

**جراحی هارد چیست؟** فرآیند تخصصی تعمیر فیزیکی هارد دیسک در محیط کلین روم، تعویض هد، موتور و پلترها. راهنمای کامل، مراحل، هزینه و نکات حیاتی قبل از اقدام.

### جراحی هارد چیست؟

#### صفر تا صد نجات اطلاعات از هاردهای مرده

آیا تا به حال صدای «تلق تلق» یا «سایش» عجیبی از هارد دیسک کامپیوتر خود شنیده‌اید؟ این صداها معمولاً نوحه‌خوانی قطعات مکانیکی در حال احتضار هستند. وقتی هارد دیسک شما ضربه می‌خورد، روی زمین می‌افتد یا ناگهان از کار می‌افتد، ممکن است اطلاعات یک عمر کسب‌وکار، خاطرات عکس‌ها و فیلم‌ها یا پروژه‌های حیاتی در آستانه نابودی کامل قرار بگیرند.

در چنین شرایط بحرانی، نرم‌افزارهای بازیابی اطلاعات یا تعمیرات سطح پایین (Low-Level) هیچ کمکی نمی‌کنند. تنها یک راه باقی می‌ماند: **جراحی هارد**. اما این عبارت ترسناک دقیقاً به چه معناست؟ آیا واقعاً هارد دیسک را مانند یک بیمار روی تخت عمل می‌گذارند؟ در این مقاله جامع، تمام زوایای این فرآیند حساس و پیچیده را بررسی می‌کنیم.

### منظور از جراحی هارد چیست؟

#### تعریف تخصصی و فراتر از یک استعاره

جراحی هارد چیست؟ در پاسخ ساده و تخصصی باید گفت: «جراحی هارد» به مجموعه عملیات فیزیکی و دقیق روی اجزای داخلی یک **هارد دیسک مکانیکی (HDD)** گفته می‌شود که در محیطی کاملاً استریل و عاری از هرگونه آلودگی به نام کلین روم (Clean Room) انجام می‌گیرد. هدف از این عمل، تعمیر یا تعویض قطعات معیوب نظیر هدهای خواندن/نوشتن، موتور دوار (اسپیندل)، بلبرینگ‌ها یا حتی صفحات مغناطیسی (پلترها) به منظور دسترسی مجدد به داده‌ها و بازیابی اطلاعات است.

این اصطلاح در میان متخصصان بازیابی داده در سراسر جهان رایج است و به فرآیندی اشاره دارد که در آن:

- هارد دیسک به طور کامل در محیطی ایزوله باز می‌شود.
- هدهای آسیب‌دیده که روی سطح پلترها خراش ایجاد کرده‌اند، با هدهای سالم) از یک هارد اهداکننده یا Donor تعویض می‌شوند.
- در موارد پیشرفته، صفحات مغناطیسی به یک هارد دیسک دیگر منتقل می‌شوند تا اطلاعات خوانده شود.

**تفاوت حیاتی:** برخلاف تصور عموم، جراحی هارد با تعمیر برد الکترونیکی (PCB) که یک کار سطح پایین‌تر است، تفاوت اساسی دارد. در جراحی هارد، محفظه مهر و موم شده هارد (HDA – Head Disk Assembly) باز می‌شود. این کار در شرایط عادی در منزل یا تعمیرگاه‌های معمولی، مساوی با مرگ قطعی داده‌هاست.

### چه زمانی به جراحی هارد نیاز داریم؟

همه خرابی‌های هارد به جراحی ختم نمی‌شوند. بسیاری از مشکلات با روش‌های نرم‌افزاری یا تعویض برد ساده حل می‌شوند. اما نشانه‌های خاصی وجود دارد که فریاد می‌زنند: «تنها جراحی می‌تواند نجاتم دهد!»

#### 1. صداهای غیرعادی؛ فریاد کمک هارد دیسک

تشخیص نوع صدا، کلید اصلی تصمیم‌گیری است. جدول زیر رایج‌ترین صداها و معنای آنها را نشان می‌دهد:

نیاز به جراحی	علت احتمالی	نوع صدا
بله – معمولاً نیاز به تعویض هدها.	هدها قادر به خواندن اطلاعات سروو روی پلترها نیستند و مرتباً به استاپ باز می‌گردند.	تلق تلق (Click of Death)

نوع صدا	علت احتمالی	نیاز به جراحی
سایش یا خراش (Scraping)	هد با سطح پلتر تماس پیدا کرده و ذرات مغناطیسی را می‌تراشد.	فوری – هر ثانیه تأخیر باعث تخریب بیشتر داده‌ها می‌شود.
صدای زوزه یا جیغ (Whining)	بلبرینگ موتور اسپیندل خشک شده یا قفل کرده است.	بله – نیاز به تعویض موتور یا انتقال پلترها.
بیصدایی کامل (هارد روشن نمی‌شود)	موتور سوخته یا هدها در جایگاه خود قفل شده‌اند.	گاهی – ابتدا برد چک می‌شود، در صورت سالم برد معیوب، موتور سوخته یا هدها در جایگاه خود بودن موتور، جراحی لازم است.

**<<مطالعه بیشتر>>**

### صدای غیر عادی هارد دیسک نشانه چیست؟

#### 2. پس از ضربه فیزیکی یا آتش‌سوزی و آب‌گرفتگی

اگر لپ‌تاپ شما از ارتفاعی بیشتر از نیم متر سقوط کرده باشد، احتمال آسیب به هدها و حتی تاب‌بردگی پلترها بسیار بالاست. همچنین هاردهایی که در معرض آب، دود آتش‌سوزی یا گردوغبار ساختمانی قرار گرفته‌اند، نیاز فوری به جراحی در کلین روم دارند، زیرا آلودگی‌ها به مرور زمان لایه مغناطیسی را از بین می‌برند.

#### 3. SMART هشدار جدی می‌دهد اما ویندوز بوت نمی‌شود

گاهی نرم‌افزارهای تشخیص (مثل CrystalDiskInfo خطاهایی نظیر «Reallocated Sectors Count» یا «Current Pending Sectors» را نشان می‌دهند. اگر هارد در بایوس شناسایی می‌شود اما با خطاهای مکرر از کار می‌افتد، ممکن است هدها در مرز خرابی کامل باشند. در این مرحله، اگر دیسک را خاموش کنید و به متخصص بسپارید، جراحی می‌تواند موفق باشد.

#### قلب تخصصی جراحی هارد – محیط کلین روم (Clean Room)

بزرگترین و حیاتی‌ترین سوال در مورد جراحی هارد این است: چرا باید این کار حتماً در اتاق تمیز انجام شود؟ پاسخ کوتاه: به دلیل فاصله بین هد و صفحه مغناطیسی.

#### 1. فاصله ۵ نانومتری – جهنمی از ذرات گردوغبار

هدهای خواندن/نوشتن در هاردهای مدرن، حدود ۵ تا ۱۰ نانومتر بالاتر از سطح پلترها شناور می‌کنند. برای درک این عدد، بدانید که یک گرده گل معمولی حدود ۱۰۰۰۰ نانومتر قطر دارد. یک سلول باکتری حدود ۱۰۰۰ نانومتر است. ذره غبار کوچکی که با چشم غیرمسلح می‌بینید، چندین هزار برابر از فاصله مجاز هد تا پلتر بزرگتر است.

اگر هارد در محیط عادی باز شود:

1. گردوغبار بین هد و پلتر گیر می‌کند.
2. هد مانند یک بولدوزر، ذرات را روی سطح پلتر می‌کشد.
3. لایه مغناطیسی به سرعت تخریب می‌شود. (Head Crash)
4. داده‌ها برای همیشه از بین می‌روند.

#### 2. استاندارد کلین روم در جراحی هارد

متخصصان واقعی جراحی هارد از اتاق‌هایی با استاندارد ISO 14644-1 Class 5 یا بهتر (معادل Class 100 فدرال آمریکا) استفاده می‌کنند. یعنی در هر فوت مکعب هوا، حداکثر ۱۰۰ ذره با اندازه ۰.۵ میکرون یا بزرگتر مجاز است. تجهیزات این اتاق شامل:

- فیلترهای هپا (HEPA) و اولپا (ULPA)

- لباس‌های مخصوص آنتی‌استاتیک و پوشش کامل سر و صورت
- هوای دارای فشار مثبت (برای جلوگیری از ورود آلودگی از بیرون)
- میزهای ضد لرزش و ابزارهای مخصوص ESD-safe

**هشدار جدی:** هرگز اجازه ندهید کسی در یک تعمیرگاه معمولی و با یک پیچ‌گوشتی معمولی هارد شما را باز کند. این عمل «جراحی» نیست، «قتل اطلاعات» است.

### مراحل گام‌به‌گام جراحی هارد در آزمایشگاه تخصصی

آیا می‌دانید در یک جراحی موفق هارد چه فرآیند دقیقی طی می‌شود؟ در ادامه با تمام جزئیات فنی آشنا می‌شوید. این مراحل توسط متخصصی انجام می‌شود که سال‌ها تجربه کار با هاردهای **Western Digital**، **Seagate**، **Toshiba**، **HGST** و غیره را دارد.

#### 1. مرحله اول – تشخیص سطح بالا (Triage)

قبل از ورود به کلین روم، متخصص موارد زیر را بررسی می‌کند:

- **چک کردن برد (PCB):** آیا فیوزها سالمند؟ آیا رام (ROM) قابل خواندن است؟
- **شنیدن صدا:** با استتوسکوپ تخصصی یا سنسور صوتی.
- **بررسی در بایوس:** آیا هارد شناسایی می‌شود؟ آیا ظرفیت اشتباه نشان می‌دهد؟

#### 2. مرحله دوم – ورود به کلین روم و باز کردن HDA

پس از اطمینان از اینکه مشکل فیزیکی است، هارد وارد کلین روم می‌شود. تمام پیچ‌های تخصصی (اغلب با سر ستاره یا تورکس مخصوص) باز می‌شوند. درب هارد با دقت و بدون ایجاد لرزش برداشته می‌شود. در این لحظه، متخصص وضعیت ظاهری پلترها را بررسی می‌کند: آیا خراش عمیق وجود دارد؟ آیا حلقه‌های اکسیداسیون (از رطوبت) دیده می‌شود؟

#### 3. مرحله سوم – خارج کردن هدهای معیوب

آسیب‌پذیرترین قسمت هارد، هدها هستند. برای خارج کردن آنها:

- ابتدا هدها به منطقه پارک (Ramp) هدایت می‌شوند (در صورت امکان).
- با ابزار مخصوص هد، اهرم هدها (Actuator Arm) آزاد می‌شود.
- آهنربای قدرتمند موتور صدا (Voice Coil) با احتیاط خارج می‌گردد.
- مجموعه هدها به طور کامل از روی پلترها بلند می‌شوند.

#### 4. مرحله چهارم – جستجوی هارد اهداکننده (Donor Drive)

این مرحله حیاتی و زمان‌بر است. متخصص باید هاردی با مشخصات کاملاً یکسان پیدا کند:

- مدل دقیق (Model Number)
- تاریخ ساخت و فریمور (Firmware Version)
- کشور سازنده (اغلب تایلند، چین یا کره)
- تعداد هدها و پلترها (مثلاً ۲ پلتر و ۴ هد)

حتی یک تغییر جزئی در فریمور باعث می‌شود هدهای اهداکننده با هارد اصلی سازگار نباشند.

## 5. مرحله پنجم – نصب هدهای سالم و کالیبراسیون

هدهای جدید از روی هارد اهداکننده خارج شده و با دقت میکروسکوپی روی پلترهای هارد اصلی نصب می‌شوند. سپس درب هارد به طور موقت بسته شده و هارد به ابزارهای تخصصی بازیابی مثل PC-3000 یا MRT متصل می‌شود.

در این مرحله، متخصص:

- تنظیمات سروو (Servo) را کالیبره می‌کند.
- تصویربرداری بیتی (Forensic Imaging) از کل پلترها را آغاز می‌کند.
- اگر بخشی از پلترها آسیب دیده، با الگوریتم‌های خاص از بخش‌های سالم داده خوانده می‌شود.

## 6. مرحله ششم – بازیابی داده‌ها در هارد هدف

اطلاعات خوانده شده به یک هارد دیسک سالم (یا سرور ابری) منتقل می‌شود. سپس لیست فایل‌ها بررسی می‌گردد. بسته به میزان تخریب، ممکن است ۱۰۰٪ داده‌ها بازگردند یا در موارد بسیار شدید (خراش عمیق پلتر) تنها ۶۰ تا ۸۰ درصد اطلاعات قابل بازیابی باشد.

## انواع تکنیک‌های جراحی هارد (از ساده تا پیشرفته)

همه جراحی‌ها یکسان نیستند. بسته به نوع خرابی، تکنیک متفاوتی به کار می‌رود:

### 1. تعویض کامل هد (Head Stack Assembly – HSA)

رایج‌ترین نوع جراحی. زمانی که هدها صداهای کلاک یا سایش تولید می‌کنند. موفقیت این روش به سلامت فیزیکی پلترها بستگی دارد. اگر هدها به مدت طولانی روی پلترها خراشیده باشند، حتی با هد سالم هم داده‌ها قابل خواندن نیست.

### 2. تعویض موتور اسپیندل (Spindle Motor)

اگر موتور گیر کرده باشد، متخصص باید تمام پلترها را یکی‌یکی به یک هارد اهداکننده دیگر منتقل کند. این کار فوق‌العاده حساس است؛ جابجایی صفحات مغناطیسی بدون ایجاد تاب‌بردگی (warping) یا کثیف شدن آنها نیازمند ابزارهای مخصوص و مهارت بسیار بالاست.

### 3. تعویض برد با مهاجرت (ROM (PCB Swap + ROM Migration)

گاهی فقط برد الکترونیکی سوخته است، اما مشکل مکانیکی وجود ندارد. در این روش نیازی به باز کردن محفظه HDA نیست، اما با این حال در کلین روم انجام می‌شود، زیرا باید چیپ رم اصلی (حاوی تنظیمات یکتای هارد) به برد سالم لحیم شود.

### 4. جراحی در حالت تخریب شیمیایی (شستشوی پلترها)

برای هاردهایی که در آتش‌سوزی یا آب شور قرار گرفته‌اند، متخصص پلترها را با محلول‌های خاص و اولتراسونیک شستشو می‌دهد، سپس لایه نازک روانکاری روی پلترها ترمیم می‌شود. این روش بسیار نادر و پرهزینه است.

## هزینه جراحی هارد – چرا اینقدر گران است؟

هزینه جراحی هارد معمولاً بین ۵ تا ۲۰ میلیون تومان (بسته به شدت آسیب، نوع هارد و حجم داده) در ایران و بین ۳۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار در کشورهای دیگر متغیر است. اما چرا؟

## عوامل تعیین‌کننده هزینه

1. تجهیزات میلیاردي: یک دستگاه PC-3000 حدود ۳۰ تا ۵۰ هزار دلار قیمت دارد. کلین روم استاندارد و ابزارهای میکروسکوپی نیز هزینه‌های سرسام‌آوری دارند.

2. **هد اهداکننده:** گاهی برای یافتن هارد اهداکننده مناسب، چندین هارد سالم خریداری و آزمایش می‌شوند (هزینه خرید بدون استفاده).

3. **نرخ موفقیت:** متخصص جراحی فقط در صورت موفقیت هزینه می‌گیرد. در صورت خرابی کامل، زمان و قطعات از دست رفته جبران نمی‌شود.

4. **فوریت (Rush Service):** اگر ظرف ۲۴ ساعت نیاز به داده داشته باشید، هزینه ۲ تا ۳ برابر می‌شود.

نوع خرابی	هزینه تقریبی (تومان)	زمان تقریبی
تعویض هد (بدون خراش پلتر)	۵ تا ۸ میلیون	۳ تا ۷ روز
تعویض هد + خراش جزئی پلتر	۸ تا ۱۲ میلیون	۵ تا ۱۰ روز
انتقال پلترها (موتور خراب)	۱۲ تا ۲۰ میلیون	۱۰ تا ۲۰ روز
شستشوی پلترها پس از آتش/آب	۱۵ تا ۲۵ میلیون	۱۴ تا ۳۰ روز

#### چرا نباید هرگز جراحی هارد را در خانه انجام دهید؟

بسیاری از کاربران تصور می‌کنند با دیدن یک ویدیوی یوتیوب می‌توانند هارد خود را تعمیر کنند. این باور اشتباه، بزرگترین قاتل اطلاعات است. دلایل اکید برای عدم انجام جراحی در خانه:

1. **گردوغبار:** حتی یک ذره گردوغبار که روی پلتر می‌نشیند، در کمتر از یک ثانیه باعث Head Crash می‌شود.
2. **الکتروسیسته ساکن (ESD):** بردهای هارد به شدت به تخلیه الکترواستاتیک حساس هستند. یک جرقه کوچک که حس نمی‌کنید، می‌تواند ROM یا کنترلر را بسوزاند.
3. **آلاینمنت هدها:** هدها باید دقیقاً روی مسیرهای سروو قرار بگیرند. جابجایی دستی حتی ۰.۱ میلی‌متر، باعث خواندن اطلاعات اشتباه و خرابی بیشتر می‌شود.
4. **باز کردن پیچ‌های گسکت دار:** برخی هاردها پیچ‌های بسیار ریزی دارند که در صورت باز کردن نادرست، رزوه آنها از بین می‌رود و دیگر نمی‌توان درب را مجدداً محکم بست.

اگر هارد شما اطلاعات حیاتی دارد، آن را خاموش کنید، در کیسه آنتی‌استاتیک بگذارید و مستقیماً به یک آزمایشگاه تخصصی جراحی هارد ببرید.

#### جمع‌بندی - آیا جراحی هارد همیشه موفقیت‌آمیز است؟

جراحی هارد، آخرین خط دفاعی برای نجات اطلاعات از یک هارد دیسک فیزیکی شده است. اما نمی‌تواند معجزه کند. نرخ موفقیت به عوامل زیر بستگی دارد:

- **زمان طلایی:** هر چه زودتر پس از بروز مشکل، هارد خاموش و به متخصص سپرده شود، شانس موفقیت بالاتر است.
- **شدت تخریب پلتر:** اگر هدها سطح پلترها را خراش داده باشند، بخش‌های آسیب‌دیده برای همیشه از دست رفته‌اند.
- **کیفیت آزمایشگاه:** آزمایشگاه‌های دارای کلین روم استاندارد و ابزار PC-3000 موفقیت بالای ۹۰٪ برای خرابی‌های فیزیکی دارند.

در بهترین شرایط (خرابی هد بدون تماس با پلتر) موفقیت نزدیک به ۹۹-۹۸٪ است. در بدترین شرایط (خراش عمیق پلترها و قرارگیری در معرض گردوغبار طولانی مدت) ممکن است فقط ۳۰٪ تا ۵۰٪ داده‌ها قابل بازیابی باشند.

یادتان باشد: جراحی هارد آخرین راه است، نه اولین راه. قبل از رسیدن به این مرحله، حتماً از داده‌های خود بکاپ تهیه کنید. اما اگر به این نقطه رسیده‌اید، تنها با تکیه بر دانش و تجربه متخصصان واقعی و محیط کلین روم می‌توانید امیدوار باشید.

### سوالات متداول درباره جراحی هارد

در این بخش به رایج‌ترین پرسش‌های کاربران پاسخ می‌دهیم.

#### سوال ۱: آیا جراحی هارد به اطلاعات من آسیب می‌زند؟

**پاسخ:** جراحی هارد در محیط اصولی و توسط متخصص خبره، اطلاعات موجود را از بین نمی‌برد؛ بلکه تلاش می‌کند آنها را بازیابی کند. اما اگر هارد در وضعیت بسیار بحرانی باشد (مثلاً پلتر شکسته)، ممکن است هیچ اطلاعاتی قابل بازیابی نباشد. خطر اصلی زمانی است که فرد غیرمتخصص اقدام به جراحی کند.

#### سوال ۲: تفاوت ریکاوری نرم‌افزاری با جراحی هارد چیست؟

**پاسخ:** ریکاوری نرم‌افزاری برای زمانی است که هارد سالم است اما فایل‌ها اشتبهاً پاک شده‌اند یا پارتیشن از بین رفته است. جراحی هارد برای زمانی است که هارد فیزیکیاً خراب است (صدای غیرعادی، ضربه خورده، سوخته). ریکاوری نرم‌افزاری با برنامه‌هایی مثل EaseUS یا Recuva انجام می‌شود، اما جراحی هارد نیازمند باز کردن هارد در کلین روم است.

#### سوال ۳: آیا امکان جراحی هارد SSD وجود دارد؟

**پاسخ:** از نظر فنی، عبارت «جراحی هارد» بیشتر برای هاردهای مکانیکی (HDD) به کار می‌رود. حافظه‌های SSD قطعه متحرک ندارند، اما مشکلات چیپ‌ها، کنترلر یا لحظات قطع ناگهانی برق نیازمند «بازیابی تخصصی SSD» است که شامل لحیم‌کاری، خواندن چیپ به چیپ (Chip-Off) و بازسازی الگوریتم‌های FTL می‌شود. این فرآیند متفاوت است، اما به همان اندازه تخصصی.

#### سوال ۴: چه مدت طول می‌کشد تا نتیجه جراحی هارد مشخص شود؟

**پاسخ:** تشخیص اولیه (آیا داده‌ها قابل بازیابی هستند یا خیر) معمولاً ظرف ۲۴ تا ۴۸ ساعت پس از تحویل هارد به آزمایشگاه اعلام می‌شود. خود فرآیند جراحی و سپس تصویربرداری از داده‌ها ممکن است بسته به حجم هارد (مثلاً ۱ ترابایت یا ۱۰ ترابایت) و شدت آسیب، بین ۳ روز تا ۳ هفته طول بکشد.

#### سوال ۵: آیا می‌توانم قبل از جراحی از اطلاعات خود بکاپ بگیرم؟

**پاسخ:** خیر. اگر هارد به مرحله‌ای رسیده که نیاز به جراحی دارد، دیگر ویندوز آن را نمی‌شناسد یا با هر بار روشن شدن صداهای مرگ می‌دهد. هرگونه تلاش برای روشن کردن مجدد هارد برای گرفتن بکاپ، تنها آسیب را چند برابر می‌کند. تنها راه، تحویل هارد خاموش به متخصص است.

#### سوال ۶: چگونه یک مرکز معتبر جراحی هارد پیدا کنم؟

**پاسخ:** به دنبال مراکزی باشید که:

- وجود کلین روم استاندارد (ISO Class 5) را تأیید کنند.
- ابزارهای تخصصی مثل PC-3000 یا MRT داشته باشند.
- ضمانت عدم پرداخت در صورت عدم موفقیت ارائه دهند.
- سابقه کار روی برندهای مختلف (WD، Seagate، Toshiba) را داشته باشند.
- نظرات مثبت واقعی در انجمن‌های تخصصی داشته باشند.

#### سخن نهایی:

جراحی هارد، هنر و علمی است که در مرز میان سخت‌افزار، فیزیک و نرم‌افزار قرار دارد. اگر هارد دیسک شما دچار مرگ فیزیکی شده است، ناامید نشوید، اما به هیچ وجه دست به اقدام آماتوری نزنید.

با انتخاب یک متخصص واقعی و محیط کلین روم، شانس خود را برای بازپس‌گیری خاطرات، اسناد مالی و پروژه‌های عمری خود افزایش دهید. و همیشه به یاد داشته باشید: بهترین جراحی، آن است که هرگز به آن نیاز پیدا نکنید، پس پشتیبان‌گیری منظم را فراموش نکنید.

 آگای سالار