



**Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği  
Bölümü Staj Raporu**

**Ad Soyad** : Berk Ecer  
**Öğrenci No** : 21228271  
**Sınıf** : 4  
**Tarih** : 13.06.2016 – 29.07.2016  
**Staj Süresi** : 6 hafta/30 iş günü  
**Stajın Konusu** : Convolutional Neural Network  
**Staj Yeri** : Aselsan A.Ş. Macunköy

Tesisleri

P.K. 1, 06172, Yenimahalle / Ankara, Türkiye

## İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ .....	3
2. STAJ YERİ HAKKINDA BİLGİ.....	3
2.1 Şirket Profili Hakkında Bilgi .....	3
2.2 Aselsan'ın Tarihçesi .....	3
2.3 Aselsan'ın Misyonu.....	4
2.4 Aselsan'ın Vizyonu.....	5
2.5 Aselsan'ın Hedefleri .....	5
2.5.1 Faaliyet Alanları Belirleme Hedefleri .....	5
2.5.2 Pazarlama ve Satış Hedefleri .....	6
2.5.3 Kalite Verimlilik ve Yatırım Hedefleri .....	6
2.5.4 Sosyal Sorumluluk .....	7
2.5.5 Finansman ve Karlılık Hedefleri.....	7
2.5.6 İnsan Kaynakları .....	7
3. STAJ SÜRESİNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
3.1 Eğitimler .....	8
3.2 Proje .....	17
3.2.1 Temel Bilgiler.....	17
3.2.2 Birinci Deney.....	21
3.2.3 İkinci Deney.....	31
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....	35
5. KAYNAKLAR .....	36

## 1.GİRİŞ

3. sınıf zorunlu yaz stajımı Aselsan Gelişmiş Algılama Araştırma Program Müdürlüğünde yaptım. Stajın ilk haftasında sahada çalışabilmemiz için gerekli olan eğitimleri aldım, Aselsan'daki çeşitli bölümlerin sunumlarına ve tanıtımlarına katıldım. Geri kalan haftalarda ise matlab dilini kullanarak, filtrelenmiş imgeleri düzeltmeye çalışan bir program yazmaya çalıştım.

## 2. STAJ YERİ HAKKINDA BİLGİ

### 2.1 Şirket Profili Hakkında Bilgi

ASELSAN, farklı yatırım ve üretim yapısı gerektiren proje konularına bağlı olarak;

- Haberleşme ve Bilgi Teknolojileri Grup Başkanlığı(HBT),
- Mikroelektronik, Güdüm ve Elektro-Optik Grup Başkanlığı(MGEO),
- Radar, Elektronik Harp ve İstihbarat Sistemleri Grup Başkanlığı(REHİS) ve
- Savunma ve Sistem Teknolojileri Sektör Başkanlığı (SST) olmak üzere dört ayrı grup başkanlığı bünyesinde örgütlenmiştir.

### 2.2 Aselsan'ın Tarihçesi

Aselsan, 20 Kasım 1975'te Kara Kuvvetleri Güçlendirme öncülüğünde Türk Silahlı Kuvvetlerinin haberleşme cihazı ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla 29,5 milyar sermaye ile bir anonim şirket olarak kurulmuştur.

Yatırım çalışmalarını kısa sürede tamamlamış ve 1979 yılında Ankara Macunköy tesislerinde üretim faaliyetlerine geçmiştir. 1991 yılında Aselsan faaliyet alanında yer alan projeler paralelinde üç grup halinde yeniden yapılanmıştır: Haberleşme cihazları(HC), Mikrodalga ve Sistem Teknolojisi(MST) Mikroelektronik Güdüm ve Elektro-optik(MGEO). Bugün modern elektronik cihaz ve sistemler geliştiren, üreten, tesis eden, pazarlayan ve satış sonrası hizmetlerini yürüten entegre bir elektronik sanayi kuruluşu haline gelmiştir. Şu an Ankara Macunköy ve Akyurt'ta yerleşik iki ayrı tesiste üretim ve mühendislik faaliyetlerini sürdüren Aselsan'ın ilk yurtdışı şirketi olan Aselsan-Bakü şirketi de 1998'de Azerbaycan'da kurularak faaliyete geçti. Macunköy tesislerinde faaliyetlerini sürdüren Haberleşme Cihazları Grubunun ana faaliyet alanı askeri ve profesyonel haberleşme sistemleri, Mikrodalga ve Sistem Teknolojileri Grubunun ana faaliyet alanı ise radar elektronik harp ve komuta kontrol sistemleridir. Üstün teknolojik yapıya sahip Macunköy tesisleri "AR – GE Bölümleri", "Elektronik Üretim Bölümleri" ile "Baskı Devre Üretim", "Mekanik Üretim" ve "Kalıp Üretimi" bölümlerinden oluşmaktadır. Üretim hatlarında çok katlı ve esnek baskı devreler, yüzey monte teknolojisi, bilgisayar destekli tasarım-üretim teknolojileri başarıyla kullanılmaktadır. Akyurt tesislerinde faaliyetlerini sürdüren Mikroelektronik Güdüm ve Elektro-optik Grubu ise hibrid mikroelektronik devreler, gece görüş cihazları, lazer işaretleyici ve ataletsel seyrüsefer cihazları ana başlıkları altında otomasyona dayalı en modern üretim araçlarıyla donatılmıştır.

### 2.3 Aselsan'ın Misyonu

Aselsan'ın misyonu, ileri teknolojiyi yakından izleyerek Türk Silahlı Kuvvetleri'nin elektronik cihaz ve sistem gereksinimlerini fiyat-zaman-kalite yönünden en uygun koşullarda ve dışa bağımlılığı en aza indirecek şekilde karşılamak, milli savunma sanayisinin gelişmesinde önder olmak, sahip olunan bilgi birikimini ülkemizin diğer elektronik cihaz ihtiyaçlarının

karşılanmasında ve ihracat olanaklarında kullanmak, bu şekilde her türlü şartlar altında devamlılığı ve gelişimi sağlamaktır.

## **2.4 Aselsan'ın Vizyonu**

Aselsan'ın vizyonu, yurt içi ve dışında ulaşılan başarılı konumu sürekli geliştirerek faaliyet alanlarında Türkiye'de en iyi olmak, dürüst ve güvenilir bir firma olarak müşteri memnuniyetini ve ülkemizin beyin gücünün verimli kullanımını sağlamaktır.

## **2.5 Aselsan'ın Hedefleri**

### **2.5.1 Faaliyet Alanları Belirleme Hedefleri**

Grup başkanlıkları faaliyet alanlarının belirlenmesinde aşağıdaki ilkeler göz önüne alınır:

- Rekabet gücünü artırıcı ve dışa bağımlılığı azaltıcı ileri teknolojik birikim ve süreklilik sağlanmalıdır.
- Kapsamdaki ürünler ve hizmetler ticari başarı kazandırmalı, karlılığı artırmalı, uzun vadeli araştırma çalışmalarını destekleyebilmeli, Aselsan'ın genel hedef ve çıkarlarına uygun olmalıdır.
- Türk Silahlı Kuvvetleri'nin gereksinimi olan ve milli önem taşıyan konulara ağırlık verilmelidir.

Teknolojiye dayalı, planlı ve sağlıklı büyüme esas alınmalıdır

### 2.5.2 Pazarlama ve Satış Hedefleri

- Mevcut müşterileri muhafaza etmek, yurt içi ve yurt dışında yeni müşteriler kazanmak, Pazar payını yükseltmek ve geliri artırmak ana hedeftir. Bunun içi araştırma-geliştirme-tasarım-proje-üretim bölümleriyle pazarlama-satış bölümlerinin birbirini destekleyecek şekilde çalışması sağlanmalıdır.
- Yıllık satış hasılatının bir önceki yıla göre reel olarak %10 oranında artırılması amaçlanmıştır. İhracat hedefi de dış pazarın sürekli geliştirilmesi ve yıllık ihracat tutarının dolar olarak artırılmasıdır.

Satış programları, satışların %50' sinin Türk Silahlı Kuvvetleri' ne, %50' sinin ise sivil kuruluşlar ile yurt dışında gerçekleşmesini sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

### 2.5.3 Kalite Verimlilik ve Yatırım Hedefleri

- Her ürünün müşteri memnuniyetini en üst düzeyde sağlamak ve uluslar arası kalite standartlarına uymak ana hedeflerdir.
- Tüm kaynaklar en verimli şekilde kullanılmalı, en düşük maliyetle azami verim elde edilmeli; yapılan her işin, üretilen her ürünün ve sunulan her hizmetin baştan doğru ve hatasız yapılması sağlanmalıdır.
- Planlanan yatırımların yeni projelerin uygulanmasına yönelik olması ve kalitenin iyileştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi, müşteriye daha iyi servis verebilmesi, yurt dışındaki benzer kuruluşlarla rekabet edebilmesine yönelik idame yatırımı niteliği taşıması esastır.

Yan sanayide verimli ve ekonomik olarak yapılabilen tüm işlerin Aselsan yerine yan sanayide yaptırılması, bu şekilde yurt çapında geniş bir yan sanayi oluşmasına katkıda bulunarak savunma sanayisinin güçlendirilmesi hedef alınmalıdır.

#### **2.5.4 Sosyal Sorumluluk**

Şirket amaçlarını gerçekleştirirken toplumsal değerlere ve ticari ahlaka sadık kalınmalı, tüketici haklarına ve doğal çevrenin korunmasına titizlik gösterilmelidir.

#### **2.5.5 Finansman ve Karlılık Hedefleri**

Finansal yapımızın güçlü olmasını sağlamak ana hedeftir. Kar reel olarak her yıl artırılmalıdır.

#### **2.5.6 İnsan Kaynakları**

- Aselsan personelinin huzurlu ve güvenli bir ortamda Aselsan kuruluş amaçları yönünde çalışmaları sağlanmalıdır.
- Çalışanlar arasında verimliliği artırıcı, katılımcı ve yaratıcı bir çalışma ortamı kurulmalıdır.

### 3. STAJ SÜRESİNCE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Staj Yapılan Tarih : 13.06.2016 – 29.07.2016

Mesai Günleri : Pazartesi – Cuma

Mesai Saatleri : 07:30 – 16:30

Stajın ilk gününde şirket politikası ve yapısı hakkında tanıtım yapıldı ve etkili iletişim üzerine eğitim aldık. Bu eğitimde etkili iletişim becerileri, iyi bir dinleyicinin özellikleri, iletişimde yapılan hatalar, jest ve mimiklerin kullanılmasından bahsedildi.

#### 3.1 Eğitimler

##### **Etkili İletişim Teknikleri, İletişim Becerileri ve Yapılan Hatalar**

##### **Etkili İletişim Becerileri:**

- Kendini tanıtmak,
- Kendini açmak ve kendini doğru ifade etmek,
- Karşımızdakini etkin ve ilgili dinlemek,
- Empati kurabilmek(Kendimizi karşımızdakinin yerine koyabilmek),
- Hoşgörülü ve önyargısız olmak,
- Eleştirilere karşı açık olmak,
- Beden dili, göz kontağı, hitap, ses düzeyi vb. etkili kullanmak...

##### **İyi Bir Dinleyicinin Özellikleri**

- Dikkatini karşısındaki kişiye verir.
- Konuşmacıyı sözünü kesmeden dinler.
- Göz teması kurar.



- Son sözü söylemek için çabalamaz.
- Dinlerken vereceği cevabı düşünmez.
- Yargılamadan, suçlamadan dinler.
- Duygu ve düşüncelerini anlatmaya çalışır.
- Dinlerken başka bir işle meşgul olmaz.
- Konuşmacının sözlerine olduğu kadar sözsüz mesajlarına da dikkat eder.
- Konuşmacının duygu ve düşüncelerini anladığını gösteren sözlü ifadelerde bulunur.

### **İletişimde Yapılan Hatalar**

- Emir vermek
- Tehdit etmek
- Uyarmak
- Konuyu saptırmak
- İsim takmak
- Sınamak
- Öğüt vermek
- Eleştirmek
- Yargılamak
- Nutuk çekmek
- Suçlamak
- Alay etmek

İletişimin amacı, kısaca sorunlarımızı çözmek, gereksinimlerimizi karşılamaktır. Etkili iletişim nasıl kurulur ve hangi davranışlarımız etkili iletişim olarak tanımlanabilir? Genelde kendimizi ifade ederken ya saldırgan davranırız ya savunmadayızdır ya pasif etkisizizdir ya da girişken, etkili ve sorun çözmeye yönelik davranırız. İlk üç davranış biçimi iletişimde kaos yaratacaktır. Bu tarz iletişimde anlaşılmadığımızı ve anlamadığımızı hissederiz. Atılğan davranış biçimi olarak da niteleyebileceğimiz son şıkta ise etkili bir iletişim başlatmışız demektir. Unutmayalım ki etkili iletişim öğrenilebilir.

Kullandığımız kelimeler vasıtası ile etkili olmak istiyorsak kararlı olmalıyız. Tam olarak ne yapmak istediğimizi bilmeliyiz ve kullandığımız kelimeler isteğimizle uyum içinde olmalıdır. Dikkatimizi karşımızdaki kişiye yöneltmeliyiz. Biri ile konuşurken çevreyi gözden geçiriyorsanız etkili olamazsınız. Ne istediğimizi duygularımızı net ve açık bir şekilde söylemeliyiz.

Kızıma dedim gelinim anlasın stratejisi anlaşmazlık yaratır. Duygu düşünce ve davranışlarımızda kararlı ve tutarlı olmalıyız. Bugün dediğimizi yarın inkar etmemeliyiz. Sonuçları yorumlayabilmeli bunlarla ilgili konuşabilmeliyiz. Bir satranç tahtası düşünün, nasıl ki her bir taş hareketi diğer taşları ve oyunun bütünlüğünü etkileyecektir, unutmayın hayat da böyledir. Karşımızdakinin fikrini almalı, aynı fikirde olup olmadığımızı test etmeliyiz. Başka fikirlere açık olmalıyız. Dediğim dedik anlayışlara sahip olanlar etkili iletişimi öğrenmekten vazgeçsinler. İletişimle ilgili geri bildirim vermeliyiz. Geri bildirim her iletişimde hayati bir önem taşır. Anladığınızı ve anlaşıldığınızı hissettiğinizde bunu karşı tarafa iletiniz.

Bu bağlamda çok kelime ile konuşmak etkili iletişimin temel kaynağı olarak görülmemeli, aşağıda belirttiğimiz özelliklerin hepsi bir bütün halinde kullanılırsa başarılı olunabilmektedir. Şimdi bu söylediklerimizi maddeler ile açıklayabiliriz:

Temel olarak: ilişkilerde pozitif olmak, olaylara iyi taraflarından bakmak etkili iletişimin temel noktasıdır.

Yüz: Canlı olun. Mümkün olduğunca gülün.

Göz: İnsanların yüzüne bakın. Konuşurken gözlerinizi kaçırmayın.

Jestler: Jestlerinizin (el, kol vs. kullanımı) sözlerinizle aynı mesajları vermesini sağlamalısınız. Ellerin kenetlenmesi, kolların kavuşturulması, ellerinizin çene hizasında olması durumlarından kaçının. Aşırıya kaçmadan jestlerinizi kullanın.

Baş Hareketleri: Karşınızdaki konuşurken başınızı ara sıra aşağı yukarı hareket ettirerek onu dinlediğinizi belli edin.

Temas: Bazı durumlarda yaşı küçüklerle, aynı cins ve sizden daha alt statüde olanlarla bedensel temas kurun.

Konuşma: Ses tonu çok önemlidir. Çok fazla konuşmayın. Toplulukta eşit miktarda konuşun. İyi bir iletişim sağlamayı öğrenmek için etkili iletişim kuran insanların nasıl davrandığını gözlemlemek gerekir. Çünkü onlar ne söylemek istediklerini bilirler. Pozitif iletişim kurma yeteneğine sahiptirler. Nerede, ne zaman, ne konuşulacağını bilirler, karşı taraftan aldıkları mesajları anlarlar. Dikkatlidirler, diyalogu tek yönlü sürdürmezler. İyi bir iletişim yeteneği ile insan kendini daha iyi ifade eder, iyi ilişkiler kurar. Konuşurken karşımızdakinin yüzüne bakmalı, ters durmamalıyız. Karşımızdaki kim olursa olsun onu küçük görmeden hiçbir fayda sağlamasak da dinlediğimizi belli etmek insanlık adına güzel bir davranıştır.

Şirket içinde çalışabilmemiz için gerekli olan iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin yanı sıra acil durum eğitimi, ergonomi eğitimi, güvenlik ve sağlık işaretleri eğitimlerini de aldık.

### **İş Sağlığı ve Güvenliği Nedir?**

İş yerinde, işin yürütülmesi sırasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan, çalışan sağlığına, işletmeye, tesise, makine ve ekipmana, prosese, çalışma ortamına ve ürüne zarar verebilecek koşullardan korunmak amacıyla yürütülen sistemli ve bilimsel çalışmaların tümüdür.

### **İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amacı Nedir?**

İş kazaları, meslek hastalıkları ve işletme içinde oluşabilecek maddi zarar, ziyan ve hasarı önleyerek yaratılacak moral değerler ile

- sürekli
- kaliteli
- yüksek verimde ve zamanında
- en ekonomik üretimi sağlamaktır.

İSG uzmanlarının görevleri: Rehberlik ve danışmanlık:

İş yerinde yapılan çalışmalar ve yapılacak değişikliklerle ilgili olarak tasarım, makine ve diğer teçhizatın durumu, bakımı, seçimi ve kullanılan maddeler de dahil olmak üzere işin planlanması, organizasyonu ve uygulanması, kişisel koruyucu donanımlarının seçimi, temini, kullanımı, bakımı, muhafazası ve test edilmesi konularının iş sağlığı ve güvenliği mevzuatına ve genel iş güvenliği kurallarına uygun olarak sürdürülmesini sağlamak için iş verene tavsiyelerde bulunmak.

Risk değerlendirmesi:

Risk değerlendirmesinin yapılmasını sağlamak, gerekli çalışmaları planlayarak alınacak sağlık ve güvenlik önlemleri konusunda işverene önerilerde bulunmak ve takibini yapmak.

Çalışma ortamı gözetimi:

Çalışma ortamının gözetimini yapmak, iş yerinde iş sağlığı ve güvenliği yönünden yapılması gereken periyodik bakım, kontrol ve ölçümleri planlamak ve uygulanmasını kontrol etmek.

İş yerinde kaza, yangın veya patlamaların önlenmesi için mevzuata uygun çalışmalar yapmak ve uygulamaları takip etmek; doğal afet, kaza, yangın veya patlama gibi durumlar için acil durum planlarının hazırlanmasını sağlamak, periyodik olarak eğitimleri ve tatbikatları yaptırmak, acil durum planı doğrultusunda hareket edilmesini sağlamak.

Eğitim bilgilendirme ve kayıt:

İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerini ilgili mevzuata uygun olarak planlamak ve uygulamak.

Çalışma ortamının gözetimi ile ilgili çalışmaları kaydetmek ve yıllık değerlendirme raporunu iş yeri hekimi ile iş birliği yaparak hazırlamak.

## **Ergonomi Eğitimi**

### **Ergonomi Eğitimi Hakkında Genel Bilgiler**

Ergonomi terimi Yunanca iş anlamına gelen “ergos” ve yasa anlamına gelen “nomos” sözcüklerinden türemiştir, iş bilim anlamına gelir.

Ergonomi uyum ve uygunluk demektir. Kişilerle yaptıkları iş, yaşadıkları çevre, soludukları hava, kullandıkları eşyalar, diğer insanlar ile aralarında uygunluk olmasıdır. Kişi ve çevresi arasında uygunluk sağlanırsa çevrenin insan üzerinde yarattığı stres azalır, hata payı azalır, verimlilik artar. Burada sözü edilen uygunluk hem fiziksel hem psikolojik uygunluktur. ABD ergonomiye “İnsan faktörü” demektedir. Ergonomi insan kullanımına yönelik

tasarım, çalışma ve yaşama koşullarının en uygun hale getirilmesini amaçlayan uygulamalar bütünüdür. Yani yaşamın insana uyumunu hedefler.

İnsanın çevresi ile etkileşimi, uyumu insanın hayvana attığı ilk taşla başlamış, uygarlık geliştikçe insan çevre uyumu da gelişmiştir. Ergonominin asıl gelişimi ve bilim haline gelmesi 2. Dünya Savaşı'nda savaş pilotlarının hatalarını en aza indirmek için yapılan çalışmalarla olmuştur. Ergonomi yaşamın her alanındadır. Oturduğumuz sandalye, uzandığımız yatak, kullandığımız mutfak, yaşadığımız ev, şehir, çalıştığımız iş, soluduğumuz hava, çevremizdeki gürültü... Hepsi ergonominin konusudur. İş makine tasarımcılığından eğitim teknolojilerine uzay havacılık bilgisayar programından kaza analizine dek. Ergonomi multidisipliner bir bilimdir; mühendislik, mimarlık, tıp, fizyoloji, psikoloji, sosyoloji, anatomiden yararlanır.

Ergonomi alanında uzmanlaşan kişilere ergonomist denir. Avrupa Birliği'nde ergonomi eğitimi için dört yıl genel ergonomi, iki yıl da sektöre özel eğitim öngörülmektedir.

### **Ergonomi Eğitimi İçeriği**

- İş sağlığı ve iş güvenliğinin sağlanması
- İş gücü kayıplarının önlenmesi
- Yorulmanın ve iş stresinin azaltılması
- İş kazaları ve mesleki risklerin azaltılması
- Verimlilik ve kalitenin yükseltilmesi
- Gürültü - aydınlatma - hava hareketleri - nemlilik - hava ısısı -personel ekipman uygunluğu

Stajın 3. gününde elektrostatik deşarj ve güvenli taşıma eğitimi ile devam edildi.

### **ESD (Elektro Statik Deşarj) Nedir?**

İnsanlar ortamdaki nem miktarına bağılı olarak bir halının üstünde yürüyerek 35000 V elektrostatik gerilim yüklenebilirler. Elektrostatik şarjın aniden değişimi yani ortamdaki enerji yükünün aniden boşalması ESD (Elektrostatik deşarj) olarak ifade edilir.

Birçok devre elemanı, devreler, ileri teknoloji ürünleri elektrostatik şarjın aniden değişimi yüzünden onarılamayacak arızalara neden olmakta ve ürünlerin kalitesinde düşüşlere maruz kalmaktadır. Yapılan araştırmalarda nemli ortamların statik enerji oluşumunu önemli ölçüde azalttığıının saptanması sonucunda, ortamı nemli kılmak için iyonizer cihazlar kullanılmıştır; ancak bu defa da elektronik malzemeler kısmen korunurken insanlarda astım, bronşit ve kalp hastalıklarına rastlanmıştır. Daha başka tedbirler düşünülmüş ve antistatik malzemeler oluşturulmuştur. Elektronik aletleri korumak maksadıyla oluşturulan antistatik ekipmanlar hızlı boşalma sağlamamalı, belli bir alan direnci oluşturulmalı ve ani deşarjla insan sağlığının zarara uğramaması amacıyla dereceli olarak iletim ortamı sağlanmalıdır.

### **ESD'den Etkilenen Ekipmanlar Nelerdir ?**

Transistörler, diyotlar, lazer diyotları, elektro-optik cihazlar, hassas film rezistörleri, kapasitörler, farklı yarı iletkenler, mikro devreler, hibrid cihazlar, piezoelektrik kristalleri ve hatta daha komplike entegrasyonlu devre cihazları olarak sayabiliriz.

### **Elektrostatik Deşarja Karşı Alınacak Önlemler Nelerdir?**

Antistatik malzemeler statik elektriğin oluşmasını ve elektronik devre elemanlarının zarar görmesini önleyebilen malzemelerdir. Binlerce volt yüklenen insanlar farkında olmadan elektronik aletlere zarar verebilir. Bir elektronik aletin imalatından nakliyesine, paketlenmesinden depolanmasına, çalıştırılmasına kadar ya da tamiri devam ederken antistatik tedbirlerin alınması gerekir.

Bütün çalışma alanları hassas ve dikkat çekici ESD sembol ve işaretleri ile korunmalı ve personel alana girmeden önce işaretlemeler yapılarak çalışma alanı ESD'den korunmuş olmalıdır.

Yapılan işlemlerde gerekli olan yalıtım, iletkenlerin elektron akışını engellemek içindir. Böylelikle bir anlamda izolasyon sistemi sağlanmış olur. Personel ve ziyaretçiler çalışma alanı içerisine girerken bileklik veya topuk bandı, eldiven veya parmaklık takarak topraklama sağlamalıdır düzenli olarak ESD önlükleri giymelidir.

Silikon içeren temizleyiciler kullanılmalıdır. Çünkü bu gibi maddeler izolasyonlu tabakanın iletkenliğini veya dissipative özelliği olan malzemenin düzgün işlev görmesini engeller. ESD örtülerini temizlemek için statik dissipative ve solüsyon içeren ESD'li temizleyiciler kullanılmalıdır.



## 3. 2 PROJE

ASELSAN'da yaptığım staj süresi boyunca Convolutional Neural Network kullanarak filtrelenmiş resimleri yeniden yapılandırmak üzerinde çalıştım. Çalışmalarına öncelikle bu konu hakkında yapılan araştırmaları inceleyerek ve yazılan makaleleri okuyarak başladım.

Daha sonra, internet üzerinden Convolutional Neural Network(CNN) ve CNN'in çalışmasında yapı taşı olan bazı konuları araştırıp öğrendim. Benimle ilgilenen mühendislerin de önerilerini dikkate alarak araştırmamı detaylandırdım. CNN'lerin yapı taşları olarak belirlediğim konulardan bazıları bu rapor içinde açıklanmıştır.

### 3.2.1 Temel Bilgiler

#### **Convolutional Neural Network (CNN)**

Convolutional neural networks ya da CNN'ler, özelleştirilmiş bir neural network türü olup grid-like verilerin işleminde kullanılır.

*Zaman-serileri verileri 1 boyutlu gridler olarak düşünülebilir.*

*Resim verileri ise 2 boyutlu gridler olarak düşünülebilir.*

Convolutional network'ler basitçe en azından bir layer'ında matris çarpımı yerine convolution işlemi kullanan neural networklerdir.

Convolutional network'ler pratik uygulamalarda olağan üstü başarılarla ulaşmıştır ve hala geliştirilmeye devam edilmektedirler. Adından da görüldüğü üzere "convolutional neural network" bir matematik operasyonu olan convolution işlemini kullanır.

#### **Convolution Operasyonu**

En genel haliyle convolution iki reel değerli fonksiyon üzerinde uygulanan bir matematiksel operasyondur. Bu konuyu daha iyi anlamak için bir örnek üzerinden gidilmesi daha doğru olacaktır. Örneğin, bir uzay mekiğinin konum bilgisini bir lazer sensörü ile takip etmek istiyoruz. Lazer sensörümüz bize sadece  $x(t)$  şeklinde bir konum zaman outputu sunuyor. Yani uzay mekiğinin

bir t anındaki konumu gösteriyor. Hem zaman (t) hem de konum (x) reel değer olarak elimize geliyor.

Bu lazer sonuçlarının biraz noisy (bulanık) çalıştığını yani çok net olmayan sonuçlar verdiğini varsayalım. Daha net sonuçlar elde etmek için birçok ölçüm değerinin ortalamasını alabiliriz. Tabiki daha güncel ölçümlerin daha önemli olması gerekir. Bu durumda ağırlıklı ortalama almamız gerekmektedir (weighted average). Bunu bir ağırlıklandırma fonksiyonu  $w(a)$  ile sağlayabiliriz.  $a$  burada ölçümün yaşı olsun.

Eğer bu ağırlıklı ortalamayı tüm ölçüm verilerine uygularsak elimizde uzay mekiğinin konumu hakkında daha net ve yumuşak sonuçlar gelecektir.

$$s(t) = \int x(a)w(t-a)da$$

Convolutional neural network terminolojisinde, ilk argüman (bu örnekte,  $x$  fonksiyonu) convolution da *input olarak isimlendirilir* ve ikinci argüman (bu örnekte  $w$  fonksiyonu) *kernel olarak isimlendirilir*.

Yukarıdaki örnekte tek boyutlu bir convolution işlemi gösterilmiştir fakat makine öğrenmesi uygulamalarında genelde input çok boyutlu veriler halinde alınır. Ek olarak kernel olarak kullanılan fonksiyon da çok boyutlu olmaktadır. Bu çok boyutlu diziler *tensor* olarak isimlendirilir. Ve convolution işlemimiz aşağıdaki gibi olur.

$$S(i, j) = (I * K)(i, j) = \sum_m \sum_n I(m, n)K(i - m, j - n).$$

Bu çok boyutlu *input* ve *kernel* ile yapılan convolution işlemi aşağıdaki gibi görsellendirilebilir. (2 Boyutlu bir convolution işlemi.)

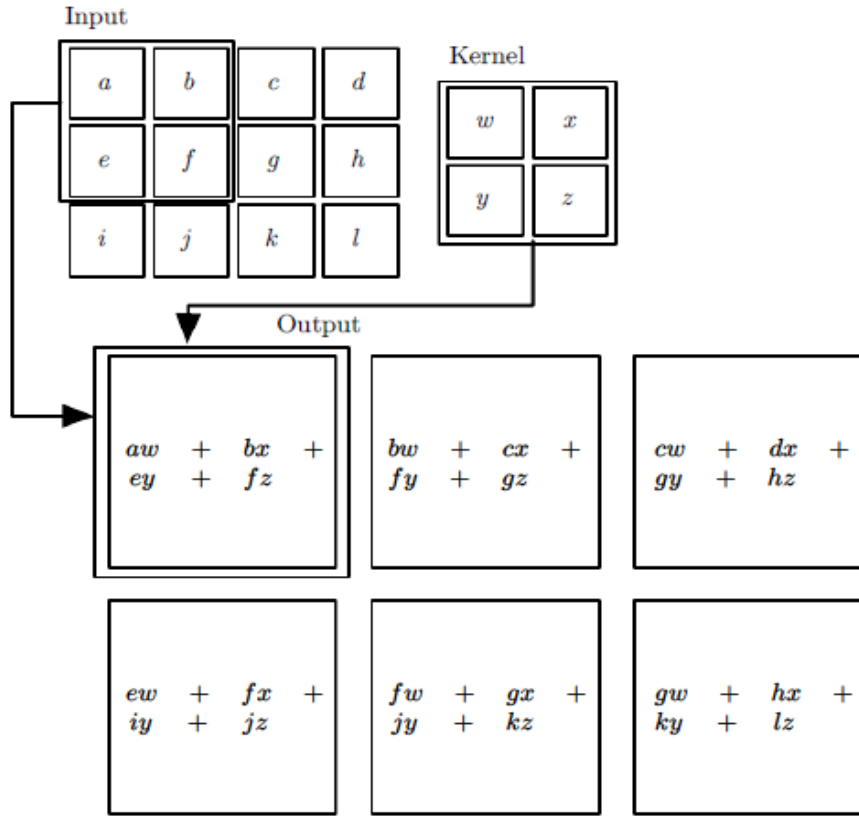


Figure 1

Görüldüğü üzere yukarıdaki işlem iki boyutlu bir convolution işlemidir. Resim verileri işlenirken bu yapıya benzer bir işlem uygulanır.

### Projenin tanımı ve CNN

Temel bilgileri öğrendikten sonra, CNN'İ gerçekleştireceğim kütüphane olan MATCONVNET kütüphanesini araştırmaya başladım. Önceden öğrendiğim matematiksel ifadelerin kod karşılıklarını ve genel anlamda Convolutional Neural Network'ün nasıl yaratılacağı hakkında bilgi edindim ve örnek olarak verilen CNN'leri çalıştırıp test ettim.

Bir CNN'in çalışması için yapılması gereken bazı işlemler mevcuttur. Bunlardan önceliklisi CNN layer'larının tasarımıydı. Biz projemizde 4 layer'lı bir convolutional neural network tasarladık. Bu layerlardan ilk 3 tanesi convolution layer, sonuncusu ise loss layer olarak isimlendirilir.

Convolution layerlar temel olarak convolution işlemi yapılan layerlardan ve devamında gelen aktivasyon fonksiyonlarından oluşmaktadır. Biz projemizde aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonunu kullandık.

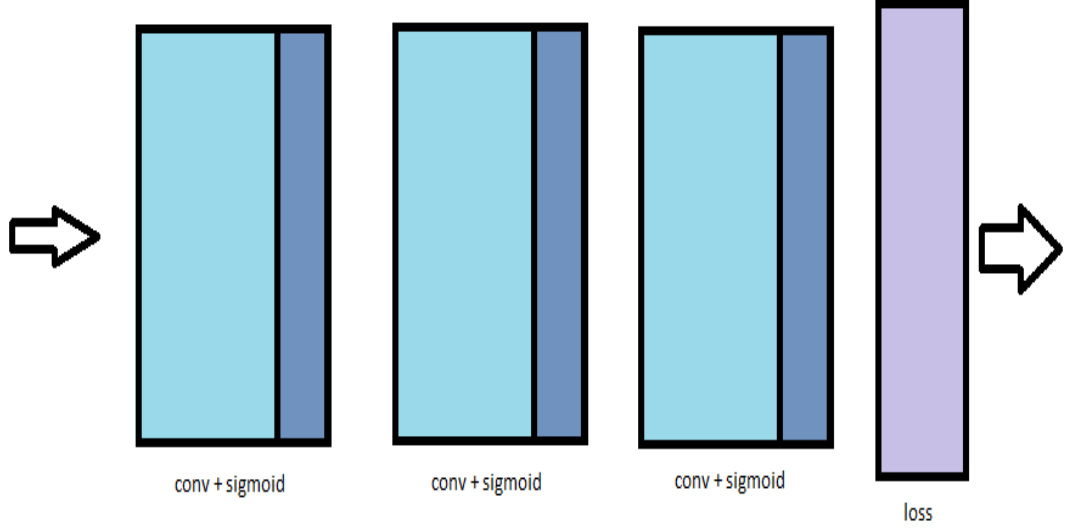


Figure 2

Konseptsel bir görüntü olarak yukarda çizilmiş olan neural network yapımızdaki son layer olan loss layerında ise pdist loss fonksiyonu kullanılmıştır.

Bu projemizin amacı ise convolutional neural network kullanılarak çeşitli filtrelerle bozulmuş resimlerin geri yapılandırılmasıydı. Bunun için öncelikle elimizde bir veri havuzunun olması gerekiyordu. Bunun için CIFAR-100 isimli 32x32'lik resimlerden oluşan bir resim veritabanı kullandık.

Convolutional Neural Network'ün çalıştırılma şekli şu şekildeydi. Öncelikle bir input, output seti network'e eğitmek üzere veriliyor. Daha sonra network'ün öğrenme grafiği sabitleşene kadar öğrenmenin devam edilmesi sağlanıyor. Bu işlemin süresini yani generasyon sayısını belirleyen bir epoch değeri mevcut. Bu değere bağlı olarak neural network öğrenme işlemine devam ediyor. Bu epoch değerini başlangıç olarak 40 seçmiştik fakat bazı filtreler için daha kısa epoch değerlerinde öğrenme eğrisi stabilleşiyordu. Bu sebepten ötürü bazı durumlar için farklı epoch değerleri kullandık.

Eğitim aşaması bittikten sonra test aşamasına geçiyorduk. Bu aşamada ise 50.000 adet farklı resimle eğitilmiş neural network'e daha önce hiç görmediği 10.000 adet resim input olarak verilip outputta çıkan düzeltilmiş resimler gözlemleniyordu. Neural Network sonucu ile orjinal resim, filtrelenmiş (bozulmuş) resim ile orjinal resim arasındaki SSIM(structural similarity index) ve PSNR(peak signal-to-noise ratio) değerleri inceleniyordu.

### 3.2.2 Birinci Deney

İlk olarak varyans değerleri farklı 4 adet Gaussian Filtre kullanarak network denendi. Ayrı ayrı her bir farklı varyans değerine sahip filter için 50.000 adet bozulmuş resimden oluşan eğitim seti ve 10.000 adet bozulmuş resimden oluşan test setleri oluşturuldu. Daha sonra bu eğitim seti ile o resimlerin orijinal karşılıkları (bozulmamış olanlar) neural network'e kendini eğitmesi için verildi. Eğitim grafiği sabitleşmeye başladığında eğitim işlemi sonlandırıldı ve test aşamasına geçildi. Test aşamasına hiç görmediği 10.000 resim input olarak verildi ve outputlar (düzelmış olması beklenen resimler) gözlemlendi SSIM ve PSNR değerleri kaydedildi. Bu işlem her bir farklı varyans değerine sahip filter için tekrarlandı.

#### **Filtre ( var = 0.5 ) için Grafik, Değerler ve Örnek Resimler**

Bu filtremizde varyans değeri 0.5 olan Gaussian Filtre kullanarak çalıştırdık aşağıdaki gibi çıktılar gözlemledik.

Öğrenme grafiği:

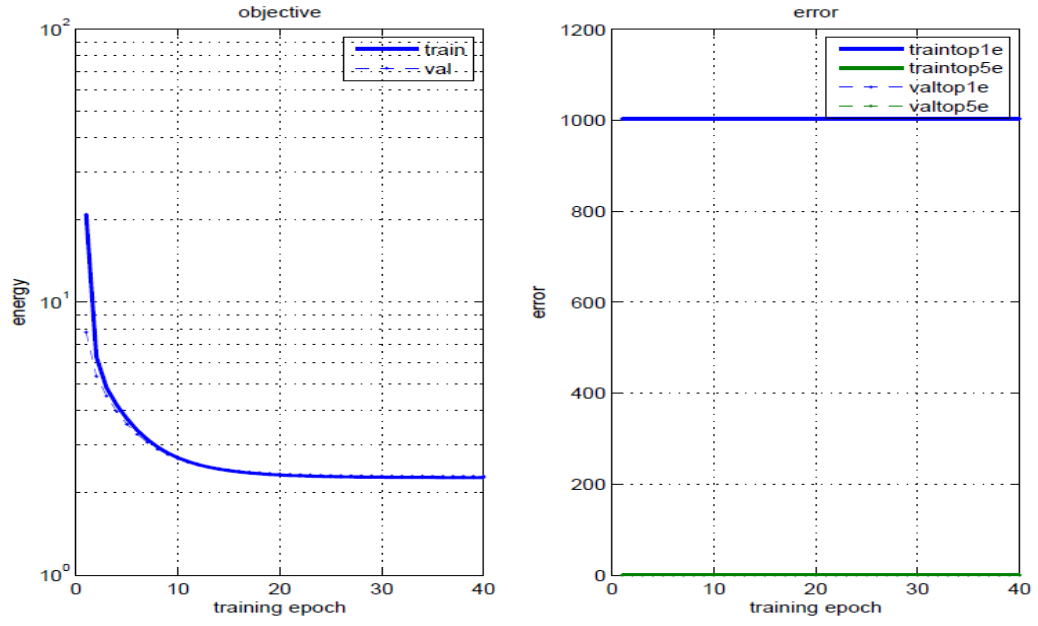


Figure 3

Ölçüm değerleri grafiği:

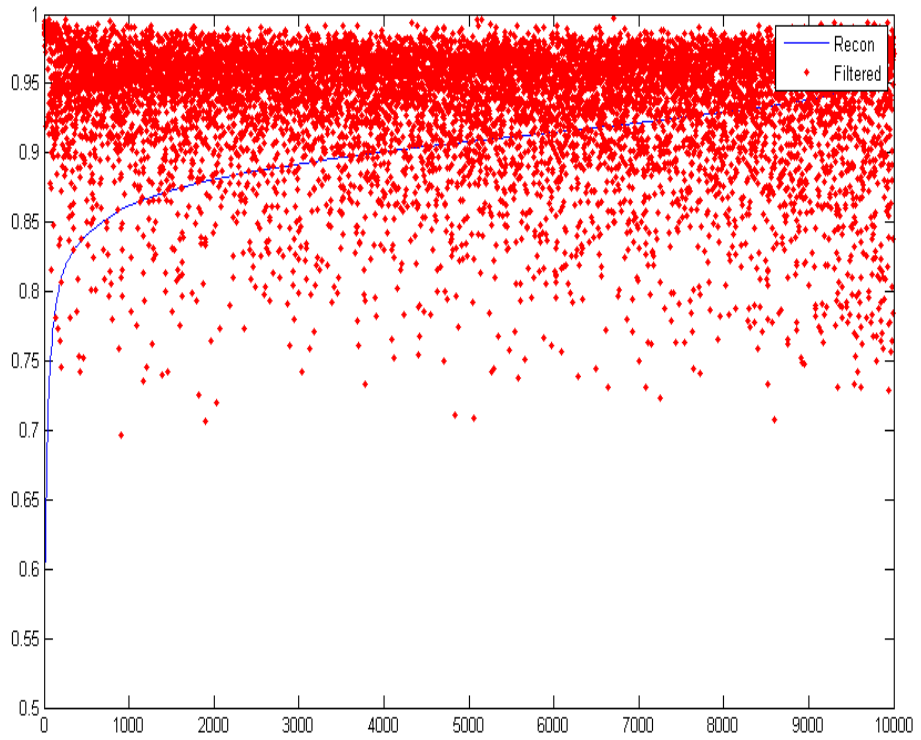
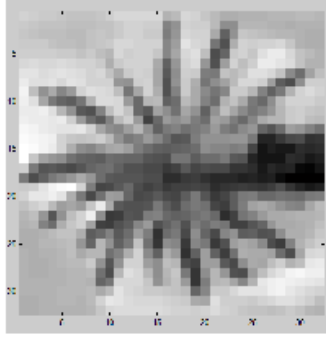


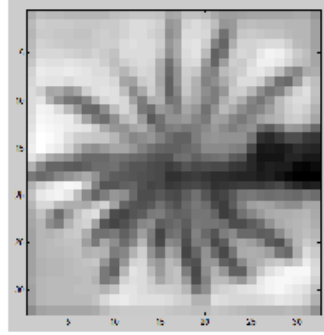
Figure 4

Bu grafikte mavi eğri neural network'ün sonuçlarını temsil etmekte kırmızı noktalar ise filtrelenmiş fotoğrafları. Görüldüğü gibi neural network sonuçları filtrelenmiş fotoğrafların sonuçlarının altında kalmış bunun sebebi ise varyans değeri 0.5 olduğunda resimlerdeki bozulma çok az olmakta. Neural network ise yeniden yapılandırma sonucunda daha kötü sonuçlar üretmektedir. Bu bozulma aşağıdaki fotoğraflarda da görülebilmektedir.

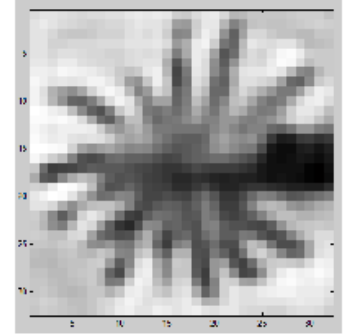
Resim örnekleri:



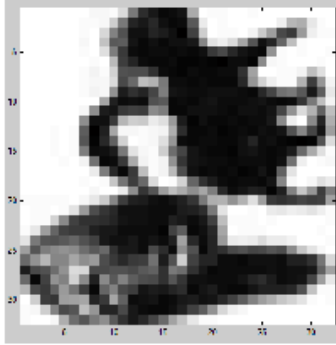
Orjinal Resim



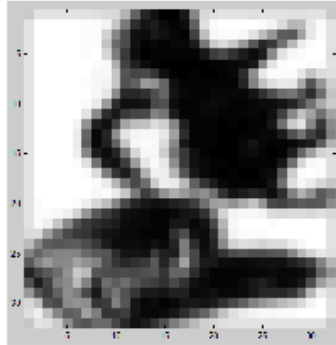
Filtrelenmiş Resim



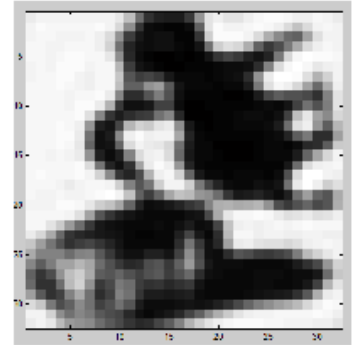
Neural Network Sonucu



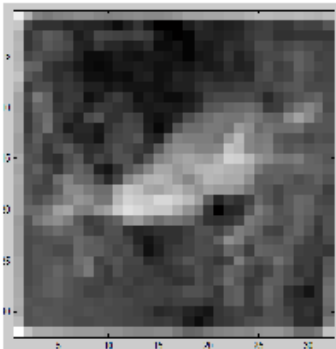
Orjinal Resim



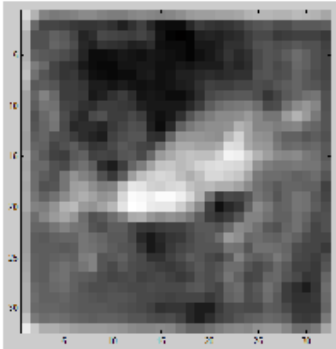
Filtrelenmiş Resim



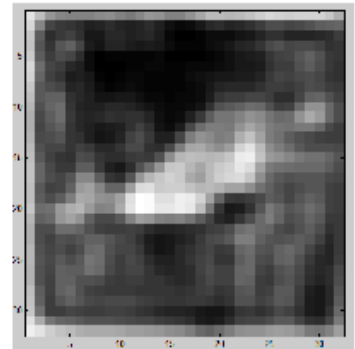
Neural Network Sonucu



Orjinal Resim



Filtrelenmiş Resim



Neural Network Sonucu

Görüldüğü üzere neural network çıktıları hem orijinal resimden hem filtrelenmiş resimden daha bulanık durumdadır.

### Filtre ( var = 1.0 ) için Grafik, Değerler ve Örnek Resimler

Öğrenme grafiği:

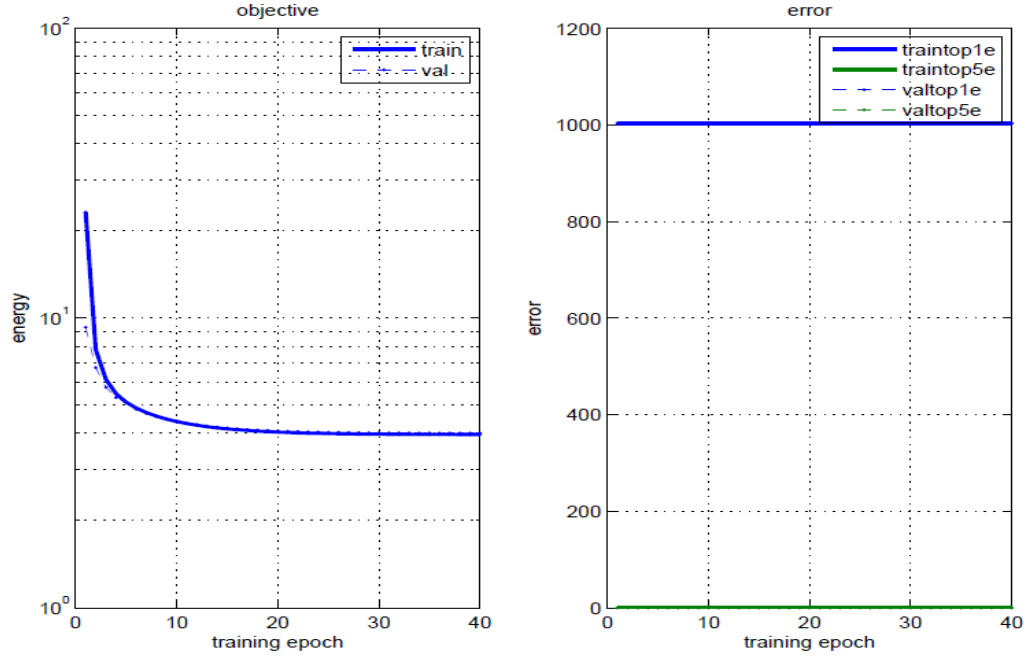


Figure 5



Ölçüm değerleri grafiği:

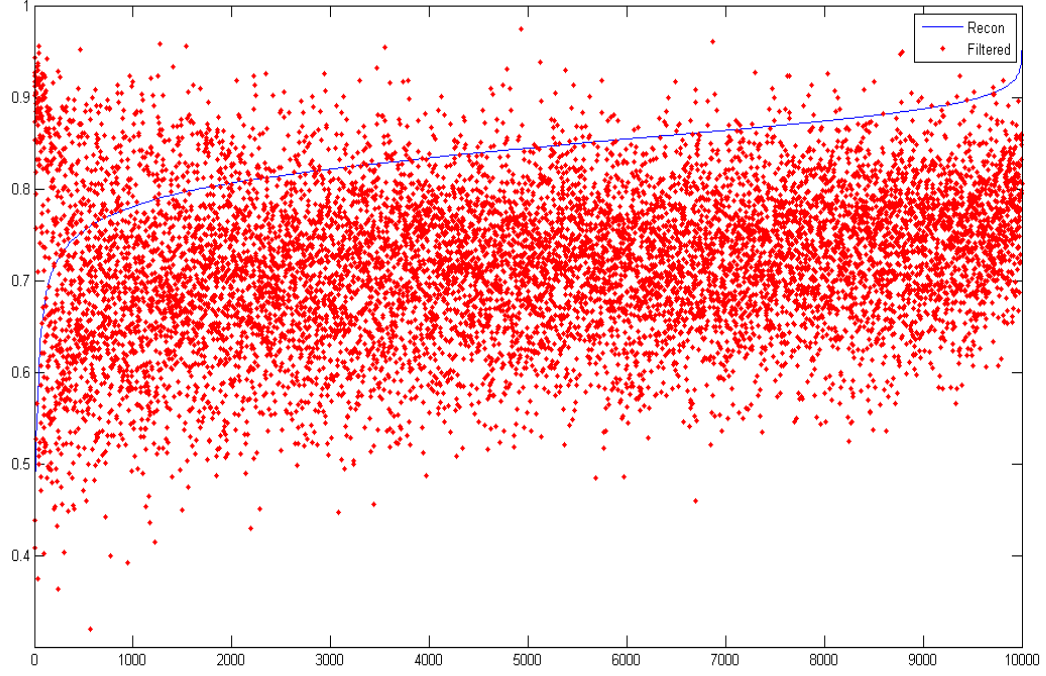
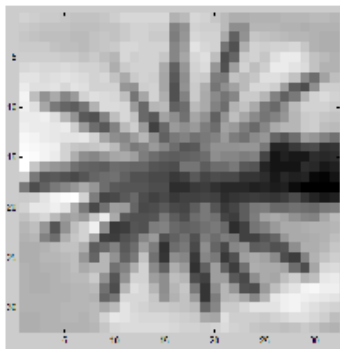


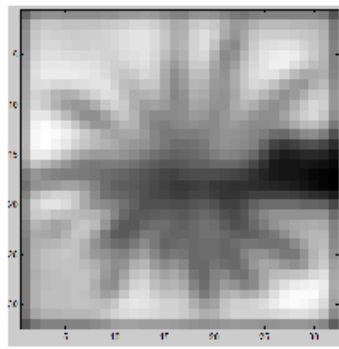
Figure 6

Grafikte görüldüğü üzere neural network sonuçları (mavi çizgi), filtrelenmiş resim sonuçlarından(kırmızı noktalar) daha yüksek bir ortalama göstermiştir. Yani neural network başarılı sonuçlar vermiştir. Düzeltme işlemi istenilen seviyede olmamıştır.

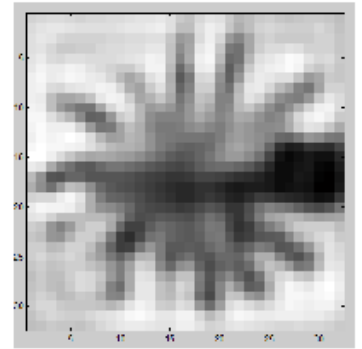
Resim Örnekleri:



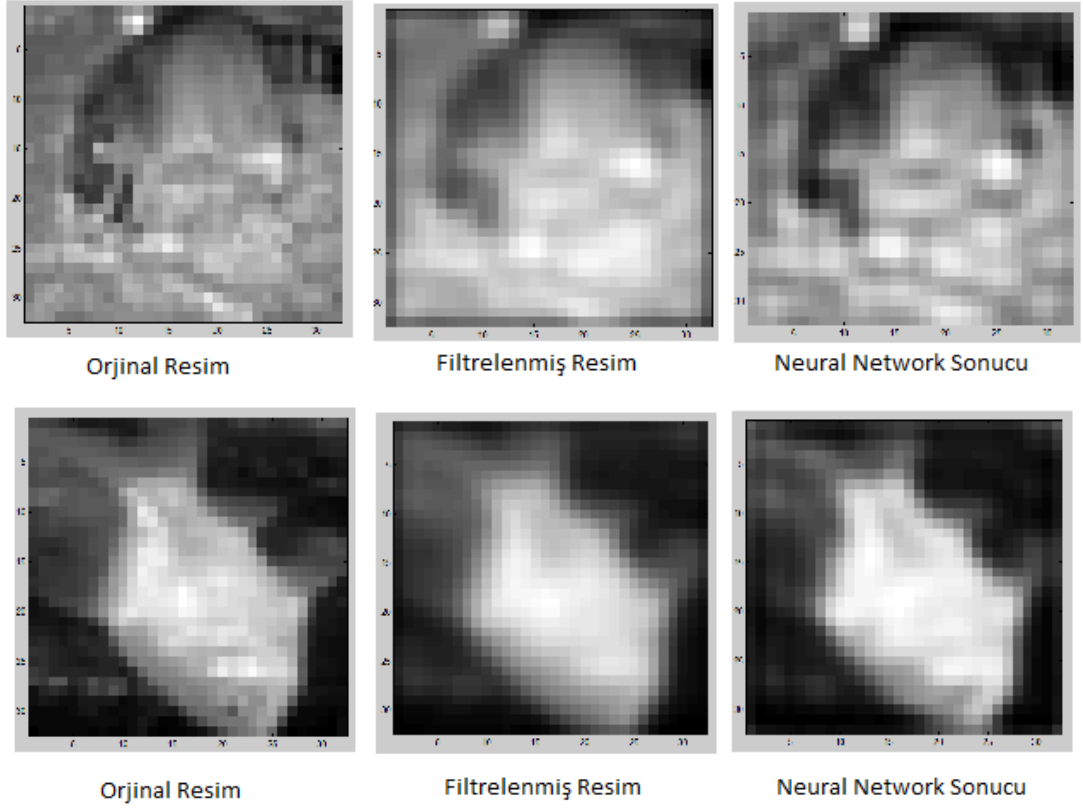
Orjinal Resim



Filtrelenmiş Resim



Neural Network Sonucu



Neural network sonuçları görüleceği üzere filtrelenmiş resimlerden daha net ve düzgün çıktılar vermiştir.

### **Filtre ( var = 2.0 ) için Grafik, Değerler ve Örnek Resimler**

Öğrenme Grafiği:

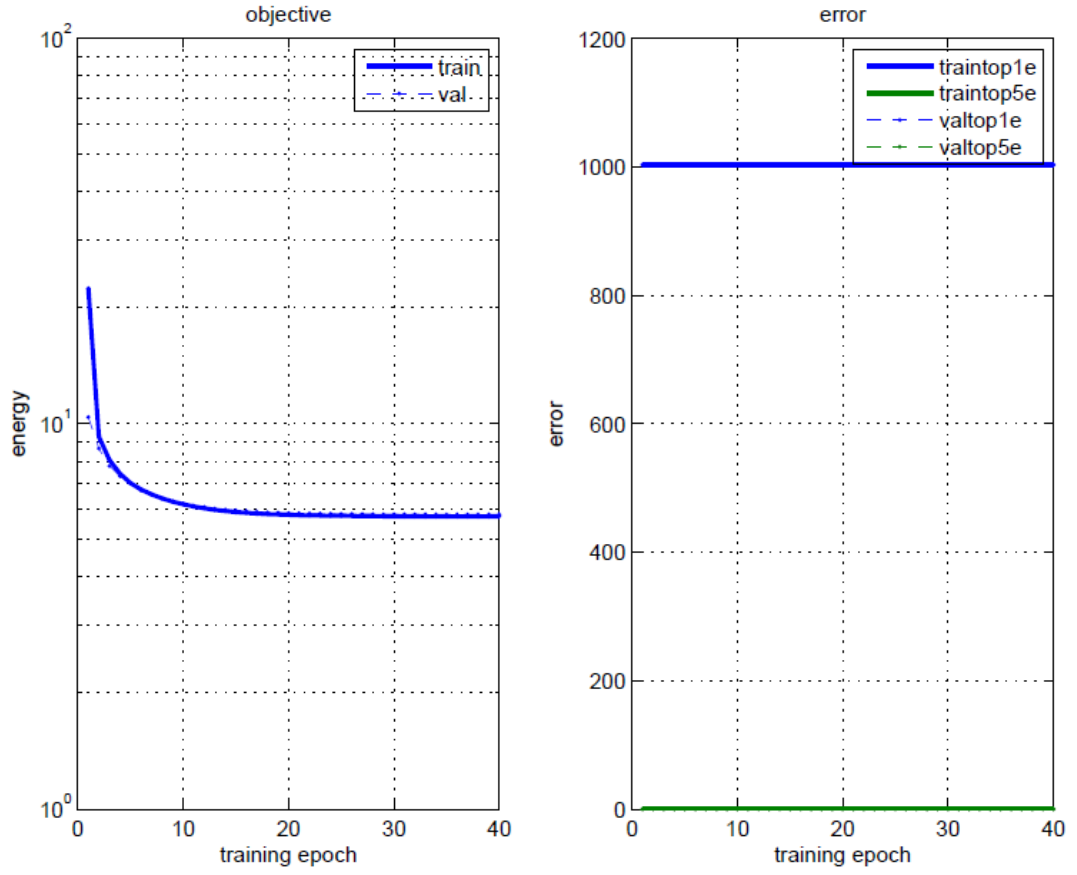


Figure 7

Öğrenme grafiğinde bir değişiklik olmamaya başladığı anda eğitim durdurulmuştur. Bu noktada eğitimi durdurmamızın sebebi, öğrenme eğrisi değişmezken validation eğrisi (öğrendiklerini doğrulamak için yaptığı işlem) artmaya başlamaktadır. Yani CNN artık öğrenme işlemini tamamlamış ezberlemeye başlamıştır. Bu durum bizim istediğimiz bir durum olmadığından bu noktada, her örnek için, eğitimi sonlandırdık.

Ölçüm Değerleri:

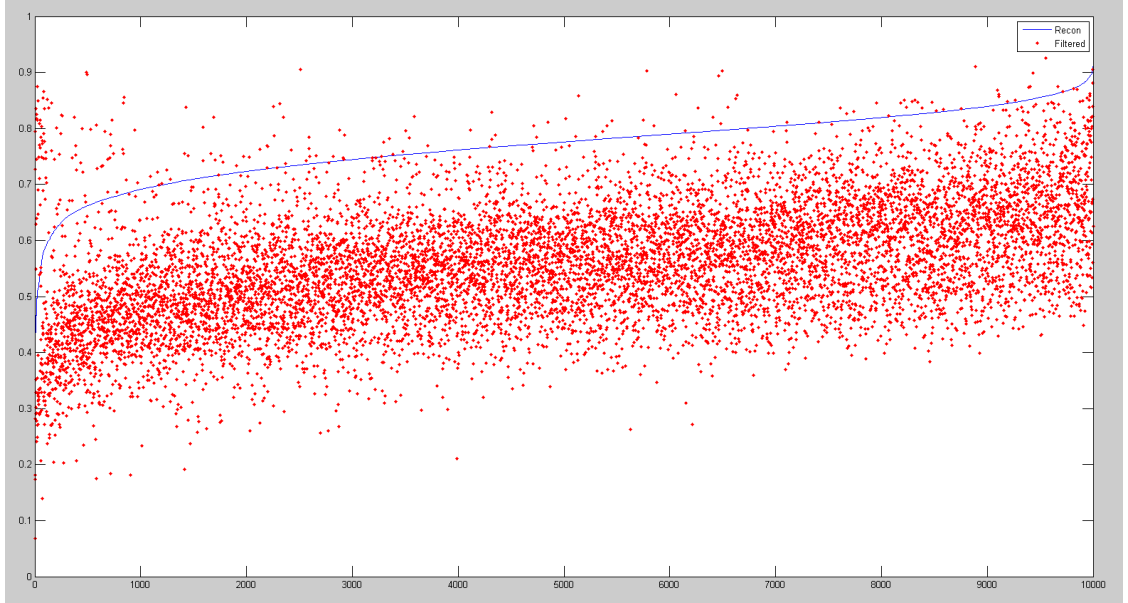
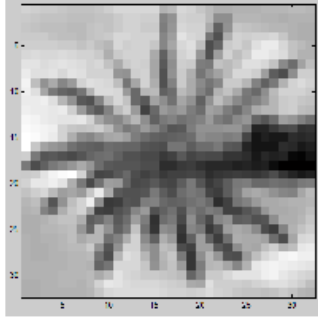


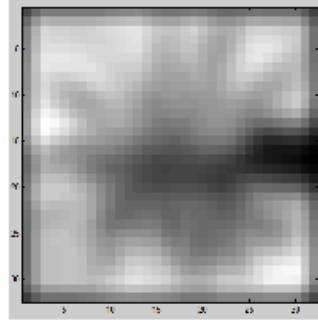
Figure 8

Görüldüğü üzere varyans değeri arttıkça yani bozulma oranı arttıkça, neural network'ün başarı oranı artmaktadır. Sonuç olarak bozulma oranı çok az ise neural network başarılı çıktı vermemekte çünkü öğrenebileceği kadar bir bozulma görülmemektedir. Fakat resimlerin bozulma oranı arttıkça neural network daha başarılı düzeltme işlemi yapmaktadır.

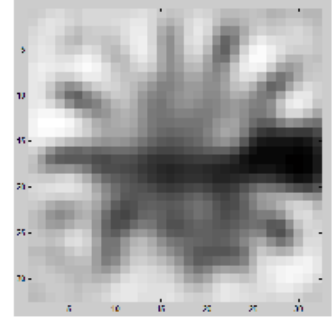
Resimler:



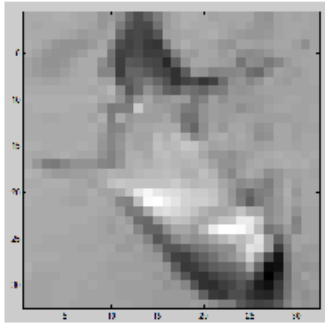
Orjinal Resim



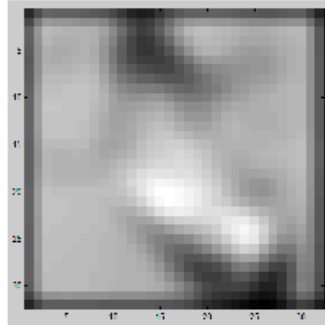
Filtrenilmiş Resim



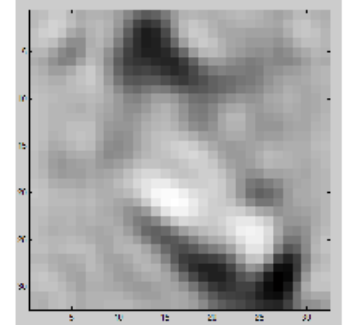
Neural Network Sonucu



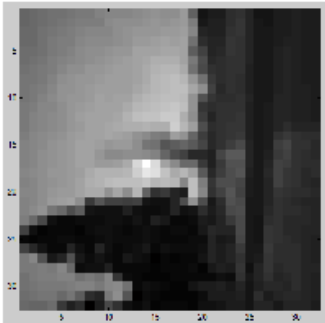
Orjinal Resim



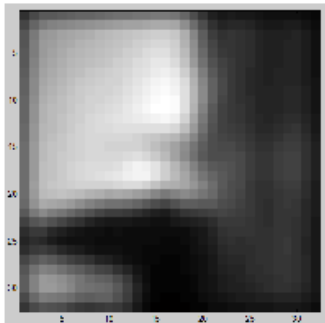
Filtrenilmiş Resim



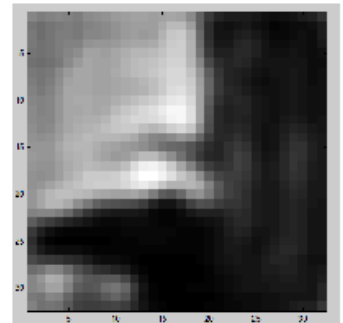
Neural Network Sonucu



Orjinal Resim



Filtrenilmiş Resim



Neural Network Sonucu

Bozulma oranı arttığı için neural network'ün yeniden yapılandığı resimler, filtrenilmiş resimlerden çok daha net sonuçlar vermiştir.

**Filtre ( var = 4.0 ) için Grafik, Değerler ve Örnek Resimler**

Öğrenme Grafiği:

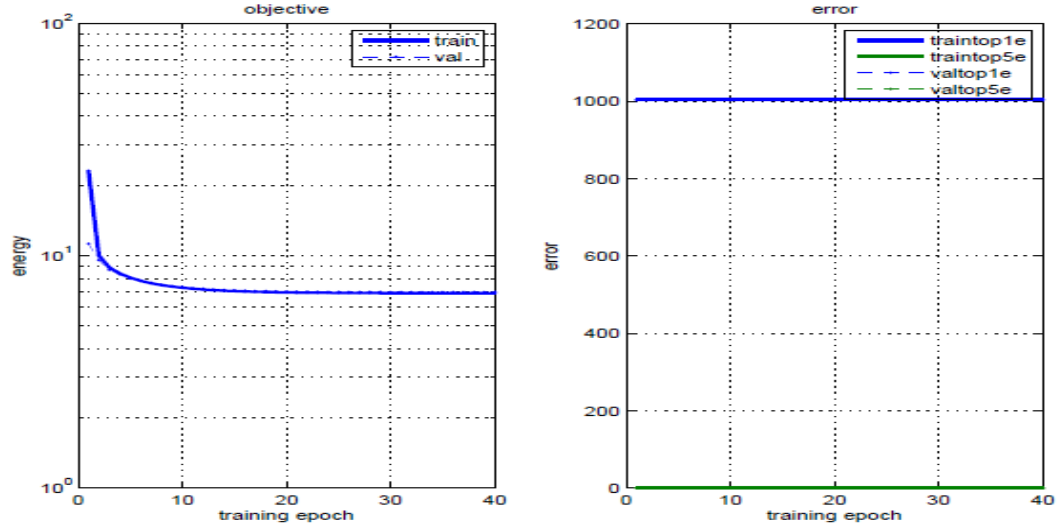


Figure 9

Ölçüm Değerleri:

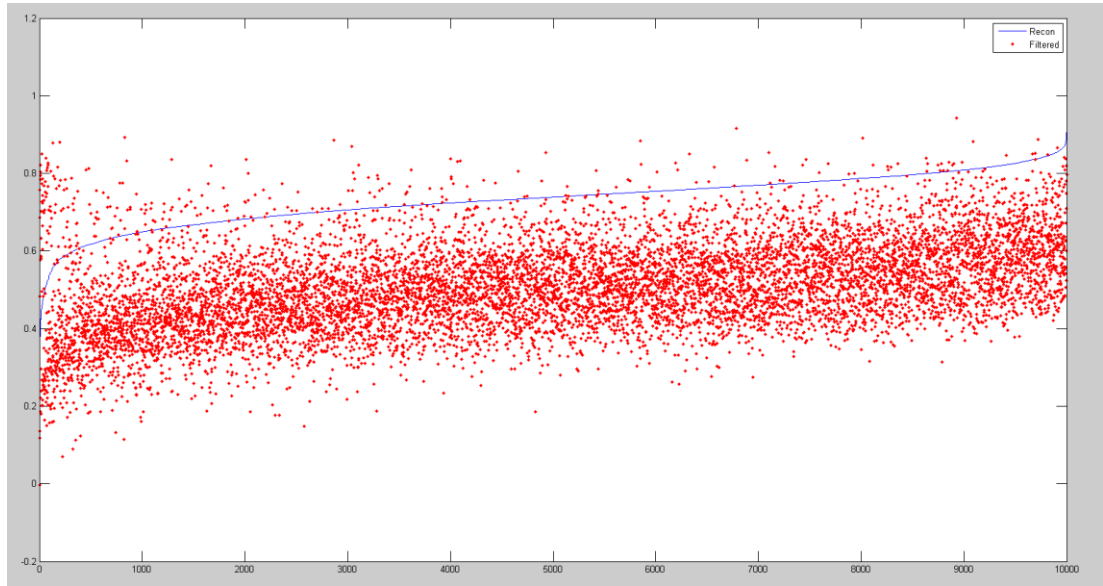
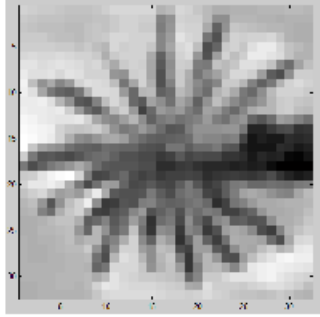


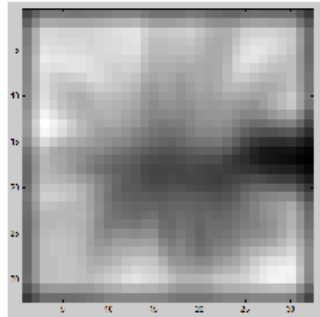
Figure 10

Sonuçlar varyansı 2.0 olan ölçümlerden gelişme miktar azalmış olsa dahi daha iyileşmiş durumdadır. Ek olarak neural network sonuçlarının üstünde sonuç veren filtrelenmiş resimlerin sayısı azalmıştır. Mavi çizginin üzerinden öncekilere göre daha az kırmızı nokta olması bize bunu ifade eder.

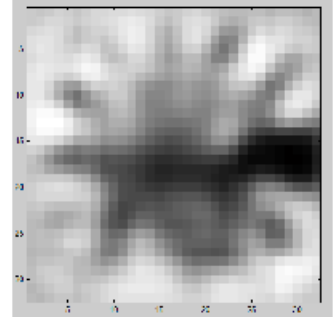
Resimler:



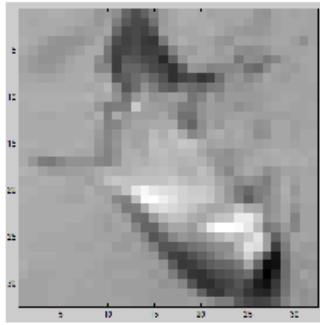
Orjinal Resim



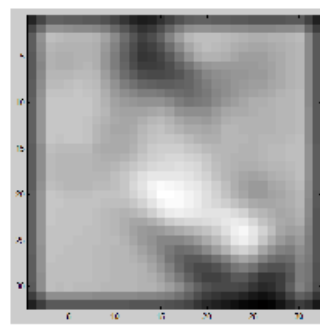
Filtrelenmiş Resim



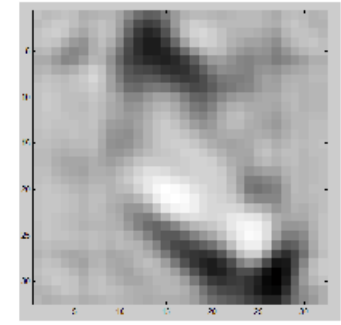
Neural Network Sonucu



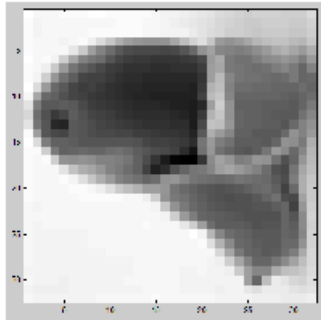
Orjinal Resim



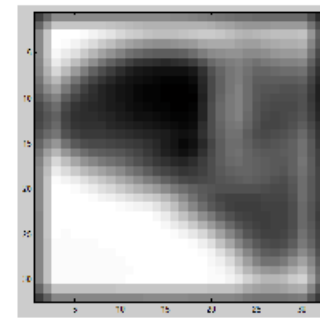
Filtrelenmiş Resim



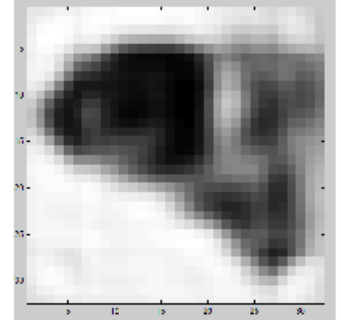
Neural Network Sonucu



Orjinal Resim



Filtrelenmiş Resim



Neural Network Sonucu

Filtrelenmiş resimlerin bulanıklığı çok fazla iken neural network resimlerinde daha kesin hatlar ve düzgün resimler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu bize neural network'ün başarılı olduğunu gösterir.

### Sonuç:

Yukarıda anlatılmış ver örneklendirilmiş 4 farklı varyans değerine sahip filtrelerle denenmiş olan convolutional neural network başarılı sonuçlar vermiştir. Çıkan sonuçları ve resim çıktılarını incelediğimizde, varyans değeri

arttıkça yani resimlerdeki bozulma miktarı arttıkça neural network'ün daha başarılı bir yeniden yapılandırma yaptığını söyleyebiliriz.

### 3.2.3 İkinci Deney

Bu bölümde hazır olan CNN'imizi farklı bir düşünceyle eğittik. Daha önce hep tek bir filtreyi öğrenmesi için tek filtreyle bozulmuş resimlerden oluşan bir eğitim kümesi veriyorduk. Bu denememizde ise 5 farklı filtremizle ayrı ayrı bozulmuş 250.000 adet resimlik bir eğitim seti oluşturduk. Bunun amacı ayrı ayrı öğrenmesi ile topluca öğrenmesi arasındaki farkları gözlemleyebilmektir.

Öncelikle 50.000 adet resim gruplarında 5 tane sıralı grup şeklinde bir filtrelenmiş resim veri tabanı oluşturduk ve eğitip sonuçları gözlemledik. Aldığımız sonuçlar bağımsız eğittiğimiz deneydeki sonuçlardan çok daha düşük ve başarısızdı. Bunun sebebinin eğitim setinin sıralı olması olduğunu fark ettik. Gruplar halinde verince resimleri ilk öğrendiği düzeltmeyi diğer bozuk resimlere de uygulamaya çalışıyor ve doğal olarak başarısız oluyordu.

Bu problemi düzeltmek için 250.000 resimden oluşan veri tabanımızı kendi içinde karıştırdık. 50.000'lik gruplar halinde olan veri tabanımızı artık karma karışık, grupsuz 250.000 resimlik bir veri tabanına çevirdik ve CNN'e öğrenmesi için verdik.

Aldığımız sonuçların başarılı olduğunu ve yeniden yapılandırma işleminin istediğimiz gibi sonuç verdiğini gözlemledik. Bu sonuçları tek filtre ile bozulmuş setler ile eğittiğimiz network sonuçları ile karşılaştırdık. Çıkan tüm sonuçları, bu birimde geliştirilmiş optimize edilmiş yeniden yapılandırma algoritmasının çıktıları ve sonuçlarıyla karşılaştırdık. Bu bize en iyiye göre ne konumda olduğumuzu ve neural network'ün daha ne kadar geliştirilmesi gerektiğini gösterdi.

Aşağıda öncelikle öncelikle tek filtre kullanılarak hazırlanan veri setleri ile eğitilmiş neural network'ün yeniden yapılandığı resimlerin sonuçları görülmektedir. Daha sonra ise tüm filtreler kullanılarak hazırlanmış büyük veri seti ile eğitilmiş neural network'ün çıktılarının sonuçları görülmektedir.



Tablolarda üç adet değer bulunmaktadır. Birinci değer (Filtered), filtrelenmiş resimle orijinal resim arasındaki karşılaştırmayı; ikinci değer (NNRec), neural network sonucu ile orijinal resim arasındaki karşılaştırmayı; üçüncü değer (OptRec) ise optimizasyon problemi çözen algoritmanın kendi problemimize uyarlanmış halinden gelen yeniden yapılandırılmış resimler ile orijinal resim arasındaki karşılaştırmayı ifade etmektedir.

### Tek Filtre için Eğitilmiş Neural Network Sonuçları:

Tablo 1: Tek veri seti için ortalama SSIM değerleri

NETWORK TRAINED WITH SINGLE DATA SET	Average SSIM		
	Filtered	NNRec	OptRec
Statistics for Filter 1 (psf085)	0.863	0.760	0.991
Statistics for Filter 2 (defocus00_s11)	0.597	0.145	0.461
Statistics for Filter 3 (defocus00_s21)	0.355	0.146	0.182
Statistics for Filter 4 (defocus001_s11)	0.630	0.145	0.231
Statistics for Filter 5 (defocus001_s21)	0.596	0.139	0.110
TOTAL AVERAGES	0.608	0,267	0.788

Tabloda görüleceği üzere uygulanan filtrelerin hiçbirinde neural network başarılı bir yeniden yapılandırmam yapamamıştır. SSIM Sonuçları genel olarak filtreli fotoğrafların altındadır.

Tablo 2: Tek veri seti için ortalama PSNR değerleri

NETWORK TRAINED WITH SINGLE DATA SET	Average PSNR		
	Filtered	NNRec	OptRec
Statistics for Filter 1 (psf085)	25.257	23.190	41.438
Statistics for Filter 2 (defocus00_s11)	19.112	12.717	14.044
Statistics for Filter 3 (defocus00_s21)	16.074	12.718	6.470
Statistics for Filter 4 (defocus001_s11)	19.641	12.721	7.004
Statistics for Filter 5 (defocus001_s21)	18.522	12.214	3.888
TOTAL AVERAGES	19,721	14,712	27.27

Bu tabloda ise başka bir resim değerlendirme ölçütü olan PSNR değerleri gösterilmiştir. SSIM'de olduğu gibi PSNR değerlerinde de neural network başarılı olamamıştır.

Her seferinde sadece bir adet filtre kullanılarak oluşturulan veri kümesinin eğitim sonuçları yukarıdaki tablolarda da görüleceği üzere başarılı olamamıştır.

### Tüm Filtreler için eğitilmiş Neural Network Sonuçları:

Tablo 3: Karışık veri seti için ortalama SSIM Değerleri

NETWORK TRAINED WITH MIXED DATA SET	Average SSIM		
	Filtered	NNRec	OptRec
Statistics for Filter 1 (psf085)	0.862	0.827	0.991
Statistics for Filter 2 (defocus00_s11)	0.298	0.421	0.461
Statistics for Filter 3 (defocus00_s21)	0.118	0.209	0.182
Statistics for Filter 4 (defocus001_s11)	0.157	0.210	0.231
Statistics for Filter 5 (defocus001_s21)	0.075	0.128	0.110
TOTAL AVERAGES	0.564	0.757	0.788

Bu tabloda görüleceği üzere karışık veri seti ile eğitilmiş neural network'ün yeniden yapılandırma sonuçları birinci filtre hariç diğer filtrelerde başarılı olmuştur ve iyi sonuçlar vermiştir.

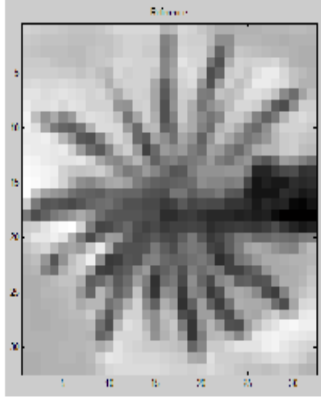
Tablo 4: Karışık veri seti için ortalama PSNR Değerleri

NETWORK TRAINED WITH MIXED DATA SET	Average PSNR		
	Filtered	NNRec	OptRec
Statistics for Filter 1 (psf085)	25.256	23.120	41.438
Statistics for Filter 2 (defocus00_s11)	9.555	12.166	14.044
Statistics for Filter 3 (defocus00_s21)	5.357	6.820	6.470
Statistics for Filter 4 (defocus001_s11)	4.910	6.045	7.004
Statistics for Filter 5 (defocus001_s21)	3.278	4.153	3.888
TOTAL AVERAGES	19.29	22.57	27.27

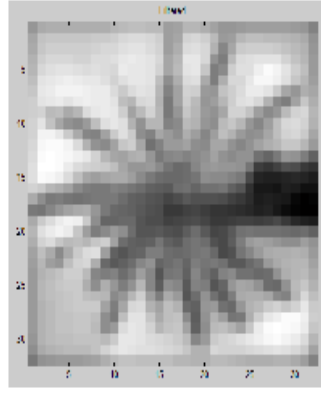
Karışık veri kümesi için eğitilmiş neural network'ün PSNR değerlerine baktığımız zaman da ilk filtre hariç diğer filtrelerde başarılı olduğu hatta bazı filtrelerde (filtre 3 ve filtre 5) optimize edilmiş yeniden yapılandırmalardan bile daha başarılı sonuçlar vermiştir.

### Örnek Resimler:

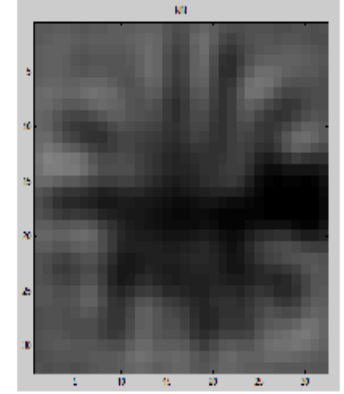
psf085 Filtresi tek train edildiğinde sonuçlar



Orijinal

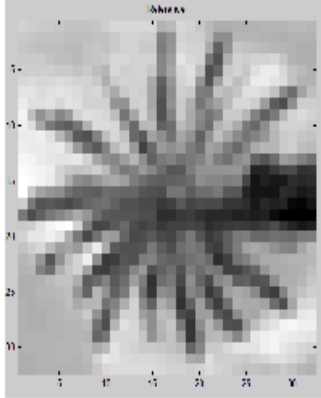


Filtered

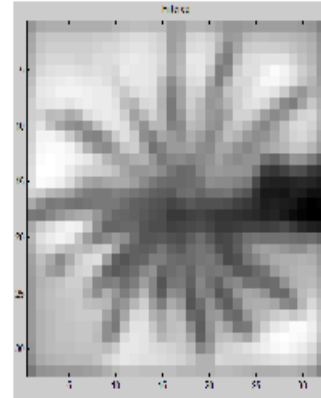


Neural Network

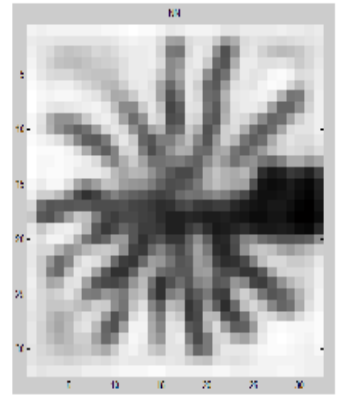
Karışık Train Edildiğinde Sonuçlar:



Orijinal



Filtered



Neural Network

Görüldüğü üzere, tek başına bir filtre üzerine eğitilmiş neural network'ün sonucu karışık eğitilmiş neural network'ün sonucundan daha başarısız bir durumdadır. Karışık veri eğitim havuzunda filtre başına düşen veri sayısı tek başına eğitilmiş filtrelerle aynıdır. Bu başarı farkının sebebi tek başına filtrelenmiş resimlerde çok fazla öğrenebilecek bir şey olmaması olabilir. Bizim

mimarimiz daha güçlü bir mimari olarak yapılandırıldı. Eğer tek filtrede de başarı istiyorsak daha basit bir mimari kullanımı başarıyı arttırabilir.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Staj süresi boyunca yaptığım araştırmalar ve üzerinde çalıştığımız deneyler hakkında birkaç farklı sonuç yani yoruma ulaştık. Araştırmalarım süresince convolutional neural network'lerin günlük hayatta ihtiyaç duyduğumuz birçok farklı işlem için eğitilebileceğini ve her zaman mükemmel olmasa da genel olarak doğru çözümler sunabileceğini gördüm.

Convolutional Neural Network'lerin öğrenme tarzlarını gözlemledim ve en ufak bir değişkene bile bağlı olduklarını fakat optimize edildiklerinde ve gerekli layer tasarımları yapıldığında gerçekten başarılı bir öğrenme işlemi sergilediklerini gördüm.

Deneylerimiz sırasında ise, farklı varyans değerlerine sahip filtreler için CNN'in yeniden yapılandığı resimlerin değişiklik gösterdiğini gözlemledim. Bu değişiklik şöyle ifade edilebilir. Resimleri bozduğumuz filtrenin bozma etkisi (yani varyansı) arttıkça convolutional neural network'ün yapabildiği düzeltmenin arttığını gözlemledik.

Deneyler sırasında elimizdeki CIFAR-100 veri tabanındaki resimleri bir filtreden geçirip MR görüntülerine çevirdik. Fakat CNN'i eğittiğimizde ve sonuçları gözlemlediğimizde bu görüntüleri yeniden yapılandırmasının yeteri kadar başarılı olmadığını gözlemledik. Bu görev için farklı bir neural network tasarımına ihtiyaç duyduğumuzu fark ettik ve devam ettirmedik.

En son deneyimizde ise Neural Network'ün tek tek eğitildiğinde mi yoksa topluca tüm veri seti kullanılarak eğitildiğinde mi daha başarılı olacağını araştırdık. Aldığımız sonuçlar doğrultusunda toplu eğitildiğinde neural network'ün daha başarılı olduğunu gözlemledik.

## 5. KAYNAKLAR

1. <http://www.aselsan.com.tr>
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network)
3. <http://cs231n.github.io/convolutional-networks/>
4. <http://www.vlfeat.org/matconvnet/>
5. <http://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>
6. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1506/1506.01195.pdf>
7. [https://www.researchgate.net/profile/Chen\\_Change\\_Loy/publication/264552416\\_Learning\\_a\\_Deep\\_Convolutional\\_Network\\_for\\_Image\\_Super-Resolution/links/53e583e50cf25d674e9c280e.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Chen_Change_Loy/publication/264552416_Learning_a_Deep_Convolutional_Network_for_Image_Super-Resolution/links/53e583e50cf25d674e9c280e.pdf)