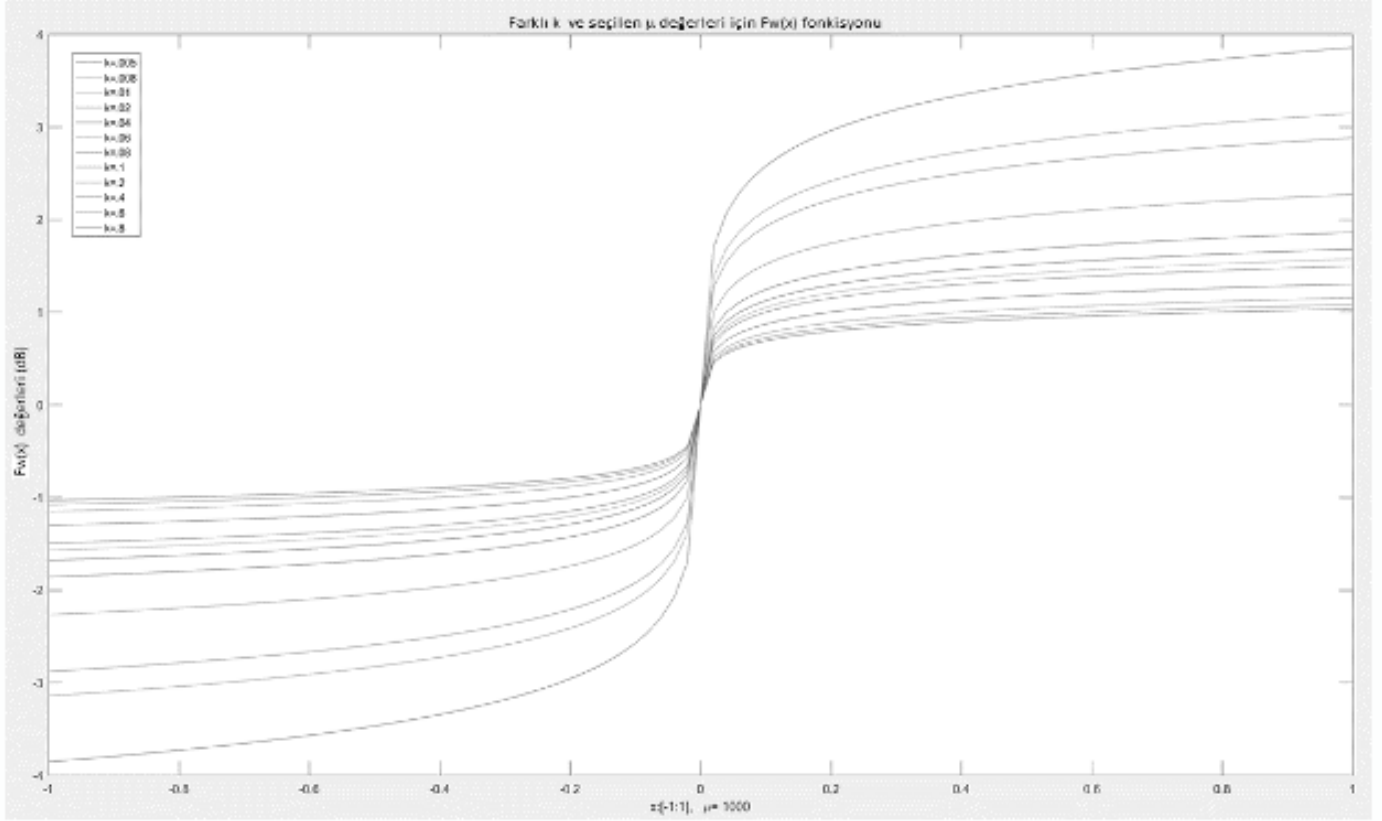


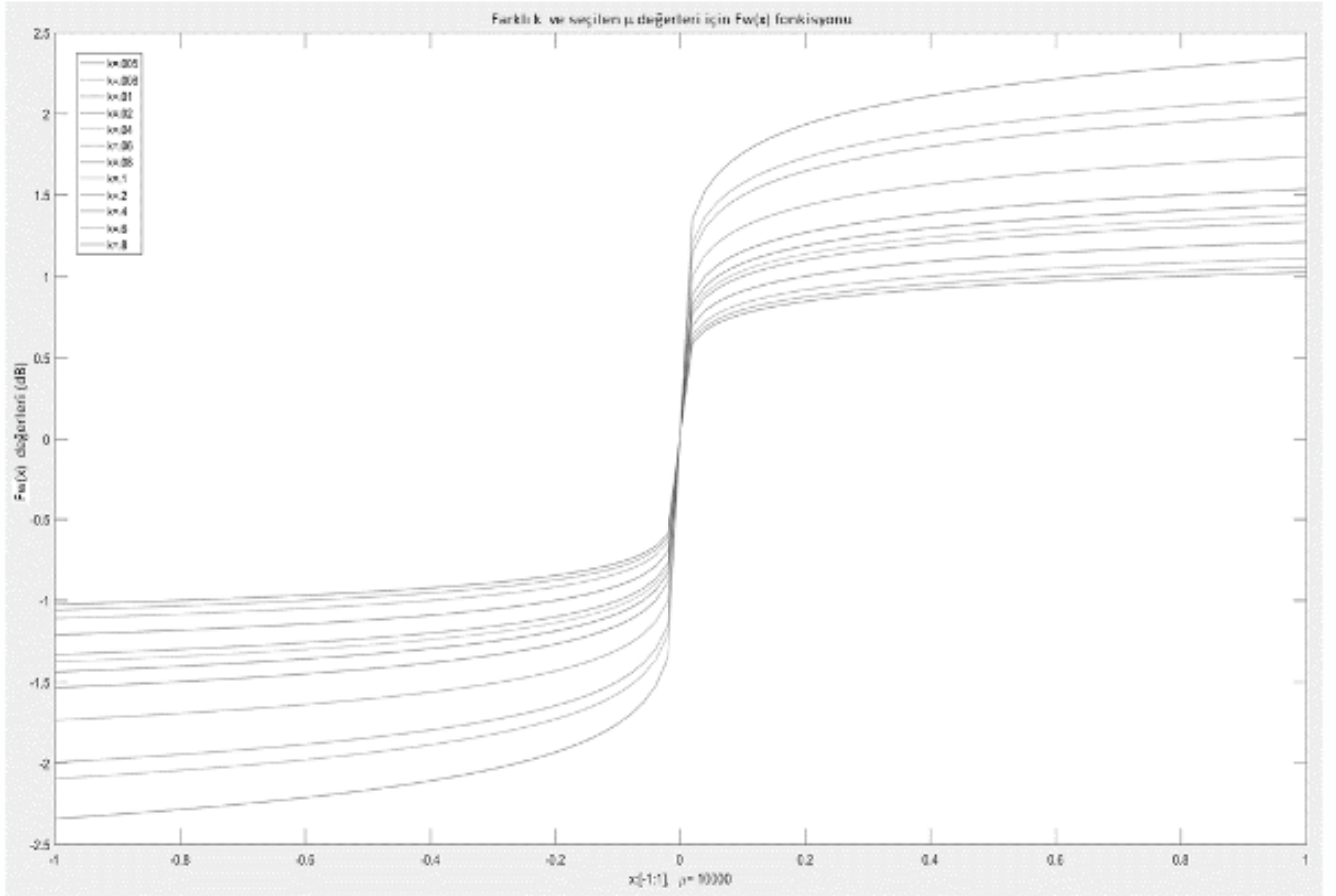


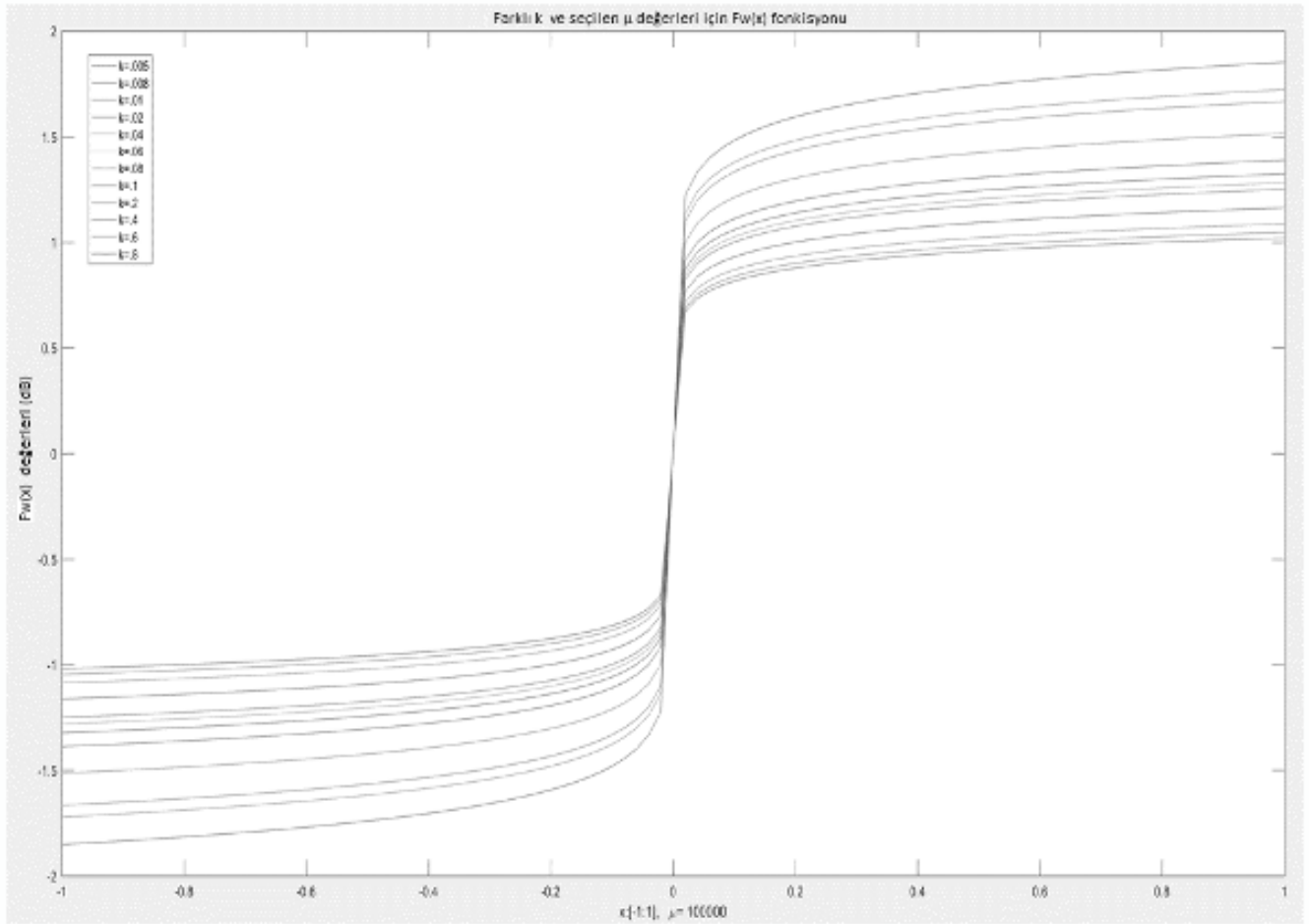


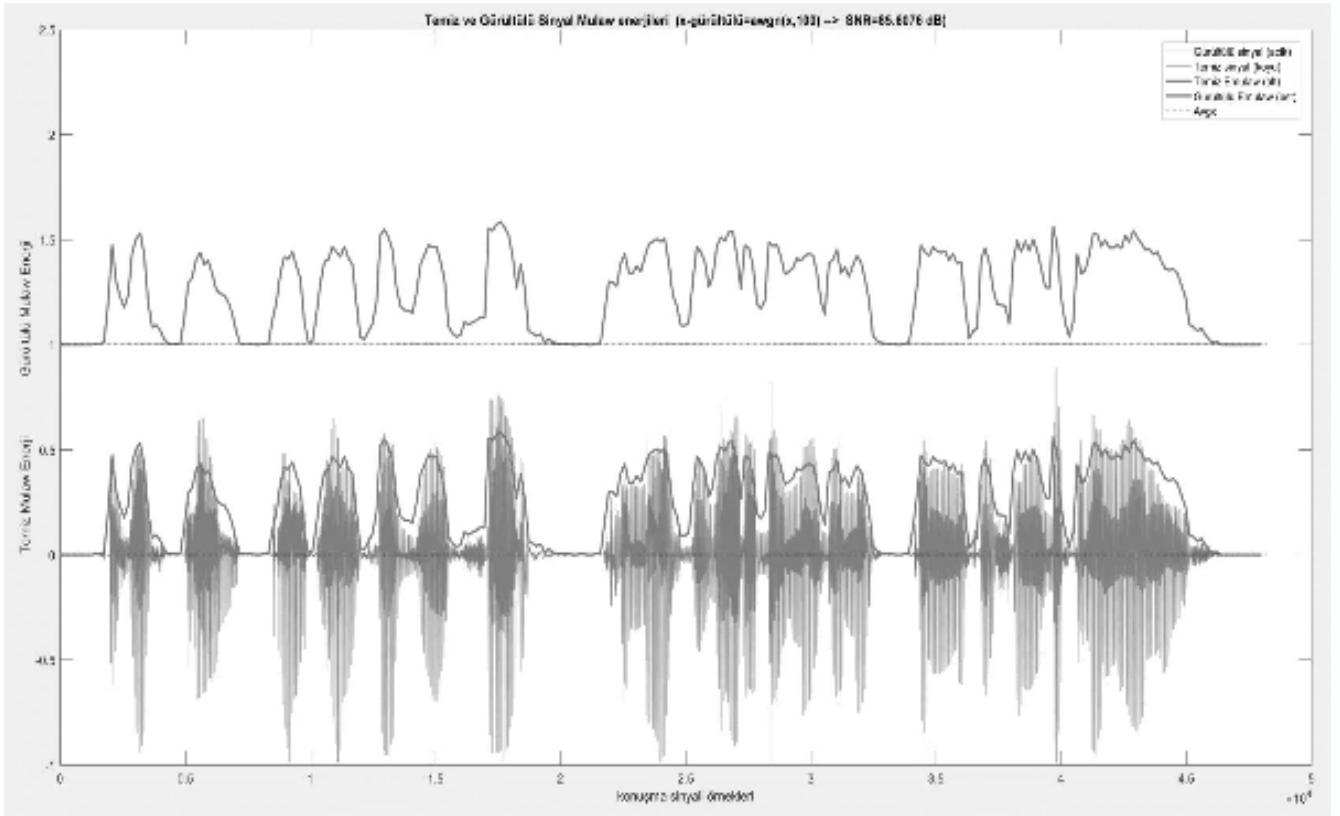


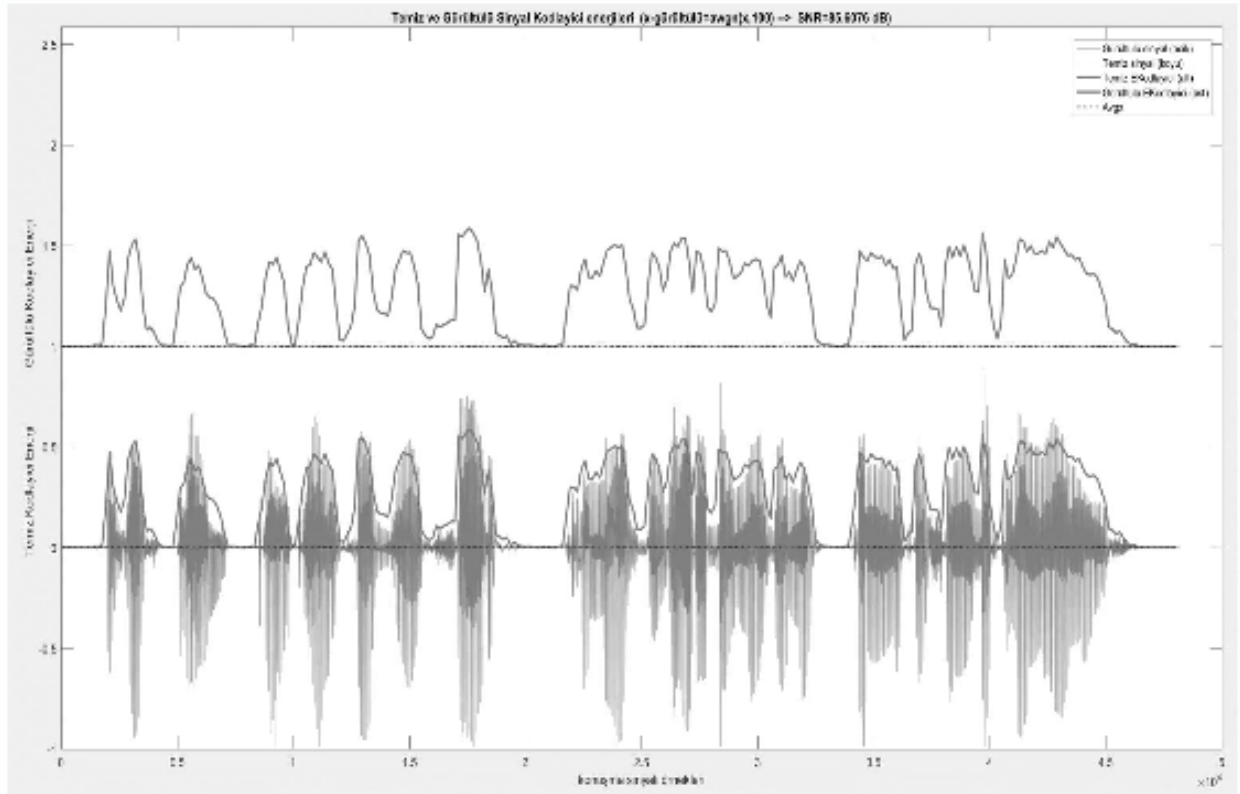


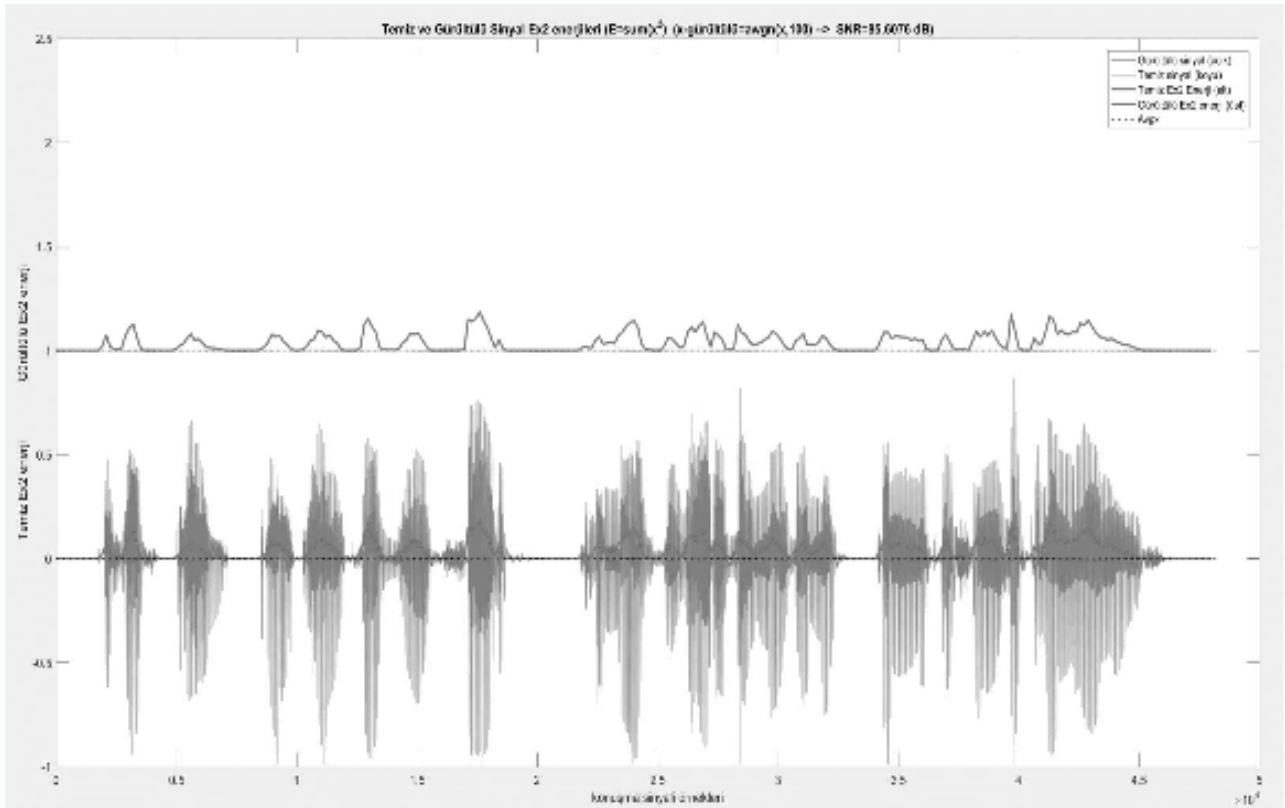


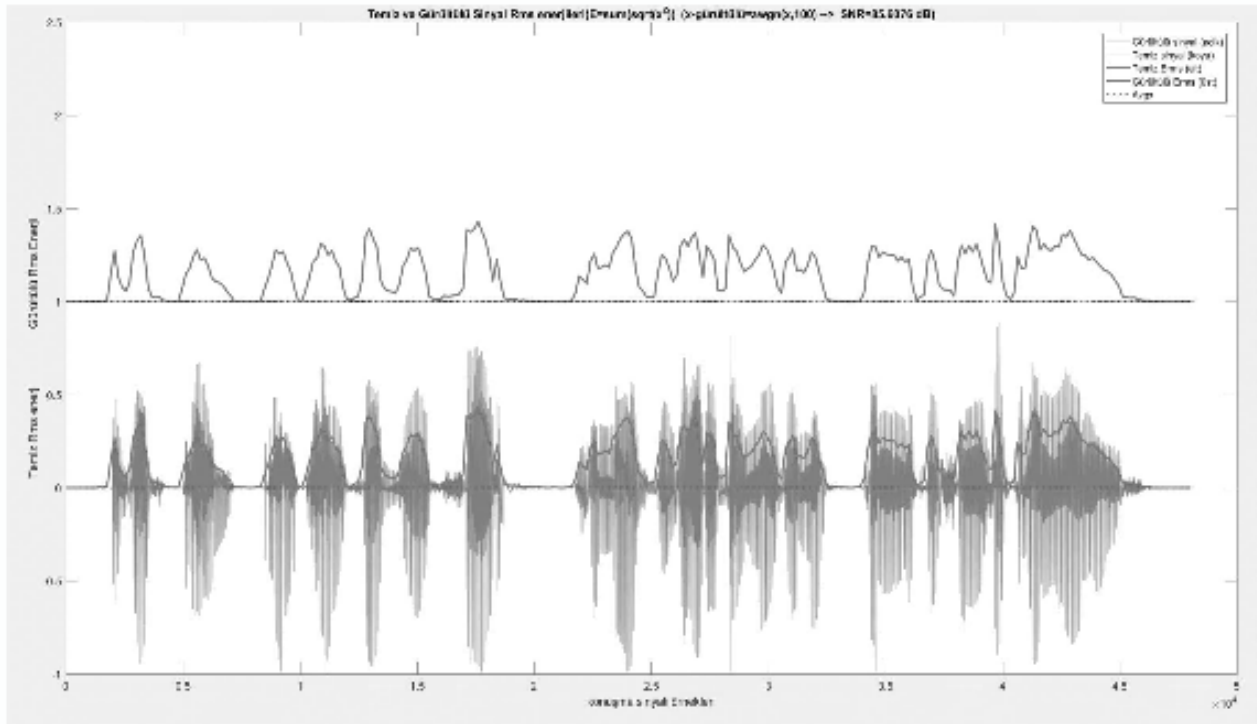


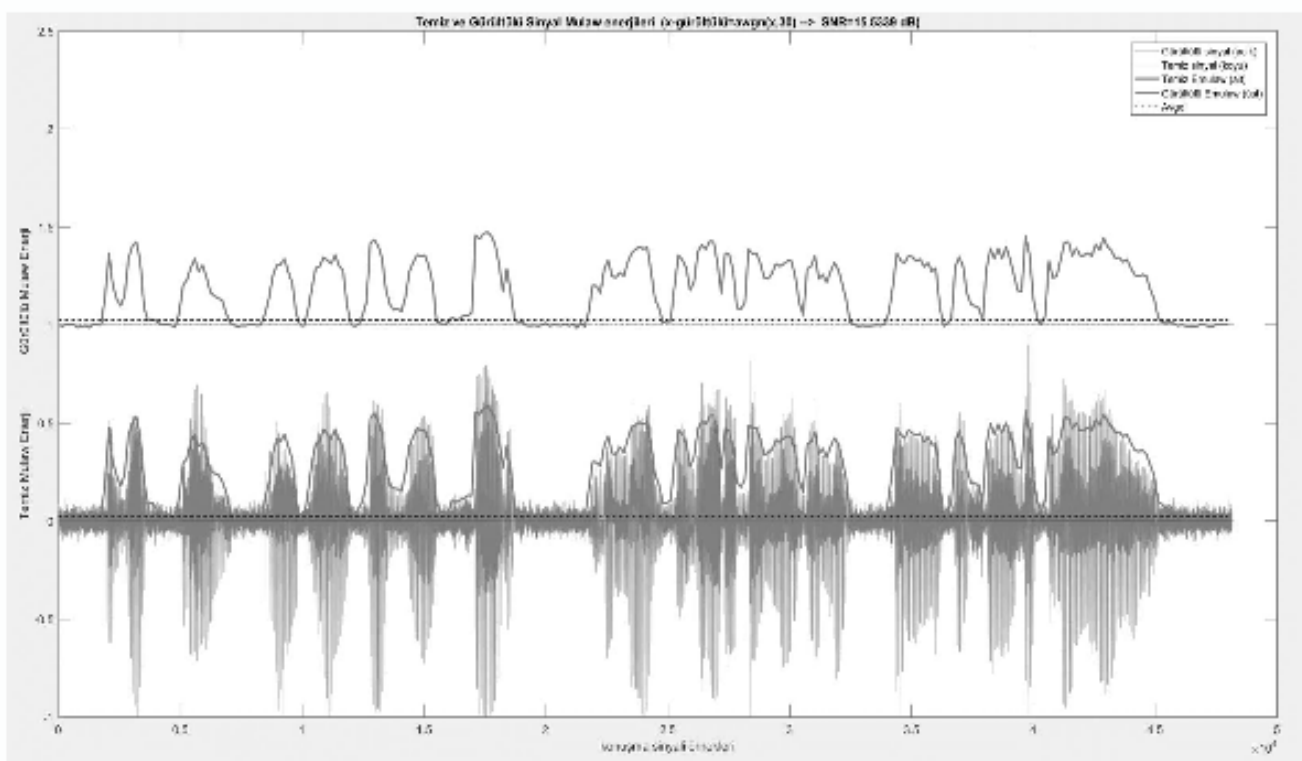




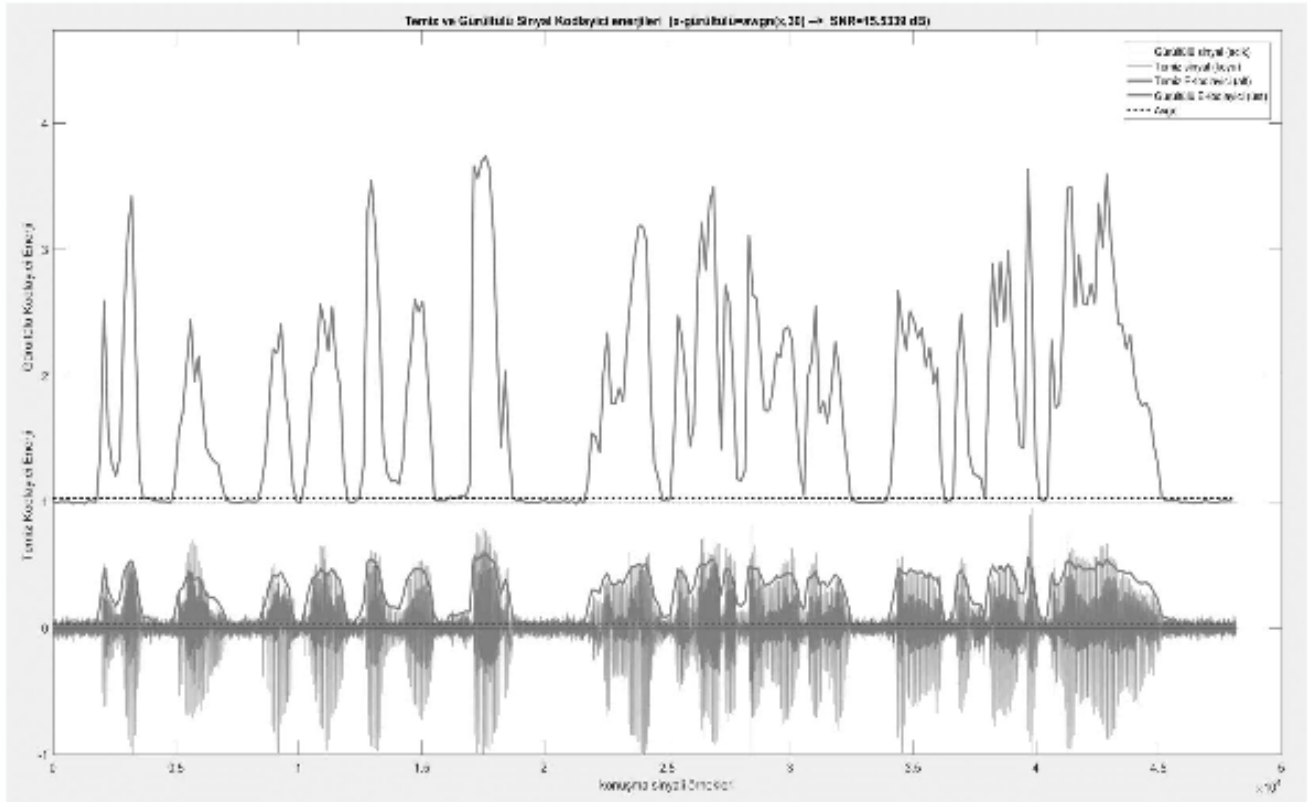


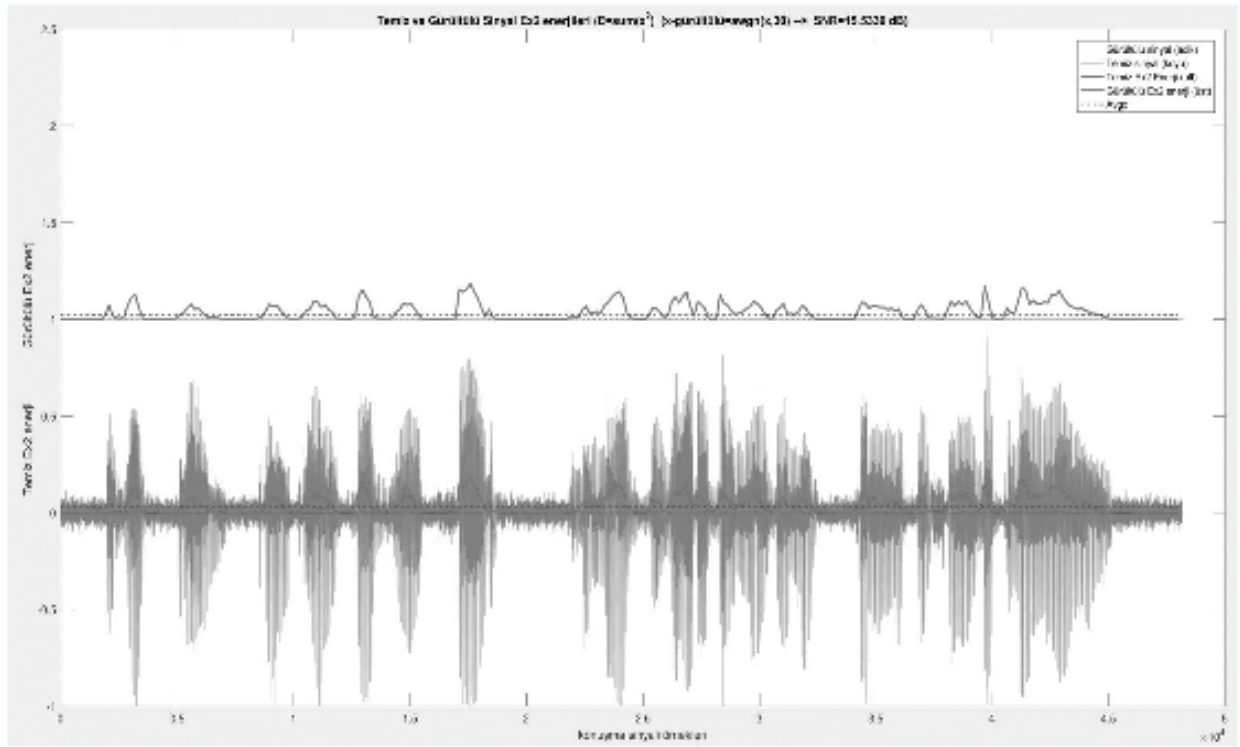


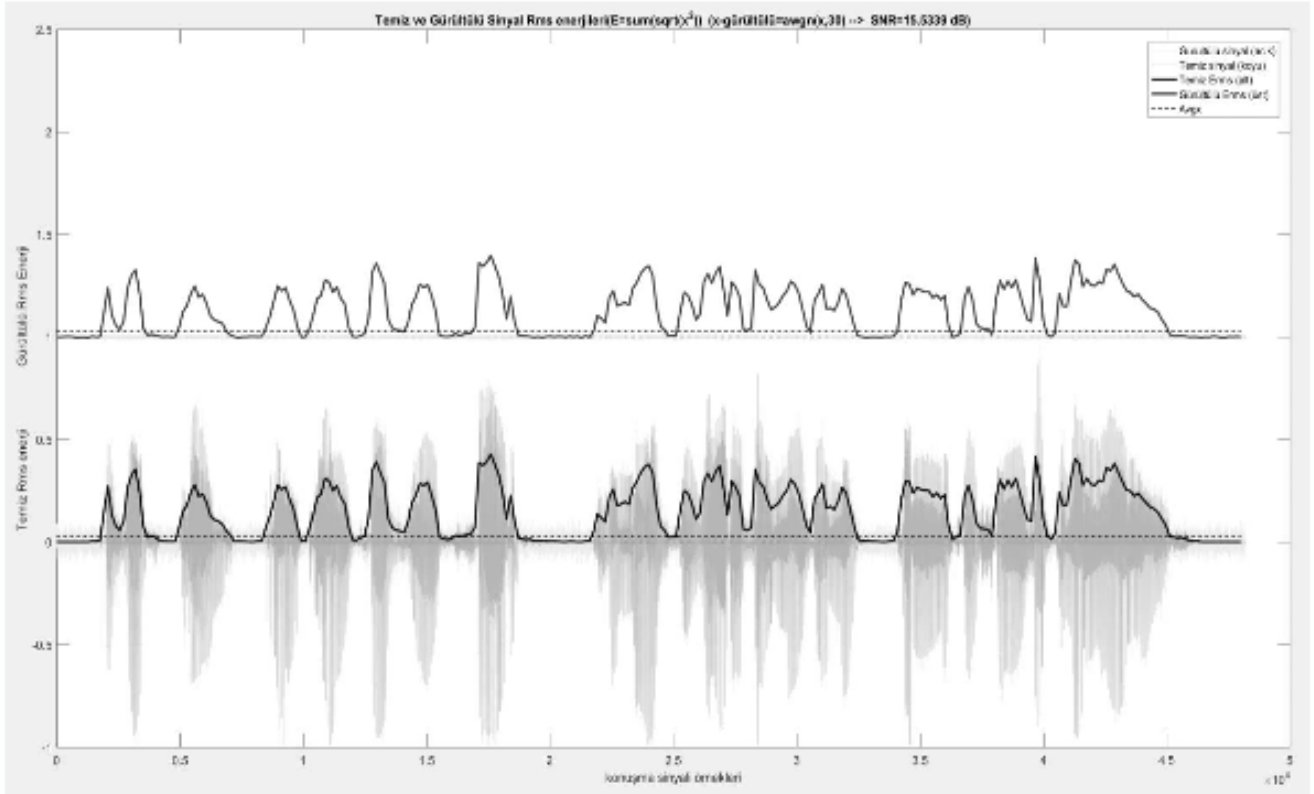


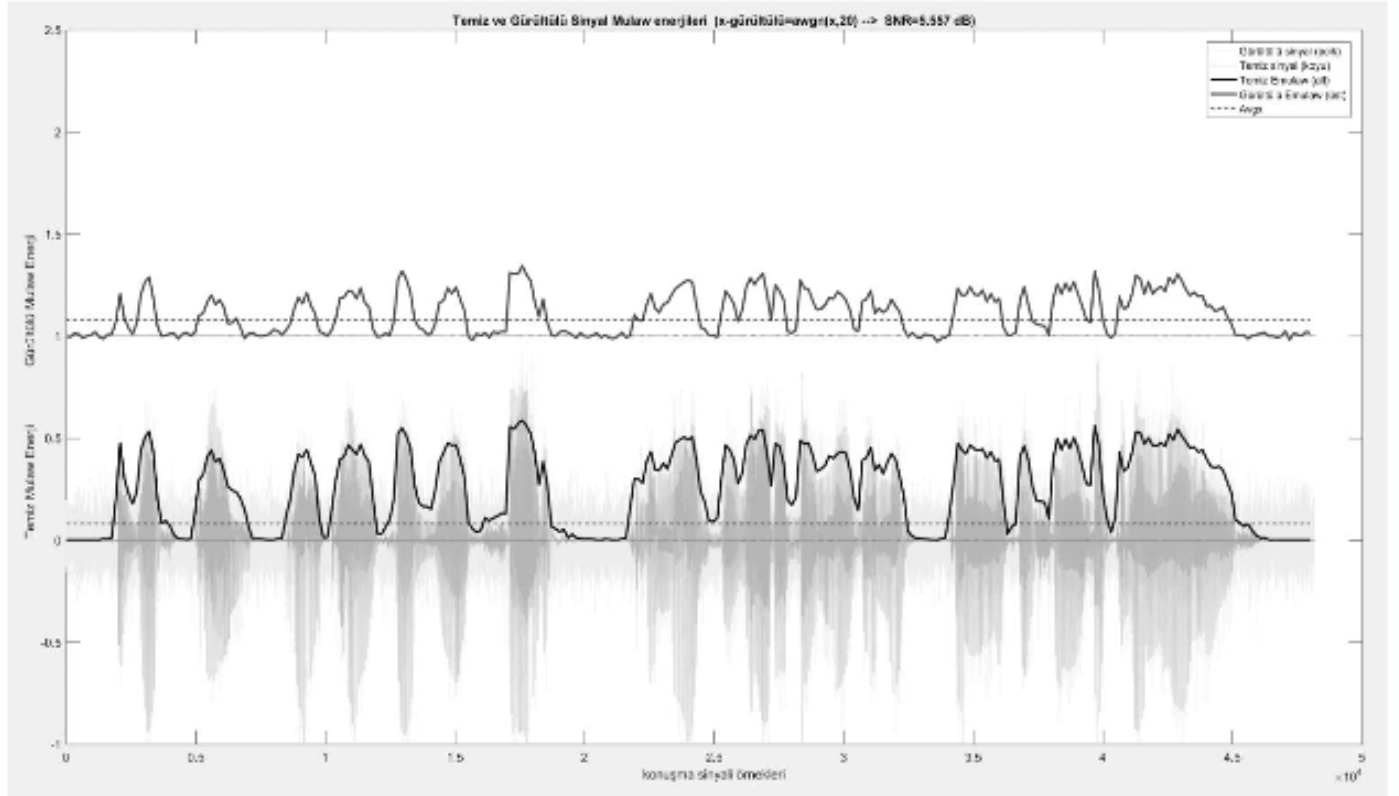


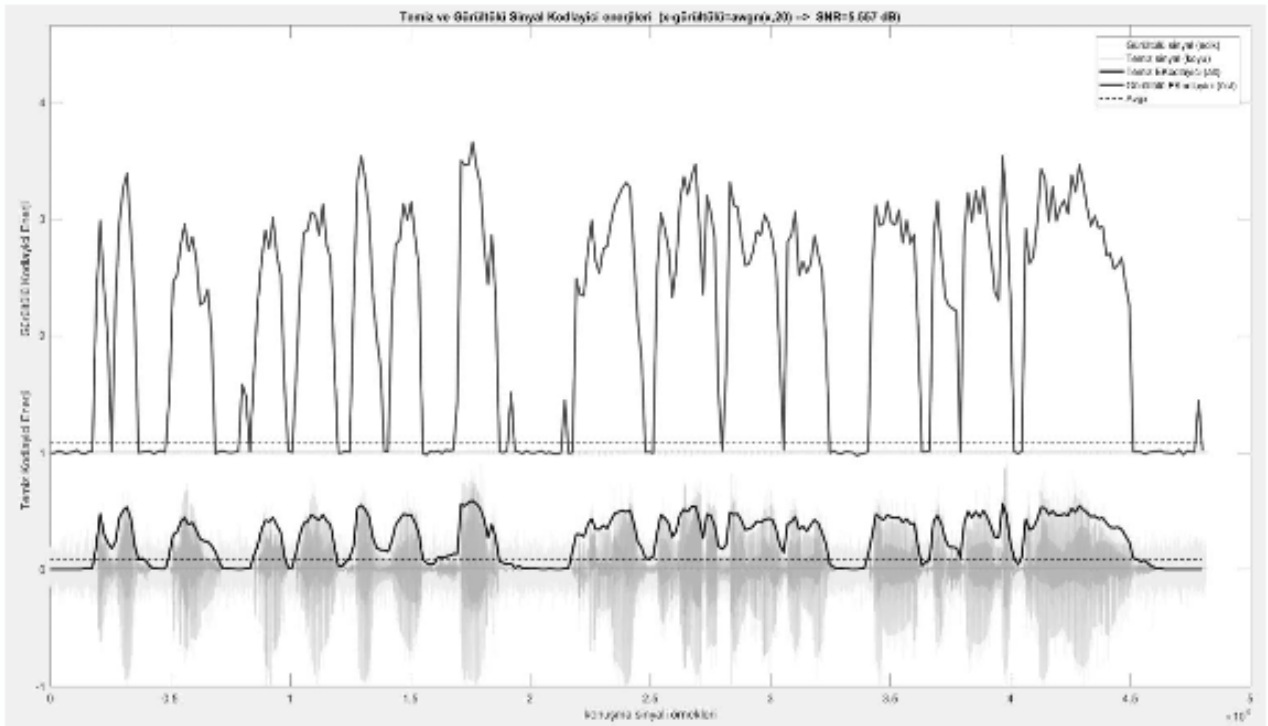
Şekil - 19

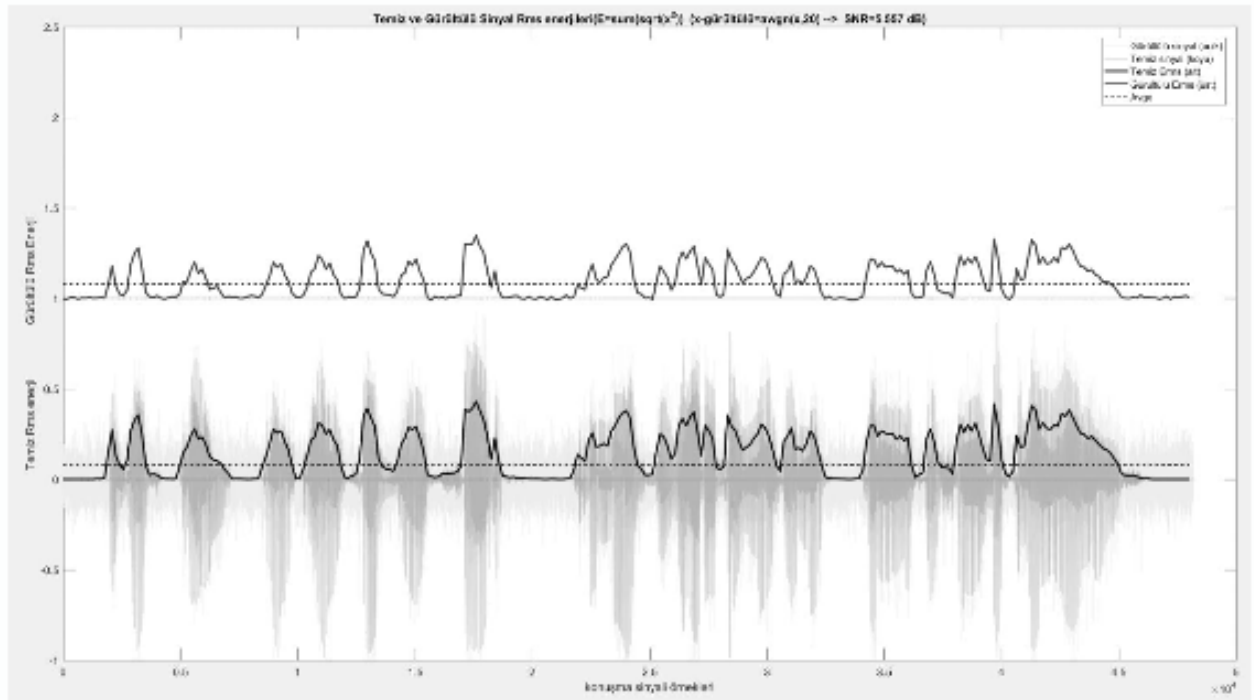


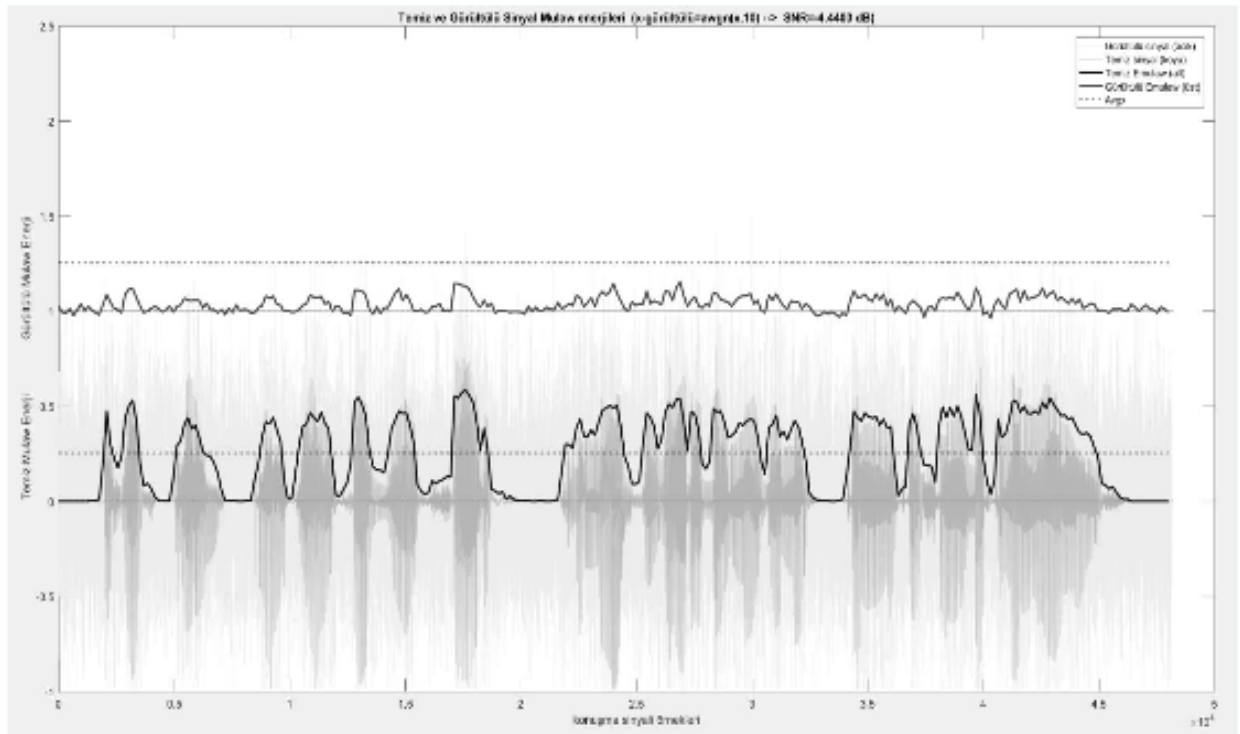


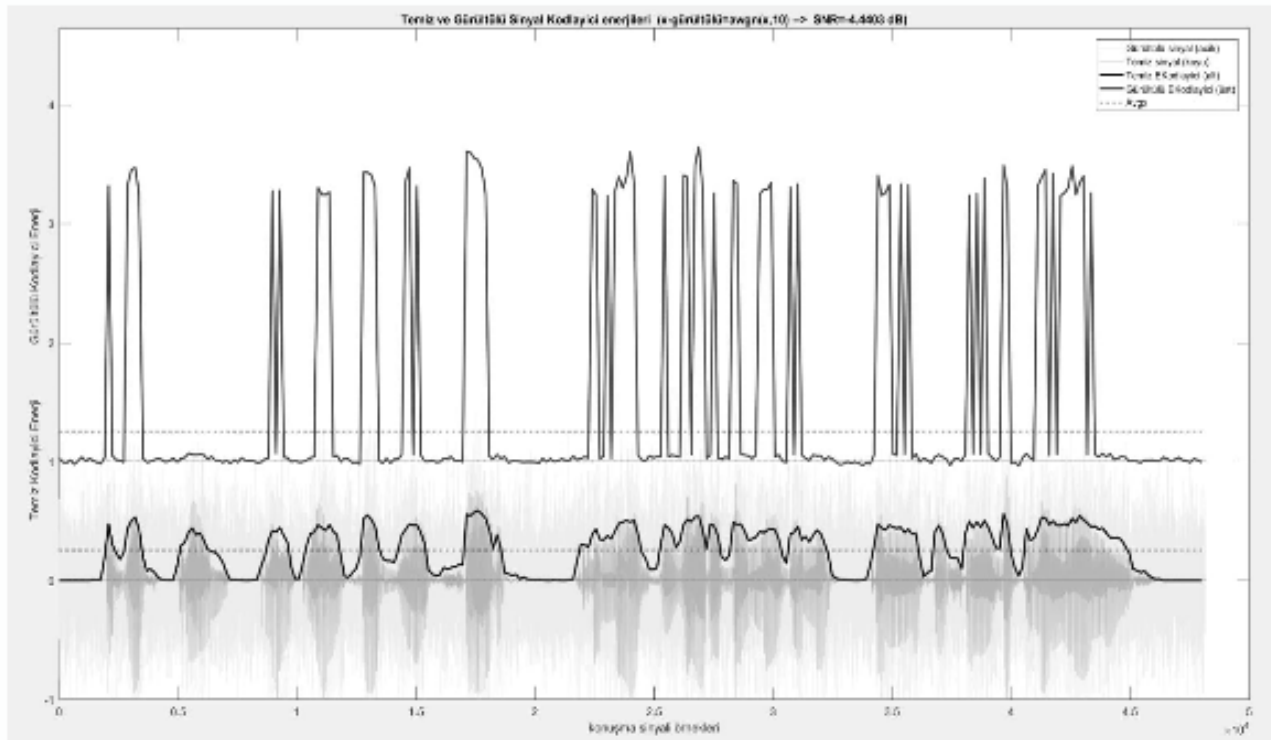


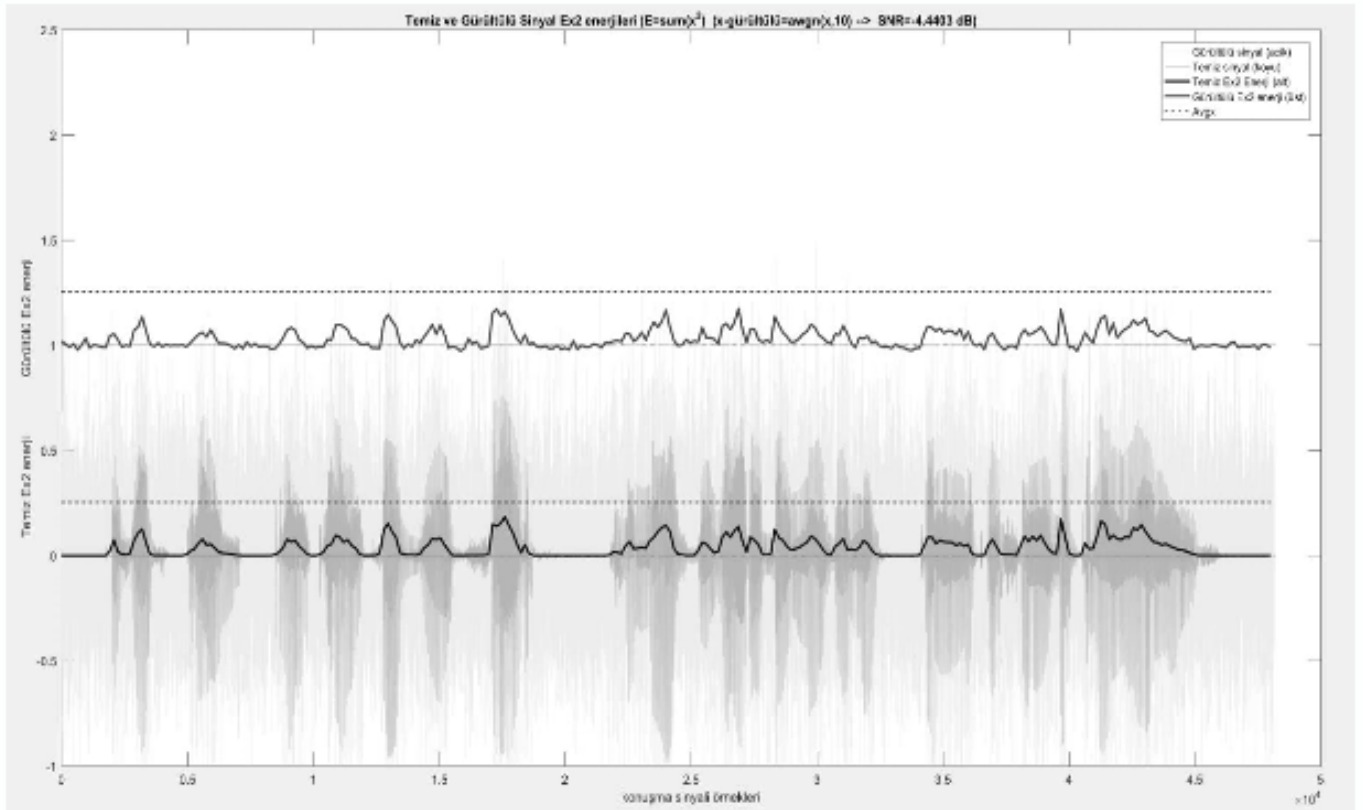


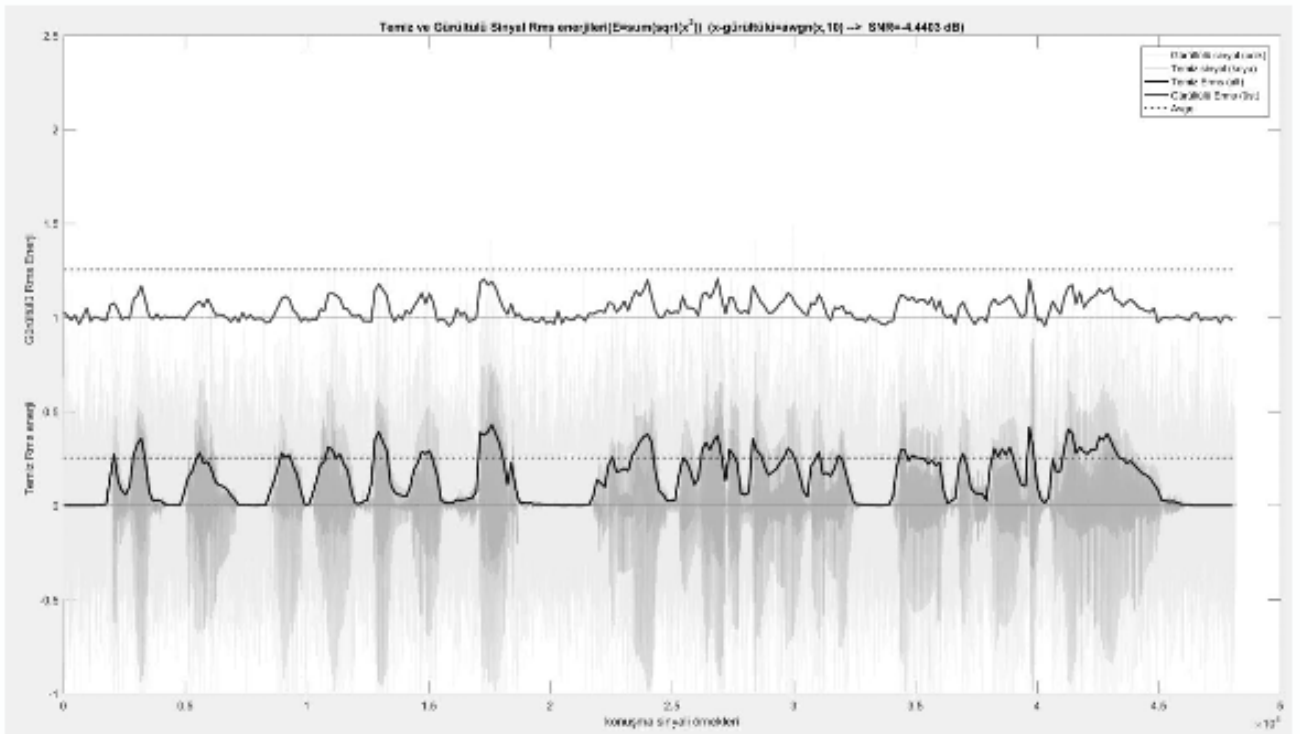


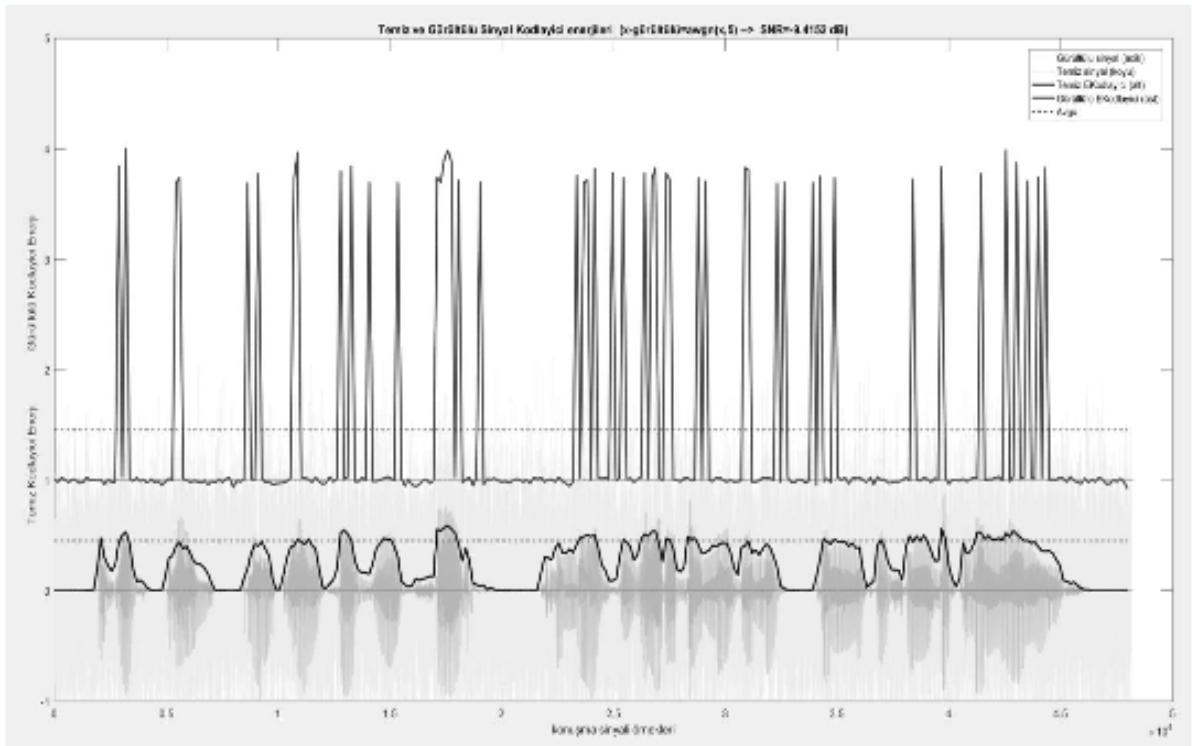


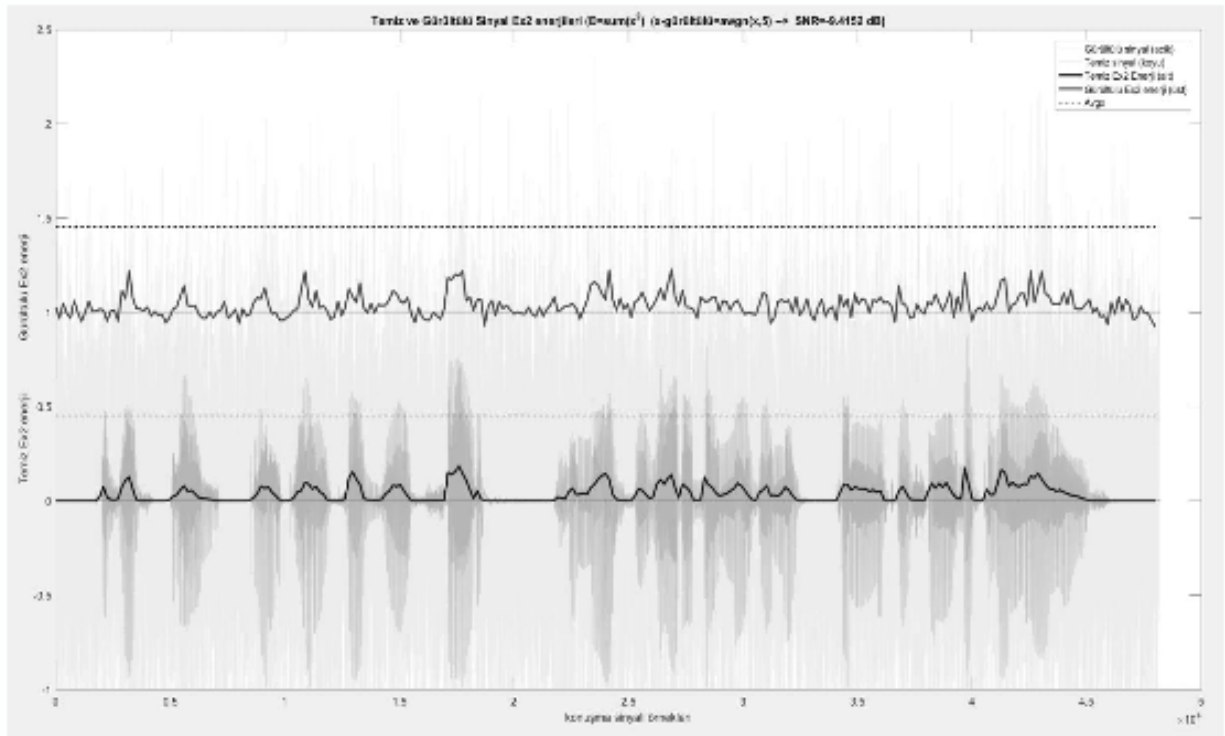


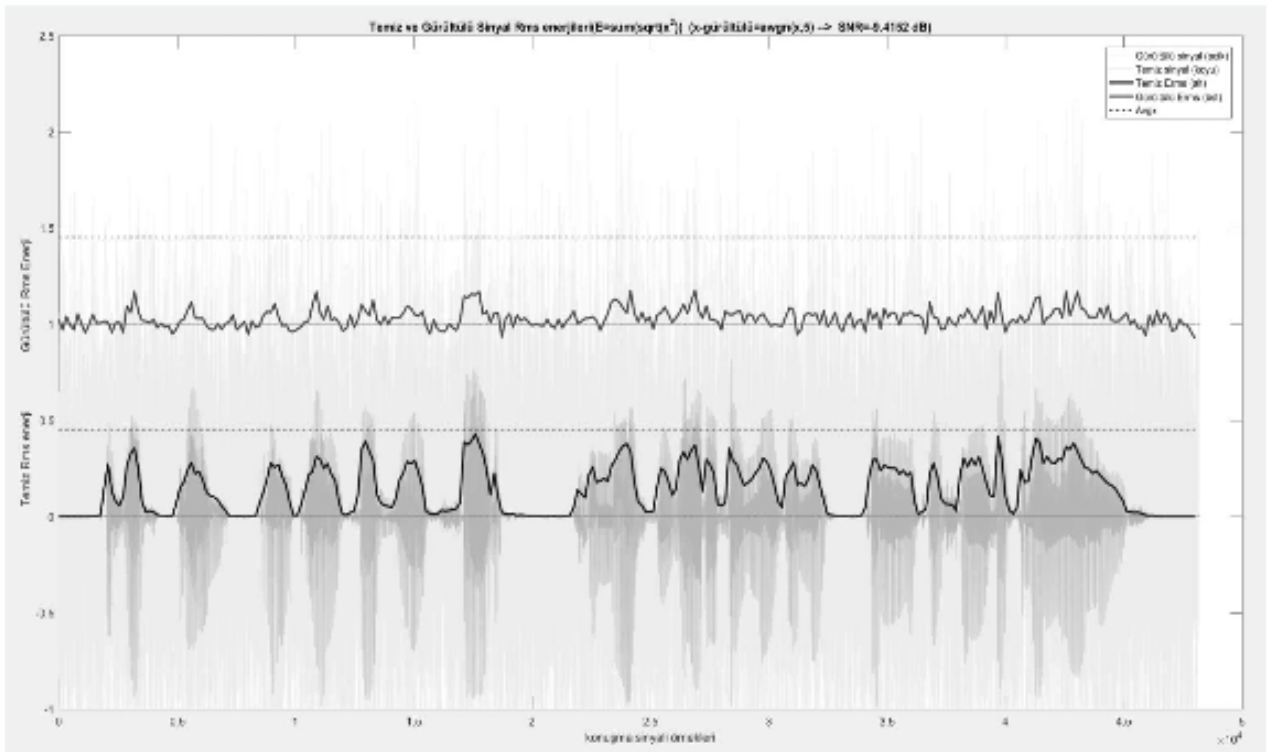


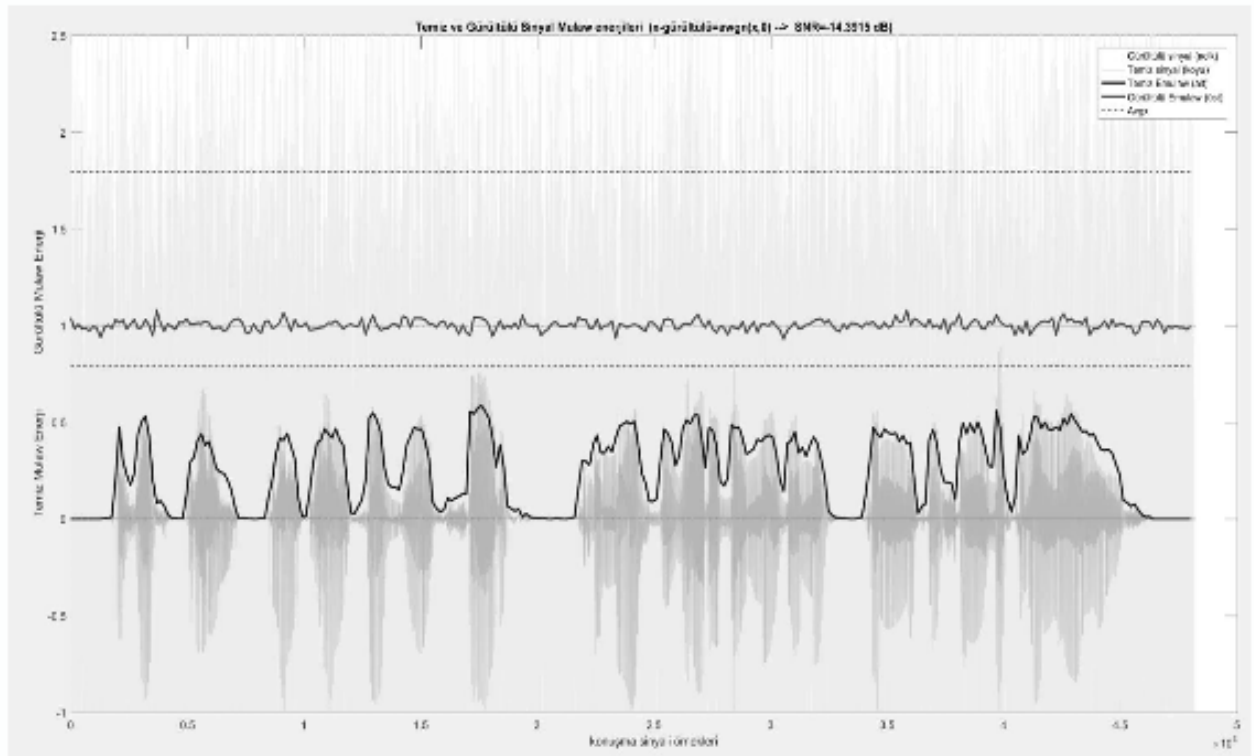


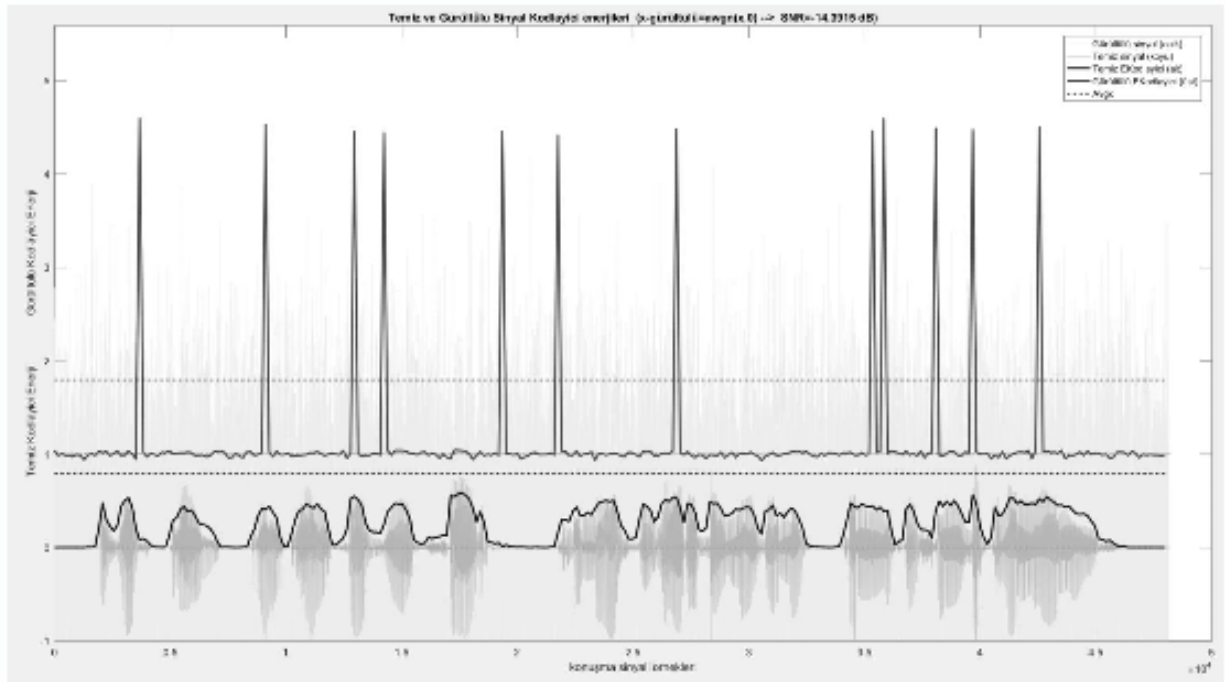


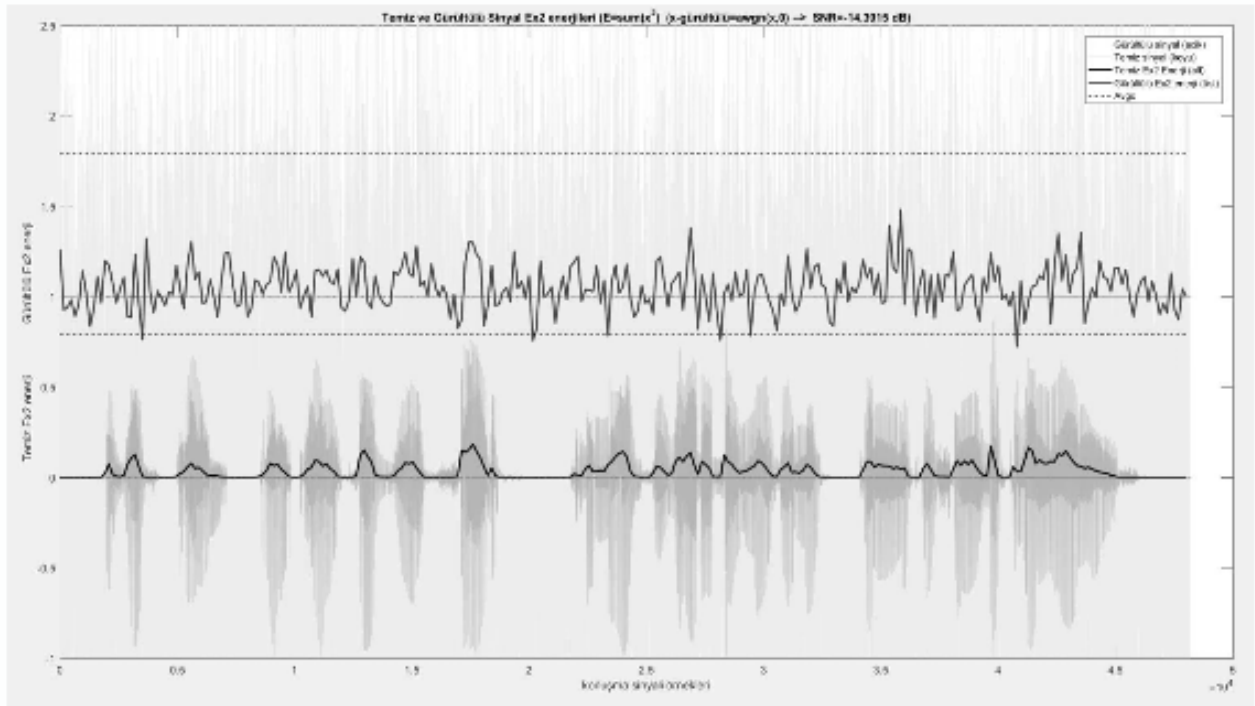


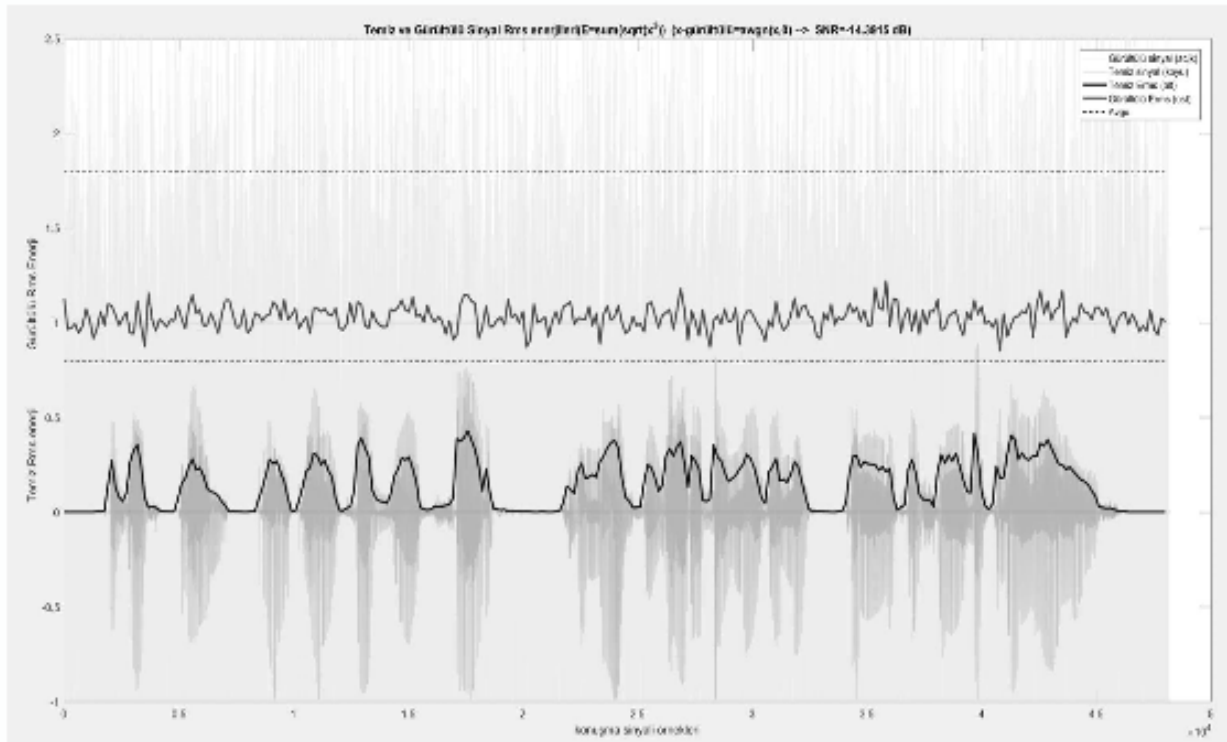


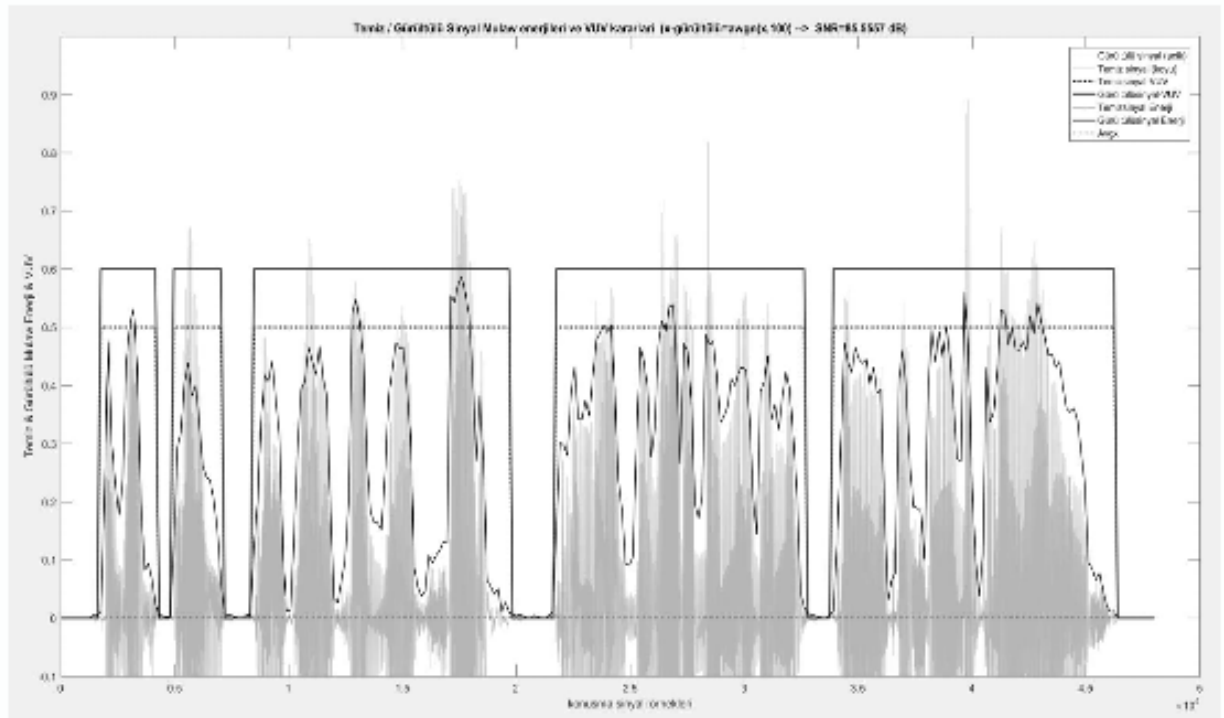


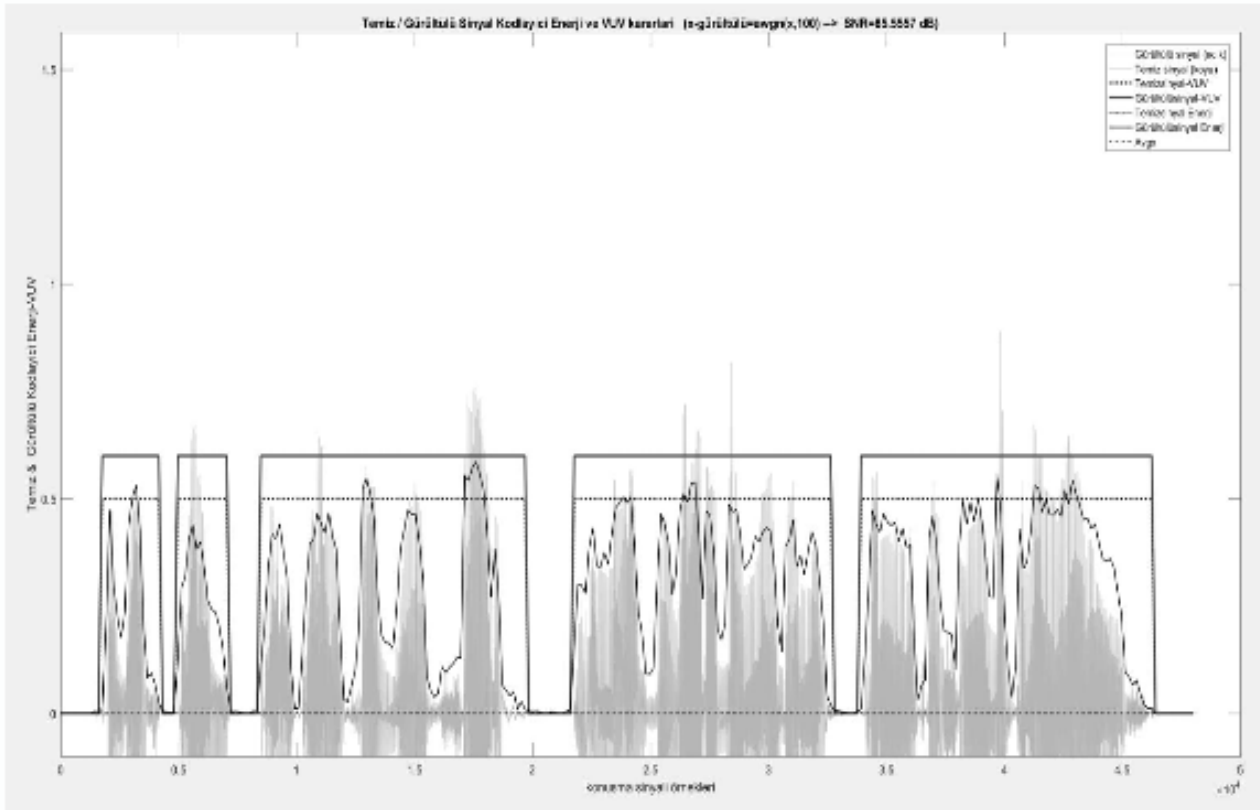


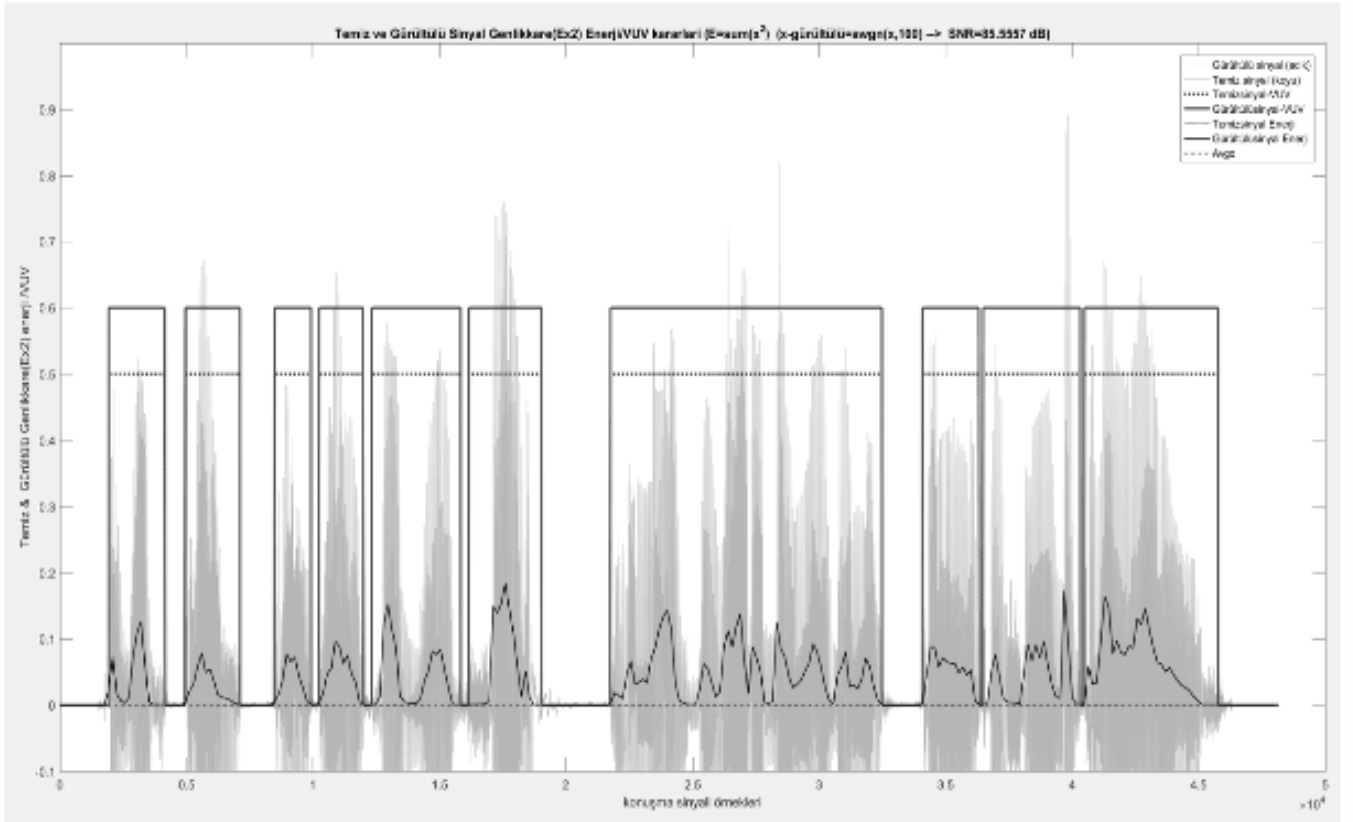


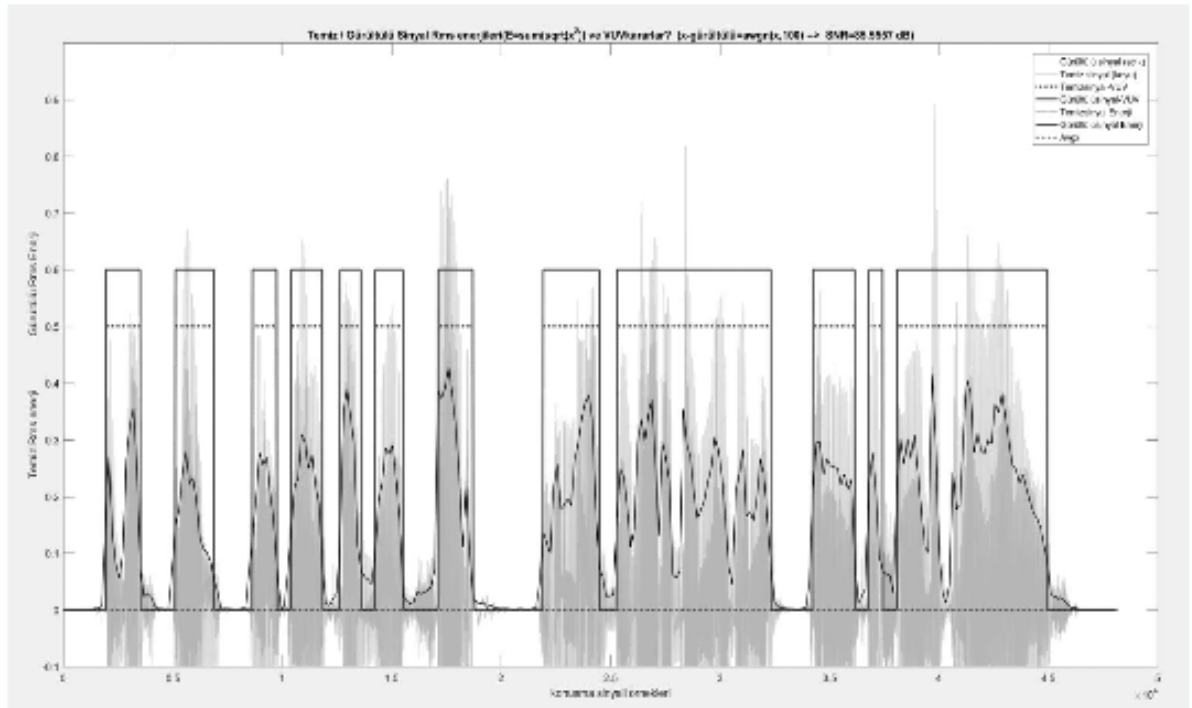


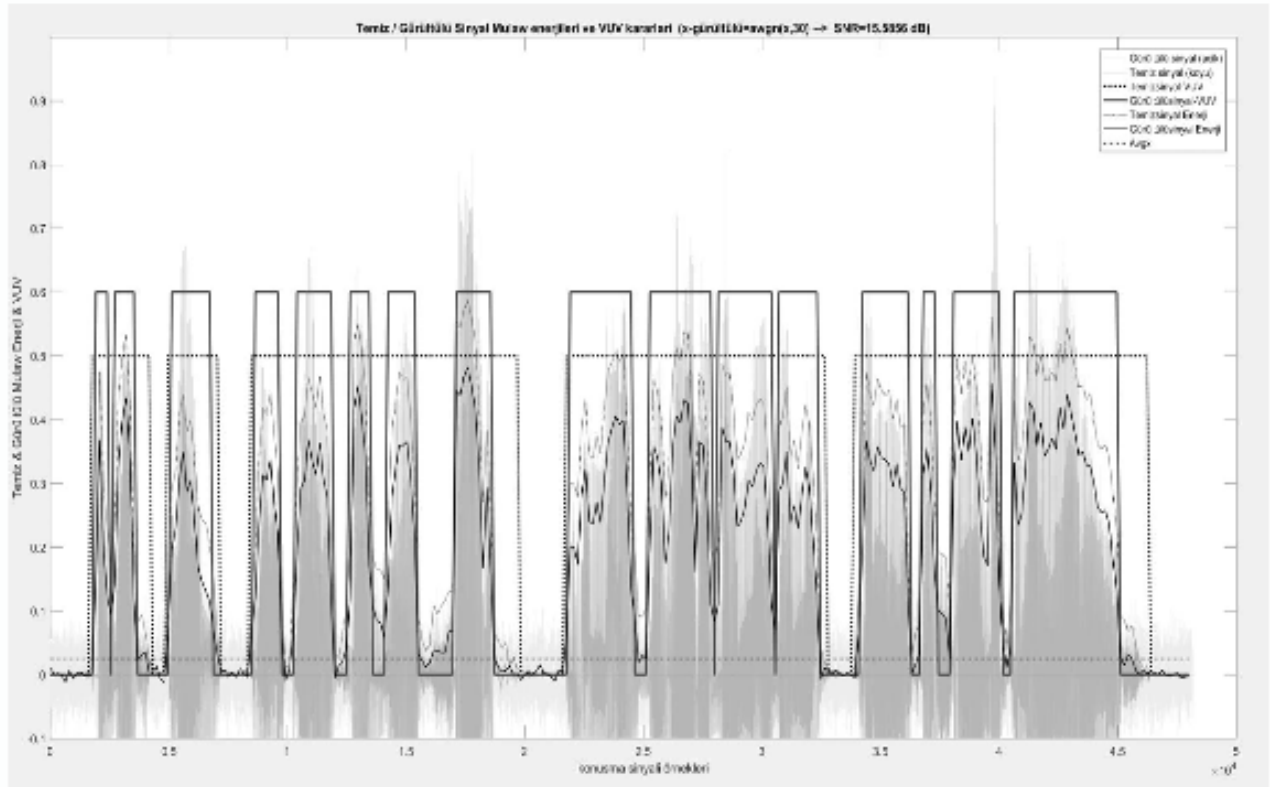


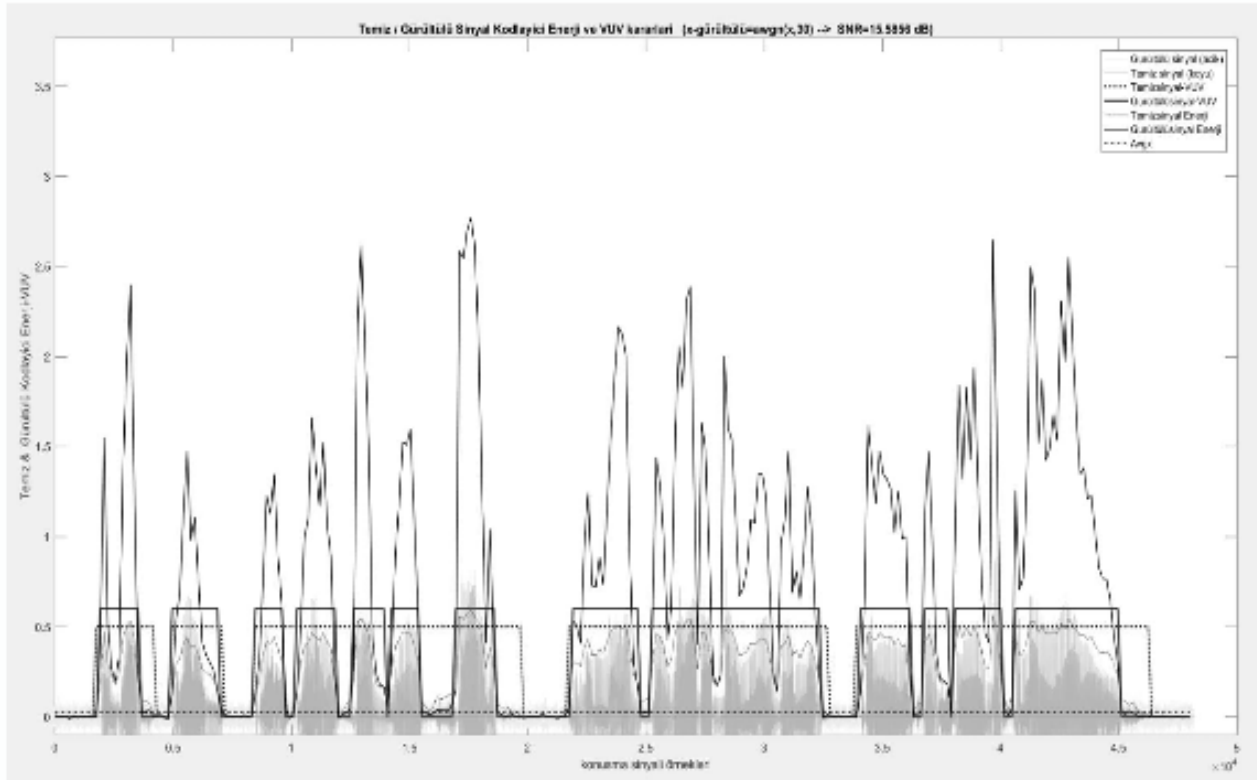


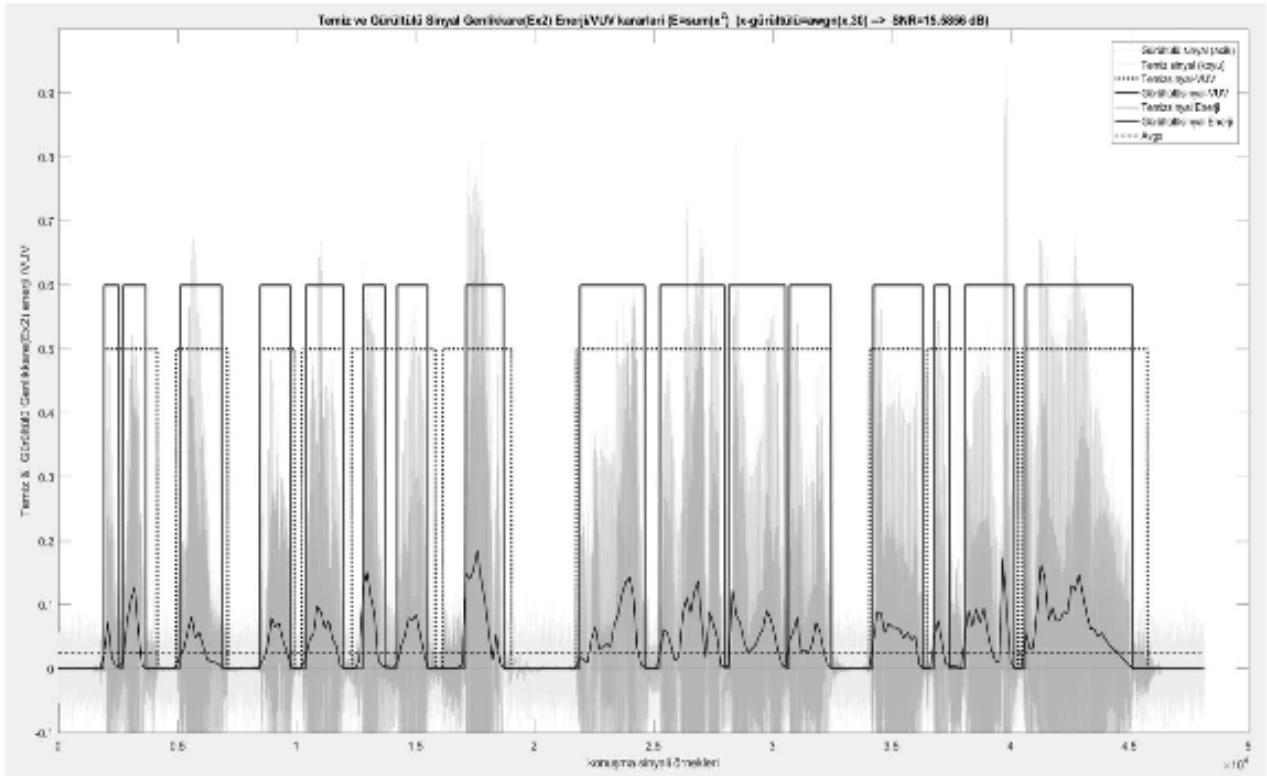


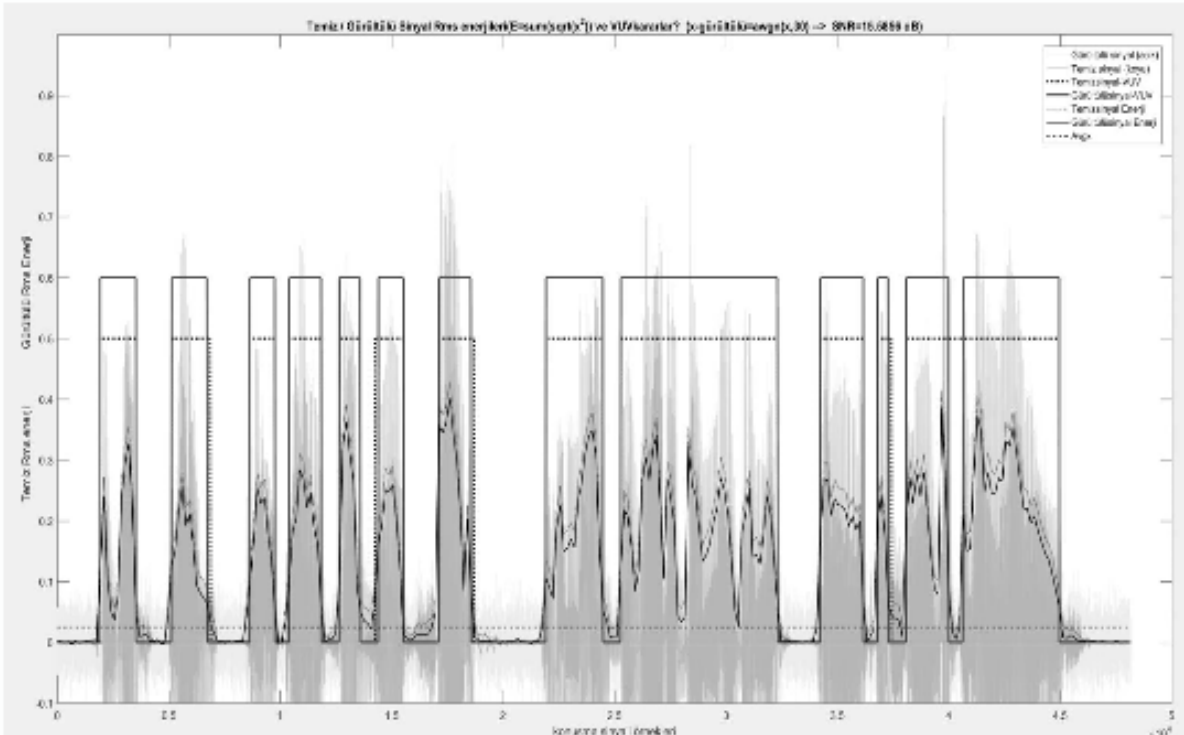




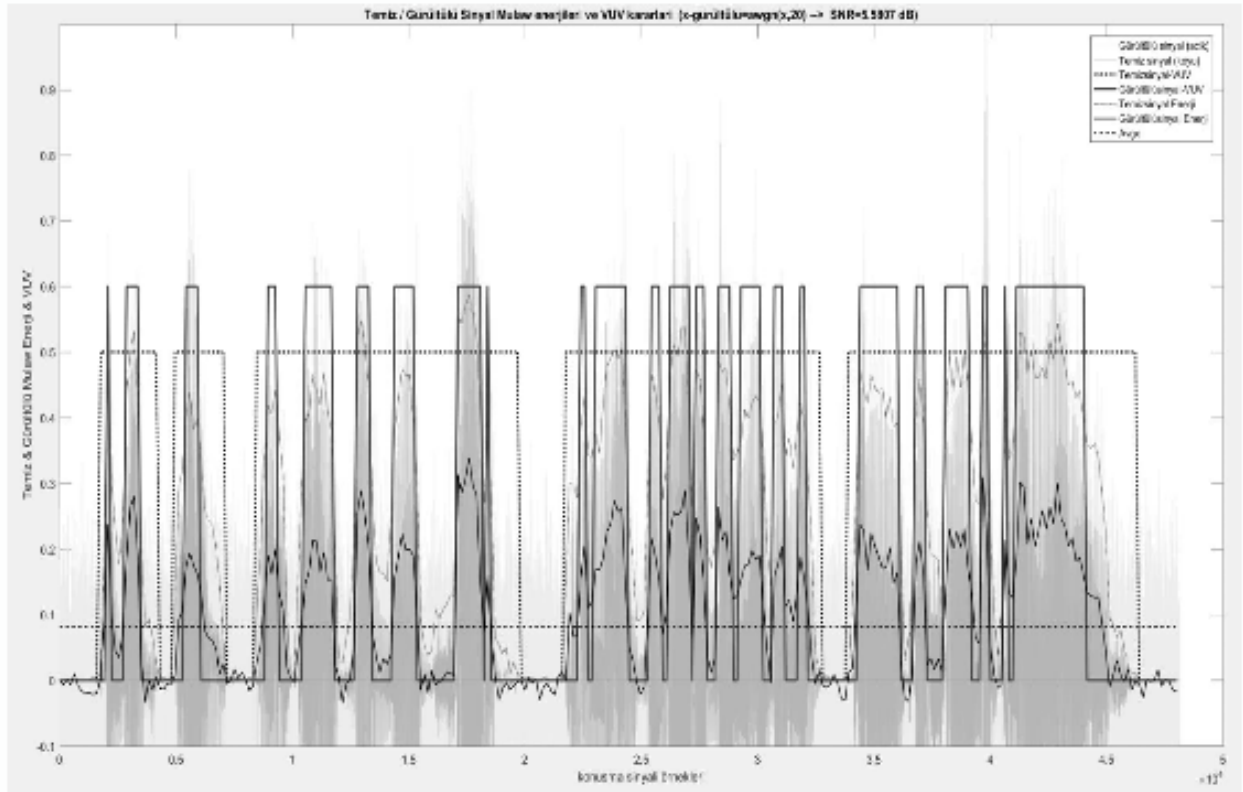


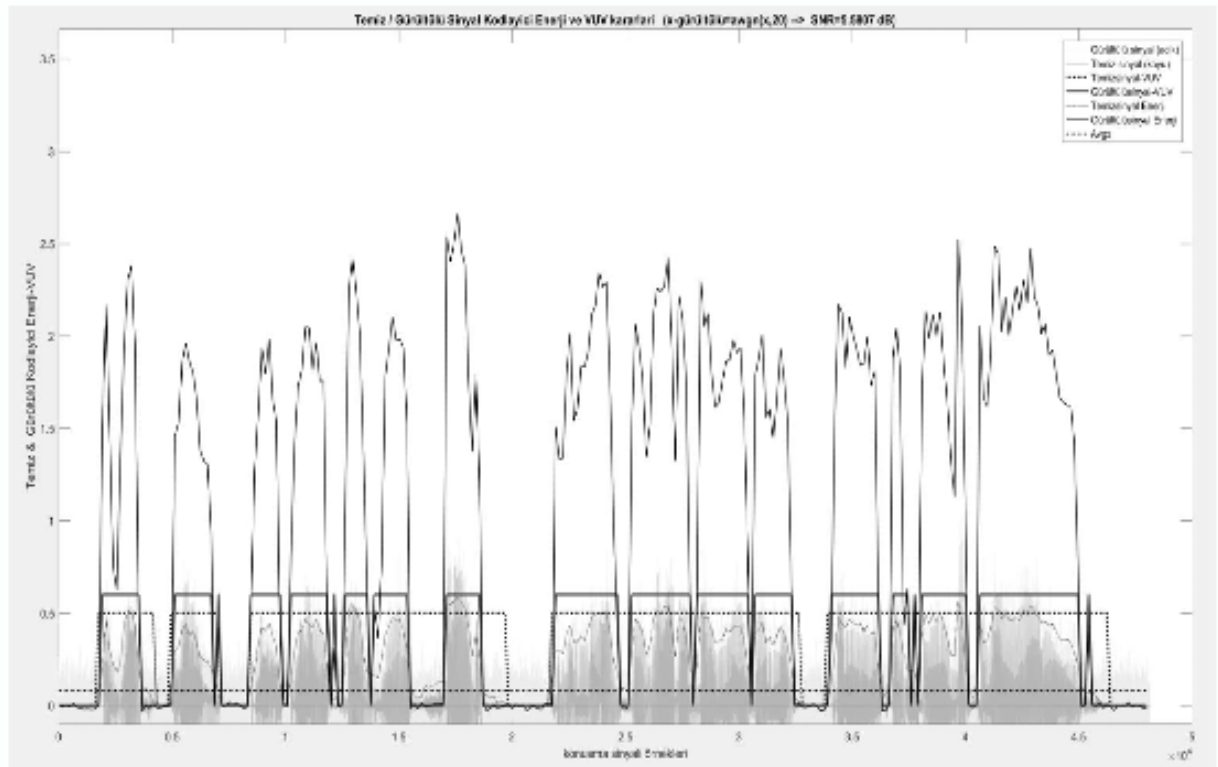


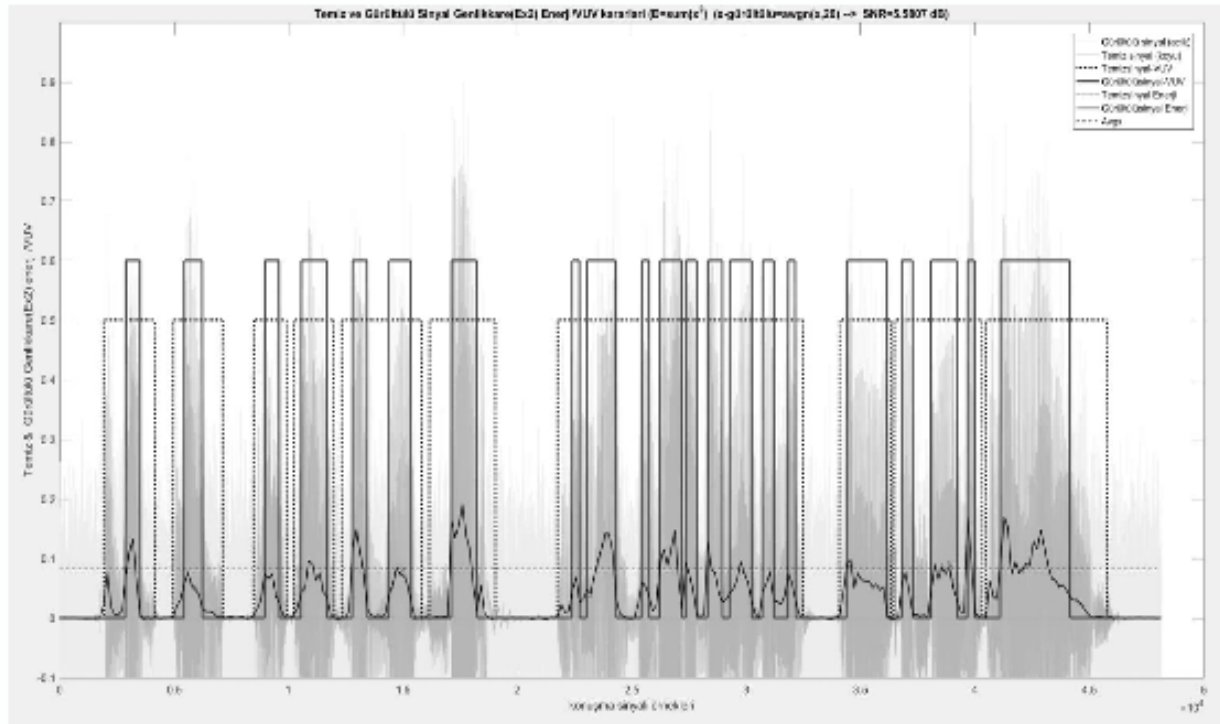


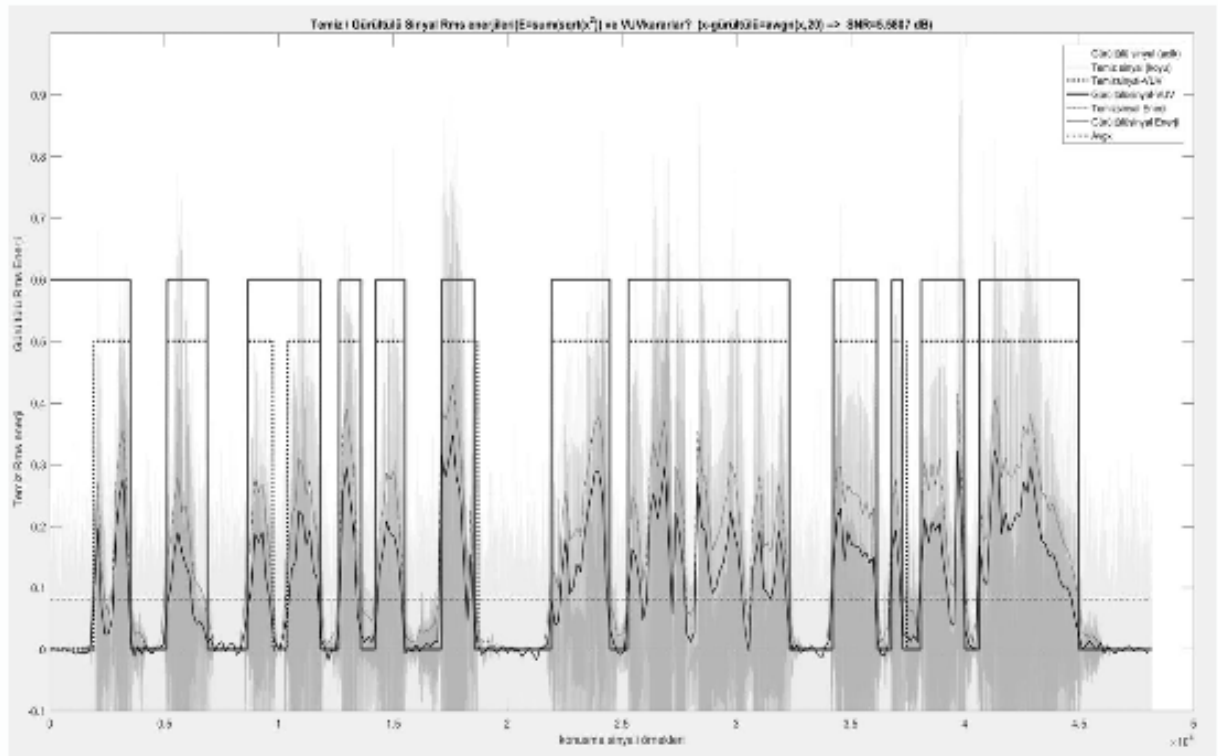


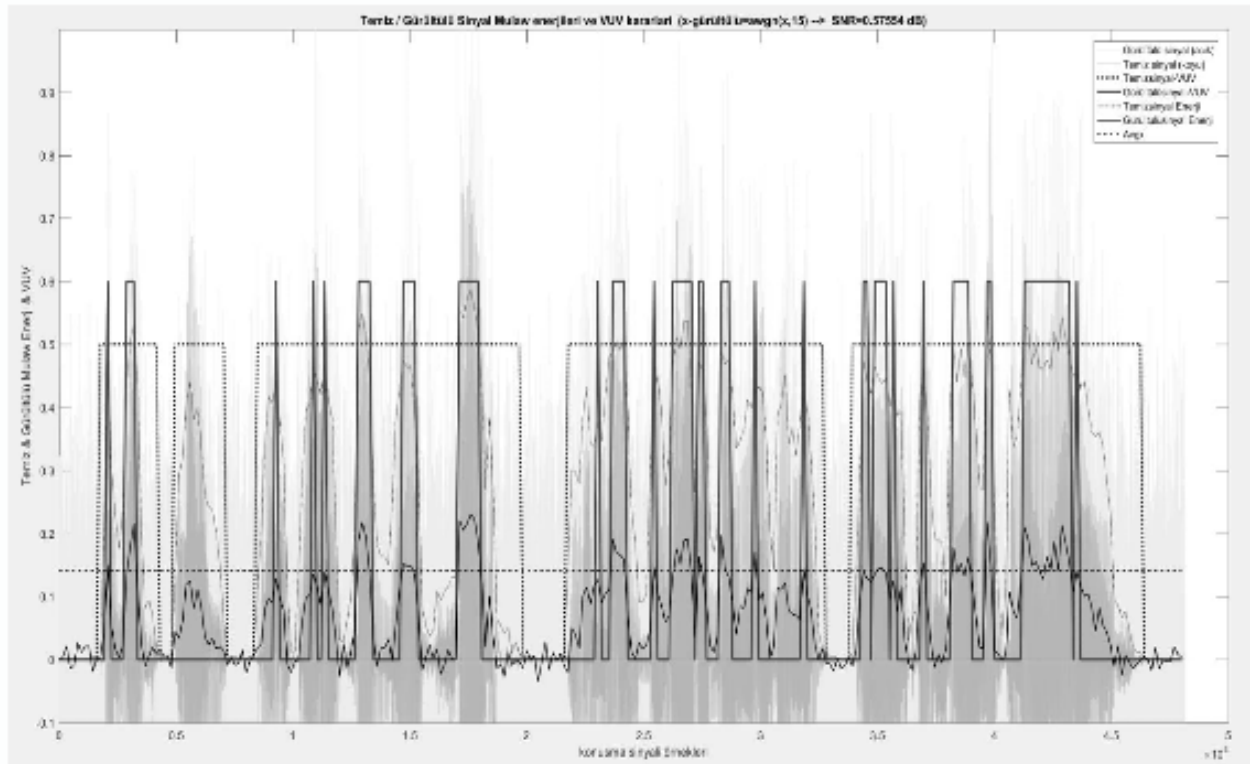
Şekil - 48

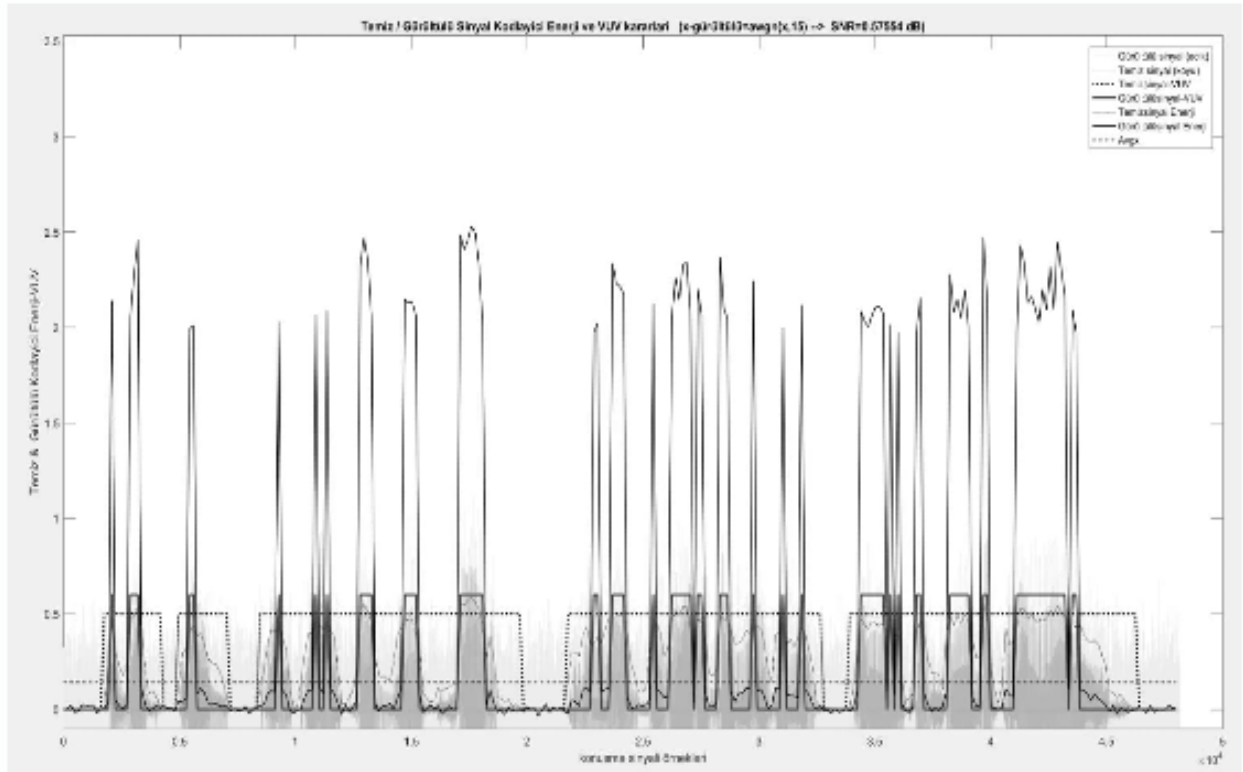


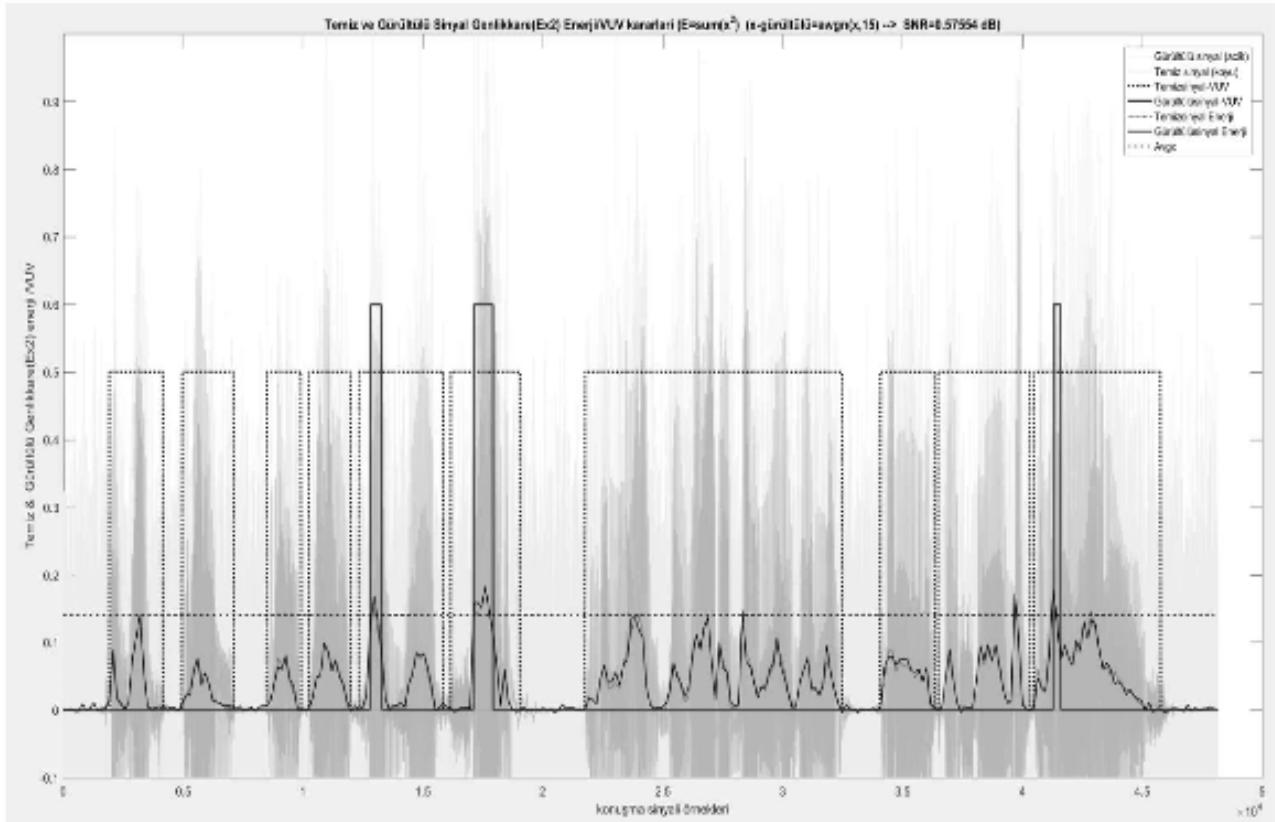


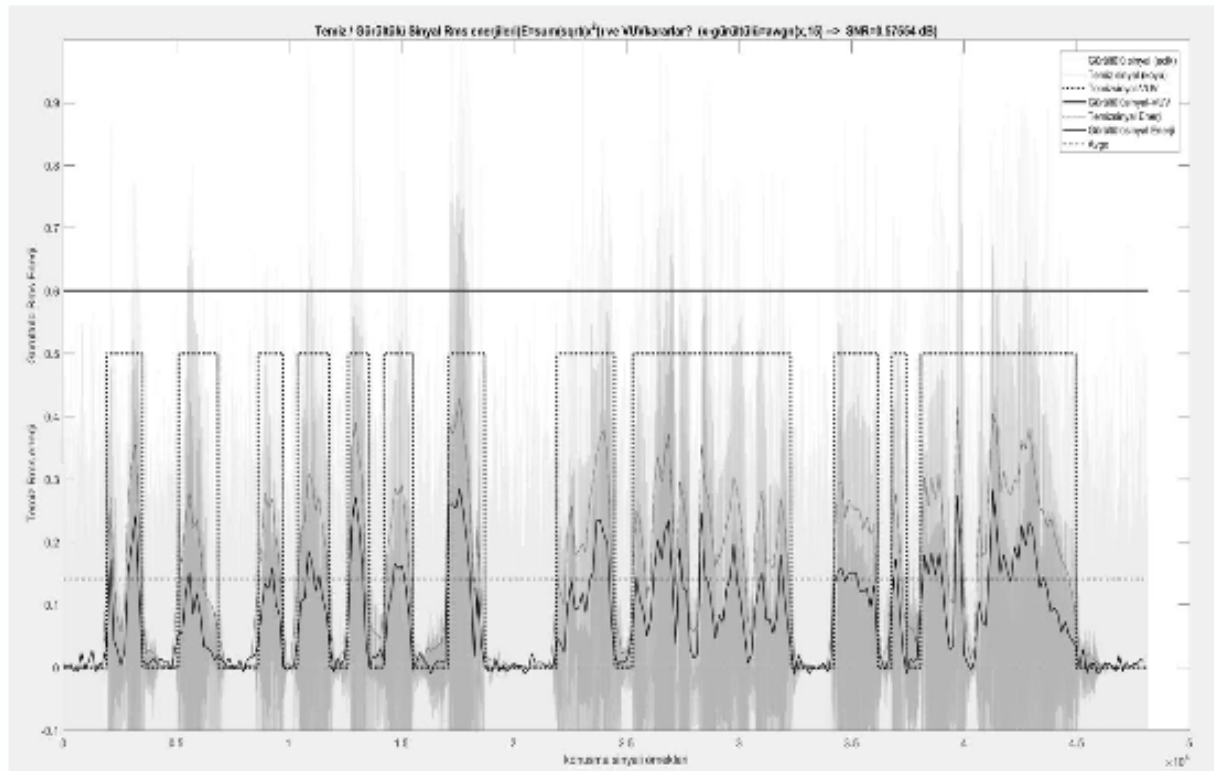


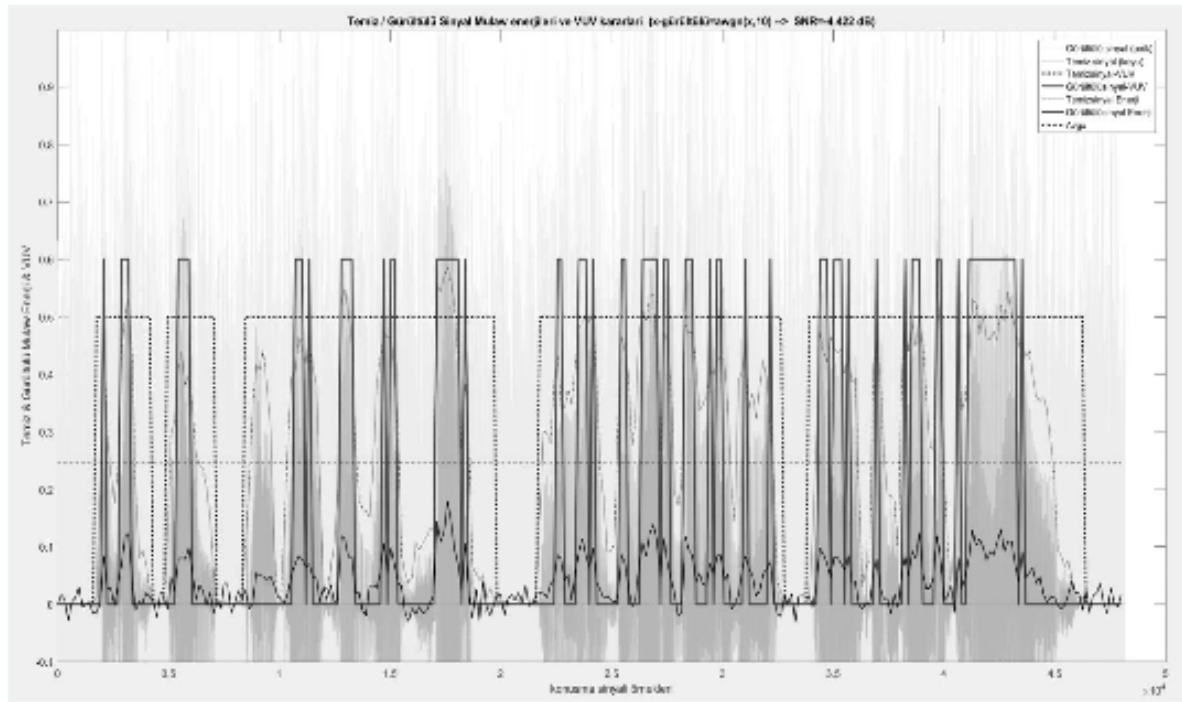


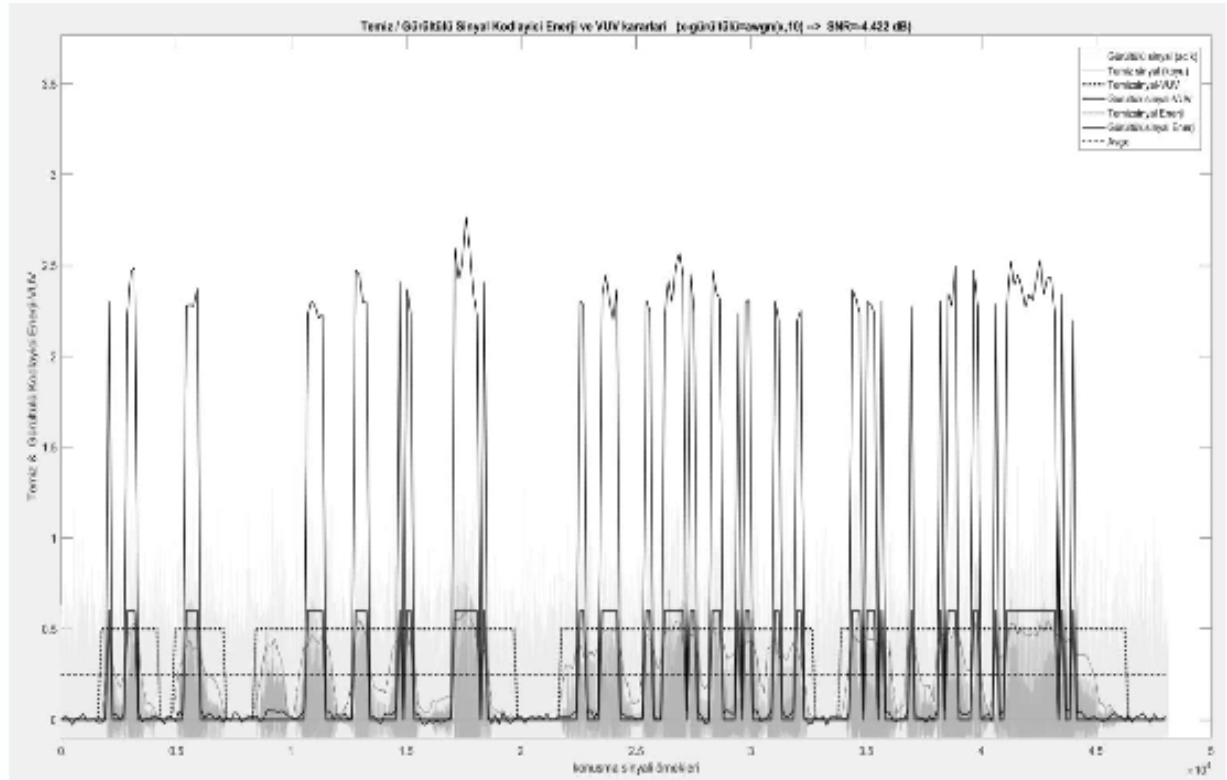


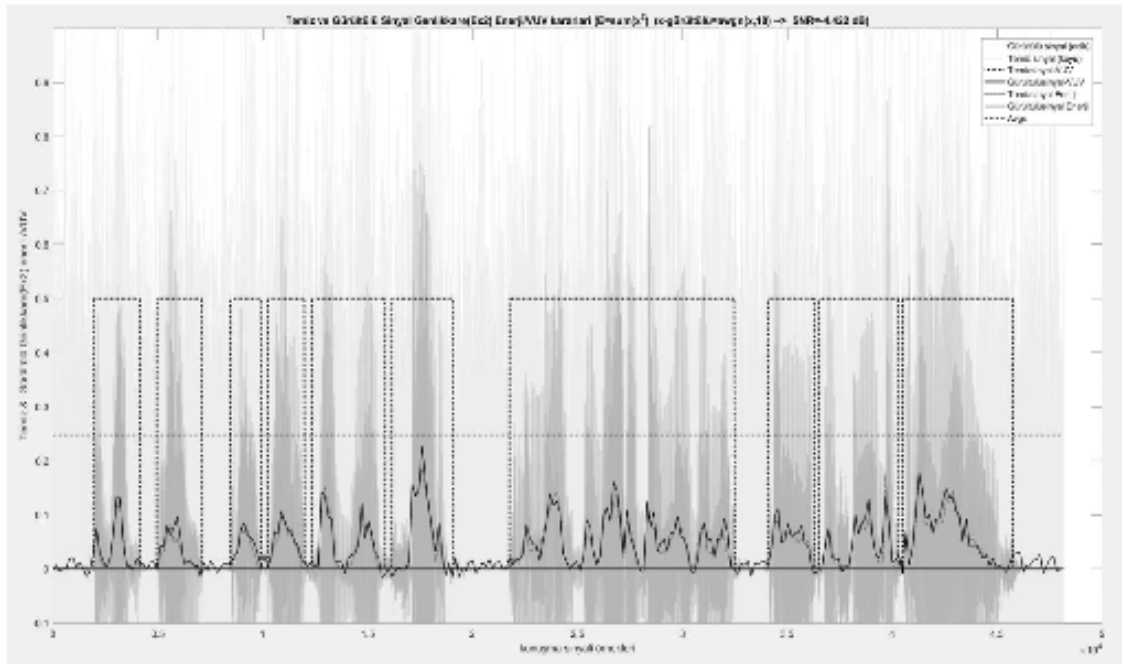


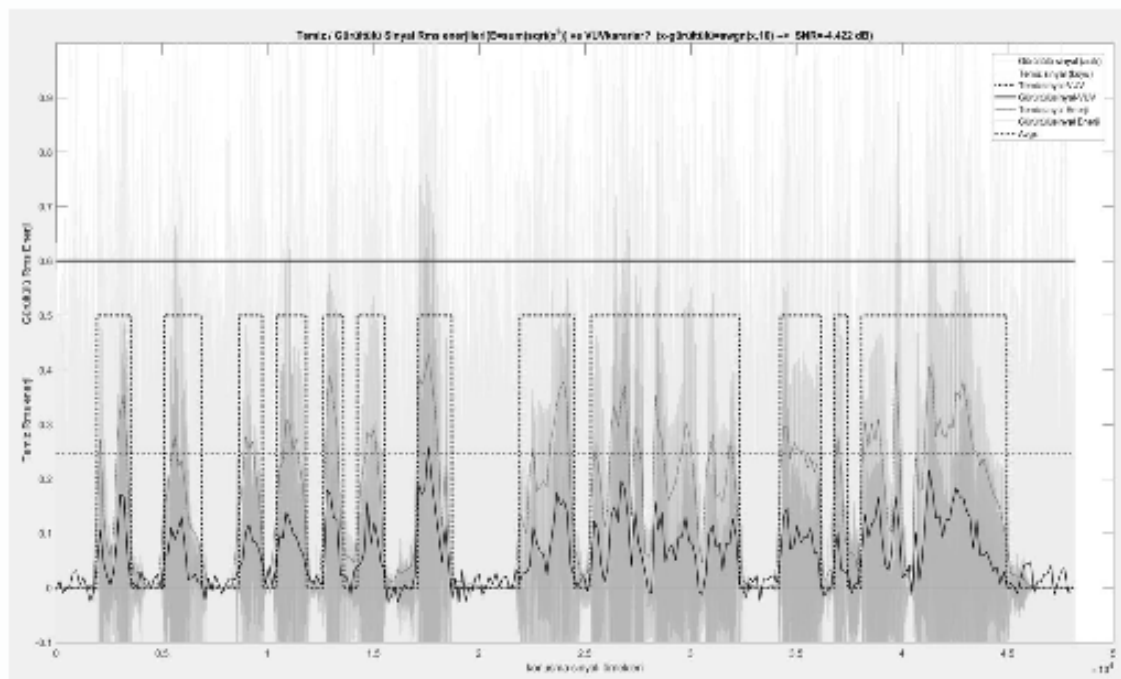




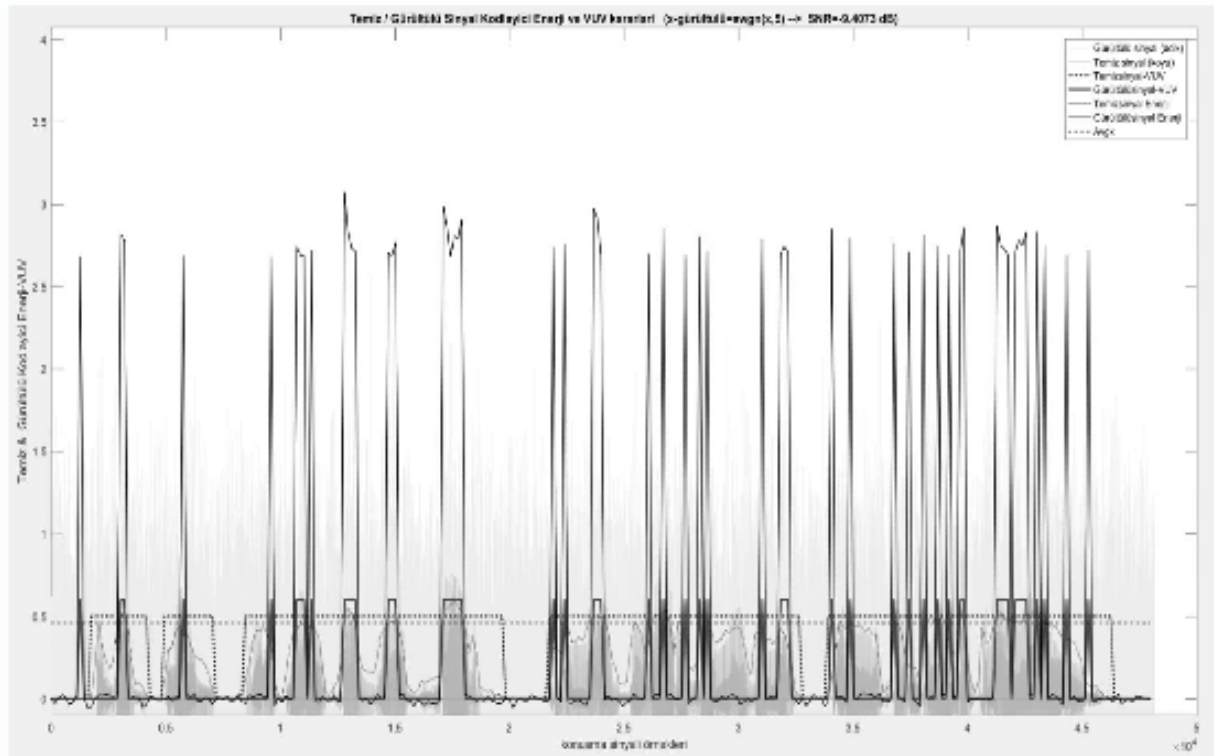


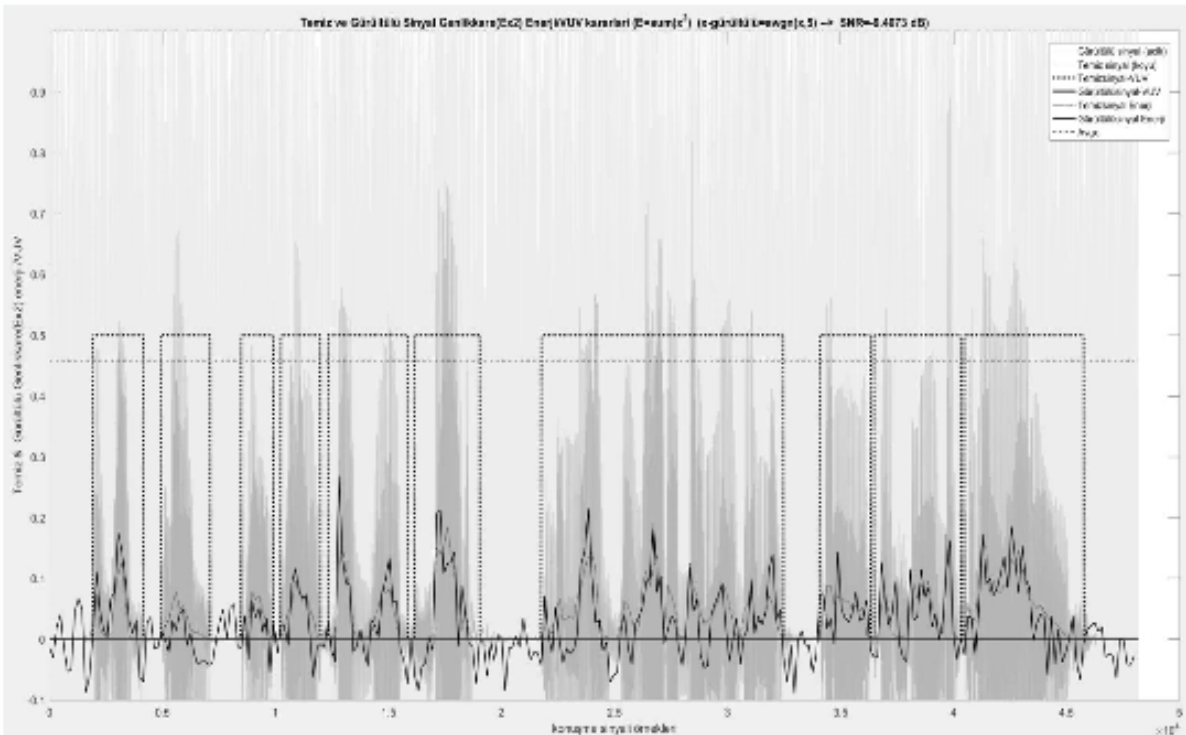




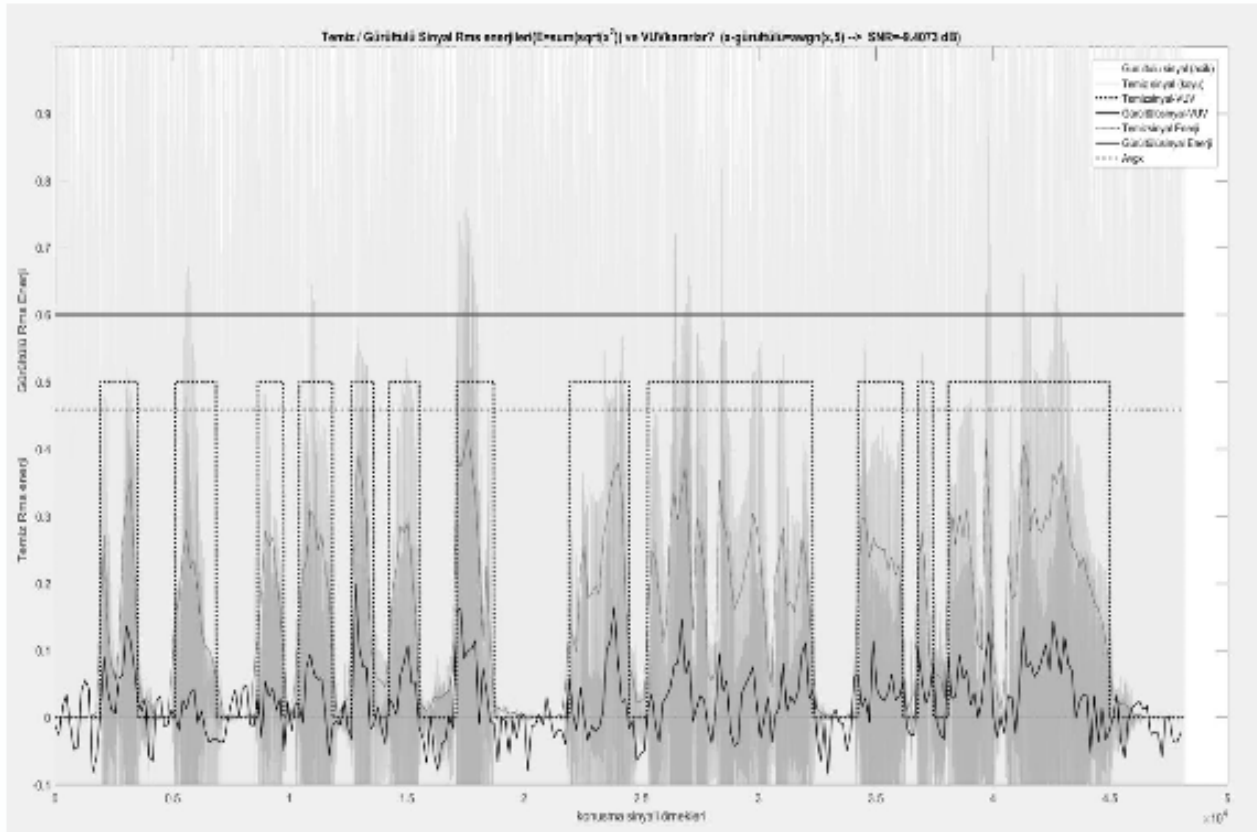


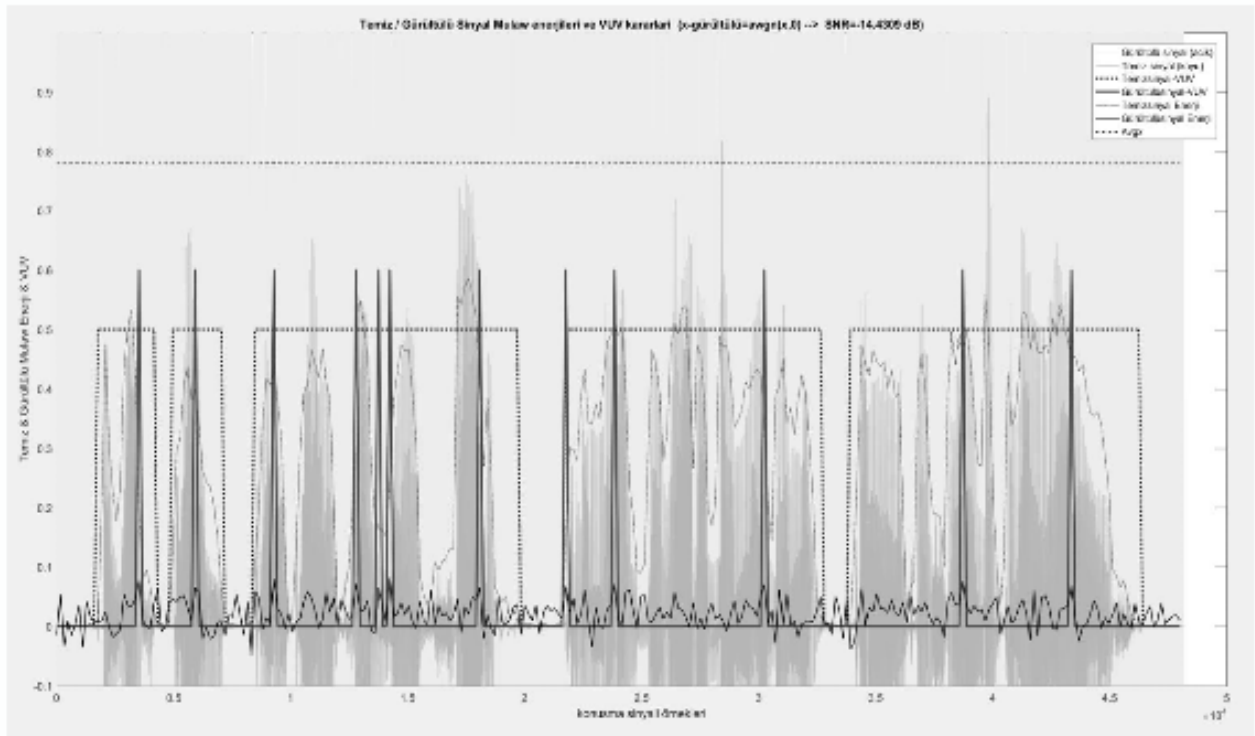
Şekil - 58

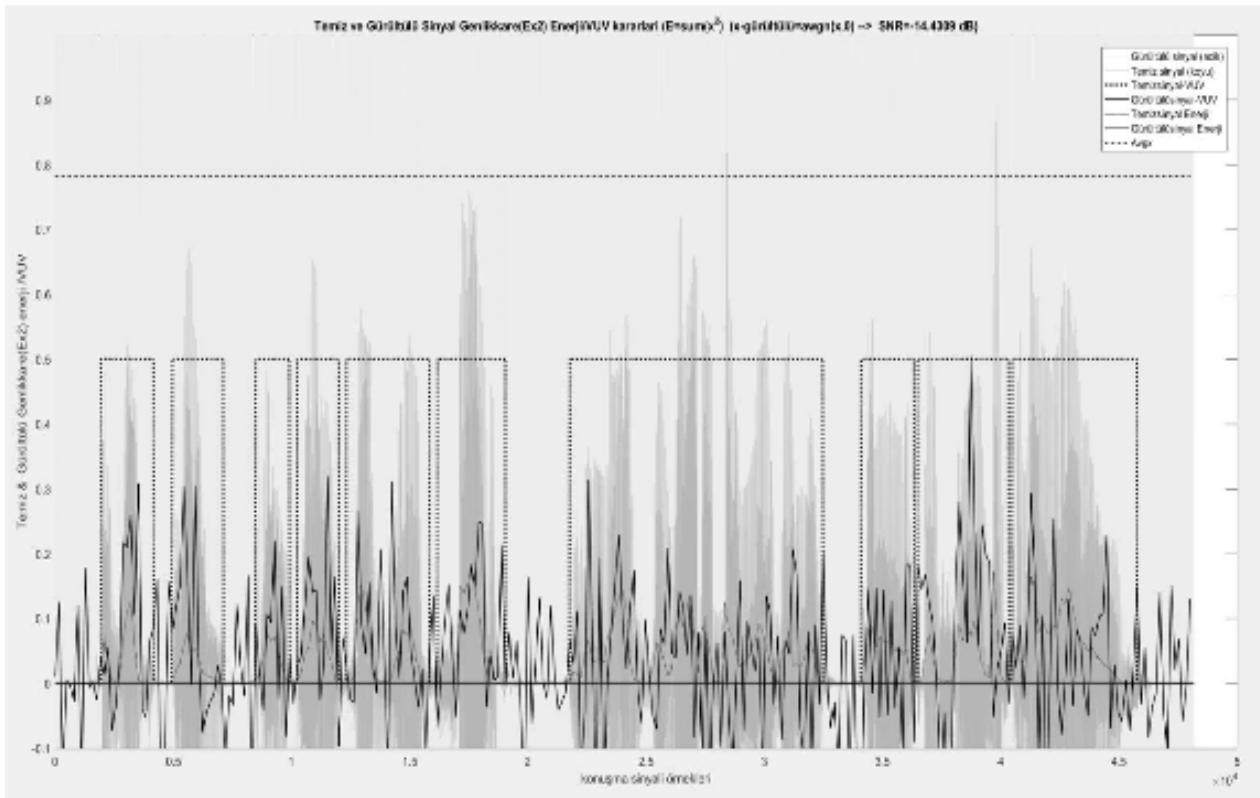




Şekil - 61







Şekil - 65

