



## Hard disk failure and data recovery methods in computer forensic

## Adli bilişimde hard disk arızaları ve arızalı disklerden veri kurtarma yöntemleri

Yusuf Ziya Güllüce<sup>1</sup>  
Recep Benzer<sup>2</sup>

### Abstract

Since the acceptance of digital data as evidence in courts, hard disks have been the most studied objects within a digital forensic examination.

Data recovery is the recovery process of digital data from damaged, corrupted or inaccessible medias due to another cause which cannot be accessed in the normal way. Data recovery term in digital forensics literature is generally used for obtaining deleted, hidden or encrypted data. Detailed description of two different perspectives of data recovery will be made under logical a physical data recovery titles.

Physical or logical problems may be the cause of inaccessibility of data in the recording media. Logical problem is the state of inability to reach data, although the recording media or the device which stores data works normally. On the other hand, physical malfunctions bring to mind the differing types of failures depending on the recording medium.

The purpose of this article is to explain how to recover data from a hard disk which is corrupted due to any reason. Prior to that, data recovery concept, data recovery types, physical structure of modern hard disk drives we use today and its internal components will be described, then encountered failures and

### Özet

Dijital verilerin mahkemelerde delil olarak değerlendirilmesinden bu yana hard diskler adli bilişim incelemelerinin en çok çalışılan nesnelereinden biri olagelmıştır.

Veri kurtarma, zarar görmüş, bozulmuş veya başka bir nedenden dolayı normal yollarla içinde bulundurduğu dijital verilere ulaşamayan medyalardan verinin elde edilmesi veya kurtarılması sürecidir. Adli bilişim literatüründe veri kurtarma terimi genellikle silinmiş, gizlenmiş veya kriptolu verilerin elde edilmesi anlamında kullanılmaktadır. Bu iki farklı bakış açısının karşılık bulduğu yazılımsal ve donanımsal veri kurtarma türleri ile ilgili detaylı açıklamalar yapılacaktır.

Kayıt ortamlarında veri erişiminin sağlanmaması yazılımsal veya donanımsal olabilir. Yazılımsal arızadan kasıt kayıt ortamının veya verinin kayıtlı olduğu cihazın çalışır durumda olmasına rağmen veriye ulaşamama durumunu ifade eder. Donanımsal arızalar ise aslında kayıt ortamına göre değişen, farklılaşan arıza türlerini akla getirmektedir.

Bu makalenin amacı da herhangi bir sebepten dolayı bozulmuş olan hard disklerden nasıl veri kurtarılacağını izah etmektir. Bunun öncesinde veri kurtarma kavramı, veri kurtarma türlerinin neler olduğu, günümüzde kullanılan modern

<sup>1</sup> Emniyet Genel Müdürlüğü, [yzgulluce@gmail.com](mailto:yzgulluce@gmail.com)

<sup>2</sup> Dr., Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Adli Bilişim ABD, [rbenzer@gazi.edu.tr](mailto:rbenzer@gazi.edu.tr)

intervention methods to the hard disk drives will be explained.

**Keywords:** Computer forensics , digital data, hard disk, defect, data recovery

[\(Extended English abstract is at the end of this document\)](#)

hard disklerin fiziksel yapısı ve iç bileşenleri açıklanacak, sonrasında bu hard disklerde karşılaşılan arızalar ve müdahale yöntemleri değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Adli bilişim, dijital veri, hard disk, arıza, veri kurtarma

## 1. Giriş

Dijital verilerin mahkemelerde delil olarak değerlendirilmesinden bu yana hard diskler adli bilişim incelemelerinin en çok çalışılan nesnelereinden biri olagelmıştır. Son yıllarda mobil teknolojilerin kullanım alanının hızla yaygınlaşmasının yanı sıra hard diskler halen kişisel bilgisayarlar, dizüstü bilgisayarlar ve veri depolama ünitelerinde (NAS, SAN Storage vb.) kullanılmaktadır. Ayrıca fiyat/kapasite oranındaki üstünlük, taşıma ve kullanım kolaylığı gibi unsurlar sebebiyle taşınabilir disk olarak büyük oranda hard diskler kullanılmaktadır. Hard diskler bilgisayar sistemlerinde yerini yavaş yavaş yeni nesil SSD'lere (Solid State Disk) bıraksa da, SSD'lerde hard disklerde ulaşılan kapasitelere ulaşamamış olması ve pahalı bir teknoloji olması sebebiyle hard disk kullanımının uzun yıllar devam edeceği değerlendirilmektedir. (Lyle 2003; Choi vd, 2012)

Adli bilişim incelemelerinde kullanılan yazılımlar çalışan diskler için tasarlanmıştır. Oysa bazı vakalarda inceleme konusu bulgulara şüpheli şahıslarca zarar verilmeye çalışılmış ya da bulgular, el konulma öncesinde veya nakliye esnasında doğal sebeplerle bozulmuş olabilmektedir (Çakır and Sert, 2010). Bu tür durumlarda öncelikle söz konusu diskten veri kurtarma çalışması yapmak daha sonra elde edilen veriyi incelemek gerekir. Dolayısıyla arızalı hard disklerin içerisinden elde edilecek verinin incelenmesi için öncelikle diskte bulunan problemin veya problemlerin doğru bir şekilde teşhis edilmesi ve gerekli müdahalelerin yapılarak diskin çalışır duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu makalenin amacı da herhangi bir sebepten dolayı bozulmuş olan hard disklerden nasıl veri kurtarılacağını izah etmektir. Bunun öncesinde veri kurtarma kavramı, veri kurtarma türlerinin neler olduğu, günümüzde kullanılan modern hard disklerin fiziksel yapısı ve iç bileşenleri açıklanacak, sonrasında bu hard disklerde karşılaşılan arızalar ve müdahale yöntemleri değerlendirilecektir.

## 2. Veri Kurtarma

Veri kurtarma, zarar görmüş, bozulmuş veya başka bir nedenden dolayı normal yollarla içinde bulundurduğu dijital verilere ulaşamayan medyalarından verinin elde edilmesi veya kurtarılması

sürecidir. Adli bilişim literatüründe veri kurtarma terimi genellikle silinmiş, gizlenmiş veya kriptolu verilerin elde edilmesi anlamında kullanılmaktadır. Aşağıda bu iki farklı bakış açısının karşılık bulduğu yazılımsal ve donanımsal veri kurtarma türleri ile ilgili detaylı açıklamalar yapılacaktır.

Ülkemizde, veri kurtarma yöntemleri veya veri kurtarma konusu ile ilgili kapsamlı bir akademik çalışma henüz bulunmamaktadır. Bugün, veri kurtarma konusunda pratik tecrübesi olan kişilerin hemen hepsi özel sektörde çalışmaktadır. Yabancı literatürde akademik olarak konunun teorik yönlerini izah eden çalışmalar bulunsa bile teorinin yanında uygulamaya dair veya her ikisinin de bulunduğu bir çalışma sayısı fazla değildir. Bu nedenle bu makalede özellikle veri kurtarma yöntemlerinin teorik altyapısı ile bu yöntemler ile ilgili uygulamalar ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Günümüzde, kamusal veya özel tüm sektörlerde bilişim teknolojileri kullanılmaktadır. Teknoloji sadece sektörel bazda değil kişisel anlamda da yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Şu veya bu şekilde bilişim teknolojilerinden faydalanan herkes veri kaybı yaşayarak mağdur olma potansiyeline sahiptir. Özellikle ticari alanda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşları veri kaybı yaşaması durumunda, bunun maddi karşılığı ciddi seviyelerde olabilmektedir. Veri kurtarma çalışmaları adli bilişim incelemeleri açısından da özel bir önem arz etmektedir. Yukarıda değinildiği gibi adli bilişim incelemesi yapabilmek için öncelikle incelenecek verinin elde edilmiş olması gerekmektedir. Bu açıdan veri kurtarma, adli bilişimin bazen bir ön ayağı bazen iç içe geçmiş bir sürecin aşamaları olarak değerlendirilebilir.

Ticari veya kişisel bilgilerin kurtarılması ticari olarak bir değer ifade ettiği için veri kurtarma üzerine çalışan çok sayıda özel veri kurtarma firması bulunmaktadır. Bunun dışında bazı disk üreticileri (örn. Seagate) garanti servisinden farklı olarak ücret karşılığında veri kurtarma hizmeti sunmaktadır. Ayrıca iş yoğunluğu ve iş hacmi yüksek olan adli bilişim laboratuvarlarına arızalı donanımların da gelme ihtimali bulunduğundan bu laboratuvarlarda veri kurtarma çalışmaları yapabilirler. İş hacmi düşük olan laboratuvarların yıllık arızalı delil sayısı sınırlı olacağından, adli incelemenin yanında veri kurtarma üzerine yoğunlaşmaları kaynak israfı anlamına gelmektedir. Bu nedenle bu tür laboratuvarlar genellikle başka laboratuvarlardan hizmet satın almaktadırlar. Kısacası, normal yollardan elde ulaşılamayan verilerin elde edilmesi süreçlerini kapsayan veri kurtarma işi, disk üreticileri, adli bilişim laboratuvarları ve özel veri kurtarma firmaları tarafından yapılmaktadır.

## 2.1. Veri Kurtarma Türleri

Veri kurtarma türleri ile ilgili çeşitli tasnifler yapılabilir. Literatürde karşılaşılan tasnif şekillerinden biri veriye erişilememesinin nedenine göre sınıflandırmadır. Kayıt ortamlarında veri erişiminin sağlanmaması yazılımsal veya donanımsal sebeplerden ileri gelebilir. Yazılımsal arızadan kasıt kayıt ortamının veya verinin kayıtlı olduğu cihazın çalışır durumda olmasına rağmen veriye ulaşılamama durumunu ifade eder. Donanımsal arızalar ise aslında kayıt ortamına göre değişen, farklılaşan arıza türlerini akla getirmektedir.

### 2.1.1. Arızanın Kaynağına Göre Veri Kurtarma Türleri

*Yazılımsal arıza olarak nitelendirilebilecek senaryolar:*

*Dosya sisteminin zarar görmesi:* Herhangi bir kayıt ortamında bulunan dosyalar, klasörler halinde tasnif edilmiş bir şekilde bulunur. Bu dosyaların isim, oluşturma tarihi gibi bir takım bilgileri, oluşturulması, silinmesi, taşınması gibi işlemleri yöneten bir dosya sistemi bulunur. Günümüzde en çok kullanılan dosya sistemi NTFS'tir. Windows işletim sistemleri NTFS dosya sistemi üzerinde çalışırlar. NTFS dışında, FAT 16, FAT 32, Ext2, Ext3, Ext4, Macintosh FS ve UFS dosya sistemi gibi pek çok dosya sistemi günümüzde kullanılmaktadır. Dolayısıyla dosyaları, klasörleri ve diğer birçok işlemi yöneten dosya sisteminin herhangi bir hatadan dolayı çalışmaması durumlarında veriye erişim sağlanamayabilmektedir.

*Kullanıcı tarafından bilinçli bir şekilde veya yanlışlıkla silinen dosyalar:* Dosya sistemleri genellikle kullanıcı tarafından silinen dosyaları diskten tamamen silmemekte yalnızca kullanıcıya görünmez hale getirmektedir. Ayrıca silinen dosyanın bulunduğu sektörleri "artık kullanılabilir" olarak işaretleyerek sonradan kaydedilecek verilerin bu dosyanın bulunduğu sektörleri kullanabilmesine imkân vermektedir. Örneğin FAT dosya sistemi silinen bir dosyanın dosya isminin ilk karakterini (\_) olarak değiştirerek silinen dosyanın görünmemesini sağlamaktadır. NTFS dosya sistemi ise üstbilgi (Metadata) bilgilerini tutan MFT dosyasının silinen dosyaya ait kaydının 22. Byte'ı "01" iken "00" olarak değiştirmektedir. Yani dosya verisi olduğu gibi korunurken, meydana gelen bu değişim dosyaların görünmemesini sağlamaktadır. İşte bu tür durumlarda veri kurtarma yapmak mümkün olmaktadır.

*Kripto, şifre*: Literatürde “encryption” olarak adlandırılan veri gizleme yöntemi dilimize kriptolama veya yanlış bir şekilde şifreleme olarak da çevrilebilmektedir. Oysa şifreleme ve kriptolamada amaç bakımından verinin yalnızca yetkilendirilmiş kişilerce erişilebilmesini sağlamak olsa da kullandıkları yöntemlerde farklılıklar bulunabilir. Örneğin şifre ile korunan bir dosya kripto ile değiştirilmemiş olabilir. Kriptolama; kısaca verinin belli bir algoritma ile değiştirilmesi durumudur. Dolayısıyla kriptolu veriler anlamsız veri yığınlarıdır ancak doğru algoritma ile anlamlı hale gelir. Kriptonun çözülmesi için gerekli olan anahtar genellikle kullanıcı tarafından belirlenen şifredir. Günümüzde parmak izi, retina izi gibi biyometrik yöntemler de kullanılabilir. Şifreleme işlemi ise tek başına veya kriptolama ile birlikte kullanılabilir. Kripto olmadan yalnızca şifre kullanmak güvenli değildir. Çünkü veri değiştirilmediği için farklı yöntemlerle verinin elde edilmesi mümkündür. Örneğin Windows işletim sistemine konulan şifre verinin gizliliğini sağlamaz. Yalnızca Windows şifresi ile korunan bir sistemin verilerine Windows’un “boot” edilmeden erişmek pekâlâ mümkündür. Ancak yine Windows’un bir ürünü olan Bitlocker kullanılarak kriptolanmış veriler ancak kriptonun çözülmesi ile mümkündür.

Yazılımsal problemlerin ortak noktası özet bir anlatımla ifade edilirse bu, verini bulunduğu medyanın sektörlerine teknik olarak erişim varken erişilmek istenen dosyaların görünmemesidir.

Donanımsal problemler ise kullanılan kayıt medyası yani, hard disk, katı hal diski (SSD), flash bellek, CD / DVD / Blu-Ray disk, cep telefonu, hafıza kartı gibi pek çok cihazda meydana gelebilecek elektronik, mekanik veya cihazların mikro yazılımları ile ilgili arızaları ifade etmektedir (Schroeder and Gibson, 2007). Donanımsal arızalar kısaca herhangi bir işlem yapılmadığı takdirde kayıt medyasına ve sektörlerine erişememe durumudur. Bu tür arızalarda öncelikle kayıt medyasına ait arızanın giderilmesi gerekir. Donanımsal arızaları sınıflandırmak için kayıt medyasının türlerine göre ayrı ayrı belirtmek gerekir. Ancak günümüzde en çok kullanılan kayıt medyaları ve dolayısıyla en sık veri kaybı yaşanan cihazlar, hard diskler, hafıza kartları, flash bellekler, cep telefonlarıdır. Hard diskler çeşitli sebeplerden dolayı bozulabilmektedir. Bu sebeplerin başında kullanıcı faktörü gelmektedir. Kullanıcılar bilinçli veya bilinçsiz olarak hard disklere zarar verebilmektedir. Bunun dışında üretici kaynaklı arızalar meydana gelebilmektedir. Örneğin hard disk üreticileri, disk içerisinde çalışan ve diskin tüm donanımsal bileşenlerinin çalışmasını sağlayan mikro programları (firmware) üretirler. Disk firmware’inde meydana gelebilecek bir aksama veriye erişimin sağlanamaması ile sonuçlanır. Dolayısıyla, mekanik bir problem olmamasına rağmen “firmware” arızası da donanımsal problemler arasında sayılmalıdır.

*Donanımsal arıza olarak nitelendirilebilecek senaryolar;*

*Fiziksel Hasar:* Örneğin bir hard diskin çalıştığı esnada yüksek bir yerden düşmesi disk mekaniğinde sarsılmaya sebep olacak, okuma yazma kafalarının disk yüzeyine temas etmesi ve bu nedenle bozulmalarına sebep olabilecektir. Bu durumda disk çalıştırıldığında okuma yazma kafaları ile erişmek istediği sektörleri okuyamayacağı için çalışmayacaktır. Bu tür arızası olan disklerde genellikle okuma yazma kafalarının birden fazla yaptığı denemeler ve her denemede durdurucu parçaya çarptığı anda çıkardığı sestten dolayı kafa arızası olduğu anlaşılabilir. Dolayısıyla kafa arızası olan bir diskte herhangi bir müdahale yapılmadan veriye erişim sağlanamayacağı için, bu arıza donanımsal arıza olarak nitelendirilebilir.

İkinci örnek olarak denetleyici çipi bozulmuş “flash bellek”ler verilebilir. Flash belleklerde genellikle iki adet çip bulunur. Bunlardan birisi “memory” yani hafıza çipidir. Diğeri ise “controller” yani denetleyici çiptir. Flash belleklerde verinin nasıl ve hangi adrese yazılacağına denetleyici çip karar verir. Yine flash belleklerden elde edilecek veri denetleyici çip üzerinden geçerek hedefe ulaşır. Dolayısıyla bu çipte meydana gelen bir problem flash belleklerde veri yazılamaması veya okunamamasına sebep olur. Hatta pek çok zaman bu tür flash bellekler sistem tarafından algılanamamaktadır. Bu tür arızası olan flash belleklerde de herhangi bir müdahale yapılmadan veriye erişilmediği için denetleyici çip arızası donanımsal arıza olarak nitelendirilebilir.

Donanımsal arızalara hard diskler özelinde; kafa arızaları, pcb arızaları, motor arızaları, yüzey deformasyonu olmuş yani yüzeyinde çizilmeler, kazınmalar, en basit haliyle bozuk (bad) sektör oluşmuş diskler, firmware arızası oluşmuş diskler, okuma yazma kafalarının kirlenmeden dolayı işlevini yitirmesi, yine okuma yazma kafalarının disk yüzeyine yapışması gibi durumlar örnek verilebilir.

### **2.1.2. Kayıt Teknolojilerine Göre Veri Kurtarma Türleri**

Verinin kurtarıldığı medya türlerine göre bir ayırım yapılacak olursa hard disklerden veri kurtarma, flash belleklerden veri kurtarma, CD/DVD’lerden veri kurtarma gibi seçenekler ortaya çıkacaktır. Daha geniş kapsamlı düşünülecek olursa aşağıdaki gibi bir tasnif şekli uygun olacaktır.

*Manyetik veri yazma-okuma teknolojisi kullanan medyalarından veri kurtarma;*

Ses kasetleri, VHS kasetler ve hard diskler manyetik veri yazma-okuma teknolojisini kullanmaktadırlar. Tarihte daha eskilere gidildiğinde bu teknolojinin ilk olarak seslerin bant formunda manyetik olarak kaydedilmesi ile ortaya çıktığı görülmektedir. (Engel, 2006)

Günümüzde kullandığımız hard disklerin kayıt prensibi ses banlarında kullanılan yöntemin daha gelişmiş bir versiyonudur. Bu makalede hard disklerden veri kurtarma üzerinde durulacaktır. Bu nedenle manyetik veri yazma ve okuma teknolojisi kullanan diğer medyalar ve diğer kayıt teknolojileri ile veri kaydeden medyalara değinilmeyecektir.

#### *Optik veri yazma-okuma teknolojisi kullanan medyalardan veri kurtarma;*

Optik veri yazma-okuma teknolojisini kullanan ve günümüzde yaygın olarak kullanılan kayıt medyaları arasında CD, DVD ve Blu-Ray diskler sayılabilir. Bu medyaların dış etkenlerden koruyan herhangi bir kılıf veya çerçevesi bulunmadığı için kolay bir şekilde hasar görebilmektedirler. Optik medyalar çeşitli katmanlardan oluşur ve veri kaydedilen katman optik medya türüne göre değişmekle birlikte en üstte veya en altta bulunmaz. Bu nedenle bu tür hasarlar, hasar görmüş katmanların çok ince ve iz bırakmayan bir zımpara ile temizlenmesi ile giderebilmektedir. Genel olarak optik medyalardan veri kurtarmanın prosedürleri bu ana fikir çerçevesinde gelişmektedir.

#### *Elektronik veri yazma-okuma teknolojisi kullanan medyalardan veri kurtarma;*

Solid State Disk'ler (SSD), flash bellekler, hafıza kartları günümüzde veri depolama aygıtı olarak kullanılan ve elektronik olarak veri yazma ve okuma teknolojisi kullanan medyalar arasında sıralanabilir. Bununla birlikte, cep telefonları, akıllı telefonlar, tablet bilgisayarlar, mp3 ve mp4 çalarlar ve kameralar gibi pek çok elektronik cihaz da kayıt birimi olarak flash çipleri dolayısıyla elektronik veri yazma-okuma teknolojisini kullanırlar. Bu verinin kaydedildiği malzemeler içerisinde bulunan bloklar elektronik sinyaller ile işaretlenir. Bu şekilde dijital verileri oluşturan 1'ler ve 0'lar meydana gelir.

Bu tür medyalardan donanımsal olarak veri kurtarma genellikle çipin sökülmesi ve harici bir okuyucu (reader) ile okunması suretiyle gerçekleştirilir. Çipten okunan verinin anlamlı hale getirilmesi ise veri kurtarmanın gerçek anlamda yapılabilmesi için geçilmesi gereken kritik bir aşamadır. Aksi takdirde çipten okunan veri herhangi bir anlam ifade etmeyecektir.

Veri kayıt teknolojilerinden ve çeşitli kayıt medya türlerinden bahsetmekteki temel amaç bu çalışmanın sınırlarının daha net anlaşılabilmesidir. Dolayısıyla bu çalışmada yalnızca manyetik kayıt teknoloji kullanan hard disklerden donanımsal olarak veri kurtarma ile ilgili açıklamalar yapılacaktır, silinmiş, formatlanmış veya şifrelenmiş dosyalar ile ilgili ya da flash bellekler, CD, DVD gibi optik medyalar üzerinden veri kurtarma yapma konuları ile ilgili herhangi bir değerlendirme yapılmayacaktır.

### 3. Hard Disk Mekanığı

Bu bölümdeki amaç modern hard disklerin mimarisinden bahsetmek, bileşenleri tanımlamak, neye benzediklerini ve ne işe yaradıklarını açıklamaktır. Hard disk bileşenleri genellikle farklı fabrikalarda üretilmektedir. Günümüzde hard disk üreticisi olarak bilinen Seagate, Western Digital ve Toshiba markaları hard disklerin donanımsal parçalarını üretmeyip bu parçaların uyumlu bir şekilde çalışabilmesi için gerekli “firmware” yani mikro programının üretimini yapmaktadırlar. Dolayısıyla hard disk üreticileri çeşitli fabrikalardan satın alınan bu bileşenlerin bir hard disk haline getirilmesi ve bunların uyumlu bir şekilde çalışması işlemlerini yapmaktadırlar.

Hard disklerde meydana gelen donanımsal arızaların büyük çoğunluğu hard disk mekanığını oluşturan bu bileşenlerde meydana gelen problemlerden kaynaklanmaktadır. O nedenle hard disk mekanığını bilmesi önem arz etmektedir.

Hard diskler dış yapısı itibarıyla iki parçadan oluşmaktadır. Birinci parça elektronik malzemelerin bulunduğu ve güç ile data ara yüzlerinin bulunduğu Printed Circuit Card (PCB) yani elektronik karttır. Diğer parça ise okuma yazma kafaları, plaklar (platter), motor ve kasa ve mıknatıs gibi parçaları bulunduran Hard Disk Assembly (HDA) yani hard disk ünitesidir.

Hard disk ünitesi veya hard disk kasası diskin PCB ‘den ayrılmış halidir. HDA’ üzerinde okuma yazma kafalarına ve motora bağlantı yapılabilmesine imkân veren konektörler bulunur. HDA’nın üst tarafında ise hard disk kapağı bulunur. Hard disk kapaklarının üzerinde hard disklerle ilgili bilgilerin bulunduğu etiket bulunur. Kapağın kolaylıkla açılmaması veya açıldığında belli olması için etiket altında da vidalar bulunur. Dolayısıyla kapağın açılması durumunda etiketin kaldırılması veya kesilmesi gerekir. Hard disk etiketi üzerinde bulunan bilgiler donör disk seçiminde kritik bir önem arz etmektedir.



### 3.1. Printed Circuit Board (PCB)

PCB üzerinde çeşitli elektronik malzemeler bulunur. Genellikle en büyük ve merkezde bulunan çip Mikro denetleyici ünitedir (MCU). MCU bünyesinde bilgisayardan gelen dijital verileri okuma yazma kafalarının anlayabileceği analog sinyallere çeviren “Central Processing Unit (CPU)” bulunur.

Hard disk PCB’lerinde bulunan ana malzemelerden bir diğeri DDR SDRAM tipindeki bellek çipidir. Genellikle RAM olarak da adlandırılan bu çip önbellek vazifesi yapar.

Hemen her hard disk PCB’sinde bulunan ve motor ile kafa hareketlerini yöneten çip “Voice Coile Motor (VCM) denetleyici çiptir. PCB üzerinde en çok güç tüketen ve en çok ısınan malzeme olma özelliği vardır.

PCB üzerinde bulunan önemli malzemelerden birisi de ROM çipidir. ROM çipi diskin mikro programının (firmware) bir bölümünü tutmaktadır. Modern hard disklerde bu çip diske özel parametreler bulundurduğu için veri kurtarma çalışmaları için önemli bir malzemedir.

PCB üzerinde bulunan ve hard disk arızalarında ilk kontrol edilmesi gereken malzemelerden birisi de TVS Diyotlardır. Bu malzemeler tek yönlü akım ileten denetleyici görevindedirler. Voltaj dengesizliklerinde ana malzemeleri korurlar. Ancak TVS Diyotlarında tolere edebileceği bir sınır vardır. Bu oranın üzerinde gelen voltajlar bu malzemelerin hasar görmesi ile sonuçlanır. Bu sayede PCB üzerindeki diğere önemli malzemeler korunmuş olur.

### 3.2. Okuma Yazma Kafaları

Okuma yazma kafaları aynı gövdeye bağlıdır bu nedenle bağımsız hareket edemezler. Gövdenin bir ucunda okuma ve yazma elementleri bulunurken diğere ucunda elektromanyetik bir bobin bulunur. Okuma/yazma kafaları bir insan gözüyle fark edilemeyecek kadar hızla hareket ederler. Normalde bir parçayı bu kadar hızlı ve yoğun hareket ettirmek için çok miktarda enerji ihtiyacı gerekir. Ancak sabit diskleri tasarlayan mühendisler bu sorunu manyetik enerji kullanarak aşmışlardır. Elektromanyetik bobin konum olarak iki tane güçlü mıknatıs arasındadır. Bobin içerisinden geçen elektriksel güçle birlikte meydana gelen manyetik akım gövdenin hareket etmesine ve okuma yazma kafalarının plaklar üzerinde gidip gelmesine sebep olur. Bu sayede çok az bir akımla amaçlanan hareket elde edilmiş olmaktadır. Okuma yazma kafalarıyla ilgili ilginç olan başka bir husus ise plaklarla aralarında olan mesafedir. Aslında kafalar plaklara sıfır pozisyonudadır. Ancak

plakların dönüş etkisiyle oluşan hava akımı okuma yazma kafaları ile plakların arasında nanometrik bir mesafenin oluşmasını sağlamaktadır. Yani okuma/yazma kafaları plaklar üzerinde uçmaktadır demek yanlış bir ifade olmayacaktır (Korb, 2006).

Sabit disklerin mekanik olarak çalışması bu disklerin daha kolay bozulması sonucunu da beraberinde getirmektedir. Bu diskler özellikle çalışırken hareket ettirilmemelidir. Çünkü disk çalışır vaziyetteyken yani plaklar dönüyor ve okuma yazma kafaları plaklar üzerinde hareket ediyorken meydana gelecek ani hareketler okuma yazma kafalarının plaklar üzerine temas etmesine sebep olur. Disk yüzeyi manyetik olduğu için bu temas genelde yapışmayla sonuçlanır. 3,5” disklerin motoru bu yapışmayı ayıracak kuvvettedir. Ancak sonuçta çok ciddi zararlar meydana getirir. Bu durumda genellikle yüzey ciddi bir şekilde bozulur ve büyük bir olasılıkla okuma yazma kafaları arızalanır. 2,5” disklerde ise yüzeye yapışan kafayı ayırmak için diski açmak gerekir. Bu ise başlı başına büyük bir risk oluşturur. Bu nedenle, sabit disklerin taşınması gerekiyorsa kesinlikle çalışmaması gerekmektedir. Eğer nakliye için paketlenme yapılacaksa, koli içerisinde hareket etmeyecek ve dışardan gelebilecek darbelere karşı dayanıklı olacak şekilde paketlenmelidir. Bilgisayar kasaları içerisinde bulunan diskler genellikle diske ait çerçeveye vidalanmış olmaktadır. Dizüstü bilgisayarlarda ise disk için ayrılan bölüm hareketi engelleyecek niteliktedir. Bu nedenle bilgisayarlar diskler için doğal bir koruma niteliğindedir. Ancak bilgisayar taşınmadan önce her halde diskin durumu kontrol edilmelidir. Bilgisayar kasaları nakliye esnasında devrilmeye müsait oldukları için koli üzerinde yatay şekilde taşınması gerektiğini belirten ibareler bulunmalıdır.

### 3.3. Motor

Hard disk ünitesi içerisinde bulunan plaklar dönüşünü merkezde bulunan “Spindal Motor” sağlamaktadır. Hard disk motorları değişmekle birlikte dakikada 5400 ile 15.000 arasında devir yapmaktadırlar. Bu devir sayısı “Revolutions Per Minute (RPM)” olarak nitelendirilmektedir (Mamun vd, 2007).

### 3.4. Plaklar (Platters)

Sabit disklerin veri yazılan parçası diskin içerisinde bulunan plaklardır. Bir diskte, birden fazla plak bulunabilir. Bunun yanı sıra plakların hem üst kısmı hem de alt kısmı veri yazmak için kullanılabilir. Plakların üzerine yazma ve okuma görevini yerine getiren parça ise okuma yazma kafalarıdır.

Her diskte, plak sayısının iki katı kadar okuma/yazma kafası olması beklenir. Ancak, üretim aşamasında disk yüzeyleri üzerinde yapılan testler olumlu sonuçlanmazsa bozuk yüzeylere ait okuma/yazma kafası iptal edilebilir. Bu nedenle bütün disklerde plak sayısının iki katı kadar okuma/yazma kafası olmayabilir.

#### 4. Hard Disk Arızaları ve Müdahale Yöntemleri

Hard disklerde meydana gelen donanımsal arızalar hard disk mekanizmasında sıralanan bileşenlerde veya diskin mikro programı olan disk firmware'inde meydana gelen problemlerden kaynaklanmaktadır (Sammons, 2012). Bu nedenle hard disk arızaları beş ayrı kategoride değerlendirilmelidir.

##### 4.1. PCB Arızaları

Hard disklerin elektronik aksamı olarak nitelendirilebilecek PCB'ler genellikle elektronik sebeplerden dolayı bozulabilmektedir. Voltaj düzensizlikleri, statik elektrik boşalması gibi sebepler PCB arızalarının başlıca nedenlerindedir.

PCB'ler üzerinde ana malzemeleri yüksek voltajdan korumak için yerleştirilmiş sigorta (fuse) ve TVS diyot gibi malzemeler bulunur. Bu malzemelerin tolere edebildiği voltaj miktarının üzerinde bir düzensizlik durumunda kendisini imha ederek ana malzemeleri ve dolayısıyla hard diski korumuş olmaktadır. Örneğin 3.5" hard disklerin çalışması için gereken 12 Volt elektrik yerine 15 Volt elektrik gelirse bunu TVS diyot olarak adlandırılan malzemeler normal seviyeye indirerek iletirler. Ancak daha fazla mesela 20 Volt gelen bir akım malzemenin yanması ile sonuçlanacaktır. Bunun dışında özellikle sıcak iklimlerin olduğu ülkelerde uzun süre çalışan disklerde de PCB üzerinde bulunan malzemelerin aşırı ısınması sonucunda yanması dolayısıyla elektronik kartın işlevini yitirmesi durumuyla karşılaşabilmektedir.

Elektronik kartlar üzerindeki arızanın tespiti için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi görsel kontroldür. PCB üzerindeki tüm malzemeler görsel olarak kontrol edilir ve herhangi bir yanmış malzeme var mı diye bakılır. Ayrıca yanmış malzemeler yanık kokusuyla da kendini belli edecektir. Ancak belli durumlarda arızalı malzeme herhangi bir görünür fiziksel değişim geçirmediği için gözle yapılan kontrolden herhangi bir sonuç alınamayabilir. Bu nedenle, akım, volt, direnç ve iletkenlik gibi çeşitli nitelikleri ölçmek için kullanılan "multimetre" cihazı kullanılabilir.

İkinci yöntem ve malzemeler üzerinde daha güvenilir sonuçlar veren “empedans eğrilerini” kontrol etmektir. Bu işlem içinde empedans eğrisi görüntüleme cihazı kullanılır. Direnç, diyot, transistör gibi tüm elektronik malzemelerin olması beklenen şekilde birer empedans eğrisi vardır. Arızalı olan malzemelerde bu eğriden sapmalar gözlenir. Bu şekilde arızalı malzeme tespit edilerek aynı işlevi sağlayacak “muadili” olan bir malzeme ile değiştirilir.

PCBarızası genellikle diske elektrik gitmemesi dolayısıyla hard diskin dönmemesi ve hard diskten hiçbir sesin gelmemesi şeklinde ortaya çıkmaktadır. Ancak bazı istisnai durumlarda PCB den kaynaklanan sebeplerden dolayı okuma yazma kafaları yönetilemediği için veriye erişim sağlanamayabilir. Bu durum genellikle kafa arızası ile karıştırılmaktadır. Çünkü belirtiler kafa arızası ile benzeşmektedir. Dönen bir disk ve kafa vurma sesi kafa arızasını çağırırsa da PCB’den kaynaklanıyor olabilir. Bu nedenle öncelikle PCB’nin her halükarda test edilmesi gerekir.

Arızalı PCB’lerin üzerindeki malzemelerin sökülmesi ve takılması lehim istasyonlarıyla yapılır. Malzemelerin sökülmesinde sıcak hava kullanmak ve malzemelerin lehimlenmesinde “fluks” gibi yardımcı maddelerin kullanılması bu işlemleri kolaylaştırır. PCB’ye doğrudan el ile temasta bulunulmamalıdır. Yukarıda da değinildiği üzere statik elektrik elektronik kartların bozulmasında başlıca nedenlerden biridir. Bu nedenle temas esnasında statik elektriği nötrleyen ESD önleyici bileklikler kullanılmalıdır.

PCB problemlerini gidermek için diskin açılması gerekmediği için arızalı bir diskte öncelikle kart arızasından şüphelenmek akıllıca bir davranış olur. Yukarıda PCB test ve tamir yöntemleri anlatılsa da arızalı PCB durumlarında genellikle kart tamirinden çok kart değişimi yoluna gidilmektedir. Bu yöntem daha kolay ve daha güvenilir olduğu için tavsiye edilmektedir. Ancak kart değişiminde uyumlu bir kart bulmak hayati derecede önemlidir.

Özellikle 2000’li yıllardan önce üretilen disklerin PCB’lerin de hard diske özel herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Dolayısıyla uyumlu bir PCB ile diskin çalıştırılabilmesi mümkün olmaktadır. Ancak günümüzde üretilen disklerin PCB’lerine “adaptive parametreler” olarak adlandırılan diske özel bir takım bilgiler kaydedilmektedir. Bu bilgiler PCB üzerinde bulunan ROM çipinde bulunur. Bu nedenle arızalı kart yerine bulunan sağlam kartın ROM çipi orijinal kart üzerindeki ROM çip ile değiştirilmelidir. Aksi takdirde bu bilgiler ile diskin içerisindeki sistemsel bilgiler uyumsuz olacağı için kart değişimi başarısızlıkla sonuçlanacaktır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan hard disk markalarına ait uyumluluk kriterleri Tablo 1.’de sıralanmıştır (donordrives.com, 2014):

Tablo 1. Hard disk markalarına ait uyumluluk kriterleri

<i>Western Digital</i>			
Minimum gereksinimleri	PCB	Model bilgisinin ikinci bölümünde bulunan ortadaki karakterler. Bu karakterler diskin ait olduğu aile bilgisini belirtir. (Family ID)	WD6400AAKS-65 <b>A7</b> B0 WD10TMVW-11 <b>ZSM</b> S1
<i>Seagate (Barracuda /F3 Mimarisi)</i>			
Minimum gereksinimleri	PCB	2008 yılı öncesinde üretilen Seagate marka diskler bu mimariyle üretilmiştir. Bu disklerde ROM değişimi yapmak gerekmemektedir. Büyük olasılıkla çip transferi gerekli olacaktır.	ST9640320AS ST31000528AS
<i>Toshiba</i>			
Minimum gereksinimleri	PCB	Çip Transferi çoğu durumda gereklidir.	MK3265GSX MK1017GAP
<i>Samsung</i>			
Minimum gereksinimleri	PCB	Çip transferi / takas veya benzer hizmetler yeni modeller için gerekli olabilir.	HA250JC HM120JI SV0602H

#### 4.2. Kafa Arızaları

Kafa arızaları ile genellikle hard disklerin düşürülmesi veya şiddetli bir darbe alması durumlarında karşılaşılır. Okuma yazma kafaları hard disklerin en hassas parçaları olduğundan dolayı okuma yazma işini yapan elemanlara sıra dışı olan en ufak bir temas bu parçanın bozulması ile sonuçlanabilir. Okuma yazma kafaları bu tür sıra dışı durumların yanı sıra zamanla deforme olarak işlevini yitirebilir. Kafa arızaları genellikle çıkardığı sesle teşhis edilir. Bu tür durumlarda kafa okumak istediği sektörü okuyamadığı için disk yüzeyinde ileri geri hareketler yaparak durdurucu parçaya çarpar. Böylece kafa vurma olarak tabir edilen “click click” sesini çıkarır. Ancak önemli bir nokta olarak belirtmek gerekir ki arızalı bir kafa her zaman ses çıkarmayabilir. Bunun için detaylı testler yapılmalıdır. Disklere üretici seviyesinde komut gönderebilen PC 3000, Deepspär gibi yazılımlar kafa testleri yapmaya imkân sağlarlar.

Bir diskte birden fazla kafa bulunabilir. Örneğin iki “platter” olan bir diskte dört kafa olması beklenir. Dolayısıyla kafa arızasından dolayı çalışmayan bir diskin tüm kafalarının bozulmamış olma ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır. PC 3000 gibi yazılımlar vasıtası ile bozuk olduğu tespit edilen kafalar kapatılarak sağlam ve veri okunabilen kafalardan veri alınabilir. Dolayısıyla kafa arızalarında ilk yapılması gereken kafaları teker teker test etmek ve sağlam olanlardan veri okumak olmalıdır. Daha sonra PCB arızalarına benzer bir şekilde uyumlu bir donör diskten kafa bulunarak değişim işlemi yapmak gerekir. (Korb, 2006)

Kafa değişimi yapmak için diskin açılması gerekmektedir. Hard diskler parçacık olmayan ortamlarda üretilirler. Çünkü disk içerisinde bulunan herhangi bir parçacık disk yüzeyini çizebileceği gibi okuma-yazma kafalarını da bozabilir. Bu nedenle diskin açılması gerektiği durumlarda disk havada partikül bulunmayacak bir ortamda açılmalıdır. Havadaki partiküllerin filtrelendiği özel odalar “clean room” olarak adlandırılmaktadır. Bu odalar içerisinde bulunan hava, cihazlar ve HEPA filtreler aracılığıyla temizlenmektedir. Türkçede temiz oda veya tozsuz oda adlandırılan bu odalar havadaki maksimum partikül sayılarına göre Class 10, Class 100, Class 1000 gibi sınıflandırmalara tabi tutulmuşlardır. Hard diskler için Class 100 hassaslık derecesinin yeterli olduğu değerlendirilmektedir.

Kafa değişimi işlemi normal şartlarda kişisel el becerisi ve yeterli tecrübe ile yapılabilir. Ancak daha güvenilir yapılabilmesi için üretilmiş aparatlar bulunmaktadır. Söz konusu aparatlar marka ve modele özel olarak üretilmektedir. Kafa değişimi için uyumlu donör disklerde aranacak kriterler Tablo 2.’de sıralanmıştır. Bu kriterler motor arızalarında aranacak donör diskler içinde geçerlidir. (donordrives.com, 2014):

Tablo 2. Kafa değişimi için uyumlu donör disklerde aranacak kriterler

<i>Western Digital marka diskler için donör disk kriterleri</i>
Model bilgisinin ikinci bölümünde bulunan ortadaki karakterler. Bu karakterler diskin ait olduğu aile bilgisini belirtir. (Family ID) Örnek: WD6400AAKS -65 A7 B0 WD10TMVW -11 ZSM S1 Üretici ülke. Örnek: Product of Malaysia, Made in Thailand gibi. DCM kodunun 5.karakter. Mümkünse 4., 6., 7. karakterler de eşleştirilmelidir.
<i>Seagate marka diskler için donör disk kriterleri</i>
Tam Model Numarası . Örnek: ST9640320AS , ST31000528AS Site Code. Örnek: TK , AMK , KRATSG , WUXISG “Part Number” veya seri numarasının ilk 3 karakteri. Örnek: 9Y7389-301 , 9JU138-302 , 5mA 84KC2, 9ND 29XWG Firmware. Örnek: CC44 , 0005HPM1
<i>Toshiba marka diskler için donör disk kriterleri</i>
Model Numarası. Örnek: MK3265GSX , MK1017GAP En yakın olası HDD Kod. Örnek: HDD2H83 F VL01 S, HDD2151 Y ZE01 T
<i>Samsung marka diskler için donör disk kriterleri</i>
Tam Model Numarası. Örnek: HA250JC , HM120JI , SV0602H “Bar Code Side”. Örnek: V6060 , P / V FS , T166C Firmware (belirtilmemiş olabilir) . Örnek: ZH100-34 , HH100-10

### 4.3. Motor Arızaları

Kapasitesi 20GB ve daha az olan hard disk motorları genellikle bilyeli rulman kullanılan tiptedir. Oysa günümüzde kullanılan hard disklerin motorları daha gelişmiş bir teknoloji kullanırlar. Modern hard disklerin içerisinde “dinamik sıvılı motor” bulunmaktadır. Motor arızaları genellikle bu sıvının bir şekilde taşması neticesinde motorun merkezi ile dış çerçevenin sürtünmesine motor içerisinde temas etmemesi gereken kısımların çizilerek motorun kilitlemesine sebep olması sonucunda gerçekleşir. (ACE Laboratory Ltd., 2013) Bu sıvının taşması genellikle disklerin yüksek bir yerden düşürülmesi veya çok aşırı ısınması gibi durumlarda meydana gelmektedir. “Dinamik sıvılı motor” kullanılan hard disk motorlarının değiştirilmesi teorik olarak mümkün olsa da uygulamada bu arıza motorun taşınmasından daha çok platter’ların motoru çalışan bir hard diske taşınması suretiyle giderilir.

Platter’lar arasındaki mesafe ve alt alta bulunan platter’ların hizalamasının bozulmaması kritik derecede önemlidir. Bu düzende meydana gelecek en ufak bir değişim veri kurtarma çalışmalarının sonuçsuz kalmasına sebep olabilmektedir. Dolayısıyla platter değişimi işlemi güvenilir bir şekilde yapılması gerekmektedir. Güvenilir taşıma için üretilmiş ürünler bulunmaktadır. Örneğin bunlardan biri “hdd platter exchanger tool” dur. Veri kurtarma sektöründe çalışan mühendisler bu işlem için kendi araç-gereçlerini de tasarlayabilmekte veya kendi özel yöntemleriyle de bu işlemi yapabilmektedirler. Yaygın olarak kullanılan pratik yöntemlerden biride platter’ların çevresini kalın folyo bant ile kaplayarak taşımaktır.

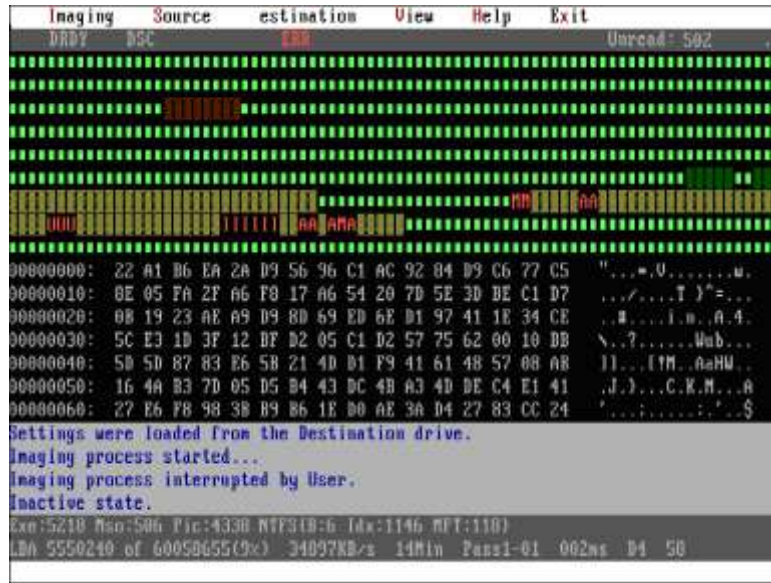
### 4.4. Platter Arızaları

Platter arızalarından kasıt, yüzeyi deforme olmuş disklerdir. Yüzeyin deforme olma derecesine göre yapılan işlem değişebilmektedir. Yüzeyde az miktarda bir bozulma varsa diskler genellikle çalışmaya devam etmektedir. Ancak bazı sektörlerde disk hata vermekte veya yanıt vermeyi bırakmaktadır. Bu tür durumlarda diskin imajı donanımsal imaj alma araçları ile alınır (Woods ve Christopher, 2012). Adli amaçlı kullanılan “Tablau TD1” gibi cihazlar arızalı disklerle çalışmak üzere üretilmediği için diskin imajını almakta problem yaşanacaktır. Oysa “PC 3000 Data Extractor”, “Deepspare Disk Imager”, “Atola Insight” veya “Salvation Data Compass” gibi yazılım/donanımlar vasıtası ile imaj alındığında disk yanıt vermeyi bıraktığında diske otomatik olarak “soft reset”, “hard reset” gönderme veya diskin gücünü kesip tekrar açmak gibi yöntemlerle disk tekrar çalışır duruma getirebilmektedir. Ayrıca diskteki okunamayan sektörlerin atlanarak diğer tüm sektörlerin birebir

başka bir diske yazılabilmesi, baştan sona veya sondan başa imaj alabilme gibi seçeneklerin bulunması bu donanımları güçlü kılan özelliklerdendir.

Örneğin Şekil 1.de sunulan resimde kırmızı olarak görülen sektörler okunamamış, yeşil olan sektörler başarılı bir şekilde okunmuş sektörlerdir. Sarı olan sektörler ise imaj alma hızı ve oranını optimum seviye çekebilmek adına program tarafından atlanmış sektörleri ifade eder. Buradaki amaç diskte öncelikle hata alınmayan bölgelerin alınması daha sonra hataların yoğunlaştığı bölgelerde atlanılan sektörlerin alınmasıdır. Çünkü hata alınan kısımları okumaya çalışmak imaj almayı önemli oranda yavaşlatır ve diskin bozulma ihtimalini artırır (Flandrin vd., 2014).

Bazı durumlarda disk yüzeyi kontamine olabilmektedir. Örneğin disk yüzeyini fiziksel olarak bozulmuş bir kafanın disk yüzeyinin bir bölümünü kazınması veya kullanıcılar tarafından diskin oda ortamında açılması, disk yüzeylerine temas edilmesi gibi durumlarda öncelik yüzeyin temizlenmesi gerekir.



Şekil 1. DeepSpar İmaj Alma Ekranı

Disk “platter”ları saf alkol ve yumuşak uçlu resim fırçası yardımıyla temizlenir. Temizlik işlemi, fırça üzerine orta büyüklükte alınan alkol damlasının disk yüzeyinde gezdirilerek yan taraftan atılması şeklinde yapılır. Sel, yangın veya aşırı kirlenme durumlarında daha güçlü temizlik sağlayan “Ultrasonic Cleaner” cihazlar kullanılabilir. Bu cihazlar ses dalgalarıyla yüzeyler üzerindeki yabancı maddelerin ayrılmasını sağlamaktadır.

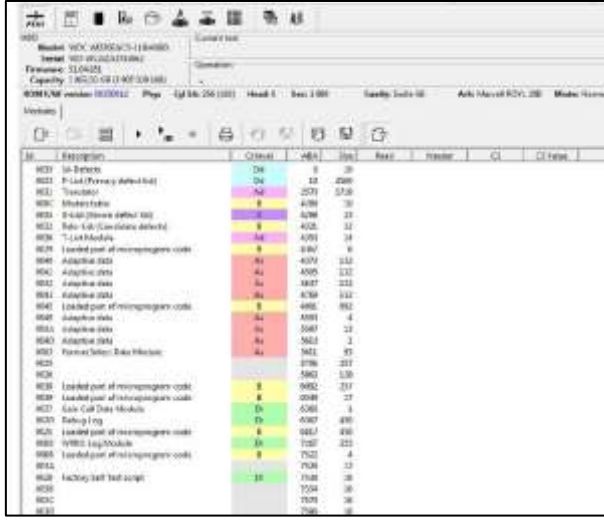


#### 4.5. Firmware Arızaları

“Firmware” hard disk bileşenlerin birbirleriyle çalışabilmesi ve donanımsal parçaların işlevsel bir hale gelmesini sağlayan temel yazılımdır. Bu yazılım iki parçadan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi kalıcı olan bölümdür ve PCB üzerindeki “ROM” çipin içerisinde bulunur. Firmware kodunun ikinci ve daha büyük parçası disk yüzeyinde “System Area” olarak ifade edilen sistem alanında bulunur. Sistem alanı ev kullanıcılarına kapalı olsa da bu alana “PC 3000” vb. yazılımlarla (Şekil 2.) ulaşılabilmektedir.

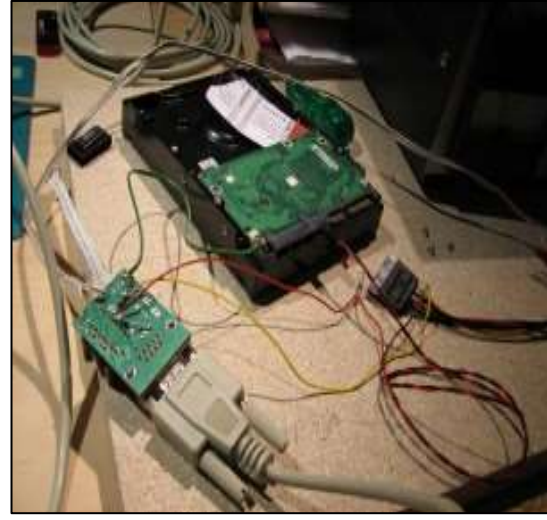
Sistem alanı içerisinde yönetimsel bilgileri tutan ve aslında küçük birer dosya olan modüller bulunur. Hard disk “firmware”i bazen mühendislik hatası gibi sebeplerden dolayı bozulur. Bazen de “Bad Sector” gibi doğal durumlardan dolayı okunmaz duruma gelir. Bu gibi durumlarda “firmware”in bulunduğu sistem alanına ulaşılması ve bu alanın düzeltilmesi gerekir. “Firmware” tamirinde kullanılan başlıca yöntemler şunlardır: (ACE Laboratory Ltd., 2013)

1. Modüllerin genellikle ikinci bir kopyası bulunur. Öncelikle ikinci kopya ile bozuk kısımlar tamir edilmeye çalışılabilir.
2. Her iki modülünde bozuk olduğu durumlarda kısmi bir okuma yapılabiliyorsa her iki kopyanın sağlam bölümleri birleştirilerek sağlam bir kopya oluşturulabilir.
3. Bazı modüller diske özeldir. Bazıları ise aynı marka ve model olan ve “firmware” versiyonu uyumlu olan başka bir diskten temin edilebilir.
4. Modül dosyaları genellikle az miktarda veri bulundurur. Bazen modül dosyasının önemsiz bir bölümüne erişilemediği için disk çalışmaz duruma gelebilir. Dolayısıyla bu durumlarda başka suretle tamir mümkün olmuyorsa bozuk olan veya okunamayan bölümler “hex editör” yardımı ile “00” ile doldurulur. Eğer okunmayan ve problem oluşturan kısım işlevsel olarak önemli bir bilgi değilse disk büyük ihtimalle çalışacaktır.
5. “Bad Sector” gibi durumlarda modül adresleri değiştirilebilmektedir. Bu işlem yapıldıktan sonra yeni adrese modül içeriği taşınmalıdır.
6. Seagate marka disklerde sık karşılaşılan “firmware” arızalarının tamiri için özel bazı komutlar bulunmaktadır. Bu disklerle kurulan “terminal” bağlantısı ile (Şekil 3) komut gönderilerek disk çalışır duruma getirilir.



İD	Boşluklar	Özellik	Yazı	Okun	Yazılabilir	Çi	Çi Toplam
0000	Sektörler	00	0	0	0	0	0
0001	P-List (Firmware Defekt List)	00	0	0	0	0	0
0002	Tanımlama	00	0	0	0	0	0
0003	İstatistikler	00	0	0	0	0	0
0004	D-List (Disk Defekt List)	00	0	0	0	0	0
0005	Bata-küt (Cihaz Defekt Defekt)	00	0	0	0	0	0
0006	T-List (Kıtlama)	00	0	0	0	0	0
0007	Linked part of microprogram code	00	0	0	0	0	0
0008	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0009	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0010	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0011	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0012	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0013	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0014	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0015	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0016	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0017	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0018	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0019	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0020	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0021	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0022	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0023	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0024	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0025	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0026	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0027	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0028	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0029	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0030	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0031	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0032	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0033	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0034	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0035	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0036	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0037	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0038	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0039	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0040	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0041	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0042	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0043	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0044	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0045	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0046	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0047	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0048	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0049	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0050	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0051	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0052	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0053	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0054	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0055	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0056	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0057	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0058	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0059	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0060	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0061	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0062	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0063	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0064	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0065	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0066	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0067	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0068	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0069	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0070	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0071	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0072	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0073	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0074	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0075	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0076	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0077	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0078	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0079	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0080	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0081	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0082	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0083	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0084	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0085	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0086	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0087	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0088	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0089	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0090	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0091	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0092	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0093	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0094	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0095	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0096	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0097	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0098	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0099	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0
0100	Adaptif (00)	00	0	0	0	0	0

Şekil 2. Pc3000 Modül ekranı



Şekil 3. Seagate Terminal Bağlantısı

## 5. Sonuç

Hard diskler bazen doğal bazen kullanıcı kaynaklı nedenlerden dolayı arızalanabilmektedir. Adli bilişim yazılım ve donanımları ise bu tür diskler ile çalışmak üzere tasarlanmadığı için başarısız olmaktadır. Bu nedenle adli bilişim incelemesi yapabilmek için öncelikle bu tür disklerin içerisinde buluna verinin çalıştığı bilinen bir diske aktarılması gerekir. Hard diskin çeşitli yöntemler kullanılarak içerisinde bulunan veriye ulaşmak ve başka bir diske aktarmak veri kurtarma konusunun önemli bir alanını işgal etmektedir.

Veri kurtarmada ilk adım arıza teşhisidir. Doğru bir teşhis başarılı bir veri kurtarmanın anahtarıdır. Arızalı hard disklerde ilk olarak diskin nasıl arızalandığını öğrenmek arıza teşhisi için faydalı olabilmektedir. Kesin teşhis için laboratuvar imkânlarını kullanmak ve aynı diskin çalışan bir örneği ile karşılaştırmalar yapmak gibi seçenekler kullanılmalıdır.

Bu çalışmada hard diskler ve donanımsal bileşenleri hakkında bilgi verilmiştir. Sonrasında PCB arızaları ve çözüm yöntemleri, kafa arızaları ve çözüm yöntemleri, motor arızaları ve çözüm yöntemleri, platter arızaları ve çözüm yöntemleri ile “firmware” arızaları ve çözüm yöntemleri açıklanmıştır.

Hard disk arızalarını tamir edebilmek ve veri kurtarma yapabilmekteki başarı oranı tecrübe ile doğru orantılı bir şekilde artmaktadır. Tüm marka ve modellerdeki disklerde karşılaşılan spesifik arızaların

tek bir çalışma içerisinde izah edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle bu çalışma genel resmin bir betimlemesi olarak kabul edilmelidir.

## 6. Kaynakça

- ACE Laboratory Ltd. (Russia). (2013). PC-3000 UDMA Manuals.
- Engel K. (2006). Oberlin Smith and the Invention of Magnetic Sound Recording. The essay “An Inventor is Discovered” is the enlarged and up-to-date version of a publication titled A Hundred Years of Magnetic Sound Recording, *Journal of Audio Engineering Society*, 36(3), 170 – 178. March 1989.
- E.Y.K. Ng, N.Y. Liu ve Y.C.M. Tan - Structure Optimization Study of Hard Disk Drives to Reduce Flow-Induced Vibration, 2011
- Gyu Sang Choi, Ingyu Lee, Mankyu Sung, Choongjae Im (2012). A hybrid SSD with PRAM and NAND Flash memory , *Microprocessors and Microsystems*, 36(3), 257-266.  
<http://www.donordrives.com/hard-drive-pcb-donor-match> , Erişim Tarihi: 01/06/2014
- Korb S. (2006). Head Stack Replacement: Questions and Answers, hddguru.com  
<http://hddguru.com/articles/2006.02.17-Changing-headstack-Q-and-A/>
- Mamun A., Guo G. BiHard C. (2007). Hard Disk Drive Mechatronics and Control, CRC Press. Pp 355.
- Sammons J. (2012). The Basics of Digital Forensics, The primer for getting Started in Dijital Forensics. Elsevier. pp 173.
- Lyle J.R. (2003). NIST CFTT: Testing Disk Imaging Tools. *International Journal of Digital Evidence* 1(4):1-10.
- Woods, Kam and Christopher A. Lee. (2012). Acquisition and Processing of Disk Images to Further Archival Goals. In Proceedings of Archiving 2012 (Springfield, VA: Society for Imaging Science and Technology, 147-152.
- Çakır, H. and Sert E. (2010). Bilişim Suçları Delillendirme Süreçleri, 2. Uluslararası Terörizm ve Sınırtaş Suçlar Sempozyumu, 6-7 Aralık 2010.
- Schroeder, B. and Gibson, G.A. (2007). Disk failures in the real world: What does an MTTF of 1,000,000 hours mean to you? 5th USENIX Conference on File and Storage Technologies, San Jose, CA, Feb. 14-16, 2007.
- Flandrin, F., Buchanan, W., Macfarlane, R., Ramsay, B., Smales, A. (2014). Evaluating Digital Forensic Tools (DFTs). In: 7th International Conference : Cybercrime Forensics Education & Training

### Extended English Abstract

Since the acceptance of digital data as evidence in courts, hard disks have been the most studied objects within a digital forensic examination. Hard disk drives are most preferred devices as data storage unit, because of their current advantageous price / capacity ratio. Therefore, these are examined by forensic investigation units related to committed crimes.

Examinations of the hard disk drives are done with computer forensics software and hardware. However, computer forensics software and hardware are designed for running devices. For this reason, with this type of computer forensics software and hardware, it is not possible to examine the not working hard disk drives. It is a must to do data recovery and acquire data before making a forensic examination.

Data recovery is the recovery process of digital data from damaged, corrupted or inaccessible medias due to another cause which cannot be accessed in the normal way. Data recovery term in digital forensics literature is generally used for obtaining deleted, hidden or encrypted data. However, the term of data recovery in this article has been used in a more inclusive way. Detailed description of two different perspectives of data recovery will be made under logical a physical data recovery titles.

Physical or logical problems may be the cause of inaccessibility of data in the recording media. Logical problem is the state of inability to reach data, although the recording media or the device which stores data works normally. For example, file system damage, in a conscious way or accidentally deleted files by users, password protected data and crypto may be logical reasons of inaccessibility of data. On the other hand, physical malfunctions bring to mind the differing types of failures depending on the recording medium. Therefore, for the hard disks, head crash, stucked motor, bad sectors or electronic problems can be described as physical reasons of inaccessibility of data. In the article, physical failures that may occur in the hard disk drives are mentioned and solutions to them are presented.

In this article, data recovery types have been described in two categories. First of these types is data recovery according to fault sources. There are two types of data recovery type in this category; physical and logical, both of them described above. In addition, data recovery types can be determined by recording technology types. In this paper, data recovery types according to the recording technology described as; data recovery from media that uses magnetic reading and writing technology, data recovery from media that uses optical data reading and writing technology, data recovery from media that uses electronic data reading and writing technology. Then the basic components of the hard disk drives are described. Major components can be listed as printed circuit card (PCB), motor, platter (one or more than one) and read-write heads (MR heads). Printed Circuit Board is the electronic card that has the microcontroller or microprocessor, power units, connection interface such as PATA, SATA or USB and on a variety of electronic products. The motor rotates platters. So rotation in a munit (RPM) of the platters can be 5400, 7200 or etc. The read-write head makes the reading and writing to one or both sides of each platter. Platters are the parts where read and write heads write on. In this way platters stores data.

Malfunctions occurring in hard disk drives are identified in five general fault types; PCB failures, read and write heads problems, motor failures, damaged platters and firmware bugs. Firmware is main code that control physical components of hard disk drives. So if firmware does not work properly, it is impossible to reach data generally. In article, after identifying failures, solutions for these problems are explained. PCB failures usually be repaired by replacing a card that is compatible and working with the problematic card or repairing the printed circuit board. However, it is not enough just to replace PCB in modern hard disk drives. How this is done is described in the article. In read and write heads problems, if there are more than one read-write head, first reading data from working heads should be tried. If the requested data cannot be recovered and there is nothing to do but head replacement, it should be done with a compatible and working one. In damaged platters, it is experienced partial loss of data generally. However, doing logical data recovery process based on these recovered data from undamaged parts of platters increases the success of data recovery. In motor failures, platters are usually moved to a working hard disk drive. For firmware bugs, they can be solved by sending commands through the programs that can access the firmware.

The purpose of this article is to explain how to recover data from a hard disk which is corrupted due to any reason. Prior to that, data recovery concept, data recovery types, physical structure of modern hard disk drives we use today and its internal components will be described, then encountered failures and intervention methods to the hard disk drives will be explained.