ÖZET

ÇEVRİMİÇİ UYARLANIR ÖĞRENME YÖNTEMİ İLE KISA DÖNEM RÜZGAR HIZI VE TÜRBULANS ŞİDDETİ TAHMİN YÖNTEMİ

Bu buluş, yüksek rüzgar h□zlar□na ve türbülansa maruz kalan rüzgar türbinlerini yorulmalara karş□ koruyarak türbinlerin ömürlerinin k□salmas□na engel olan ayn□ zamanda f□rt□na esnas□nda da enerji üretiminin devaml□l□ğ□n□ sağlayan çevrimiçi uyarlan□r öğrenme yöntemi ile k□sa dönem rüzgar h□z□ ve türbulans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Buluş, çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbulans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem olup özelliği;

- N adet rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti değerinin veri havuzundan alınması,
- Alınan verilerin bir hesaplama ortamına aktarılması,
- Aktarılan her bir rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisine bir ağırlık değeri atanması ,
- (N+1)'inci rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisinin tahmini değerinin hesaplanması ,
- Tahmine ilişkin hata değerinin bulunması

işlem basamaklarını içermesidir.

2.İstem-1'de bahsi geçen çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem olup özelliği; aktarılan her bir rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisine bir ağırlık değeri atanması işlem basamağında; tahmine yönelik hata değerinin, n anında rüzgar hız vektörlerinin normunun karesine bölünmesi ve bu sonucun 0 ile 2 arasında olan sabit bir sayı ile çarpılmasıyla elde edilen sayının n anına göre güncellenmiş ağırlık değeri ile toplanarak n+1 anına göre rüzgar hızı tahmini değerini hesaplamasına ait ağırlıkların güncellenmesidir.

3. İstem-1'de bahsi geçen çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbulans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem olup özelliği; (N+1)'inci rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisinin tahmini değerinin hesaplanması işlem adımında, n anındaki güncellenmiş ağırlık değeri ile rüzgar

hızının karesinin çarpımı ile rüzgar hızının tahmini değerinin hesaplanmasıdır.

4. İstem-1'de bahsi geçen çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbulans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem olup özelliği; aktarılan her bir rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisine bir ağırlık değeri atanması işlem basamağında, tahmine yönelik hata değerinin, n anında türbülans şiddeti vektörlerinin normunun karesine bölünmesi ve bu sonucun 0 ile 2 arasında olan sabit bir sayı ile çarpılmasıyla elde edilen sayının n anına göre güncellenmiş ağırlık değerini ile toplanmasıyla türbülans şiddeti tahmini değerine ait ağırlıkların güncellenmesinin yapılmasıdır.

5. İstem-1'de bahsi geçen çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbulans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem olup özelliği; (N+1)'inci rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisinin tahmini değerinin hesaplanması işlem adımında, n anında türbülans şiddetinin T üzeri ile n anındaki bir türbülans şiddeti vektörüne karşılık gelen ağırlık değerinin çarpılmasıyla n anındaki (w(n)) ağırlık değeri kullanılarak türbülans şiddetinin tahmini değerinin hesaplanmasıdır.

TARİFNAME

ÇEVRİMİÇİ UYARLANIR ÖĞRENME YÖNTEMİ İLE KISA DÖNEM RÜZGAR HIZI VE TÜRBULANS ŞİDDETİ TAHMİN YÖNTEMİ

İlgili Teknik Alan:

Bu buluş, yüksek rüzgar hızlarına ve türbülansa maruz kalan rüzgar türbinlerini yorulmalara karşı koruyarak türbinlerin ömürlerinin kısalmasına engel olan aynı zamanda fırtına esnasında da enerji üretiminin devamlılığını sağlayan çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu:

Ülkemizde ve dünyada sanayideki gelişmeler, nüfus artışı, kentleşme vb. sebepler enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Geleneksel yöntemlerde enerji üretiminde kullanılan kaynakların (petrol, doğalgaz, kömür vb.) sınırlı olmasıyla birlikte bu kaynakların gelecekte tükenecek olması ve çevreyi kirleten atıklar bırakması, yeni enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, su gücü vb.) arayışını gündeme getirmiştir.

Tarih boyunca, yenilenebilir enerji kaynakları arasında öne çıkan seçeneklerden olan rüzgar gücünden çok çeşitli şekillerde faydalanılmıştır. Rüzgar gücünden başta tahılların öğütülmesi ve yelkenli gemilerle deniz ulaştırmasında faydalanılmış iken günümüzde, elektrik üretimi şeklinde faydalanılmaktadır. Rüzgar gücündeki bu büyüme, rüzgar enerjisinin güç sistemine dahil edilmesi ile ilgili olarak birçok çalışmayı ve araştırma konusunu da beraberinde getirmiştir.

Rüzgar gücü, yeryüzünün alçak ve yüksek basınç merkezlerinin karşılıklı ilişkisinden doğmaktadır. Yüksek basınç alanlarından,

alçak basınç alanlarına doğru yönelen hava hareketi veya hava kütlesi değişen potansiyelde kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgarın bu kinetik enerjisinden, çeşitli boyuttaki pervanelerin döndürülmesiyle direkt mekanik güç veya dönüştürülmüş güç, yani elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Rüzgardan gelen hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerin başında rüzgar türbinleri gelmektedir. Rüzgar türbinleri, rüzgardaki kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye daha sonra da elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir.

Rüzgarın kinetik enerjisinden, rüzgar türbinleri aracılığıyla elektrik enerjisi elde etmek için, o bölgede rüzgarın hızı, esme sıklığı ve yönü gibi bazı özelliklerin bilinmesi gerekmektedir çünkü kanat sistemleri, üzerlerine binen rüzgar yüklerini, kendi ağırlıklarını ve aynı zamanda türbülanstan kaynaklanan dalgalı esneme yüklerini taşımak zorundadırlar. Herhangi bir sebeple kanatlardan biri yapısal bir hasar gördüğünde (yıldırım, çatlaklar vs.) diğer kanatlar da bütünlüklerini koruyamamakta bu nedenle mukavemetlerini arttırmak amacıyla rüzgar türbinleri oldukça güçlü yapılmaktadırlar. Ancak ağırlık arttıkça da rüzgar türbinlerinin enerji üretimleri büyük ölçüde azalmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda, rüzgar türbinlerinin aşırı hızlı rüzgarlara maruz kalmasını engellemek amacıyla geliştirilen bir yöntemde aşırı hızlı rüzgara maruz kalan rüzgar türbinlerinin kendi kendisini kapatması sağlanmıştır bu da güç üretimine geçici olarak ara vermeyi gerektirmektedir. Ancak bir rüzgar türbinin verimli çalışma saati günde ortalama 5 ila 6 saat olduğu için geçici süre ara vermek güç üretiminin azalmasına neden olmaktadır bu sebeple şiddetli rüzgarlarda, rüzgardan karşılanan enerji neredeyse sıfırlanmaktadır.

Tekniğin bilinen durumunda US4850792 (A) sayılı patent başvurusuna, US4035658 (A) sayılı patent başvurusuna ve US2406268 (A) sayılı patent başvurusuna konu edilen birçok düzenek, güç üretmek için düşük ila orta şiddetteki rüzgarları yoğunlaştırma yöntemini kullanmışlardır.

US4834610 (A) sayılı ve US4075500 (A) sayılı patent başvurusuna konu edilen diğer düzenekler ise modern değişken hız idare cihazları kullanarak değişken hızlardaki rüzgarlardan faydalanmaya çalışmışlardır.

Yukarıda bahsi geçen düzenekler, güç üretimi için düşük ve yüksek hızlı rüzgarlardan verimli bir şekilde faydalanamamaktadırlar. Bu düzenekler belirli seviyelere ulaşan rüzgarlarda katlanma ve/veya pervane ayarı kullanma üzerine tasarlanmışlardır. Bunun yanı sıra tekniğin bilinen durumunda yer alan bazı türbinler çabalarını düşük ila orta rüzgar seviyesinde yoğunlaştırmış ve ani kuvvetli rüzgarlardan dolayı periyodik zararlarla karşılaşmışlardır, diğerleri ise orta ila kuvvetli rüzgar seviyesinde iyi çalışsalar da, düşük hızlı rüzgardan faydalanmada az başarı göstermişlerdir. Bilinen teknikte hafif esintiden fırtına gücünde rüzgarlara kadar kullanılabilir gücü etkin şekilde elde eden bir türbin üretilememiştir.

Tüm rüzgâr türbinlerindeki eksikliğin en büyük nedenlerinden biri tipik rüzgar düzeneklerinin yapısal bütünlüğüyle ilgilidir. Dizayn olarak birçoğu hafif ağırlıktadır, yetersiz desteklenmiştir ve yetersiz malzemelerden imal edilmişlerdir. Bu düzeneklerin birçoğu rotorlar, statorlar, kanatlar, kalkanlar ve benzerleri gibi birçok hareketli parçadan oluşmaktadırlar. Bu parçalar makinenin bütünlüğünü tehlikeye atmakla kalmamakta, yanı sıra sürekli bakım, onarım ve/veya parça değişimi gerektirmektedirler. Bu sebeple yalnızca birkaç kilovat güç üretebilen böyle bir düzenek için kısa zamanda yapılan harcamalar, elde edilen faydayı aşmaya başlamıştır.

Yaygın olarak kullanılan başka bir türbin ise, megavat seviyesinde veya yakınında güç üretebilen büyük, çok katlı rüzgar türbinidir. US3902072 (A) sayılı ve US3994621 (A) sayılı patent başvurularına bu tür rüzgar türbinleri konu edilmiştir. Ancak bu türbinlerin de hem üretimi hem de her yıl yapılması gereken bakım maliyet açısından oldukça zarara yol açmaktadır.

Bilinen teknikte, kanat sisteminin sabit bir hızda hareket etmesinin sağlanması için bu kanat sistemine bağlı olan frenleyici elemanlar kullanılmaktadır. Bu frenleyici elemanlar, rüzgarın esme hızına göre kanat sistemine etki ederek kanat sisteminin sabit bir hızda hareket etmesini sağlamaktadırlar. Ancak bu tip sistemlerde frenleyici elemanlar, hareket enerjisini sürtünme yöntemiyle yavaşlatmaktadırlar bu sebeple bu sistemlerde hem enerji verimsiz bir biçimde kullanılmakta hem de sürtünmeden dolayı türbin ve türbin kanatları zarar görmektedirler.

Tekniğin bilinen durumuna dahil olan US4355955A sayılı patent dokümanında, rotor hızı kontrol edilen bir rüzgar türbini sistemi açıklanmaktadır. Bahsedilen sistem, en az bir kanat içeren kanat sistemini ve kanat sistemine en az bir rotorundan bağlı olan bir jeneratörü içermektedir. Bahsedilen kanatların adım açılarının değiştirilmesi ile kanat sisteminin ve kanat sistemine bağlı olan rotorun sabit bir hızda hareket etmesi sağlanmaktadır. Ancak bu sistemde, hareket halindeki kanatların adım açılarını değiştirmek hem zor hem de riskli olabilmektedir. Rüzgar türbinlerinde enerji verimliliği için en önemli husus rüzgar şiddeti ve yoğunluğudur. Rüzgar yoğunluğu ve şiddeti ne kadar yüksek olursa enerji kaynağındaki verimlilik o oranda artacaktır. Ancak bu yoğunluk ve şiddetin yüksekliği beraberinde rüzgar türbinine hasar verilmesi gibi problemler de ortaya çıkartmaktadır.

Bu buluş yukarıda anlatılan problemlere çözüm getiren yeni bir çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

Buluşun Amacı:

Buluşun amacı, buluş konusu çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin yönteminin rüzgar türbinlerinde rüzgardan elde edilen enerjinin ve enerji verimliliğinin artmasını sağlamasıdır.

Buluşun diğer amacı, zorlu havalarda rüzgar türbininde oluşabilecek hasarlara karşı önlem alınmasını sağlamasıdır.

Buluşun bir diğer amacı, fırtınalı havalarda veya yüksek hızlı rüzgarlarda ani türbin kapanmalarından dolayı oluşan enerji kayıplarının önlenmesini sağlamasıdır.

Buluşun bir diğer amacı da yüksek hızdaki rüzgarlarda enerji kayıplarının önlenmesinin yanı sıra elektrik üretiminin devamlılığını sağlamasıdır.

Buluşun başka bir amacı, rüzgar türbinlerinin işletim ve bakım giderlerinin azalmasına ve ömürlerinin uzamasına katkı sağlamasıdır.

Şekillerin açıklanması:

Şekil 1: Rüzgar türbininin kademeli olarak kapatılması ve enerji kazancını gösterir grafik

Şekillerde gösterilen parçalar tek tek numaralandırılmış olup, bu numaralara karşılık gelen parça isimleri şu şekildedir,

A. Kazanılan enerji

B. Tahmin edilen rüzgar hızı

Buluşun Detaylı Açıklaması:

Bu buluş, fırtına esnasında enerji üretiminin devamlılığını sağlayan ayrıca rüzgar türbininde oluşabilecek hasarlara karşı önlem alabilen yeni çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem ile ilgilidir.

Bir bölgedeki rüzgar hızı karakteristiklerinin (düşey hız profili, türbülans şiddeti) sahaya özgü olduğu bilinmektedir. Bu sebeple buluş konusu çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin yöntemi sayesinde türbinlerin kullanılacağı sahada şiddetli rüzgar veya fırtına esnasında periyodik zaman aralıklarıyla ölçümler yapılmakta ve ölçülen bu değerler esas alınarak rüzgar hızının ve/veya türbülans şiddetinin bir sonraki anda tahmini değeri hesaplanmaktadır.

Buluş konusu çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yöntem ile rüzgar hızının ve türbülans şiddetinin tahmini değerlerinin hesaplanması aşağıdaki işlem basamaklarından oluşmaktadır:

- N adet rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti değerinin veri havuzundan alınması ,
- Alınan verilerin bir hesaplama ortamına aktarılması,
- Aktarılan her bir rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisine bir ağırlık değeri atanması ,
- (N+1)'inci rüzgar hızı ve/veya türbülans şiddeti verisinin tahmini değerinin hesaplanması ,
- Tahmine ilişkin hata değerinin bulunması.

İşlem 1'de bahsedilen N değeri, rüzgar şiddetinin ve/veya türbülans şiddetinin tahmini değerinin hesaplanması işleminde

kullan□lacak olan önceden ölçülmüş rüzgar h□z□ ve türbülans şiddeti verilerinin say□s□n□ belirtmektedir. Önceden ölçülmüş N adet değer veri havuzundan al□nmaktad□r ve al□nan veriler İşlem 2 ile belirtilen hesaplama ortam□na aktar□lmaktad□r.

3. işlem basamağ□ndaki aktar□lan her bir rüzgar h□z□ verisine ve türbülans şiddeti verisine bir ağ□rl□k değeri atanmas□nda;

w(n): n an□ndaki bir rüzgar h□z vektörüne karş□l□k gelen ağ□rl□k değerini temsil etmektedir.

w'(n): n an□ndaki bir türbülans şiddeti vektörüne karş□l□k gelen ağ□rl□k değerini temsil etmektedir.

Rüzgar h□z değerleri $v(n)=[v(n-N),...,v(n-1)]^T$ ve bu değerlere karş□ gelen ağ□rl□k vektörü $w(n)=[w(n-N,n),\ldots,w(n-1,n)]^T$ olarak tan□mlanm□şt□r.

Türbülans şiddeti değerleri $TI(n)=[TI(n-N),\ldots..,TI(n-1)]^T$ ve bu değerlere karş□l□k gelen ağ□rl□k vektörü $w'(n)=[w'(n-N,n),\ldots..,w'(n-1,n)]^T$ olarak tan□mlanm□şt□r.

İşlem 4'te bahsedilen (N+1)'inci rüzgar h□z□n□n ve/veya türbülans şiddetinin tahmini değerini hesaplamak için;

- Rüzgar h□z□n□n tahmini değeri hesaplanmak istendiğinde;

$$\hat{v}(n) = v^T(n) \cdot w(n) \quad \text{formül 1}$$

Formül 1 çevrimiçi uyarlan□r öğrenme yöntemi ile k□sa dönem rüzgar h□z□ ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin yönteme entegre edilmekte ve değerler girilerek rüzgar h□z□n□n tahmini değeri hesaplanmaktad□r.

- Türbülans şiddetinin tahmini değeri hesaplanmak istendiğinde ise;

$\widehat{TI}(n) = TI^{T}(n).w'(n)$ formül 2

Formül 2, çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yönteme entegre edilmekte ve değerler girilerek türbülans şiddetinin tahmini değeri hesaplanmaktadır.

İşlem 5'te bahsedilen tahmine ilişkin hata değerinin bulunması işleminde rüzgar hızı için formül 3 kullanılmaktadır.

$e(n) = v(n) - \hat{v}(n)$ formül 3

Türbülans şiddeti için ise formül 4 kullanılmaktadır.

$e'(n) = TI(n) - \widehat{TI}(n)$ formül 4

e(n) ve e'(n) tahmine yönelik hata değerini vermektedir.

Hatanın minimuma indirgenmesi için bir sonraki ağırlık değerleri sürekli güncellenmektedir. Rüzgar hızı tahmini değerini hesaplamak için ağırlıkların güncellenmesinde formül 5 kullanılmaktadır.

$$w(n+1) = w(n) + \mu \frac{e(n)}{\|v(n)\|^2} v(n)$$ formül 5

Formül 5 de verilen w(n+1), n+1 anına göre güncellenmiş ağırlık değerini gösterirken, μ değeri 0 ile 2 arasında olan sabit bir sayıyı göstermekte ve e(n) tahmine yönelik hata değerini vermektedir.

$\|v(n)\|^2$: n anında rüzgar hız vektörlerinin normunun karesidir ve formül 5'te n+1 anındaki yeni ağırlık değerini bulmak ve böylelikle yeni değerleri güncellemiş olmak için kullanılmaktadır.

Türbülans şiddeti tahmini değerini hesaplamak için ağırlıkların güncellenmesinde ise formül 6 kullanılmaktadır.

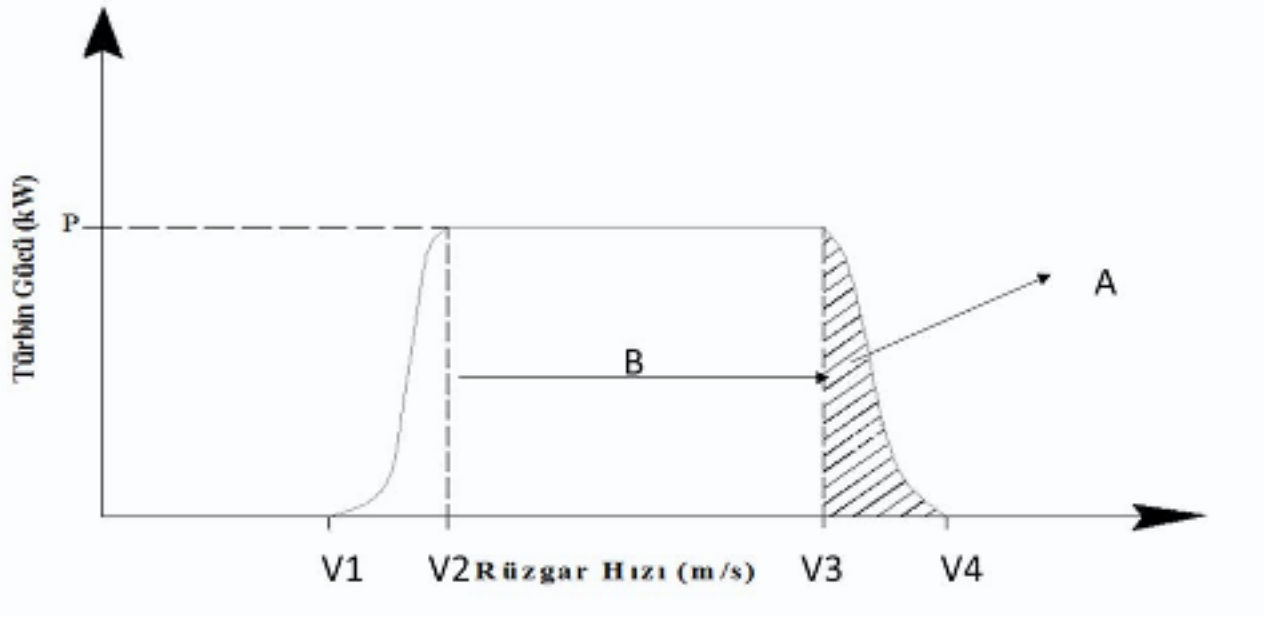
$$w'(n+1) = w'(n) + \mu' \frac{e'(n)}{\|TI(n)\|^2} TI(n) \qquad \text{formül 6}$$

Burada $w'(n+1)$, n+1 anına göre güncellenmiş ağırlık değerini gösterirken, μ' değeri 0 ila 2 arasında olan sabit bir sayıyı göstermekte, $e'(n)$ kestirime (tahmine) yönelik hata değerini vermektedir.

$\|TI(n)\|^2$: n anında türbülans şiddeti vektörlerinin normunun karesidir ve formül 6'da n+1 anındaki yeni ağırlık değerini bulmak ve böylelikle yeni değerleri güncellemiş olmak için kullanılmaktadır.

Şekil-1'de buluşa konu olan kısa dönemlik rüzgar hızı ve türbülans tahmini amacıyla kullanılan çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin bir yönteminin kullanımı sırasında tahmin edilen rüzgar hızı (B) ve söz konusu tahmin edilen rüzgar hızı(B) sayesinde kademeli kapatma gösterilmektedir. Ayrıca Şekil-1'de, rüzgar hızının artışına karşılık yapılan kademeli kapatma işlemi ile kazanılan enerji(A) gösterilmektedir.

Yukarıda anlatılan, kısa dönemlik rüzgar hızı ve türbülans tahmini amacıyla kullanılan çevrimiçi uyarlanır öğrenme yöntemi ile kısa dönem rüzgar hızı ve türbülans şiddeti tahminine ilişkin yöntemi, alan programlamalı kapı dizisi ve/veya mikro denetleyici yongalar üzerinde gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil – 1